

# ENGENHARIA NA PRÁTICA: CONSTRUÇÃO E INOVAÇÃO

## VOL. 3

ORGANIZADORES  
BRUNO MATOS DE FARIAS  
VANESSA DA SILVA DE AZEVEDO  
MISCHELLE PAIVA DOS SANTOS

  
epitaya  
Editora

Bruno Matos de Farias  
Vanessa da Silva de Azevedo  
Mischelle Paiva dos Santos  
Organizadores

ENGENHARIA NA PRÁTICA: CONSTRUÇÃO E INOVAÇÃO  
VOL.3

1ª Edição



Rio de Janeiro – RJ  
2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

E57 Engenharia na prática [livro eletrônico] : construção e inovação: vol. 3 /  
Organizadores Bruno Matos de Farias, Vanessa da Silva de Azevedo,  
Mischelle Paiva dos Santos. – Rio de Janeiro, RJ: Epitaya, 2021.  
587 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-87809-25-0

1. Engenharia civil. 2. Construção civil. I. Farias, Bruno Matos de. II.  
Azevedo, Vanessa da Silva de. III. Santos, Mischelle Paiva dos.

CDD 624.1

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior –CRB6/2422**

Epitaya Propriedade Intelectual Editora Ltda  
Rio de Janeiro / RJ  
contato@epitaya.com.br  
<http://www.epitaya.com.br>

  
epitaya  
Editora

Bruno Matos de Farias  
Vanessa da Silva de Azevedo  
Mischelle Paiva dos Santos  
Organizadores

ENGENHARIA NA PRÁTICA: CONSTRUÇÃO E INOVAÇÃO  
VOL.3



Rio de Janeiro – RJ  
2021

Epitaya Propriedade Intelectual Editora Ltda  
1º Edição - Copyright © 2021 dos autores  
Direitos de Edição Reservados à Epitaya Propriedade Intelectual Editora Ltda.

Nenhuma parte desta obra poderá ser utilizada indevidamente, sem estar de acordo com a Lei nº 9.610/98.  
Todo o conteúdo, assim como as possíveis correções necessárias dos artigos é de responsabilidade de seus autores.

---

### **CONSELHO EDITORIAL**

EDITOR RESPONSÁVEL	Bruno Matos de Farias
ASSESSORIA EDITORIAL	Helena Portes Sava de Farias
MARKETING / DESIGN	Gercton Bernardo Coitinho
DIAGRAMAÇÃO/ CAPA	Bruno Matos de Farias
REVISÃO	Autores

---

### **COMITÊ CIENTÍFICO**

CIÊNCIAS DA TERRA E ENGENHARIAS	Prof. Adriano Arpad Moreira Gomes
	Profa. Bianca Marinho Quintella Borges Soares
	Prof. Emilio Farjalla Neto
	Prof. Everton Rangel Bispo
	Prof. Gercton Bernardo Coitinho
	Profa. Kátia Eliane Santos Avelar
	Prof. Luiz Felipe Dutra Caldeira
	Prof. Marcio Vieira Costa
	Prof. Marco Eduardo do Nascimento Rocha
	Prof. Paulo Antônio Pereira Igreja
	Profa. Rachel Cristina Santos Pires

## APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que lhes apresento o e-book intitulado “Engenharia na prática: construção e inovação vol.3”. Nele foi possível reunir dezoito artigos elaborados como Trabalho de Conclusão de Curso dos alunos de Engenharia Civil da Universidade Estácio de Sá, dos campus Norte Shopping e Praça XI, Rio de Janeiro-RJ.

O primeiro capítulo intitulado Aspectos técnicos direcionados à construção de sepulturas verticais - estudo de caso: cemitério vertical município de Belford Roxo – RJ tem por objetivo mostrar as particularidades do processo construtivo e ambiental envolvidos nesse método. Esse estudo de caso está baseado na construção do primeiro cemitério vertical da cidade de Belford Roxo, Rio de Janeiro.

No segundo capítulo nominado Fissuras em estruturas de concreto armado: estudo de caso demonstra como as estruturas de concreto armado interagem com o ambiente a que estão inseridas. Logo, podem sofrer perda de desempenho e redução de vida útil. Fatores como o uso de materiais de baixa qualidade, projetos mal concebidos e a falta do controle durante os processos de execução podem acelerar o processo de deterioração dessas estruturas.

O terceiro capítulo intitulado Dimensionamento de uma passarela de pedestres sobre a Avenida Presidente Vargas propõe a análise de uma passarela de pedestres sobre a referida avenida como uma estratégia de proteção aos transeuntes, especialmente por conta de sua proximidade com a Escola Municipal Tia Ciata, onde jovens cursam o Ensino Fundamental, com o Sambódromo e Terreirão do Samba, onde os cariocas e turistas costumam frequentar para assistir ao Desfile das Escolas de Samba e a Shows.

Já no quarto capítulo Análise da viabilidade técnica do uso de contêineres marítimos na construção civil para habitações sociais tem como um dos seus objetivos o intuito de verificar o nível de difusão do conhecimento do método construtivo de reutilização de *contêineres* e os seus benefícios.

O quinto capítulo Sistema de estruturas *Drywall* visa disseminar novas tecnologias, alternativas econômica e tecnicamente viáveis para substituir a vedação tradicional, além de apresentar boas práticas construtivas, como usar e manter a tecnologia pesquisada.

No sexto capítulo intitulado Retrofit de fachadas de edificações tem como objetivo expor aspectos ligados ao Retrofit de fachadas no Brasil, que teve um grande crescimento na última década, e hoje, existe muita procura relacionada ao tema, inclusive muitas empresas especializadas.

O sétimo capítulo Aplicação do sistema construtivo *Light Steel Frame* em construções residenciais - estudo de cenário: residência unifamiliar tem por objetivo estudar o uso do método construtivo Steel Frame, conhecido também como construção seca. Este é um método novo no país, mas já utilizado de forma ampla em diversos países considerados desenvolvidos, que é capaz de agilizar o processo de construção, diminuir quantitativa a mão de obra e perdas mínimas de resíduos fazendo com que a conclusão da obra seja obtida em menor período.

No oitavo capítulo nominado Análise do processo de fissuração em edifício residencial: "estudo de caso Conjunto Residencial IV Centenário" teve como objetivo geral analisar o condomínio residencial multifamiliar de 53 anos a fim de identificar quais patologias tem desencadeado no desenvolvimento de fissuração.

O nono capítulo intitulado Reforço estrutural misto para correção de deformação - estudo de caso é um relato do estudo de caso, é sobre o processo de intervenção estrutural, utilizando elementos estruturais de concreto armado e perfil metálico a fim de solucionar a deformação da laje de uma construção com cerca de 40 anos. Foi acompanhado desde o processo de investigação dos elementos da estrutura existente, pois ela não possuía um projeto com o detalhamento de sua estrutura, até a observação dos resultados obtidos pós finalização da execução da intervenção.

No décimo capítulo Sustentabilidade em canteiros de obras os autores discutem que para um canteiro de obras sustentável de baixo consumo de recursos naturais é preciso garantir uma produção

eficiente desde sua construção, na escolha dos materiais e concepção do canteiro de obras, aliados à preservação ambiental e ao consumo responsável de recursos naturais.

No décimo primeiro capítulo Reuso de águas pluviais em habitações unifamiliares é apresentado, primeiramente, uma revisão bibliográfica sobre o sistema de reuso, ressaltando as exigências impostas pela norma e suas vantagens de utilização. Após isso, são apresentadas as características arquitetônicas da edificação e a sua localização, a fim de definir os parâmetros iniciais de projeto, como materiais serem utilizados.

O décimo segundo capítulo Análise das manifestações patológicas no pós-obra do método construtivo de paredes de concreto em edifícios de habitações populares na cidade do Rio de Janeiro tem por objetivo identificar as principais manifestações patológicas após a execução da obra fazendo uma análise de acordo com um estudo de caso de um setor de assistência técnica que atende o item paredes de concreto de uma construtora de grande porte na cidade do Rio de Janeiro.

No décimo terceiro capítulo Proteção contra incêndio de pilares de aço submetidos à compressão simples os autores elaboraram uma análise de uma edificação hipotética como exemplo de dimensionamento a fim de identificar se esta suporta a temperatura crítica, sendo necessária sua proteção.

O décimo quarto capítulo intitulado Construção sustentável discorre sobre o tema de Construções Sustentáveis e descreve as formas de realizar uma Construção Sustentável, a fim de minimizar o impacto ambiental e preservar o meio ambiente e os seus recursos naturais para as próximas gerações.

No décimo quinto capítulo Análises dos desastres nas regiões serranas focado em Nova Friburgo contenções, uma solução imediata tem como objetivo abordar alguns tipos de movimentações de massa. A intenção é mostrar como alguns desastres ambientais podem ser evitados a partir de um planejamento urbano e políticas preventivas atrelado ao uso dessas técnicas de engenharia.

O décimo sexto capítulo Sistema construtivo de paredes de concreto moldadas “*in loco*” busca-se apresentar os aspectos construtivos com as melhores práticas para a execução de estruturas de paredes de concreto moldadas no local desde a fundação até a finalização do edifício, abrangendo como exemplo; o tempo gasto na execução, tipos de matérias, mão de obra, que será mostrado no desenvolver deste trabalho.

No décimo sétimo capítulo A importância do laudo técnico de autovistoria predial – LTVP – e a identificação dos problemas mais frequentes encontrados nos imóveis tem por objetivo destacar a importância da Autovistoria Predial já regulamentada no Município do Rio de Janeiro pela Lei Complementar 126 e identificar as patologias e anomalias, encontradas com maior frequência nas edificações.

Por fim, no décimo oitavo capítulo Impactos da drenagem urbana ineficiente - estudo de cenário: cidade de Nilópolis tem como objetivo determinar os pontos de risco ambiental, de desastres de inundação na Bacia do Rio Sarapuí, região oeste do Rio de Janeiro, por meio de mapas detalhados em escala. Visa também propor soluções técnicas como a utilização de reservatórios de retardo de águas pluviais tanto a nível macro (município) como micro (edificações) a fim de minimizar os impactos das chuvas torrenciais e suas consequências.

**Boa leitura!**

**Prof. MSc. Bruno Matos de Farias**

Doutorando e Mestre em Desenvolvimento Local, Arquiteto e Urbanista,

Professor de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo (UNESA),

Coordenador e Professor de Arquitetura e Urbanismo (UNIGAMA),

Suplente da Comissão Eleitoral do Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU/RJ 2020)

## SUMÁRIO

<i>Capítulo 1</i> .....	09
ASPECTOS TÉCNICOS DIRECIONADOS À CONSTRUÇÃO DE SEPULTURAS VERTICAIS. ESTUDODE CASO: CEMITÉRIO VERTICAL MUNICÍPIO DE BELFORD ROXO – RJ <i>Daniele Ribeiro da Silva; Natalia Cristina Barata Cruz; Vanessa da Silva de Azevedo</i>	
<i>Capítulo 2</i> .....	41
FISSURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO <i>Hiago Simões Duarte; Melissa Barbosa; Bruno Matos de Farias</i>	
<i>Capítulo 3</i> .....	92
DIMENSIONAMENTO DE UMA PASSARELA DE PEDESTRES SOBRE A AVENIDA PRESIDENTE VARGAS <i>Ana Carolina Teixeira da Silva; Miguel Henrique de Oliveira Costa</i>	
<i>Capítulo 4</i> .....	134
ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE CONTÊINERES MARÍTIMOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA HABITAÇÕES SOCIAIS <i>Vinicius Pacheco de Oliveira; Luiz Fernando Areno de Souza</i>	
<i>Capítulo 5</i> .....	164
SISTEMA DE ESTRUTURAS DRYWALL <i>Marcelo da Silva Dias; Paulo Pinheiro Castanheira Neto</i>	
<i>Capítulo 6</i> .....	204
RETROFIT DE FACHADAS DE EDIFICAÇÕES <i>Pedro Lopes Corrêa; Fabricio Barbosa Freitas</i>	
<i>Capítulo 7</i> .....	227
APLICAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME EM CONSTRUÇÕES RESIDENCIAIS. ESTUDO DE CENÁRIO: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR <i>Bruno Henrique Chaves Pereira; Ludmilla Santos Rabelo Nóbrega; Bruno Matos de Farias</i>	
<i>Capítulo 8</i> .....	249
ANÁLISE DO PROCESSO DE FISSURAÇÃO EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL: "ESTUDO DE CASO CONJUNTO RESIDENCIAL IV CENTENÁRIO" <i>Carlos Henrique Lopes Castro da Silva; Kamilla Dantas Cambraia ; Bruno Matos de Farias</i>	
<i>Capítulo 9</i> .....	280
REFORÇO ESTRUTURAL MISTO PARA CORREÇÃO DE DEFORMAÇÃO - ESTUDO DE CASO <i>Daniel Machado do Nascimento; Laryssa Fernanda Figueira Marques da Cruz; Kissila Botelho Goliath</i>	

<i>Capítulo 10</i> .....	311
<b>SUSTENTABILIDADE EM CANTEIROS DE OBRAS</b>	
<i>Felipe Cardoso de Luna; Fabricio Barbosa Freitas</i>	
<i>Capítulo 11</i> .....	338
<b>REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM HABITAÇÕES UNIFAMILIARES</b>	
<i>Igor Viega Monteiro da Silva; Mischelle Paiva dos Santos</i>	
<i>Capítulo 12</i> .....	368
<b>ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO PÓS-OBRA DO MÉTODO CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÕES POPULARES NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO</b>	
<i>Luiz Gonzaga da Rocha Netto; Valéria Vitorio de Souza; Bruno Matos de Farias</i>	
<i>Capítulo 13</i> .....	398
<b>A PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO DE PILARES DE AÇO SUBMETIDOS À COMPRESSÃO SIMPLES</b>	
<i>Bruno Polycarpo Palmerim Dias; Miguel Henrique de Oliveira Costa</i>	
<i>Capítulo 14</i> .....	426
<b>CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL</b>	
<i>Jansen Ferreira da Conceição; Mischelle Paiva dos Santos</i>	
<i>Capítulo 15</i> .....	459
<b>ANÁLISES DOS DESASTRES NAS REGIÕES SERRANAS FOCADO EM NOVA FRIBURGO CONTENÇÕES, UMA SOLUÇÃO IMEDIATA</b>	
<i>André Ricardo Lomar de Carvalho; Gleiciely Figueirêdo dos Santos; Bruno Matos de Farias</i>	
<i>Capítulo 16</i> .....	499
<b>SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS “INLOCO”</b>	
<i>Renato de Oliveira Vieira; Ueliton Cassio Neto Silva; Kissila Botelho Goliath</i>	
<i>Capítulo 17</i> .....	523
<b>A IMPORTÂNCIA DO LAUDO TÉCNICO DE AUTOVISTORIA PREDIAL – LTVP – E A IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS MAIS FREQUENTES ENCONTRADOS NOS IMÓVEIS</b>	
<i>Gustavo de Figueiredo Lopes; Bruno Matos de Farias</i>	
<i>Capítulo 18</i> .....	558
<b>IMPACTOS DA DRENAGEM URBANA INEFICIENTE. ESTUDO DE CENÁRIO: CIDADE DE NILÓPOLIS</b>	
<i>Nicholas Pinheiro Pescadinha; Bruno Matos de Farias</i>	

**Daniele Ribeiro da Silva**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Natalia Cristina Barata Cruz**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Vanessa da Silva de Azevedo**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

A prática de sepultamento verticalizado surgiu como alternativa pela falta de espaço entre as cidades e para acompanhar a evolução da população, com a sua modernização. Um método novo de necrópole e humanizado pela maneira que os sepultamentos são realizados e por suas estruturas imponentes. O objetivo desse trabalho foi mostrar as particularidades do processo construtivo e ambiental envolvidos nesse método. Esse estudo de caso está baseado na construção do primeiro cemitério vertical da cidade de Belford Roxo, Rio de Janeiro, que irá dispor de 12 a 25 níveis de lóculos. O cemitério vertical foi criado pensando no aproveitamento de espaço, pois a quantidade de pessoas que podem ser sepultadas por m<sup>2</sup> é maior em relação ao cemitério horizontal. O processo para construção de cada lóculo e o material que será usado para formar as gavetas, se diferencia de acordo com o projeto, assim como o processo de tratamento dos gases e necrochorume envolvidos no processo de decomposição dos corpos, já que a norma que rege os cemitérios não padroniza o tipo de material a ser usado. Conclui-se que há necessidade de construir um cemitério vertical, sejam pelas suas vantagens construtivas associadas ao processo de verticalização, seja para o benefício da sociedade como para o meio ambiente.

**Palavras-chave:** Cemitério Vertical; Lóculo; Necrochorume.

## INTRODUÇÃO

A palavra cemitério se origina do grego “*Koimetérion*”, quer dizer “dormitório”, lugar onde guardam e repousam os mortos (CAMPOS, 2007). No século passado, as pessoas eram enterradas próximo de seus parentes, porém com o aumento de pessoas doentes em decorrências a decomposição dos corpos, eles passaram a ser velados nas igrejas, que mais tarde passou a proibir os sepultamentos e propuseram que os cemitérios fossem afastados das grandes cidades já que odores emanados da decomposição eram intragáveis (CARNEIRO, 2009).

Segundo Freyre (2003, p 38) “O costume de se enterrarem os mortos dentro de casa – na capela, que era uma puxada da casa – é bem característico do espírito patriarcal de coesão de família. Os mortos continuavam sob o mesmo teto que os vivos”.

Os cemitérios são considerados fontes pontuais de contaminação e propagadores de doenças quando em contato com o ser humano ou com recursos hídricos, por isso precisa de licenciamento ambiental para seu funcionamento, e apesar de hoje se ter esse

conhecimento nunca tiveram atenção quando se trata de contaminação ambiental (MATOS, 2001). Existem dois tipos de cemitérios: os horizontais aonde o corpo vai direto ao solo e a decomposição acontece mais rápido, porém a contaminação dos aquíferos e vetores é maior (PALMA e SILVEIRA, 2011), e o vertical onde os corpos são depositados nos chamados lóculos e contam com dispositivos capazes de filtrar os gases oriundos da decomposição (ANJOS, 2013).

Construídos acima do nível do solo e divididos por gavetas formando os níveis, essa é a definição de cemitério vertical de acordo com Palma e Silveira (2011). Sendo mais eficaz que o convencional, já que os corpos são guardados em gavetas sem contato com o solo, toda a infraestrutura do cemitério vertical é pensada para que os gases provenientes da decomposição, que passam pelos inativadores de gases, e o necrochorume não sejam lançados na atmosfera sem o devido tratamento (HINO, 2015).

O necrochorume é um líquido viscoso oriundo da decomposição dos cadáveres, com um odor fétido e composto de água, vírus, fungos, sais minerais, bactérias e vários patógenos, metais pesados (CARNEIRO, 2009).

As condições do solo, topografia, hidrologia influenciam na contaminação do local, em solos mais argilosos o necrochorume seria absorvido entre as camadas mais profundas do solo, já nos solos arenosos ele atingiria mais rápido o lençol freático (PACHECO, 1996).

Os cemitérios verticalizados estão ligados diretamente a evolução populacional (LAUWERS, 2015), com isso precisam ser projetados pensando no bem-estar dos habitantes assim como do meio ambiente (PRETTI, 2015). Com a Resolução nº 335 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os cemitérios passaram a ter licenciamento ambiental, pois são considerados pelo órgão como fontes pontuais de contaminação (SILVA e MALAGUTTI FILHO, 2008).

É nítido que os cemitérios vêm sofrendo mudanças ao longo da história em relação ao seu espaço (ARIÉS, 1977). A verticalização dos cemitérios surge como uma alternativa para a superlotação dos cemitérios tradicionais pelo aproveitamento que tem de espaço, acompanhados da urbanização (THOMPSON, 2015).

Quando os cemitérios surgiram, não se tinha a noção dos problemas sanitários e ao meio ambiente que ele traria, principalmente os horizontais, não se tinha estudo no solo ou lugar adequado para se enterrar. Apenas no século XX que esse conhecimento ganhou destaque e passaram a adotar medidas mais rígidas no controle das necrópoles (THOMPSON, 2015).

A demanda pelos cemitérios verticalizados está ligada ao aumento do número de óbitos, consequência do aumento da população. Como a maioria dos cemitérios são antigos, sobretudo os públicos, acabaram não acompanhando a evolução da população e das cidades, e por isso da superlotação dos cemitérios (THOMPSON, 2015).

Para sanar a falta de espaço, as prefeituras de algumas cidades estão reestruturando seus cemitérios para acompanhar a demanda de óbitos, surge então a verticalização dos cemitérios como maneira para suprir as demandas (RODRIGUES e GARCIA, 2017).

Um problema que não afeta apenas o Brasil, mas muitos países que tentam driblar a carência de lugar (RODRIGUES e GARCIA, 2017). Já que aumentando o número de óbitos e tendo os cemitérios que acompanhar essa evolução, o jeito é ampliar o espaço ou construir um espaço novo que atenda a capacidade populacional, como recurso futuro a verticalização do cemitério (SARDINHA, 2015).

Em algumas cidades já é crescente o número de sepulturas verticalizadas, inclusive em São Paulo, na cidade de Santos, existe o mais alto cemitério vertical do mundo, um prédio de 40 andares e com capacidade para 25 mil gavetas, que este incluído, por esse feito, no livro dos recordes (REBELLO, 2020).

A cidade de Belford Roxo vem sofrendo pela falta de espaço para sepultamentos, e o único cemitério municipal que a cidade tem acaba ficando sobrecarregado pela demanda, e muitas famílias acabam recorrendo a outras cidades para realizar o sepultamento de seus entes, onerando o espaço de outras cidades (CUSTÓDIO, 2012).

A concessionária Rio Pax (2020) por meio de uma iniciativa privada, está construindo o primeiro cemitério vertical do município, e de acordo com o projeto, irá dispor de 12 a 25 níveis de lóculos (gavetas) para suprir a deficiência de espaço nas cidades. Essa nova técnica garante que o espaço interno, gavetas, seja isolado do exterior, uma vez que o objetivo da verticalização é de aproveitar o espaço disponível e não levar a contaminação ao solo e para os habitantes que habitam aos arredores.

Esse trabalho está baseado em um estudo de caso, a construção de um cemitério verticalizado na cidade de Belford Roxo, estado do Rio de Janeiro. Para elaboração dessa pesquisa foram feitas visitas aos cemitérios verticais que estão sendo construídos pela concessionária Rio Pax, em quatro bairros do Rio de Janeiro (Botafogo, Campo Grande, Inhaúma e Irajá), a fim de conhecer os métodos e particularidades da infraestrutura dos cemitérios.

Foram coletadas fotos, vídeos do processo de montagem e desfôrma das gavetas, e por meio das informações coletadas em campo desse método de construção foi possível fazer a revisão da bibliografia especializada no tema proposto e das normas que regem a construção dos cemitérios no Brasil.

O objetivo geral deste trabalho é o de apresentar as particularidades envolvidas na composição do método de construção vertical de cemitérios verticais, com apontamento do estudo de solo.

Como objetivos específicos seguem, relacionar os materiais e fôrmas usadas no processo de construção, apresentar o projeto de instalação e ventilação das sepulturas e abordar os aspectos da norma que regem os cemitérios.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

O cemitério é um lugar afável para aqueles que procuram perpetuar a memória de seus entes que já partiram, que independente da religião, ainda assim velam-se os corpos para dar o último adeus. Um lugar não apenas considerado depósito de corpos, mas de memórias afetivas de alguém que já pertenceu a este plano (CARVALHO, 2012).

Com a evolução humana e das cidades, os cemitérios tiveram que acompanhar esse processo, até mesmo no que diz respeito à poluição que trazem ao meio em que estão sediados, e a estética, pois sempre foram vistos como algo tenebroso (CARVALHO, 2012).

### **Conceitos de Necrópole**

O cemitério sempre foi considerado como lugar santo, onde aqueles que partiram descansam pela eternidade, reflexos de uma cultura e o lugar para guardar a memória dos seus entes (THOMPSON, 2014).

O primeiro cemitério surgiu ainda na idade da pedra, a civilização tinha questão de perpetuar e de respeito pelos que partiram, por isso surgiu à ideia de cultuar espaços destinados a velar os corpos para que a alma pudesse repousar. Muitos acreditavam que se não fizessem isso os mortos sentiriam insatisfação e que com isso seriam assombrados por eles (PACHECO, 2000).

Considerados por Silva e Malagutti Filho (2009) como uma forma de aproximar os falecidos de Deus, os sepultamentos começaram a ser realizados dentro das igrejas, nem tão bem visto pelo povo nem pelas igrejas, que tinham que conviver com o mau cheiro

que exalavam da decomposição dos corpos (SILVA, SUGUIO e PACHECO, 2008).

Os corpos eram mantidos apenas com o lençol envolto do corpo e assim eram transportados para o velório, por costume da época não se usava caixões e quando tivesse necessidade eles eram alugados, levando a população ao risco de contágio por diversas doenças (SILVA, SUGUIO e PACHECO, 2008).

Nos cemitérios, distantes de suas casas e igrejas, de suas paroquiais, a céu aberto, os mortos encontrariam abrigos nos túmulos. Por isso muitos deles reproduziram cenários de igrejas e de capelas, em escalas reduzidas, enquanto outros, com morfologia laicizada, assemelhavam-se as residências de seus proprietários. Mas aquela altura não se tratava apenas de assegurar ao morto um lugar no céu, mas garantir também um lugar na terra, sob a proteção de uma coberta, aos cuidados da família, para lhe proteger das intempéries, e também resguardar a imagem de conservação do corpo. Nos túmulos acumulavam-se cadáveres, cada um conservando parte da sua individualidade, invocando lembranças comuns, memórias genealógicas, pois os túmulos passaram a ser também habitações familiares”(MOTTA, 2010, p.56).

O principal fator que fez com que os cemitérios se afastassem das igrejas foi à questão sanitária, a fim de evitar a disseminação de doenças entre os vivos e o grande aumento da população e mortalidade nas cidades se fez necessário criar um cemitério que fosse capaz de suprir a demanda da época (ALGRAVE, 2008).

Os cemitérios sofrerão modificações profundas em sua organização espacial, em sua estética e em seus símbolos com o passar dos anos. Essas modificações derivam das concepções sobre a morte defendidas pelos grupos, de modo que é possível estabelecer relação entre as crenças sobre a morte e a forma como os corpos mortos são tratados (THOMPSON, 2014, p.96).

De acordo com a Resolução nº335 CONAMA (2003), podem-se encontrar uma variedade de cemitérios, porém os mais comuns são os horizontais e os verticais: nos cemitérios horizontais os corpos são enterrados direto no solo (PACHECO, 2000) e nos cemitérios verticais os corpos são depositados em lóculos formando os pavimentos, além de contar com um sistema de tratamento para os gases e líquido dos corpos (PACHECO, 2001).

### **Questões urbanísticas associadas ao processo**

No século XIX todos os cemitérios tinham seus espaços delimitados, mas com o avanço das cidades e o aumento da população muitos tiveram que se expandir para se adequar à nova realidade da urbanização (BORGES, 2002). O crescimento dos grandes centros está ligado diretamente ao surgimento das rodovias (VILLAÇA, 2001).

Com o avanço dos centros urbanos, por sua vez tendo os cemitérios que se afastarem, as cidades acabaram crescendo ainda mais chegando a se aproximar novamente dos cemitérios, algo contraditório já que os cemitérios se distanciaram das grandes metrópoles por conta da desvalorização dos terrenos e repudia dos cidadãos em se morar próximos a eles (ROSA, 2003).

“A cidade dos mortos antecede a cidade dos vivos. Num sentido, aliás, a cidade dos mortos é precursora, quase o núcleo, de todas as cidades vivas. A vida urbana cobre o espaço histórico entre o mais remoto campo sepulcral da aurora do homem e o cemitério final, a Necrópolis em que uma após a outra civilização tem encontrado o seu fim” (MUNFORD, 1998 p.13).

Hoje encontramos cemitérios próximos a centros urbanos que tiveram que acompanhar o avanço da civilização se modernizando, de acordo com o local em que está

inserido (HARIYONO, 2015). As pequenas cidades já são consideradas locais com baixo povoamento e com terrenos mais baratos, fazendo com que os cemitérios se instalem nos arredores por conta do vasto espaço encontrado (PALLONE, 2005). Segundo Rosa (2003) a acessibilidade de um cemitério para o ser humano é mais relevante do que propriamente a infraestrutura que ele oferece.

## Questões ambientais associadas ao processo

Do ponto de vista ambiental, existe um desconhecimento por parte da população de que os cemitérios possam ser fontes pontuais de contaminação. É possível ver que em muitos cemitérios a péssima administração é um dos fatores preocupantes quando falamos em saúde pública (ANJOS, 2013). Segundo Zychowski (2012) muitos países não têm uma política severa quando se trata em necrópoles, incluindo no Brasil que tem apenas um licenciamento ambiental.

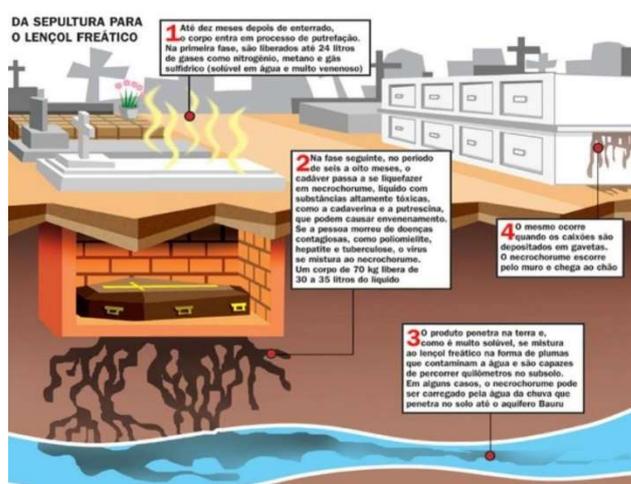
Na decomposição de um cadáver é liberada uma substância de cor acinzentada chamada de necrochorume, considerado o principal poluidor dos cemitérios, composto de sais minerais, água, patógenos, substâncias degradáveis, vírus e bactérias. Capaz de infiltrar o solo e chegar a profundidades a ponto de contaminar o lençol freático (ANJOS, 2013).

Os lençóis freáticos são muito suscetíveis ao processo antrópicos, devido ao posicionamento espacial no meio físico e acesso facilitado aos vetores químicos e microbiológicos, proporcionando pelo carreamento elixiviação de águas superficiais infiltrados e pluviais (CAMPOS, 2007, p.77).

Além do necrochorume, conforme mostra a Figura 1, as roupas que envolvem o corpo assim como os caixões, são materiais contaminantes e devem ser descartados adequadamente, pois em contato com a água da chuva podem levar substâncias degradáveis ao solo (KEMERICH et al. 2012).

Outro tipo de contaminação causada pelos cemitérios é a liberação de gases tóxicos como metano, amônia, dióxido de carbono, metanol e formaldeído, considerados perigosos a saúde (KEMERICH et al. 2012). Isso implica no aumento de doenças respiratórias causadas pelo lançamento de gases na atmosfera (SILVA, 1999).

Figura 1 – Esquema de lançamento de gases e necrochorume nos corpos hídricos



Fonte: Saravis, 2018.

A Resolução nº335 CONAMA (2003) instituiu alguns critérios para adequação para licenciamento dos cemitérios, e assim que entraram em vigor os órgãos estaduais e municipais passaram a fiscalizar os novos e antigos cemitérios, que tiveram que se adequar a resolução e o não cumprimento desta lei, cabe medidas severas. Os cemitérios são condicionados a um relatório de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e um Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), e para que isso aconteça é realizado um estudo indicando as condições do lugar, profundidade do lençol freático, tipo de solo e levando em conta a necessidade do terreno para se abrigar um cemitério (WEBER, 2010).

### **Processo de sepultamento horizontal**

De acordo com a Resolução nº335 CONAMA (2003) “cemitério horizontal é aquele localizado em área descoberta compreendendo os tradicionais e o do tipo parque ou jardim”, conforme mostra a Figura 2. A primeira etapa para implantação de um cemitério horizontal é conhecer terreno que vai ser construído esse cemitério,

fazer uma sondagem e amostragem do solo, já que os sepultamentos são subterrâneos, e identificar o nível do lençol freático (SUGIO, 1998).

O monitoramento dos aquíferos subterrâneos nos cemitérios horizontais tem por objetivo acompanhar o nível da água do lençol freático, esse acompanhamento permite definir a disposição dos rejeitos nas águas subterrâneas, a quantidade de amostra a ser coletada dependera da área do terreno (CETESB 2001, apud REIS SOBRINHO, 2002).

Figura 2 – Cemitério horizontal



Fonte: O Globo Online, 2014.

O nível inferior da sepultura deve estar a uma distância de um metro e meio acima do nível do aquífero subterrâneo, deve-se dispor de sistema para tratar água das chuvas, a fim de evitar erosões e alagamento das covas (Resolução nº335 CONAMA, 2003)

### **Processo de sepultamento vertical**

O que diferencia o cemitério vertical do horizontal é apenas a estrutura que é depositada os corpos. Diferente do que se imaginam os corpos são postos na horizontal, um em cima do outro, separados apenas pelos lóculos, nome dado as gavetas que separam um corpo do outro, como mostra na Figura 3 (MEMORIAL VERACRUZ, 2014).

De acordo com o Decreto nº39094 de 12/08/2014 que institui o regulamento cemiterial e funerário do município do Rio de Janeiro, o pé direito não deve ser inferior a 2,60 m, assim como os jazigos devem obedecer às seguintes medidas: 0,80 m de largura, 0,60 m de altura e comprimento de 2,30 m.

Figura 3 – Cemitério vertical



Fonte: Prefeitura de São Paulo, 2020.

De acordo com a Resolução nº335 CONAMA (2003), cemitério vertical é um prédio composto de vários pavimentos específicos para sepultamentos, eles devem ser construídos por matérias que impeçam a saída de líquido e gases das gavetas para a atmosfera e é primordial o tratamento dos gases proveniente da decomposição dos corpos.

## **METODOLOGIA**

Por meio das revisões bibliográficas sobre gavetas verticalizadas fica evidente que esse novo conceito de necrópole surgiu, não somente, pela falta de espaço nas cidades para sepultamento, mas por uma questão ambiental que foi abordado nesta pesquisa no item 2.1.2. Visa-se expor de maneira concisa as técnicas construtivas, desde a preparação do solo, para acomodar a fundação até a montagem das formas, e a concretagem de todos os níveis, assim como o sistema para tratamento de gases que cada gaveta possui.

## **Sondagem**

O estudo de solo é fundamental para iniciar uma obra, visto que, de acordo com a análise é possível descobrir se é viável ou não a construção em determinada localidade. O cemitério vertical tem sua construção semelhante à de um prédio habitacional, onde sua sustentação é feita pela fundação que é apoiada diretamente no solo onde o Ensaio de Penetração no Solo, (Standard Penetration Test - SPT) é primordial, pois através dele é possível escolher a fundação que melhor atende ao projeto.

A investigação geotécnica é integrada por sondagem a percussão (SPT), mapeando uma determinada área estratigráfica e sua classificação do solo e nível do lençol freático e Índice de Resistência a Penetração do Solo (NSPT) ao número de golpes. Após os dados mapeados o construtor saberá qual a profundidade necessária para as fundações e suas respectivas dimensões, conforme a Figura 4a.

A sondagem de solo é como um raio-X do terreno, pois através dele será possível conhecer o solo de um terreno, tipos de rocha, dimensionar o tipo de fundação que aquela obra exigirá, assim como a profundidade necessária para o terreno suportar o peso da obra.

De acordo com a ABNT NBR 8036:1983 – Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios, a quantidade de furos é realizada de acordo com o tamanho do terreno, e o local onde serão os furos da sondagem segue as orientações do contratante.

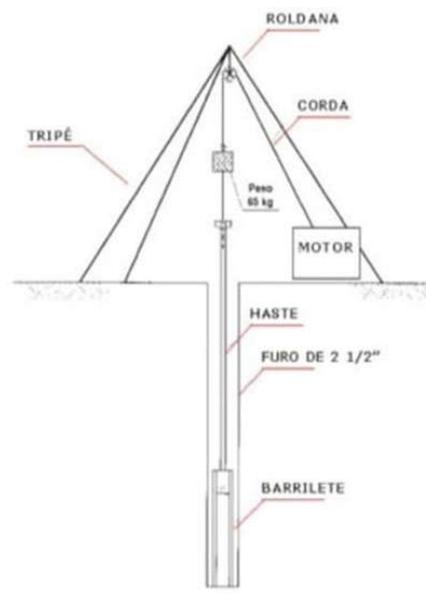
Já o segundo metro em diante de solo é posicionado em um tripé um amostrador padrão, a partir daí usa-se um bloco de ferro de 65 Kg que é fixado a uma altura de 75 cm e depois esse peso é solto fazendo com que o mesmo caia em queda livre até bater no barrilete de 1", que com a pressão crava o amostrador no solo até que penetre os 45 cm de solo.

Esses 45 cm são divididos em partes de 15 cm que a partir disto começa a contagem do número de golpes. A soma do número de golpes para penetrar os últimos

30 cm é eliminada, chamando o número de golpes ou número de SPT sobre o resultado do ensaio no solo de Belford Roxo.

Pode ser normal que não aconteça a penetração certa dos 15 cm, quando isso acontece deve-se anotar o número de golpes e o quanto foi cravado.

Figura 4 – (a) Sondagem a percussão e (b) Elementos para realização de sondagem



(a)

(b)

Fonte: (a) Gr Sondagens, 2019 e (b) Geoscan, 2019.

## Processo para execução de sondagem a percussão

Uma das etapas fundamentais para execução de uma obra é a sondagem. Dela serão obtidas informações hidrológicas e geológicas do terreno. O equipamento de SPT é composto por um tripé, um peso suspenso de 65KG, que é padrão da ABNT NBR 6484:2001 – Sondagem de simples reconhecimento com SPT, e o amostrador ou barrilete, Figura 4b.

Por meio das amostras colhidas no ensaio é possível conhecer as camadas de solo que compõem o subsolo, onde é seguida cada etapa para a sondagem.

- a) Amostrador-padrão: quando se atinge um metro de profundidade é posicionado o amostrador para testar a resistência do solo ao ensaio;
- b) Marcação: é realizado a partir dos 45 cm cravados, os primeiros 15 cm funcionam com uma referência para o número de golpes;
- c) Posição do martelo: é posicionado a uma altura de 75 cm e a contagem nos primeiros 45 cm, todo o resultado do ensaio sendo anotado por um técnico a cada 15 cm;
- d) Coleta de amostra: a cada metro é extraído do solo uma amostra de material, possibilitando a identificação do solo;
- e) Teste de umidade: é realizado apenas quando o solo estiver úmido ao ser

escavado, pois indica a presença de lençol freático no local;

f) Torquímetro: usado para determinar o atrito entre o solo e o amostrador.

## Terraplanagem

A terraplanagem é um conjunto de etapas necessárias para nivelar um terreno a fim de torná-lo com uma nova formação topográfica, ou seja, plano. Através de estudos do topógrafo é possível saber o quanto de corte será feito no terreno, assim como os equipamentos necessários para remoção do solo. Para que o terreno se torne plano, deve ser feito um corte ou um aterro. Caso haja o corte, o excesso de solo deve ser removido pelos equipamentos, onde este excesso possa ser destinado ao bota-fora. Um montante poderá ser reaproveitado para a devida compactação do mesmo terreno onde o solo foi removido, caso seja verificada essa necessidade no projeto, Figura 5.

Figura 5 – Remoção de terra para o bota-fora



Fonte: Acervo fotográfico dos autores, 2020.

O terreno passa por um corte de aproximadamente 3,50 m de altura para seu nivelamento, Figura 6. Antes de iniciar a terraplanagem o terreno precisa estar limpo e sem presença de vegetação.

Figura 6 – Corte no terreno



Fonte: Acervo fotográfico dos autores, 2020.

Com o terreno plano são usados equipamentos que irão diminuir os vazios do solo através da pressão e vibração, como o rolo compressor ou o rolo pé de carneiro, Figura 7a e b.

Figura 7 – (a) Preparação do terreno para compactação e (b) Compactação do terreno



(a)

(b)

Fonte: (a) e (b) Acervo fotográfico dos autores, 2020.

### **Resolução N° 335 do CONAMA:2003**

Desde os primórdios o ato de se enterrar próximo de residências ou igrejas era comum, pois havia uma crença por parte dos familiares ao achar que os seus entes estariam mais próximos na morte, e mesmo ao passar dos tempos os cemitérios nunca foi motivo de preocupação pelo seu poder contaminante.

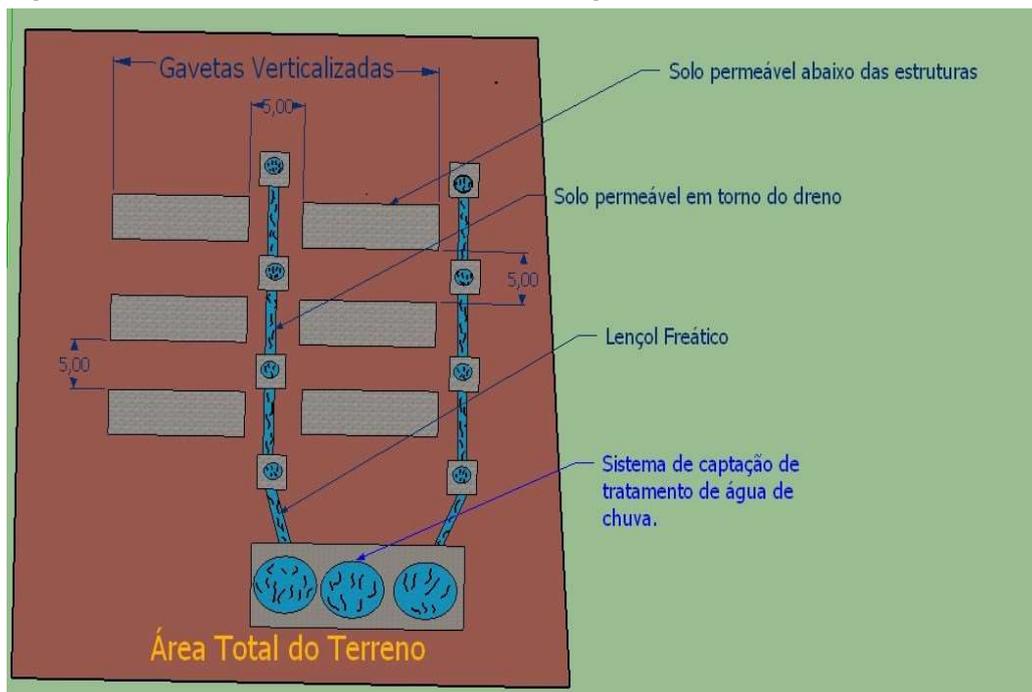
Com o aumento das doenças causadas com a decomposição dos corpos, contaminação de lençol freático e vegetação, foi instituída a Resolução n°335 do CONAMA (2003) que estabelece a disposição dos cemitérios e tratamento de gases e resíduos oriundos da decomposição. Para efeitos da norma os cemitérios horizontais e os cemitérios verticais estarão submetidos ao licenciamento ambiental para funcionamento.

De acordo com a Resolução n°335 do CONAMA (2003) cemitério é, “área destinada a sepultamento”, onde a norma explica sobre os tipos de cemitérios existentes, sendo o principal, cemitério horizontal e cemitério vertical.

Construir cemitérios em áreas de preservação ou que necessitem de desmatamento é proibida pela norma, assim como construir cemitérios sob o nível do lençol freático sem que se tenha um plano para tratamento ou drenagem desta água, o projeto deverá ser assinado por profissional habilitado e nele contendo as providencias para reduzir os impactos ambientais, caso contrário, penalidades e serão aplicadas.

No que diz a respeito ao terreno (Figura 8), as sepulturas deverão ser feitas acima do nível do terreno. A área do terreno deve ter um recuo de 5,00 metros em relação ao espaço do cemitério, e deverá ter um sistema de captação de tratamento de água de chuva, o subsolo precisa ser composto de material que permita a passagem de água entre o fundo das sepulturas e o lençol freático.

Figura 8 – Distância do terreno e tratamento de água de acordo com o CONAMA



Fonte: Acervo fotográfico dos autores, 2020.

Os resíduos da exumação deverão ser descartados de forma adequada, e no caso de inatividade do cemitério o proprietário deve solicitar o plano de encerramento de atividades e nele conter planos de recuperação do meio ambiente e possível indenização às vítimas causadas pela contaminação dos resíduos.

### **Regulamento cemiterial e funerário do município do Rio de Janeiro - Decreto Nº 39094:2014**

Este decreto é usado como base para muitos cemitérios no município do Rio de Janeiro por ser completo e abranger diversos métodos para humanizar o sepultamento. Visto que outras prefeituras, de demais municípios não têm seu próprio regulamento, dispendo sobre o funcionamento de seus próprios cemitérios, este é adotado como base para o trabalho.

O decreto foi criado para organizar a administração dos cemitérios no município do Rio de Janeiro e atividades fúnebres, e para garantir melhorias no que tange a sustentabilidade e qualidade dos serviços. Assim como a Resolução nº335 do CONAMA (2003), esse decreto institui medidas para minimizar o lançamento de gases na atmosfera, onde cada sepultura precisa sistema de tratamento, e não contaminar o lençol freático e cursos d'água.

Nos cemitérios tradicionais, o sepultamento deverá ser realizado abaixo do nível do terreno, já os verticais as estruturas devem ser definitivas, onde em ambos os cemitérios o projeto de construção aprovado pelo município de cada cidade.

Para os cemitérios horizontais, o projeto deve constar informações de como localização do terreno, facilidade em circulação para pedestre e trânsito de veículos, estar em acordo com a preservação do meio ambiente e saúde pública, sendo o mínimo de 20.000 sepulturas. O estudo no solo deve ser primordial e nele constar detalhes da sondagem, como quantidade de furos, solo encontrado e água subterrânea. O fechamento de muro em torno do cemitério deverá ter no mínimo 3,00 m de altura, e em relação ao tamanho das sepulturas elas devem ter 1,55 m de profundidade; 1,80 m de comprimento e

0,50 m de largura.

Para os cemitérios verticais, no que diz a sua construção, o pé direito não pode ser menor que 2,60 m, assim como a circulação entre um pavimento e outro deverá ter o mínimo de 3 m de largura.

Art.61. Parágrafo único. Os jazigos poderão ser sobrepostos e justapostos, de modo a formar um conjunto, obedecidas as seguintes características:

I - a sobreposição poderá ser, no máximo, quatro jazigos por pavimento;II - a justaposição poderá ser, no máximo, vinte e cinco jazigos;III - a cada vinte e cinco jazigos justapostos deverá ser prevista a circulação de acesso (Regulamento cemiterial e funerário do município do Rio de Janeiro, 2014, p15).

A medida dos lóculos deverá respeitar 0,80 m de largura; 0,60 m de altura e 2,30 m de comprimento, e a cada 25 lóculos construído terá uma circulação de acesso para os visitantes, sendo o mínimo de 2.000 sepulturas.

### **Sobre o tratamento do necrochorume e dos gases da decomposição**

O necrochorume é um líquido escuro e fétido proveniente da decomposição do corpo, o principal causador de contaminação do cemitério, trazendo malefícios a saúde humana ao entrar em contato com águas subterrâneas. Os impactos acarretam riscos à saúde humana causando distúrbios tais como vômitos, diarreias, cólicas etc. Os cemitérios horizontais e verticais são regidos pela Resolução nº335 do CONAMA (2003), que estabelece critérios nos quais garante a decomposição do corpo e a proteção das águas submersas do necrochorume e dos gases da decomposição.

As gavetas verticalizadas serão impermeabilizadas e testadas com o teste de estanqueidade para que não possibilite o risco de contaminação pelo necrochorume. Serão instalados drenos com tubulações de Cloroproleto de Vinila Clarado (CPVC) que terão o objetivo de fazer a sucção dos gases poluentes, tratando dentro da máquina inativador de gases e produzindo com o lançamento na atmosfera CO<sub>2</sub>.

Existem diversos métodos para tratar o necrochorume dentre eles o filtro biológico, após a aplicação de uma manta no fundo dos túmulos é colocado drenos que levarão os líquidos até os filtros biológicos. Outro método são as pastilhas e mantas absorventes, as pastilhas são formadas por bactérias que consomem matéria orgânica e as mantas é composta por material impermeável que fica no fundo dos túmulos, quando o necrochorume é liberado ele se junta a camada de celulose contida na manta e vira um gel, impedindo que o mesmo escoe.

E o tratamento de forma anaeróbica, com presença de oxigênio, onde ele é tratado e lançado na atmosfera sem causar prejuízos ao meio.

### **DESENVOLVIMENTO**

Estudo de caso baseado na construção do primeiro cemitério vertical da cidade de Belford Roxo, Figura 9. Para a realização deste trabalho foi acompanhado todo o processo construtivo de cada gaveta verticalizada. De acordo com o projeto serão construídos aproximadamente seis prédios no total, sendo dois com 12 níveis, um com 25 níveis e três com 14 níveis.

Figura 9 – Localização do cemitério



Fonte: Google Maps, 2020.

### Localização do terreno

O local escolhido para construção do primeiro cemitério vertical fica na cidade de Belford Roxo, no bairro Redentor, ao lado do cemitério israelita Chevra Kadisha. O local estava abandonado e tomado por vegetação. De acordo com o projeto a área total a ser construída é de 3.827,38 m<sup>2</sup> contendo, aproximadamente, 11.788 gavetas e 12.350 columbários, conforme mostra a Figura 10, da planta da localização do terreno.

Figura 10 – Planta de arquitetura e localização do cemitério vertical em Belford Roxo

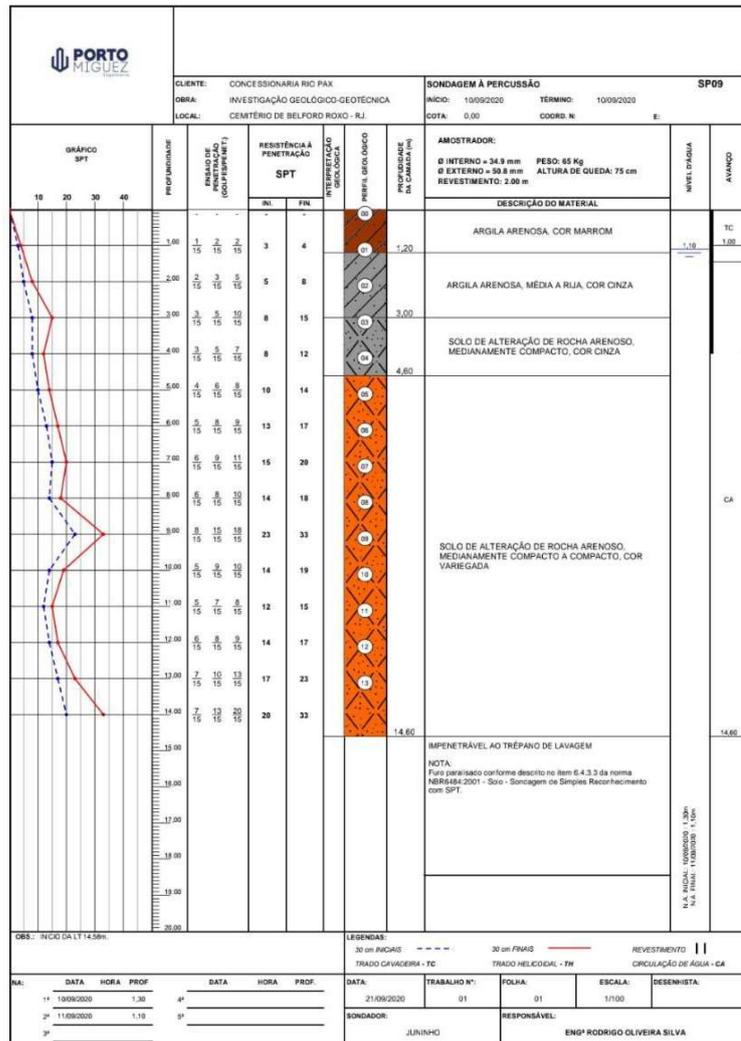


Fonte: Rio Pax, 2020.

### Relatório de sondagem em SPT do cemitério de Belford Roxo

O terreno passou por um corte de aproximadamente 3,50 m de altura para o seu nivelamento. A sondagem foi realizada seguindo a ABNT NBR 6484:2001 – Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT, e através do relatório (Figura 11), descobriu-se o lençol freático a 1,10 m de altura. Já em relação ao solo com 1,20 m foi encontrado um solo composto por argila arenosa e nos 3,00 m de profundidade de cor acinzentada. Foram feitos no total 12 furos para o ensaio de SPT.

Figura 11 – Ensaio de SPT do cemitério de Belford Roxo



Fonte: Acervo dos autores, 2020.

### Tipo de solo encontrado na percussão

Ao ser realizado o ensaio de SPT foi identificada turfa no solo do terreno do cemitério em construção, como mostra a Figura 12a. A turfa é formada pela decomposição de materiais vegetais que são depositados em regiões inundadas e com pouca oxigenação, o que explica a sua coloração escura, desde marrom a tons de preto, conforme a Figura 12b.

A sua composição pode ser alterada de acordo com a vegetação, clima, grau de transformações até a sua formação, onde podem ser encontrados musgos, folhas, ciperáceas (plantas que crescem em regiões alagadas).

São classificadas em amorfas, formadas em ambientes aquosos e por vegetais; e fibrosas formadas pelo acúmulo de materiais orgânico de aspecto gelatinoso e coloração escura, sendo o solo com baixa resistência ao cisalhamento, um solo com presença de turfas deve ser bem analisado para que não ocorram problemas com a estrutura, como o recalque diferencial a Figura 12c.

Por ser um solo composto de material orgânico o solo recebeu tratamento para ganhar resistência para a fundação, sendo tratada da seguinte forma: foi extraído o material orgânico, e colocados no local pó de pedra e rachão e o solo compactado com rolo pé de carneiro de 9 toneladas, para que o solo tenha estabilidade e não cause recalques a estrutura.

Figura 12 – (a) Material orgânico, (b) Turfa e (c) Turfa encontrada após escavação



Fonte: (a), (b), e (c). Acervo fotográfico dos autores, 2020.

### Projeto de drenagem do lençol freático

Durante o processo de escavação foi encontrado o lençol freático a 1,10 m do nível do solo, Figura 13, e foi feito tratamento para o seu rebaixamento, o lençol ele foi mantido baixo.

Figura 13 – Lençol freático



Fonte: Acervo fotográfico dos autores, 2020.

Sobre o lençol freático foi lançado pó de pedra para assentamento do tubo como mostra na Figura 14, dimensionado um dreno para escoamento da água subterrânea com tubulação de 150 mm, isolado com manta geotêxtil (Bidim) Figura 15.

Figura 14 - Lançamento de pó de pedra no lençol Bidim



Figura 15 - Envolvimento do tubo com manta freática



Fonte: Acervo fotográfico dos autores, 2020.

Sobre o tubo com manta geotêxtil foi lançado brita 1 e depois foi colocado outro tubo de 150 mm para drenagem, Figura 16, e jogado por cima dele um pouco do solo do próprio terreno para a compactação do local, conforme a Figura 17 mostra.

A drenagem o lençol freático é feito para evitar deslizamento do solo além de evitar problemas futuros de infiltração nas construções, onde é possível executar a fundação após o rebaixamento.

Figura 16 - Dreno vertical em colchão de brita 1



Figura 17 - Finalização do processo de drenagem



Fonte: Acervo fotográfico dos autores, 2020.

## Fundação

Para execução do radier no cemitério, o solo foi nivelado e compactado com pó de pedra e conferido o nível do terreno. Optou-se por construir uma fundação em radier, Figura 18, por ter encontrado material orgânico no solo, sendo este um solo com baixa capacidade de carga, e no caso esta fundação foi executada para que a estrutura não esteja sujeita a recalques futuros com aparecimento de trincas e rachaduras.

Após esse processo foi feita a montagem dos painéis, de acordo com a medida do projeto exigida, forrado uma lona plástica de 4 mm em cima do radier, para que a água não evapore muito rápido quando for lançado o concreto usinado, e após colocado armadura Q92 15x15 dupla, Figura 19, com distanciadores de 7 cm dividindo e garantindo o cobrimento do concreto.

Figura 18 – Montagem do radier



Figura 19 – Tela Q92



Fonte: Acervo fotográfico dos autores, 2020.

A concretagem do radier foi feita in loco e o concreto bombeado na fundação, conforme a Figura 20. O concreto usado deve atender a resistência mínima estabelecida para a estrutura de fck 25 MPa, slump 180+/-30 e brita 0. A área total concretada foi de 24,00 m x 4,90m x 0,20 m com um volume de 23,53m<sup>3</sup> de concreto. Os painéis foram retirados no dia seguinte, conforme a Figura 21.

Figura 20 – Concretagem do radier



Figura 21 – Radier concretado



Fonte: Acervo fotográfico dos autores, 2020.

## Estrutura (gavetas e columbários)

A estrutura nuclear do cemitério vertical compreende a edificação de gavetas e columbários. As gavetas são locais que abrigam as urnas no sepultamento, e sua estrutura deve possuir resistência para abrigar as urnas, assim como permitir que o conjunto se comporte de modo monolítico.

Os columbários são locais destinados a guardar urna com cinzas ou os restos mortais, após exumação e cremação. Ambas as estruturas são padronizadas e utilizam-se de fôrmas nas suas edificações.

## Fôrmas

As fôrmas de gavetas (Figura 22a) e columbários (Figura 22b) utilizadas na construção da estrutura do cemitério vertical, são formas metálicas para uso de concreto usinado. Este tipo de fôrma e alguns de seus acessórios foram fabricados de acordo com

a necessidade do projeto, em específico, em um projeto de otimização, pois alguns itens constituintes são encontrados no mercado em tamanhos diferentes ao exigido pelas gavetas.

Figura 22 – (a) Fôrma de gaveta e (b) Fôrma de columbário



(a)

(b)

Fonte: (a) e (b) Acervo fotográfico dos autores, 2020.

## Gavetas

As fôrmas das gavetas verticalizadas são divididas em três partes: esqueleto (estruturas) pesando 75 kg, fôrma lateral direita e fôrma lateral esquerda, ambas com peso de 85 kg, que são ligados por uma alavanca que trava uma na outra, formando a principal estrutura dos lóculos, conforme a Figura 23.

Figura 23 - Estrutura principal das gavetas verticalizadas com travamento



Fonte: Acervo fotográfico dos autores, 2020.

As fôrmas das gavetas foram projetadas respeitando o Decreto nº39094:2014, sobre as medidas mínimas de uma sepultura: 0,60 m de altura, 0,80 m de largura e 2,40 m de comprimento.

## Columbários

Assim como as fôrmas das gavetas, as de columbários, também foram projetadas possuindo as seguintes dimensões: 0,32 m de altura, 0,32 m de largura e 0,68 m de comprimento.

Os columbários ficam na lateral direita e lateral esquerda de cada prédio, os mesmos são concretados juntos com as gavetas, como mostra a Figura 24.

Figura 24 - Fôrmas de columbários prontas na lateral



Fonte: Acervo fotográfico dos autores, 2020.

## Acessórios

Em cada processo de montagem das gavetas e columbários são utilizados alguns acessórios como, treliça, travamento das fôrmas, porca de ancoragem, alinhador, trava de alinhamento e a trava de fundo de gavetas, onde cada um deles tem a sua funcionalidade, tal como dar sustentabilidade na concretagem e não correr o risco da fôrma abrir e perder o concreto. Sejam estes:

- a) Treliça: É usada para dar sustentação na junção de dois níveis de columbários (Figura 25a);
- b) Travamento das fôrmas: É feito o travamento das gavetas para que não ocorra o vazamento do concreto, onde há um cuidado particular para colocação de cada acessório, de modo que o mesmo não se perca. É inserido um tirante de 5,8" nos espaços entre as gavetas e columbários (conforme mostra a Figura 25b), de modo que este ligue o fundo de uma gaveta a outra e ligue os columbários até a grade de apoio;
- c) Alinhador e porca de ancoragem: É inserido o alinhador nos tirantes, dando mais sustentabilidade no travamento das fôrmas, mostrados na Figura 25c, e por último é colocada a porca de ancoragem que irá travar todos os acessórios garantindo que o funcionamento de cada um deles, Figura 25d.;
- d) Trava de alinhamento: Para que a gaveta não corra, ou saia do prumo, é feito o travamento na parte inferior da gaveta, conforme a Figura 25e mostra, para não sair do alinhamento de uma gaveta a outra;
- e) Trava de fundo: Já para o travamento da parte superior das gavetas é usado a trava tipo cruzeta nos fundos de uma gaveta para a outra, conforme a Figura 25f;
- f) Grade de apoio: A grade de apoio, Figura 25g, é fabricada com o propósito de atender a necessidade de peso da parede estrutural de apoio dos columbários, dando mais sustentabilidade a carga estrutural.

Figura 25 – (a) Treliça, (b) Tirantes sendo inseridos nas fôrmas, (c) Alinhador, (d) Porca de Ancoragem, (e) Trava de alinhamento, (f) Trava de fundo e (g) Grade de apoio



Fonte: (a), (b), (c), (d), (e), (f) e (g) Acervo fotográfico dos autores, 2020.

## Desfôrma das gavetas

Para que a fôrma seja removida, após o seu travamento pelos acessórios, utilizam-se equipamentos de modo a facilitar a desfôrma sem prejudicar a estrutura já formada. São utilizados como equipamentos de desfôrma:

- a) Esticador hidráulico: O esticador hidráulico (Figura 26a), é usado para destravar as abas da fôrma lateral direita e lateral esquerda, através de movimentos de fricção manual.
- b) Macaco hidráulico: O macaco hidráulico (Figura 26b) destrava o esqueleto da fôrma de gaveta sem grandes esforços (Figura 26c), para só depois ser feito o destravamento total da estrutura.

Figura 26 – (a) Esticador hidráulico, (b) Macaco hidráulico, e (c) Macaco hidráulico sendo usado para desprender a fôrma



Fonte: (a), (b), e (c). Acervo fotográfico dos autores, 2020.

## Óleo desmoldante

O óleo desmoldante é usado para aproveitamento das fôrmas e para preservar o estado do concreto, quando bem aplicado diminui o aparecimento de fissuras e melhora a aparência final da peça.

O óleo desmoldante é um produto químico muito usado na construção civil pela sua aplicabilidade, entre elas, é usado entre as fôrmas e o concreto para impedir que as peças fiquem aderidas possibilitando a desforma. Forma-se uma película na peça onde foi aplicado o produto, impedindo a aderência do concreto com a fôrma e protegendo contra corrosão do material e umidade.

A aplicação do desmoldante pode ser com pincel, pulverizador, rolo ou trincha, e deve ser passado de maneira uniforme sem deixar excesso de produto, ocasionando um ótimo acabamento na peça, mostrados na Figura 27. Recomenda-se que a cada reutilização da peça e aplicação do produto, a mesma seja devidamente limpa para evitar que restos de produtos anteriores prejudiquem a aplicação do desmoldante.

Figura 27 – Aplicação do óleo desmoldante



Fonte: Acervo fotográfico dos autores, 2020.

## Lajes

A estrutura principal das gavetas e dos columbários é feita de concreto armado. A tela Q61 15x15 é utilizada nas paredes de cada gaveta junto com o distanciador de parede, Figura 28a, na laje é colocada com o distanciador multiapoio, sendo após lançado sobre ela o concreto usinado, Figura 28b.

No fundo dos columbários com a lateral das gavetas também levam tela Q61 15x15 com o distanciador circular. Cada parede tem em torno de 10 cm de espessura de concreto, incluindo a laje.

Figura 28 – (a) Tela Q61 usada para lajes e (b) Tela Q61 usada para fundo de gavetas



(a)

(b)

Fonte: (a) e (b). Acervo fotográfico dos autores, 2020.

## Espaçadores

Os espaçadores são usados para garantir o cobrimento do concreto na armadura. Na construção das gavetas foram utilizados alguns em específico, como o distanciador de parede, Figura 29a, utilizado nas telas Q61 para as paredes das gavetas, garantindo acabamento e posicionamento da tela.

Já na tela Q61 para a parede dos columbários é usado um distanciador circular modelo c15 e diâmetro de 40 mm, Figura 29b, possibilitando o mínimo de contato com as fôrmas.

Já nas lajes das gavetas e nos radies é usado o distanciador multiapoio MA 20, Figura 29c, para apoiar a armadura e garantir o cobrimento inferior da tela, facilitando o posicionamento das peças e garantindo a produtividade.

Figura 29 – (a) Distanciador de parede, (b) Distanciador circular, e (c) Distanciador multiapoio



Fonte: (a), (b), e (c). Acervo fotográfico dos autores, 2020.

## Pingadeiras

As pingadeiras, conforme Figura 30, são usadas para acabamento do último nível do bloco de gavetas verticalizadas, a fim de minimizar possíveis patologias decorrentes da ação da chuva sobre a estrutura.

Figura 30 – Pingadeira



Fonte: Acervo fotográfico dos autores, 2020.

## Isolamento das sepulturas

As sepulturas devem ser isoladas por materiais que impeçam o vazamento de líquidos e gases para fora de acordo com a Resolução nº335 CONAMA (2003), e como material isolante nas sepulturas e para contenção do necrochorume, foi usada a ardósia pelas suas vantagens que ela apresenta, conforme a Figura 31.

A ardósia apresenta algumas características que favorecem o seu uso como isolamento, resistência a intemperismo e ácidos, resistente ao calor, se deforma menos, absorção pequena de umidade, com uma média resistência a penetração, além de sua durabilidade ser maior para a construção. Diferente da tampa de concreto que com o tempo se deteriora e começa a apresentar armadura exposta, sendo sua duração e custos bem maiores que a ardósia.

Figura 31 – Tampas em ardósia usadas para fechamento das gavetas



Fonte: Acervo fotográfico dos autores, 2020.

Conforme a Figura 32, para o fechamento das gavetas e columbários no cemitério vertical, foi escolhida a ardósia para conter os gases lançados pela decomposição e resíduos da decomposição.

Figura 32 – Fechamento das gavetas em tampas de ardósia



Fonte: Acervo fotográfico dos autores, 2020.

Para evitar que o líquido do necrochorume escoe para fora, é colocado no interior de cada gaveta uma placa de contenção em ardósia (Figura 33a), e sobre ela é depositado a urna de modo inclinado para baixo, fazendo com que o líquido da decomposição escorra para trás da gaveta até ser evaporado e captado pelos tubos de Cloriploreto de Vinila Clarado (CPVC), conforme mostra a Figura 33b.

Figura 33 – (a) Placas de contenção de ardósia e (b) Pedra de contenção do



Fonte: (a) e (b) Acervo fotográfico dos autores, 2020.

Figura 34 – Teste de estanqueidade



Fonte: Acervo fotográfico dos autores, 2020.

Uma etapa fundamental realizada em todas as gavetas é o teste de estanqueidade, Figura 34, onde as gavetas são encharcadas por 72hs com água, a fim de garantir a funcionalidade das quanto ao vazamento do necrochorume.

### Inativador de gases

Os inativadores de gases, Figura 35a, funcionam por decomposição aeróbica, com presença de oxigênio, pois assim a decomposição ocorre mais rápida, aliados a dois fatores como, baixa pressão e liberação de calor na decomposição garantem que o necrochorume seja evaporado.

Dentro de cada gaveta é inserido um tubo de CPVC, que é responsável por captar os gases formados pela decomposição e levar até o inativador para ser tratado, conforme a Figura 35b mostra.

O gás sulfídrico e o dióxido de carbono ao entrarem no dispositivo, Figura 35c e Figura 35d, e por meio de uma solução com soda cáustica que é preparada no local, são transformados em carboneto de sódio e sulfeto de sódio por troca química, considerados não poluentes.

Figura 35 – (a) Dispositivo inativador de gases, (b) Tubo de CPVC no interior das gavetas, (c) Tubos de CPVC que transportam os gases e (d) Tubulação de CPVC instalado no inativador





Fonte: (a), (b), (c) e (d) Acervo fotográfico dos autores, 2020.

A manutenção dos inativadores de gases é feita mensalmente, assim como limpeza de qualquer resíduo, pois alguns gases ao reagir com o hidróxido de sódio se cristalizam, comprometendo a funcionalidade do equipamento quando não é feita a manutenção preventiva. Considerado como um mecanismo inovador no cemitério, tem a devida tratativa para os poluentes gerados pela decomposição dos restos mortais.

## CONCLUSÃO

Esse trabalho possibilitou entender o processo construtivo da estrutura das gavetas e columbários que compõem o cemitério vertical, especificamente na cidade de Belford Roxo, desde a preparação do solo, que vai receber a fundação, até o funcionamento dos inativadores de gases, como é o tratamento do necrochorume e a relação com a falta de espaço. E baseado nestes pontos principais, percebe-se a real necessidade de se construir um cemitério vertical, sejam suas vantagens construtivas associadas ao processo de verticalização, seja para o benefício da sociedade como para o meio ambiente.

Para entender como funciona esse processo foram estabelecidos os objetivos específicos. Em um primeiro momento foram identificadas as fôrmas usadas para moldar cada gaveta e columbários, assim como os materiais que fazem parte desta composição, que de acordo com o estudo de caso apresentado, foram confeccionados para atender o projeto da obra. Na sequência explica-se a aplicação do uso do inativador de gases e o tratamento do necrochorume, assim como as leis que regem os cemitérios verticais no Brasil.

Percebe-se que o maior problema que um cemitério oferece hoje é em relação ao não tratamento dos seus resíduos ou lançamento desenfreado do necrochorume nos lençóis freáticos, e a lei, assim como a concepção do cemitério vertical apontam como uma solução de modo a padronizar e inovar, o processo de sepultamento.

Por outro lado, a falta de espaço entre as cidades, por causa da expansão populacional, fez com que os cemitérios se modernizassem ainda mais e com isso se percebe uma corrida em alguns cemitérios para mudar à sua maneira de sepultar, modificando seu espaço arquitetônico e levando para os familiares um ar de tranquilidade e conforto em relação ao ambiente.

É evidente a diferença de um cemitério horizontal e vertical em relação à sua estrutura. Enquanto um acompanha o desenvolvimento tecnológico, o outro mantém seus traços históricos.

Observou-se que o modo construtivo de um cemitério vertical se assemelha a um prédio convencional, e que sua sustentação é escolhida de acordo com estudo realizado no solo do terreno, assim como a necessidade eventual da drenagem do

lençol freático.

O tratamento dos gases provenientes da decomposição dos restos mortais em cada gaveta, é feita respeitando às normas a que o cemitério é submetido, assim como as dimensões exigidas por estas normas.

Mesmo após a apresentação deste estudo de caso, se faz necessário aprofundar no tema em relação as questões ambientais relacionadas aos cemitérios e os malefícios a saúde que ele traz quando não tratados adequadamente. Os casos de acidentes com o necrochorume ao entrar em contato com o lençol freático próximo a residências e o as medidas adotadas para tal problema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amar Assist, Artigos. **Curiosidades que vão além. O maior cemitério vertical do mundo é brasileiro e está no Guinness Book**, 2020. Disponível em: <http://maracanaassistencia.com.br/blog/curiosidades-que-vaio-alem-o-maior-cemiterio-vertical-do-mundo-e-brasileiro-e-esta-no-guinness-book/> Acesso em: 15 de março de 2021.

APPEL, Camilla. MOREIRA, Jéssica. **O cemitério mais alto do mundo**. Folha de São Paulo, 2016. Disponível em: <https://mortesemtabu.blogfolha.uol.com.br/2016/10/28/o-cemiterio-mais-alto-do-mundo-e-brasileiro/>. Acessado em 05 de março de 2021.

Amar assist. **Cemitério Vertical: tudo o que você precisa saber**. Amar Assist, 2018. Disponível em: [https://amarassist.com.br/artigos/cemiterio-vertical-tudo-o-que-voce-precisa-saber#:~:text=Quanto%20aos%20cemit%C3%A9rios%20verticais%2C%20os,receber%C3%A1%20o%20tratamento%20mais%20adequado](https://amarassist.com.br/artigos/cemiterio-vertical-tudo-o-que-voce-precisa-saber#:~:text=Quanto%20aos%20cemit%C3%A9rios%20verticais%2C%20os,receber%C3%A1%20o%20tratamento%20mais%20adequado.). Acessado em 21 de março de 2021.

ANJOS, Roberta. **CEMITÉRIOS: UMA AMEAÇA À SAÚDE HUMANA**. CREA-SC, 2013. Disponível em: <http://www.creasc.org.br/portal/index.php?cmd=artigosdetalhe&id=2635#.YJMn6bVKiUn>. Acessado em 17 de março de 2021.

ALBERTIN, Ricardo *et al.* **Análise e identificação dos impactos ambientais da implantação e operação de cemitério vertical**. Portal Revistas da UFRR, 2013. Disponível em: <https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/894>. Acessado em 16 de março de 2021.

ARAÚJO, Tatiane *et al.* **Fatores associados à contaminação do solo: Decomposição, tratamento de cadáveres e materiais funerários**. Brazilian Journals, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJHR/article/view/21269>. Acessado em 08 de março de 2021.

ANDRADE, Ana Paula. **O cemitério como espaço multifuncional: um estudo de caso em Tangará da Serra – MT**. Portal de Revista USP, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/168083>. Acessado em: 10 de março de 2021.

BEULK, Cláudia. **Necrópole planejada: projeto de um cemitério ambientalmente adequado**. Repositório UCS, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/4351/Tcc%20Claudia%20Beulk.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 12 de março de 2021.

BACIGALUPO, Rosiane. **Cemitérios: fontes potenciais de impactos ambientais**. Portal de Publicações Eletrônicas da UERJ, 2012. Disponível em: <https://www.e->

publicacoes.uerj.br/index.php/niesbf/article/view/4461/3264. Acessado em: 04 de março de 2021.

BORGES, Maria. **Manifestações Artísticas contemporâneas em espaços públicos convencionais (cemitérios secularizados)**. Arte Funerária Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.artefunerariabrasil.com.br/wp-content/uploads/2019/08/manifestacoesartisticas-contemporaneas.pdf>. Acessado em 10 de março de 2021.

BOCCHESI, Mariele. FRANCO, Gilza. WINCKLER, Silvana. **Avaliação para a adequação jurídico-ambiental de artigos um cemitério em área urbana**. Unochapecó, 2014. Disponível em: <https://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/acta/article/view/1930>. Acessado em 01 de março de 2021.

CARVALHO, Leonardo. **Necrochorume: Aspectos da mobilidade e a mitigação dos impactos**. UFJF, 2019. Disponível em: [https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2019/05/TFC\\_LEONARDO\\_necrochorume-CORRIGIDO.pdf](https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2019/05/TFC_LEONARDO_necrochorume-CORRIGIDO.pdf). Acessado em 13 de maio de 2021.

CARVALHO, Hugo. AFONSO, Luís. **A inclusão do cemitério no espaço da cidade**. Repositório Universidade de Lisboa, 2012. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/5986>. Acessado em 12 de março de 2021.

Cemitério Ecológico. **Conheça o Sistema Decomposição Aeróbica Assistida em Baixa Pressão**, 2021. Disponível em: <https://cemiterioecologico.com.br/26/como-funciona/>. Acessado em 16 de abril de 2021.

CUSTÓDIO, Aline. **Com cemitério superlotado, Belford Roxo quer construir dois novos locais para sepultamentos**. Extra, 2012. Disponível em: <https://extra.globo.com/noticias/rio/baixada-fluminense/com-cemiterio-superlotado-belford-roxo-quer-construir-dois-novos-locais-para-sepultamentos-4085434.html>. Acessado em: 28 de março de 2021.

CUSTÓDIO, Aline. **Na Baixada Fluminense, para ser enterrado é preciso ter sorte**. Extra, 2011. Disponível em: <https://extra.globo.com/noticias/rio/na-baixada-fluminense-para-ser-enterrado-preciso-ter-sorte-1926167.html>. Acessado em 28 de março de 2021.

Cemitério São Miguel das Almas. **Sobre o Cemitério São Miguel e Almas**, 2019. Disponível em: <http://cemiteriosaomiguel.org.br/historico/>. Acessado em: 12 de março de 2021.

CARVALHO, Hugo. **A inclusão do cemitério no espaço da cidade**. Repositório da Universidade de Lisboa, 2012. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/5986>. Acessado em 22 de março de 2021.

CONAMA N°335:2003. **Resolução N°335 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2003**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=359>. Acesso em: 02 de março de 2021.

**Decreto N° 39094 DE 12/08/2014**. LegisWeb, 2014. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=273598>. Acessado em 20 de março de 2021.

EVANGELISTA, Aline. **A atividade cemiterial como fonte de contaminação do solo**. IBEAS, 2020. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2020/XI-029.pdf>. Acessado em: 05 de março de 2021.

FRANCISCO, Agatha. **Tratamento do necrochorume em cemitérios**. Atas de Saúde Ambiental, 2017. Disponível em:

<http://189.2.181.205/index.php/ASA/article/view/1643/1269>. Acessado em 13 de maio de 2021.

Funerária Arce, 2018. **Cemitério vertical. Revelamos tudo o que você precisa saber sobre ele**, 2018. Disponível em: <https://www.funerariaarce.com.br/cemiterio-vertical/>. Acesso em: 23 de março de 2021.

FERRARI, Juliana *et al.* **Cemitérios horizontais e verticais: peculiaridades, impactos ambientais e melhores práticas**. Periódicos Unincor, 2015. Disponível em: [http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/2425/pdf\\_412](http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/2425/pdf_412). Acessado em: 17 de março de 2021.

FIGUEIREDO, Olga. **Artigo: os 21 cemitério do Rio de Janeiro e suas curiosidades**. O Globo Online, 2014. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/artigo-os-21-cemiterios-do-rio-de-janeiro-suas-curiosidades-14011826>. Acessado em 11 de março de 2021.

FILHO, Walter. SILVA, Robson. **Cemitérios: fontes potenciais de contaminação**. ResearchGate, 2009. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/266374482\\_Cemiterios\\_fontes\\_potenciais\\_de\\_contaminacao](https://www.researchgate.net/publication/266374482_Cemiterios_fontes_potenciais_de_contaminacao). Acessado em 15 de março de 2021.

Gr Sondagens. **A sondagem do solo é a primeira etapa de qualquer projeto bem sucedido**, 2019. Disponível em: <https://www.grsondagens.com.br/servicos>. Acessado em: 6 de abril de 2021.

Geoscan. **O que é o índice de resistência de penetração do solo – NSPT**, 2020. Disponível em: <https://www.geoscan.com.br/blog/o-que-e-o-indice-de-resistencia-de-penetracao-do-solo-nspt/>. Acessado em 10 de abril de 2021.

GRANDO, Ângela. TRICHÊS, Glicério. **Caracterização Física e Quantificação de Matéria Orgânica e Turfa do Depósito do Contorno Ferroviário de Joinville/SC**. ResearchGate, 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/335381283\\_Caracterizacao\\_Fisica\\_e\\_Quantificacao\\_de\\_Materia\\_Organica\\_e\\_Turfa\\_do\\_Deposito\\_do\\_Contorno\\_Ferrovuario\\_de\\_JoinvilleSC](https://www.researchgate.net/publication/335381283_Caracterizacao_Fisica_e_Quantificacao_de_Materia_Organica_e_Turfa_do_Deposito_do_Contorno_Ferrovuario_de_JoinvilleSC). Acessado em 28 de março de 2021.

HIPOLITO, Paulo. A história dos cemitérios. Cemitérios do Rio, 2015. Disponível em: <https://cemiteriosdorio.com.br/index.php/pages/curiosidades/item/70-a-historia-dos-cemiterios>. Acessado em 03 de março de 2021.

HINO, Tochime. **O necrochorume e a gestão ambiental dos cemitérios**. UFJF, 2015. Disponível em: <https://www.ufjf.br/baccan/files/2019/04/tochime-miguel-hino.pdf>. Acessado em 06 de março de 2021.

Ibahia. **Sustentabilidade e inovação: as diferenças e vantagens de um cemitério vertical**, 2017. Disponível em: <https://www.ibahia.com/santa-casa/detalhe/noticia/sustentabilidade-e-inovacao-as-diferencas-e-vantagens-de-um-cemiterio-vertical/>. Acessado em: 19 de março de 2021.

JESUS, Antonio. **Estilos mortuários e modos de sociabilidade em cemitérios brasileiros oitocentistas**. Scielo, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ha/v16n33/05.pdf>. Acesso em 18 de março de 2021.

KEMERICH, Pedro *et al.* **A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil**. Remoa, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/index.php/remoa/article/view/14506>. Acessado em 03 de março de 2021.

LONGATTI, Cláudia. SANTOS, Giovana. PERON, Karoline. **Soluções para a destinação ambientalmente correta do necrochorume**. Brazilian Journals, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/8610/7402>. Acessado em 14 de março de 2021.

Memorial Necrópoli Ecumênica. **O mais alto cemitério vertical do mundo**, 2020. Disponível em: <https://memorial-necropole-ecumenica.business.site/>. Acessado em: 03 de março de 2021.

MACHADO, Silvestre. **Análise ambiental dos cemitérios: um desafio atual para a administração pública**. Locus UFV, 2006. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/13140>. Acesso em: 02 de março de 2021.

MEMORIAL VERA CRUZ. **O que é um sepultamento vertical?** 2019. DISPONÍVEL EM: <HTTPS://BLOG.MEMORIALVERACRUZ.BLOG.BR/SEPULTAMENTO-VERTICAL/>. ACESSADO EM 22 DE MARÇO DE 2021.

NAZÁRIO, Gabriel. SILVA, Vitor. BERTEQUINI, Aline. **Análise teórica sobre a fundação tipo radier**. OJS Toledo, 2019. Disponível em: <http://www.ojs.toledo.br/index.php/engenharias/article/view/3355/550>. Acessado em 21 de março de 2021.

NEVES, Antonio. **Desmoldante para concreto**. BLOK, 2020. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/desmoldante-para-concreto>. acessado em 11 de abril de 2021.

NOGUEIRA, Cláudia. JÚNIOR, José. COIMBRA, Luís. **Cemitérios e seus impactos socioambientais no Brasil**. Portal Anap, 2013. Disponível em: [https://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum\\_ambiental/article/view/681](https://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/681). Acessado em: 12 de março de 2021.

NECKEL, Alcindo *et al.* **Dano ambiental e ameaça à saúde pública por cemitérios: uma proposta de cemitério ideal diante da crescente expansão urbana**. Scielo, 2017. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2175-33692017005001102&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2175-33692017005001102&script=sci_arttext). Acessado em 05 de março de 2021.

NETO, Jarbas. JÚNIOR, Ismar. SILVA, Givanildo. **Necrochorume: conceitos, leis e influências**. Portal de Periódicos, 2019. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/6777>. Acessado em 05 de março de 2021.

OLIVEIRA, Kellen. **Cemitérios como fonte potencialmente poluidoras**. Riut, 2015. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/22519>. Acesso em: 04 de março de 2021.

PEATLANDS. **Turfa**. Disponível em: <https://peatlands.org/peatlands/>. Acessado em 07 de abril de 2021.

PEREIRA, Caio. **Sondagem SPT: O que é e como é feito esse ensaio**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/sondagem-spt/#:~:text=N%C3%BAmero%20m%C3%ADnimo%20de%20sondagens&text=Fazer%20dois%20furos%20se%20a,furo%20a%20cada%20200%20m%C2%B2.&text=Acima%20dissol%20o%20n%C3%BAmero%20de,a%20crit%C3%A9rio%20do%20engenheiro%20respons%C3%A1vel>. Acessado em: 29 de abril de 2021.

Prefeitura de São Paulo. **Cemitério São Pedro recebe primeiro bloco do cemitério vertical**, 2020. Disponível em:

<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/noticias/?p=297766>,  
Acessado em: 27 de março de 2021.

PALMA, Salete. SILVEIRA, Djalma. **A saúde ecologicamente correta: a educação ambiental eos problemas ambientais em cemitérios** REMOA, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/2766/1608>. Acessado em: 05 de março de 2021.

PACHECO, Alberto. **Meio Ambiente e Cemitério**. Google Books, 2017. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=ptPT&lr=&id=ug5ADwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=Especifica%C3%A7%C3%B5es+tecnicas+para+contru%C3%A7%C3%A3o+de+sepulturas+verticais+e+geologia+&ots=8EetoU88r\\_&sig=xhhHLe\\_HKBItsrVHM9VuJQmZpJA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=ptPT&lr=&id=ug5ADwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=Especifica%C3%A7%C3%B5es+tecnicas+para+contru%C3%A7%C3%A3o+de+sepulturas+verticais+e+geologia+&ots=8EetoU88r_&sig=xhhHLe_HKBItsrVHM9VuJQmZpJA#v=onepage&q&f=false). Acesso em 04 de março de 2021.

ROCHA, Marina. **CEMITÉRIOS E SUSTENTABILIDADE: A elaboração de um termo de referência-modelo para o licenciamento ambiental**. Repositório UFMG, 2018. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/MMMDB5TNP8/1/autorizado\\_cemit\\_rios\\_e\\_sustentabilidade.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/MMMDB5TNP8/1/autorizado_cemit_rios_e_sustentabilidade.pdf). Acessado em 10 de março de 2021.

ROSA, Edna. **A relação das áreas de cemitérios públicos com o crescimento urbano**. Repositório UFSC, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86568/205563.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em 16 de março de 2021.

RODRIGUES, Fábio. GARCIA, Rodolpho. **Gestão do espaço em cemitérios: um estudo sobre o cemitério municipal de Maringá**. Periódicos UFMS, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/4463/3862>. Acessado em 09 de março de 2021.

SOUZA, Ana Paula *et al.* **Vulnerabilidade ocupacional e ambiental do trabalhadores de cemitérios**. Core, 2019. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/270266909.pdf>. Acessado em 03 de março de 2021.

SILVA, Claudionor. RODRIGUES, Lidiana. OLIVEIRA, Ronaldo. **Impactos ambientais causados pelo necrochorume do cemitério municipal da cidade de São José da Laje/AL**. Periódicos Ifal, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ifal.edu.br/educte/article/view/86/154>. Acessado em 18 de março de 2021.

SARDINHA, Cristiano. LAMEIRO, Carlos. **Cemitério contemporâneo**. Universidade de Lisboa, 2015. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/10555>. Acessado em: 03 de março de 2021.

Santa Casa Rio de Janeiro, 2019. **Cemitério vertical: conheça a solução do futuro**, 2019. Disponível em: <https://funerariasantacasa24h.com.br/cemiterio-vertical/>. Acesso em: 25 de março de 2021.

SILVA, Joaklebio. MARQUES, Maria. **Impactos ambientais causados por necrochorume de cemitérios: um olhar para os possíveis riscos à saúde pública**. Revista Mundi, 2017.

SARAVIS, Dayza. **Infinito – Um Crematório para Cuiabá e Região**. Repositório Digital Univag, 2018. Disponível em: <http://www.repositoriodigital.univag.com.br/index.php/arquit/article/view/372/373>. Acessado em 02 de abril de 2021.

Teraambiental. **O que os cemitérios devem saber sobre o tratamento de necrochorume**, 2018. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/2018/03/01/o-que-os-cemeterios-devem-saber-sobre-o-tratamento-de-necrochorume/>

ambiental/o-que-os-cemiterios-devem-saber-sobre-o-tratamento-de-necrochorume.  
Acessado em> 13 de maio de 2021.

TORMEN, Andréia. TASSO, Camila. KORF, Eduardo. **Estudo da contaminação de águas subterrâneas por cemitérios**. Online Perspectivas, 2016. Disponível em: [tps://ojs3.perspectivasonline.com.br/exatas\\_e\\_engenharia/article/view/902/836](https://ojs3.perspectivasonline.com.br/exatas_e_engenharia/article/view/902/836). Acessado em 09 de março de 2021.

TOFANELI, Carlos. OLIVEIRA, Marcos. CORRÊA, Sandro. **Cemitérios verticais, solução ambiental em substituição aos cemitérios convencionais**. Unifunec, 201. Disponível em: <https://seer.unifunec.edu.br/index.php/forum/article/view/2514>. Acessado em: 17 de março de 2021.

**Hiago Simões Duarte**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Melissa Barbosa**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Bruno Matos de Farias**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

Mesmo diante do avanço tecnológico e normativo na indústria da construção civil, manifestações patológicas, como, fissuras, continuam ocorrendo em diversas estruturas de concreto armado. As estruturas de concreto armado interagem com o ambiente a que estão inseridas, logo, podem sofrer perda de desempenho e redução de vida útil. Fatores, como, o uso de materiais de baixa qualidade, projetos mal concebidos e a falta do controle durante os processos de execução, podem acelerar o processo de deterioração dessas estruturas. Para que não ocorra perda significativa das estruturas, deve-se tentar evitar os sintomas patológicos do concreto armado, fazendo o uso de correta prevenção, diagnóstico e tratamento. As fissuras presentes nas estruturas de concreto armado observadas em uma residência localizada no município de Saquarema, estado do Rio de Janeiro, motivaram a realização deste trabalho, que foi desenvolvido com o objetivo de apresentar a importância de entender suas causas, origens e práticas de manutenção, através de revisão bibliográfica. O trabalho traz uma investigação patológica em diferentes estruturas de concreto armado de uma residência em Saquarema – RJ, diagnosticando os problemas através de inspeção visual e sugerindo intervenções terapêuticas adequadas a cada caso.

**Palavras-chave:** Patologia no concreto armado; Diagnóstico; Intervenção terapêutica.

## INTRODUÇÃO

A norma brasileira de desempenho de edificações, NBR 15575 (ABNT, 2013), estabelece como vida útil de um imóvel o período em que a construção e seus componentes realizem as funções para as quais foram edificadas e respondam aos níveis de desempenho presumidos. O satisfatório desempenho das habitações implica que aspectos como segurança para uso e operação, estanqueidade, conforto térmico e acústico, higiene e funcionalidade sejam assegurados (ABNT, 2013).

Todavia, por vários motivos, edificações são propícias a apresentar defeitos ou vícios, denominados manifestações patológicas. Com o propósito de estudar as manifestações patológicas no concreto armado, foi gerado uma nova área de estudo, denominada de patologia do concreto armado. Caracteriza-se de maneira abrangente por patologia das estruturas, esse novo campo da engenharia das construções que se encarrega das origens, tipos de manifestação, consequências e mecanismo de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas (SOUZA e RIPPER, 1998).

De acordo com Souza e Ripper (1998), o aparecimento dos problemas patológicos indica, de forma geral, a presença de falhas no decorrer da execução e no controle de qualidade de uma ou mais etapas do processo de construção civil. Souza e Ripper (1998) esclarecem que na engenharia, patologia determina o estudo das avarias detectadas nas edificações, onde uma degradação pode suceder uma parcela de fatores, que envolvem: fadiga por tempo de uso, ausência de inspeção profissional, acidente após a geração do empreendimento, oxidação das ferragens em razão da salinidade em área litorâneas, etc. O mau desempenho das estruturas pode propiciar gastos com manutenções corretivas e em situações extremas, conduzir as edificações à ruína, ocasionando acidentes e grandes prejuízos econômicos (SILVA, 2011).

Manutenção corretiva é um termo empregue para reparar falhas e recuperar a competência funcional para qual foi definido o item projetado, elaborada em momento subsequente a sua falha (ABNT/CB-003, 1994). Nos decorrentes anos, os custos gerados com manutenções corretivas cresceram mais que os custos preliminares de construção e passaram a expressar valores significativos no decorrer da vida útil dos imóveis (POSSAN e DEMOLINER, 2013).

Entre variadas patologias, podemos mencionar as fissuras. As fissuras podem ser definidas como descontinuidades de pequena abertura impulsionadas pela ação de forças que provocam o aparecimento de tensões de tração que excedem a capacidade resistente do material que compõe a estrutura (HELENE e ANDRADE, 2010).

Conforme a NBR 9575:2003, fissura é a abertura ocasionada por ruptura de material ou componentes, com abertura inferior ou igual a 0,5 mm.

As fissuras em edificações possuem duas classificações: geométricas ou mapeadas. As geométricas são aproximadamente lineares, seguindo uma direção predominante e normalmente decorrem da movimentação diferencial do substrato (SAHADE, 2005). Já as mapeadas ocorrem em todas as direções simultaneamente, geralmente originadas pela retração do material. De acordo com Sahade (2005), quanto à atividade, as fissuras podem ser classificadas em fissuras ativas ou passivas. As fissuras ativas são as que “apresentam variações sensíveis de abertura e fechamento” (SAHADE, 2005). Já as fissuras passivas são aquelas consideradas estabilizadas, pois não apresentam variações sensíveis ao longo do tempo. Tal constatação é feita, normalmente, através da utilização de “selos” rígidos, que são gesso ou plaquetas de vidro coladas, que se rompem caso a fissura apresente variação de abertura, ou através da medição direta (fissurômetro) dessa variação (PIANCASTELLI, 1997).

O surgimento de fissuras nas edificações é uma patologia que obtém destaque por atrair de maneira imediata a atenção dos usuários (VERÇOZA, 1991). Com o surgimento de fissuras, há preocupação de que a estrutura ou componente construtivo não cumpra os seus critérios de desempenho ou que tenha a sua vida útil reduzida. A manifestação dessa patologia pode trazer pressentimento de insegurança, aflição visual e insalubridade. Para mais, pode resultar em problemas de infiltração e prejudicar a estética do imóvel. Além de tudo, pode sinalizar problemas estruturais e, a partir da entrada de umidade, afetar a durabilidade de outros sistemas da edificação (VEIGA, 1998).

As estruturas de concreto armado necessitam de cuidados e manutenções para conquistar a vida útil para o qual foram concebidas. De acordo com Cánovas (1988), a resistência e durabilidade de uma estrutura necessitam dos cuidados que se disponha com ela em todas as etapas construtivas e de utilização, desde a concepção do projeto, até as manutenções programadas para certificar a integridade dos elementos e materiais que a compõe.

Neste âmbito, o presente trabalho busca apresentar as possíveis causas e origens de fissuração no concreto armado, bem como as intervenções terapêuticas apropriadas.

Embora o concreto armado seja classificado como um material capaz de resistir a inúmeras sobrecargas e agressões do meio ambiente, ele é suscetível de patologias que podem deteriorar e comprometer sua capacidade de resistir aos esforços requisitantes. A engenharia emprega o termo patologia para fazer uma análise por meio dos tipos de causas e origens, estabelecendo e corrigindo as variadas falhas que afetam aparências estruturais e estéticas de uma edificação (CREMONINI, 1988). É imprescindível fazer um estudo minucioso sobre as causas para afastar as manifestações patológicas que acarretam a degradação dos empreendimentos. Tal estudo é de suma importância na pretensão de qualidade, que propõe a prevenção desses problemas (NAZARIO e ZANCAN, 2011).

As deficiências nas estruturas de concreto armado são consequências dos erros de projeto, falhas na execução e carência de manutenção, por meio da prevenção é possível evitar que uma pequena fissura se torne uma rachadura e venha a interferir na estrutura de maneira irreversível (SILVA, 2011).

As fissuras podem arruinar a estética, a durabilidade e as características estruturais do empreendimento (CORSINI, 2010). Averiguar, ponderar e diagnosticar essas patologias são incumbências que devem ser realizadas regularmente, de maneira que os propósitos e os resultados dessas manutenções cumpram com o seu papel, regenerando a construção sempre que houver necessidade (GRANATO, 2002).

“O material mais utilizado em estruturas é o concreto armado, entendendo-se como tal a mistura íntima de cimento, agregados, água, eventualmente aditivos e o aço que vai constituir a fibra ou nervo de que o concreto necessita para ser um material estrutural completo” (CÁNOVAS, 1988).

O uso intenso deste método é justificado pela sua adequação no que se refere à facilidade operacional (SANTOS, 2008). Porém, sua predominância não decorre de evolução natural da técnica e nem do avanço de pesquisas (SANTOS, 2008).

O concreto angariou a maior parte das atividades construtivas e das pesquisas no campo da construção no século XX. De acordo Santos (2008) o predomínio do concreto armado no Brasil foi construído pela sociedade como resultado da interação de variados fatores, como, pressão do mercado, escassez de evolução da mão de obra, carência de incentivo a pesquisas para técnicas construtivas alternativas e questões culturais da própria sociedade.

Por não ser inerte, o concreto está sujeito a alterações ao longo de sua vida útil por incumbência de interações entre os elementos que compõem os agentes internos e externos. Dessas interações podem surgir patologias que podem afetar o desempenho da estrutura. De acordo com Silva (2011), é propício que as patologias sejam fruto de projetos deficientes, de execuções mal feitas ou podem ser adquiridos ao longo da vida útil da estrutura por inexistência de manutenção adequada.

No atual cenário da construção civil, não estão sendo respeitados os prazos sugeridos em normas para as diversas etapas construtivas (NAKAMURA, 2010). A diminuição do tempo utilizado para construir, tem reduzido também o tempo utilizado para projetar e pensar nas características da obra e de seus componentes (TÉCHNE, 2011).

Em decorrência, projetam-se estruturas sem ponderar os vínculos e as características elásticas dos materiais, desconsiderando as inflexibilidades envolvidas. Por consequência, são desenvolvidas estruturas sem levar em conta a sua acomodação e movimentação (THOMAZ, 1989). Thomaz (1989) ressalta que este processo ocasiona tensões que podem ultrapassar a resistência dos materiais e seus componentes, acarretando fissuras.

A manifestação de fissuras em estruturas de concreto armado pode indicar não só problemas estruturais, como também, problemas seu estado de conservação. Caso não ocorra manutenção apropriada, a edificação passa pelo processo de envelhecimento prematuro, perdendo o seu desempenho, levando ao comprometimento de diversos fatores

de caráter estético, social e econômico, além dos riscos de segurança ao usuário (SANTOS, 2014).

As fissuras são habituais nos elementos das estruturas de concreto armado e podem se manifestar após anos, semanas ou horas, com diversas origens e causas. Diagnosticá-las nem sempre é fácil, por isso é de suma importância conhecê-las, compreender as razões do seu aparecimento, a fim de aplicar a terapia correta (CÁNOVAS, 1988).

De acordo com Souza e Ripper (1998), as fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo a avaria sucedida mais habitual, a par das deformações mais evidenciadas, que atrai a atenção dos inexperientes na área, inserindo nessa esfera, os proprietários e usuários, para o fato de que há anomalia na estrutura.

A presença de fissuras acarreta a preocupação de que a estrutura pare de cumprir seus critérios de desempenho ou que diminua sua vida útil. Dessa maneira, uma das grandes preocupações com o surgimento das manifestações patológicas em concreto armado, é a de que, boa parte das avarias possui caráter progressivo, podendo levar a estrutura a uma situação de perigo num curto prazo de tempo (CÁNOVAS, 1988).

O aparecimento de problema patológico em dada estrutura aponta, em última instância e de maneira generalizada, a presença de uma ou mais falhas no decorrer da execução de uma das etapas construtivas, além de indicar para falhas também no sistema de controle de qualidade específico a uma ou mais atividades (SOUZA e RIPPER, 1998).

A ocorrência de fissuras em estruturas de concreto armado é um problema de enorme importância, não apenas no ponto de vista econômico, ao acarretar gastos de recuperação e diminuir a vida útil das edificações, mas também, por afetar o usuário sob o ponto de vista de conforto, salubridade e satisfação psicológica dentro da habitação (MOLIN, 1988). O entendimento das causas e origens do processo patológico é essencial, não apenas para que se possa determinar a terapêutica adequada, mas também para certificar que, depois de reparada, a estrutura não volte a se deteriorar (SOUZA e RIPPER, 1998).

Cánovas (1988) certifica que a resistência e a durabilidade de uma estrutura consistem dos cuidados empregados, não somente na concepção do projeto, mas também na sua execução e posteriormente, durante o resto de sua vida, com a adequada manutenção. As estruturas de concreto devem preservar sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente a sua vida útil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

Partindo do objetivo de apontar as causas e origens do aparecimento de fissuras em estruturas de concreto armado, correlacionando as principais técnicas corretivas, este trabalho tem seu desenvolvimento pautado em revisão bibliográfica e exploração de casos de fissuração em estruturas de concreto armado localizadas em uma residência no município de Saquarema – RJ, por meio de estudo de caso.

O levantamento de dados e informações consistiu na pesquisa de dissertações, teses, monografias, artigos, sites e normas técnicas, a fim de se obter uma melhor compreensão dos conceitos da temática proposta e desenvolver base teórica sólida.

O estudo de caso consistiu em visita técnica à residência, a fim de obter informações necessárias por meio de anamnese, inspeções visuais e registros fotográficos das estruturas objeto de estudo.

Este trabalho tem como objetivo principal analisar as fissuras observadas nas estruturas de concreto armado da residência objeto de estudo de caso, localizada no município de Saquarema, estado do Rio de Janeiro, buscando identificar suas causas, direcionando a técnicas de reparo.

Visando atingir o objetivo principal, alguns objetivos específicos são requeridos, entre eles:

- Elaborar fundamentação teórica sobre causas e origens, formas de diagnóstico e reparo de fissuras em estruturas de concreto armado;
- Identificar as possíveis causas e propor intervenções terapêuticas para as fissuras analisadas nas estruturas de concreto armado fruto de estudo.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, determina que as estruturas de concreto atendam as condições mínimas de qualidade da estrutura e aos requisitos de qualidade do projeto.

A patologia da construção está intrinsecamente associada à qualidade, embora esta última tenha evoluído bastante, a exemplo da NBR 6118 (2014), os casos patológicos não diminuíram na mesma proporção e importância.

### Estruturas de concreto armado

O concreto é um material da construção civil composto por uma mistura de cimento, areia, pedras britadas e água, pode-se ainda, se necessário, usar aditivos e outras adições (NEVILLE, 1997).

Pianca (1978) menciona que o emprego dos concretos na atualidade é muito grande, podendo-se afirmar que, à medida que se amplia a indústria do cimento, se multiplica suas aplicações na construção.

De acordo com Clímaco (2008), o uso do concreto foi crescendo na construção civil com o passar dos tempos, todavia, era primordial desenvolver uma técnica para superar a deficiência com relação a sua resistência à tração, principalmente nas peças submetidas à flexão. Nessa conjunção nasceu o concreto armado, produto da associação do concreto com um material com resistência satisfatória à tração, no caso a armadura.

O concreto armado surgiu para incrementar ainda mais o uso dos concretos nas construções, podendo ser definido como o material estrutural composto pela associação do concreto com barras de aço, de modo que constituam um sólido único, do ponto de vista mecânico, quando submetido às ações externas (SILVA, 2013).

O trabalho solidário entre o aço e o concreto está visceralmente ligado à qualidade e a durabilidade da estrutura. Clímaco (2008) relata que a solidariedade entre os materiais é uma condição básica para que a estrutura trabalhe como uma peça monolítica. Esta solidariedade é assegurada pela aderência entre o aço e o concreto, que impede o escorregamento e deslizamento das barras de aço quando demandada.

Segundo a NBR 6118:2014 toda estrutura em concreto armado deverá ser projetada e construída de modo a garantir a sua segurança, estabilidade e aptidão ao serviço durante o prazo equivalente à sua vida útil.

### Desempenho, durabilidade e vida útil

Em relação as estruturas de concreto armado, Rezende *et al.* (1996) retrata que o desempenho será apropriado quando existir segurança e condições consideráveis de estabilidade.

De acordo com a NBR 6118:2014, desempenho é a capacidade da estrutura de manter-se em integras condições de utilização no decorrer de sua vida útil, não podendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

Segundo Gnipper e Mikaldo Jr (2007):

[...] o requisito de desempenho é a formulação qualitativa das propriedades a serem alcançadas pelo edifício, ou por suas partes, de maneira a atender determinadas necessidades do usuário. Os requisitos de desempenho são relativos ao uso propriamente dito da edificação, à resistência que esta deverá oferecer aos desgastes que sobre ela atuam e às consequências que ela produzirá sobre o meio ambiente (GNIPPER e MIKALDO JR, 2007).

O conceito de desempenho é uma ferramenta útil aos projetistas, que ao optarem por determinadas soluções, possuirão previsibilidade da estrutura projetada, satisfazendo condições mínimas de aspectos de habitabilidade, manutenibilidade e uso, expressas através de padrões ou critérios estabelecidos pela norma técnica NBR 15575 (ABNT, 2013). Portanto, a capacidade da estrutura de apresentar o desempenho almejado descrito no projeto, quando exposta às condições normais para as quais foi projetada, se chama durabilidade.

Conforme a NBR 6118:2014, a durabilidade consiste na capacidade da estrutura suportar às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

A durabilidade é essencialmente uma visão retrospectiva do desempenho de uma estrutura. A expectativa de que uma estrutura pode ser durável ou não só pode ser avaliada por meio da utilização de modelos que representem os processos de deterioração a que está vulnerável, de forma que, para garantias do projeto, requer-se a utilização de metodologias de previsão de vida útil (FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON, 2010).

O conceito de durabilidade relaciona-se diretamente à vida útil. Segundo Mehta e Monteiro (2008) “uma vida útil longa é considerada sinônimo de durabilidade”.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) descreve como vida útil o período durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos as condições de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de falhas acidentais (NBR 6118, 2014).

A vida útil do projeto da edificação só poderá ser atingida quando estiverem sendo cumpridos os requisitos de uso, operação e manutenção da edificação. As obras além de ficarem expostas a ação dos elementos como calor, vento e umidade, precisam suportar ações mecânicas que podem cansá-la, fatigá-la e feri-la. Logo, a vida útil da obra dependerá dos cuidados e fiscalização durante sua execução. Entretanto, não se deve pensar que os cuidados terminam nessa etapa, devendo permanecer com a realização de manutenção periódica pós entrega (CÁNOVAS, 1988).

## **Patologias no concreto armado**

Conforme Piancastelli (1997), sendo o concreto armado, um material não inerte, ele se sujeita a alterações ao longo do tempo, devido a correlação entre seus elementos constitutivos (cimento, areia, brita, água e aço), interações entre esses e agentes externos (ácidos, bases, sais, gases e outros) e materiais que lhe são inseridos (aditivos e adições minerais). Por este motivo, as edificações de concreto armado podem apresentar sérios danos e insegurança.

De modo geral, os danos que se exteriorizam nas estruturas de concreto armado, constituem indícios de comportamento irregular de componentes do sistema, devendo ser devidamente avaliados e devidamente corrigidos para que não comprometa as condições de estabilidade e segurança do elemento danificado ou da edificação. Este tipo de dano ou defeito caracteriza o que chamamos de manifestações patológicas, objeto da ciência reconhecida como patologia (AZEVEDO, 2011).

Patologia é oriunda do grego e significa literalmente "estudo da doença", onde Pathos significa doença e Logos significa estudo (Andrade e Silva, 2005). De acordo com Helene (1992), a patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e origens dos defeitos das construções civis, sendo o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.

Em uma estrutura, para que um sintoma seja classificado como patológico, deve prejudicar algumas das exigências da construção, seja de capacidade funcional, mecânica ou estética. Assim, observa-se que existe uma considerável relação entre a manifestação patológica e o desempenho da edificação, na medida em que sua avaliação é relacionada com o comportamento da estrutura em utilização. Logo, a análise das manifestações patológicas é função também de dois aspectos fundamentais: tempo e condições de exposição, tornando-a, assim, associada aos conceitos de durabilidade, vida útil e desempenho (ANDRADE e SILVA, 2005).

De acordo com Helene (1992), várias construções revelam-se com significativas manifestações patológicas, gerando não somente o comprometimento com o aspecto estético, como também, em boa parte das vezes, na capacidade resistente, podendo direcionar a estrutura ao colapso.

Souza e Ripper (2009) apontam que as causas de deterioração das estruturas podem ser divididas em intrínsecas e extrínsecas. As causas intrínsecas são inerentes às próprias estruturas, ou seja, todas as que têm sua origem nos materiais e peças estruturais durante as fases de execução e de utilização das obras, por falhas humanas, por questões próprias ao material concreto e por ações externas. Já as causas extrínsecas são as que independem do corpo estrutural em si, assim como da composição interna do concreto, ou de falhas inerentes ao processo de execução, podendo, de outra forma, serem vistas como os fatores que atacam a estrutura "de fora para dentro", durante as fases de concepção ou ao longo da vida útil desta.

O estudo das patologias de estruturas de concreto assume relevante importância na medida em que não apenas avalia os danos manifestados pelas estruturas de concreto, quais são suas prováveis causas e as formas mais adequadas de tratamento corretivo, como também constitui fonte de dados importantes para o estabelecimento de procedimentos de projeto e de construção, com o objetivo de minimizar os riscos de ocorrência de danos em aplicações semelhantes e, com isso, estabelecer parâmetro para o aumento da vida útil das estruturas (AZEVEDO, 2011).

## **Sintomatologia**

Os problemas patológicos, salvo raras exceções, apresentam manifestação externa característica, a partir do qual se pode deduzir qual a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, assim como pode-se estimar suas prováveis relutâncias. Esses sintomas, também identificados de lesões, danos, defeitos ou manifestações patológicas, podem ser descritos e classificados, orientando um primeiro diagnóstico, a partir de minuciosas e experientes observações visuais (HELENE, 1992).

Os sintomas patológicos de maior incidência nas estruturas de concreto armado, de acordo com Helene (1992), são as fissuras, as eflorescências, as flechas excessivas, as manchas no concreto aparente, as corrosões de armaduras e os nichos de concretagem gerados pela segregação dos materiais constituintes do concreto.

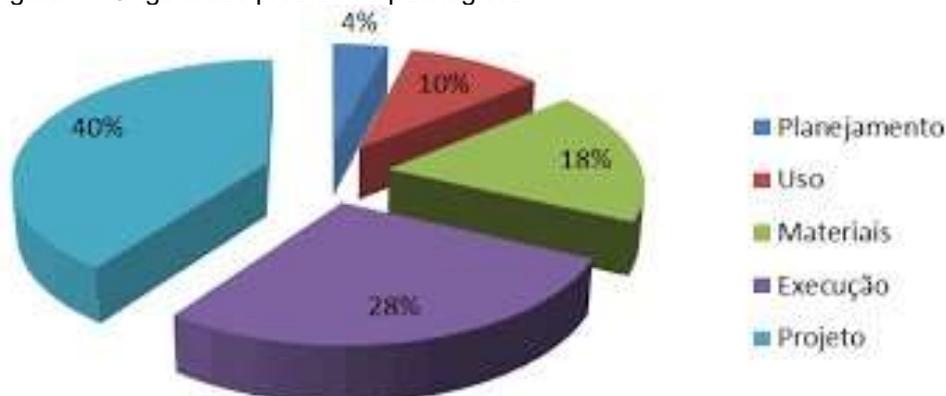
Através da sintomatologia que a estrutura apresenta, é preciso analisar também as causas que produziram os defeitos ou lesões existentes (CÁNOVAS, 1988).

## Origem das manifestações patológicas no concreto armado

Na execução de uma edificação, têm-se duas etapas: o processo construtivo e o uso. O processo construtivo pode ser dividido em: planejamento, projeto, materiais e execução física. O uso abrange a operação e manutenção (ALMEIDA, 2008).

É apresentado por Helene (1992) na figura 1 as porcentagens de ocorrência de problemas deletérios referentes a cada fase:

Figura 1 - Origem dos problemas patológicos



Fonte: Helene, 1992.

A realização de um projeto bem elaborado é essencial para que todas as outras fases tenham um bom desenvolvimento. Estudos mostram que essas falhas são geralmente mais graves que as relacionadas à qualidade dos materiais e aos métodos construtivos (HELENE, 2003).

As manifestações patológicas relacionadas às fases de planejamento, projeto, fabricação e construção surgem no período inferior a dois anos, porém, durante a utilização, os problemas podem aparecer depois de muitos anos. Por isso, é muito importante reconhecer em qual etapa surgiram os vícios construtivos, até mesmo para a atribuição de responsabilidades civis (MACHADO, 2002).

### Origem: planejamento e projeto

Muitas falhas são possíveis de ocorrer no decorrer da fase de concepção da estrutura, podendo se originar durante o estudo preliminar, na elaboração do anteprojeto, ou no projeto executivo.

Segundo Souza e Ripper (1998), os principais responsáveis pelo encarecimento do processo de construção, ou pelos transtornos no momento de utilização da obra, são as falhas e erros originados de um estudo preliminar deficiente, ou de um anteprojeto equivocados. Já as falhas e erros cometidos durante a realização do projeto final de engenharia são responsáveis pela inserção de problemas patológicos sérios, e podem ser por incompatibilidade de projetos, especificações de materiais inadequados, descrição errada ou insuficiente, detalhes construtivos inexecutáveis, falta de padronização das representações e erros de dimensionamento.

Algumas medidas que podem ser tomadas no tocante aos projetos podem significar diminuição de custos de intervenções posteriores a obras, podendo-se citar como exemplo de medidas preventivas, a caracterização do aumento do cobrimento da armadura, a redução da relação água/cimento, a especificação de tratamentos protetores superficiais, a escolha de detalhes construtivos adequados, a especificação do cimento, e aditivos e adições com características especiais e adequadas à obra (HELENE, 1992).

## **Origem: materiais e execução**

Definidas as especificações dos materiais na fase de projeto, deve-se monitorar bem a aquisição dos insumos para fabricação do concreto, objetivando a certificação das especificações e que o concreto não seja rejeitado. É importante que a caracterização dos materiais componentes do concreto esteja em conformidade com o que recomenda a NBR 12654 (ABNT, 1992).

O uso inapropriado de materiais pode gerar grandes prejuízos nas construções. Se tratando de concreto armado, pode-se citar o cimento, aço, agregados e aditivos. Para que a estrutura suporte as solicitações postas, deve-se sempre utilizar o traço estipulado em projeto. A fim de conhecer a resistência à compressão do concreto, é medido o FCK, que é utilizado como controle de qualidade do mesmo (PINHEIRO, MUZARDO e SANTOS, 2007).

O aço é um material essencial na estrutura, visto que os esforços de tração são em maioria combatidos por ele. É necessário que apresente uma boa aderência com o concreto, para impedir o surgimento de trincas. As barras não devem ficar expostas às intempéries, obedecendo a regulamentação, seguindo o cobrimento mínimo de acordo com a agressividade do meio, para se evitar problemas com a corrosão (TAKATA, 2009).

Para Souza e Ripper (1998), a etapa de execução da estrutura é responsável por boa parte dos problemas patológicos. A execução da estrutura é determinada pela NBR 14931:2004 como o conjunto de atividades executadas na sua concepção, como sistema de fôrmas, armaduras, concretagem, e todas as demais, assim como atividades relacionadas à inspeção e controle de qualidade do concreto.

A adequada execução engloba estudo do traço, além da dosagem, manuseio e cura adequados, a manutenção preventiva periódica e a proteção contra agentes agressivos (LAPA, 2008). No entanto, caso exista inexatidões no processo da execução, resultantes da baixa qualificação da mão de obra, até a falta de fiscalização apropriada, as consequências podem ser prejudiciais ao desempenho da estrutura (COUTO, 2007).

Segundo Cánovas (1988), quando a etapa de concepção de projeto é executada corretamente, nos mais minuciosos detalhes, é pouco provável que ocorra má interpretação do projeto por parte da execução da obra.

## **Origem: uso e manutenção**

Após a execução e entrega da produção, o usuário deve manuseá-la de forma eficiente, em que todos os seus componentes se procedam convenientemente durante a vida útil da edificação. Contudo, cabe ao usuário certificar que carregamentos previstos em projetos não sejam ultrapassados e manutenções periódicas sejam feitas (ANDRADE e SILVA, 2005).

A NBR 5674 (ANBT, 1999) define manutenção como o conjunto de atividades a serem executadas para conservar ou reabilitar a capacidade funcional de uma edificação e de suas partes constituintes, de forma a atender as carências e segurança dos usuários.

Helene (1992) traz o conceito de manutenção preventiva como sendo toda medida tomada com antecedência e previsão, durante o período de uso da estrutura. A realização de manutenção preventiva pode ser relacionada com a diminuição dos custos, podendo ser até cinco vezes menores em relação as despesas geradas para uma correção de problemas provenientes da falta de uma intervenção preventiva tomada com antecedência à manifestação explícita de patologia. Ao mesmo tempo, está associada a um custo vinte e cinco vezes maior àquele que teria gerado uma decisão de projeto para obtenção do mesmo grau de proteção e durabilidade da estrutura. A Lei de Sitter apresentada na figura

2 descreve esta relação, onde os custos de correção crescem segundo uma progressão geométrica de razão cinco:

Figura 2 - Gráfico Lei de Sitter



Fonte: Ecivil UFES, 2017.

De acordo com Souza e Ripper (1998), os problemas de patologias originadas pela falta de manutenção ou mesmo por manutenção inadequada, têm sua origem no desconhecimento técnico, no desleixo e em problemas econômicos. A falta de recursos ou de destino de verbas para a manutenção preventiva pode vir a ocasionar problemas estruturais de maiores proporções, resultando em gastos significativos ou ainda, em último caso, na própria demolição da estrutura.

### Causas de deterioração no concreto armado

Segundo Souza e Ripper (2009) ao se averiguar uma estrutura, é completamente essencial assimilar o porquê do surgimento e do desenvolvimento de patologias, buscando esclarecer as suas causas.

Diversos agentes naturais atuam sob o concreto armado provocando o seu envelhecimento, ou seja, a perda gradual de seu desempenho estético, funcional e estrutural. As causas de degradação originam-se de diversas ações: mecânicas, físicas, químicas e biológicas, podendo estas ocorrer isoladamente ou juntamente, dependendo da velocidade de desenvolvimento e, principalmente, do meio que a estrutura está inserida (ANDRADE e SILVA, 2005).

#### Causas: mecânicas

Evidencia-se que são consideradas ação de cargas excessivas e a erosão. As cargas excessivas, que não são previstas no projeto, são propensas a ocorrer fissuração excessiva, gerando, assim, caminhos para que outras formas de deterioração se estabeleçam. A erosão do concreto, constitui-se na ruína de sua camada superficial por técnicas de atrito, percussão ou por ação de águas em alta velocidade, apresentando como causas a abrasão e a cavitação. Portanto, conforme Andrade (2005), além de impactar na capacidade resistente da estrutura, possibilitam a entrada de agentes agressivos na estrutura danificada, principalmente quando o concreto e a armadura ficam expostos em razão do impacto das solicitações.

## **Causas: físicas**

Fatores como: variação da temperatura externa, da insolação, do vento e da água, esta última sob a forma de chuva, gelo e umidade, solicitações mecânicas ou acidentes ocorridos durante a fase de execução de uma estrutura. Tem significativa importância na performance das estruturas, principalmente quando agirem as mesmas durante a fase de endurecimento do concreto (SOUZA e RIPPER, 1998).

## **Causas: químicas**

De acordo com Brandão (1998), certas substâncias encontradas no meio ambiente percorrem na massa de concreto enrijecido e, sob condições especiais de temperatura e umidade, provocam reações químicas com impactos nocivos. Sendo o concreto, habitualmente, um material com baixa resistência a esse tipo de ataque, as ações químicas acabam se transformando uma das principais causas de deterioração das estruturas.

A seguir apresenta-se alguns dos mecanismos mais comuns de deterioração química:

### **a) Lixiviação do concreto**

A lixiviação do concreto é ocasionada essencialmente pelo contato da estrutura com a água, que por eletrolise, pode dissolver e transportar o hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) constituído no processo de hidratação do cimento (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Os íons de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), produto da lixiviação, reagem facilmente com o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) presente na atmosfera, ocasionando o aparecimento de crostas brancas de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) na superfície do concreto, classificada como eflorescência. Qualquer peça de concreto está sujeita ao processo de lixiviação, entretanto, pode-se evitar esse problema aplicando aditivos no cimento, a exemplo das pozolanas. Estas, substituem o hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por silicatos de cálcio hidratados, melhorando a durabilidade da matriz cimentícia frente ao ataque por espécies químicas ácidas (NITA, 2006).

### **b) Reação álcalis-agregados**

A reação álcali-agregado é um processo químico no qual alguns constituintes mineralógicos do agregado reagem com hidróxidos alcalinos (provenientes do cimento, da água de amassamento, agregados, pozolanas, agentes externos, etc) que estão dissolvidos na solução dos poros do concreto. Como produto da reação forma-se um gel higroscópico expansivo (VEIGA *et al.*, 1997).

Kihara (1993) descreve a reação álcali-agregado como sendo “uma reação lenta e complexa que ocorre entre os álcalis ativos, ou disponíveis no cimento e algumas espécies de minerais presentes em alguns tipos de agregados que em condições especiais provocam a deterioração do concreto. A reação se manifesta no concreto por um padrão de fissuração, deslocamentos e uma exsudação de gel (nem sempre presente)”. De acordo com Biczok (1972), a reação álcali-agregado ocorre entre os álcalis óxido de sódio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) e óxido de potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) provenientes do cimento, a cal liberada pelo cimento e os agregados reativos, que contenham ácido sílico amorfo ou que sejam fracamente cristalinos. De acordo com o autor, nesta reação ocorre a formação de um gel sílico-alcálico que ao absorver água, incha, exercendo pressões expansivas e causando fissurações.

### **c) Ataque por cloretos**

Para Souza e Ripper (1998), os cloretos podem ser adicionados involuntariamente ao concreto a partir da utilização de aditivos aceleradores de pega, de águas e agregados contaminados, a partir de tratamentos de limpeza realizados com ácido muriático (HCl) e podem também penetrar no concreto ao aproveitarem-se de sua estrutura porosa.

Figueiredo (2005) destaca que os cloretos são introduzidos no concreto de várias formas, como: pelo uso de aditivos estimulante de pega, através de impurezas presentes nos constituintes do concreto, no ambiente marinho, por meio da água salgada e da maresia e em fases de processo industrial.

Segundo Cascudo (1997):

Os mecanismos de transporte que levam ao movimento e concentração iônica dos cloretos no concreto são os seguintes: absorção capilar, difusão iônica, permeabilidade sob pressão e migração iônica. O transporte não apenas dos cloretos, mas de outras substâncias dissolvidas, de líquidos em geral e de gases no interior do concreto, é decisivamente influenciado pela estrutura porosa da pasta de cimento endurecida (CASCUDO, 1997).

Perdrix (1992) ressalta que os cloretos que permanecem dissolvidos na fase aquosa dos poros deterioram de forma pontual a camada passivante provocando uma corrosão localizada que progride em profundidade podendo levar a ruptura das barras. De acordo com o autor, a quantidade média plausível de cloretos sem que ocasionem a despassivação da armadura é em torno de 0,4% em relação à massa de cimento ou 0,05% a 1% em relação à massa de concreto.

### **d) Ataque por sulfatos**

Consiste em um processo físico-químico que ocorre pela expansão da pasta cimentícia pela ação dos sulfatos que podem estar presentes nos agregados e até no próprio cimento. Esses compostos são potencialmente prejudiciais ao concreto, identificado pela ação expansiva que gera altas tensões capazes de fissurá-lo, sendo o sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) e sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4$ ) mais comuns em solos, águas e processos industriais e o sulfato de magnésio ( $\text{MgSO}_4$ ) o mais nocivo, porém, mais raro (LAPA, 2008).

Para Brandão (1998), os sulfatos podem ser considerados elementos muito agressivos, todavia, quando sólidos, esses sais não agredem o concreto. Mas, quando em solução, os sulfatos de cálcio ( $\text{CaSO}_4$ ), sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), potássio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), magnésio ( $\text{MgSO}_4$ ) e amônio ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) podem reagir com a pasta de cimento endurecida e levar à total desagregação do concreto.

No concreto endurecido, a formação da etringita resultante do ataque de sulfato pode levar à expansão, colaborando para o surgimento de fissuras, permitindo dessa forma, a penetração de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e íons cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), acelerando o processo de corrosão da armadura (OLIVARI, 2003).

### **e) Carbonatação**

A carbonatação constitui-se na redução do potencial hidrogeniônico (pH) da pasta de cimento do concreto, de valores entre 12 e 14 para valores inferiores a 9. Segundo Souza e Ripper (1998), esse processo físico-químico tem como agente cursor o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), que se transporta da superfície para o interior do concreto, reagindo com os minerais do cimento hidratado, sobretudo, com o hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), formando o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

A redução do potencial hidrogeniônico (pH) se dá pelo consumo de hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). Porém, esse processo ocorre pausadamente e tende a diminuir com o tempo. Isto pode ser esclarecido pela hidratação crescente do cimento, além do próprio carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), que preenche os poros superficiais, dificultando que o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) alcance o interior do concreto (CASCUDO, 1997).

Souza e Ripper (1998) afirmam que:

A carbonatação em si, e se ficasse restrita a uma espessura inferior à da camada de cobrimento das armaduras, seria até benéfica para o concreto, pois aumentaria as suas resistências químicas e mecânicas. A questão é que, em função da concentração de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) na atmosfera e da porosidade e nível de fissuração do concreto, a carbonatação pode atingir a armadura, quebrando o filme óxido que a protege, corroendo-a (SOUZA e RIPPER, 1998).

Ainda sobre o tema, os autores declaram que quando possuir fissuras no concreto com abertura maior do que 0,4 mm, o processo de carbonatação será acelerado, implantando, irremissivelmente, a corrosão das barras da armadura.

Conforme Cascudo (1997), quando a capa de passivação é descaracterizada, o aço se corrói de forma disseminada como se estivesse simplesmente exposto à atmosfera sem qualquer proteção.

No concreto carbonatado o risco de corrosão por ação de agentes ofensores, como os cloretos, eleva de forma significativa. A viabilidade de que seja provocado um processo de corrosão em uma barra de aço imersa em concreto carbonatado e contaminado por uma concentração de cloretos igual a 0,4% do seu peso em cimento, é 4 vezes maior do que se o concreto não estivesse carbonatado (SOUZA e RIPPER, 1998).

As medidas preventivas, assim como as relacionadas ao ataque dos cloretos, consistem em dificultar a penetração dos agentes agressivos no interior do concreto. A NBR 6118 indica ações preventivas que podem reduzir o efeito da carbonatação, dentre elas, a aplicação de um concreto de baixa porosidade, cobrimento adequado das armaduras e um maior controle de fissuração.

### **Causas: biológicas**

A alta porosidade do concreto ou patologias como, fissuras e trincas ocasionadas por falhas, possibilitam que raízes de plantas e até mesmo algas, se instalam e gerem compostos nocivos ao concreto (SOUZA e RIPPER, 1998).

Segundo Trindade (2015), pode acontecer também ataque ao concreto por meio de microrganismos, que é um tipo de biodeterioração. Esta deterioração acontece pois os microrganismos, em especial bactérias e fungos, agem de maneira a dissolver os componentes do cimento.

### **Ambiente em que a estrutura está inserida**

A NBR 6118 (ABNT, 2014) enfatiza que a agressividade do meio ambiente está associada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto.

De acordo com Lima (2005) como as estruturas estão inseridas em vários ambientes, esses devem ser analisados, com o objetivo, de que, na fase de projeto da estrutura, todas as ações de degradação sejam previstas.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), os projetos de estruturas em concreto devem possuir a agressividade ambiental classificada de acordo com o apresentado na tabela 1.

Tabela 1 - Classe de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana	Pequeno
III	Forte	Marinha	Grande
		Industrial	
IV	Muito forte	Industrial	Elevado
		Respingos de maré	

1) Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e ambientes comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

2) Pode-se admitir uma classe de pintura mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

3) Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: Adaptada ABNT NBR 6118, 2014.

Ente os fatores que mais atuam na durabilidade das estruturas podemos citar: as características do concreto, a espessura e a qualidade do concreto de cobertura da armadura. Segundo Kulisch (2011), compreendendo que a durabilidade de uma estrutura depende das características do concreto e da qualidade, como também da espessura do concreto que faz o cobertura da armadura, a norma mostra os valores mínimos de relação água/cimento, classe do concreto e cobertura nominal, em relação à classe de agressividade preliminarmente estipulada. As tabelas 2 e 3, apresentam estes aspectos.

Tabela 2 - Correspondência entre a classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação a/c em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$

1) O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT 12655.

2) CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

3) CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: Adaptada ABNT NBR 6118, 2014.

Tabela 3 - Correspondência entre classe de agressividade e cobertura nominal para  $\Delta c = 10\text{mm}$

Tipo de estrutura	Componente ou elementos	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV <sup>3</sup>
		Cobertura nominal (mm)			
Concreto Armado	Laje <sup>2</sup>	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
Concreto Protendido <sup>1</sup>	Todos	30	35	45	55

1) Cobertura nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.  
 2) Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimento finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as tais exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitando um cobertura nominal  $\geq 15\text{mm}$ .  
 3) Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos e esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes químicos e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobertura nominal  $\geq 45\text{mm}$ .

Fonte: Adaptada ABNT NBR 6118, 2014.

Conforme BATTAGIN (2019), compreendendo o grau de agressividade do ambiente em que a estrutura se encontra, têm-se algumas maneiras de evitar possíveis manifestações patológicas, utilizando-se, por exemplo: o uso de concretos menos permeáveis, com baixa relação água/cimento, o uso de cimentos de alto-forno, pozolânicos ou resistentes aos sulfatos, que retratam um comportamento mais adequados com relação à durabilidade.

Segundo Souza e Ripper (1998) a competência de transporte de líquidos e gases presentes no meio ambiente para o interior do concreto é outro fator referente a agressividade. Eles enfatizam que a combinação dos agentes ambientais como temperatura, umidade, salinidade, vento, chuva, agressividade química ou biológica, levados para a massa de concreto, juntamente com resposta da massa de concreto com tal ação, constituem, dessa forma, os principais elementos do processo de caracterização da durabilidade.

Medeiros (2010), ressalta que os agentes físicos, químicos e biológicos são responsáveis pela deterioração das estruturas de concreto. Os agentes físicos são relativos à alteração de temperatura, umidade, ciclos de gelo e degelo, ciclos de umedecimento e secagem. Os agentes químicos se referem à carbonatação, maresia (água do mar), corrosão, chuva ácida, ataque de ácidos, águas brandas e resíduos industriais. Já os agentes biológicos se referem a micro-organismos, algas, solos e águas contaminadas.

Com relação a água do mar, Filho (1994) alega que a mesma apresenta concentrações de sulfatos que podem provocar o processo agressivo, degradando o concreto. É averiguado que a intensidade dos ataques é maior nas zonas em que há oscilações de nível, como de acordo com a ação mecânica de microfissuração, em que há variações nas condições de saturação, já que este fenômeno acarreta a cristalização cíclica dos sais nos poros, possibilitando assim uma maior agressão.

De acordo com Helene (1986), as atmosferas marinhas são as regiões ao ar livre sobre o mar e próximo da costa. A atmosfera marinha compõe principalmente cloreto de sódio (NaCl), cloreto de magnésio (MgCl<sub>2</sub>) e sulfato. No Oceano Atlântico, os teores médios de sulfato são da ordem de 2800 mg/L. A média global de salinidade normatizada para todos os oceanos é de 35 partes por mil, sendo o terceiro íon mais frequente, o sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), atrás apenas do cloreto (Cl<sup>-</sup>) e do sódio (Na<sup>+</sup>) (LIMA, 2005).

Lima (2005) divide em zonas as áreas de contato de um objeto ou estrutura com o mar, sendo: zona atmosférica marinha, zona de respingos, zona de variação de marés e

zona submersa. As fundamentais diferenças entre as zonas, em relação a introdução de agentes agressivos, são que, a carbonatação é mais considerável apenas na zona de atmosfera marinha, durante a penetração de cloretos e, o ataque por sulfatos são mais intensos na zona de respingos e na zona de variação de marés. Com o crescimento da cota, ou seja, com a distância em relação ao nível do mar, a intensidade do ataque por sulfatos diminui.

## **Diagnóstico e prognóstico**

Do Carmo (2003), ressalta que o diagnóstico da situação está relacionado com a compreensão dos fenômenos que conduziram ao aparecimento da manifestação patológica, ou seja, trata-se das várias relações de causa e efeito e a assimilação dos principais motivos de ocorrência, a partir de dados conhecidos, com o propósito de determinar a possível origem do problema, através dos seus efeitos.

A análise é importante, principalmente, porque as manifestações patológicas são responsáveis por: apontar um possível problema estrutural, lesionando o desempenho da edificação e proporcionar sensação de constrangimento e incômodo nos usuários (THOMAZ, 1989). É importante ressaltar que uma análise correta dos problemas, é aquela que nos possibilita definir nitidamente a origem, causas, consequências, a intervenção mais adequada e o método de intervir (HELENE, 2003).

A observação local assistida de um relatório fotográfico pode fornecer dados significativos à solução do problema, na sondagem de campo é importante à utilização de instrumentos que possam medir a amplitude dos defeitos, como, nível, fio de prumo, higrômetro, termômetro de contato, pacômetro, lupa graduada, entre outros. As informações escritas adquirida por meio do estudo das plantas, cadernos de encargos e memoriais descritivos devem ser analisadas. Sempre que possível devem ser feitos ensaios no local e em laboratório. Entre esses ensaios podem ser destacados a esclerometria, a averiguação da carbonatação e do teor de cloreto no concreto, a determinação do potencial de corrosão, amostras de armadura retiradas da estrutura, ultrassonografia e a prova de carga (SANTUCCI, 2015).

Após realizada a etapa de diagnóstico da circunstância, é estabelecido um prognóstico, ou seja, feita uma possível previsão da evolução do problema, ao longo do tempo. Segundo Lichtenstein (1986), com a definição do diagnóstico e do prognóstico, pode-se elaborar uma conduta de intervenção, levando em consideração três parâmetros: a relação custo-benefício, o grau de dúvida sobre os efeitos e a disponibilidade de tecnologia, para execução dos serviços propostos.

A definição da terapêutica a ser adotada é anteposta pela recolha de dados e adequação do diagnóstico. As definições de conduta, à exemplo da escolha do tipo de material a ser usado, mão de obra e equipamentos, abrangem decisões especificadas pelo responsável técnico. As alternativas de intervenção são analisadas com o objetivo de reconhecer o melhor custo/benefício, levando em consideração a hipótese de reincidência do problema, sendo, o prognóstico da situação, feito a fim de julgar a mais adequada e menos onerosa solução (DO CARMO, 2003).

## **Terapia**

O surgimento de manifestações patológicas pode revelar problemas em estruturas e em seu estado de conservação. Desta forma, é imprescindível o diagnóstico precoce e tratamento das manifestações patológicas que podem prejudicar as estruturas, evitando consequências graves como o colapso estrutural (LOURENÇO e MENDES, 2011).

É de aptidão da terapia, estudar a solução e a correção dos problemas patológicos. Para que as medidas terapêuticas alcancem o objetivo, é necessário que o diagnóstico da questão tenha sido bem elaborado. A definição da conduta a ser seguida pode implicar pequenos reparos localizados até uma recuperação total da estrutura. Em todos os casos é sempre recomendável que sejam adotadas medidas de proteção da estrutura, por meio de um programa de manutenção periódica que leve em consideração a vida útil prognosticada, a agressividade das condições ambientais de exposição, entre outros fatores (HELENE, 1992).

Helene (1992), consolida que as correções serão mais duráveis, mais efetivas, mais fáceis de executar e mais econômicas quanto mais cedo forem executadas.

### **Fissuras, trincas e rachaduras**

Fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas das edificações observadas em alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos, entre outros elementos, comumente ocasionada por tensões dos materiais (OLIVEIRA, 2012).

De acordo com Thomaz (1989), as fissuras, trincas e rachaduras são aberturas que se manifestam nas edificações como um mecanismo de alívio de tensões procedentes da movimentação dos materiais e de seus componentes. Elas surgem quando os esforços solicitantes nos materiais ou em suas conexões forem maiores que os esforços resistentes (VEIGA, 1998).

De acordo com Oliveira (2012), essas patologias são classificadas de acordo com o tamanho da abertura, seguindo os valores da tabela 4:

Tabela 4 - Classificação das aberturas nas estruturas

PATOLOGIA	ABERTURA
Fissura	$\leq 0,5$ (mm)
Trinca	$0,5 \leq e \leq 1,5$ (mm)
Rachadura	$1,5 \leq e \leq 5,0$ (mm)

Fonte: Adaptado de Oliveira, 2012.

A fissura tem seu controle previsto na NBR 6118 (ABNT, 2014) em seu item 13.4:

A fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável, devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto a tração; mesmo sob as ações de serviço (utilização), valores críticos de tensões de tração são atingidos. Visando obter bom desempenho relacionado à proteção das armaduras quanto a corrosão e a aceitabilidade dos usuários, busca-se controlar a abertura dessas fissuras (ABNT NBR 6118, 2014).

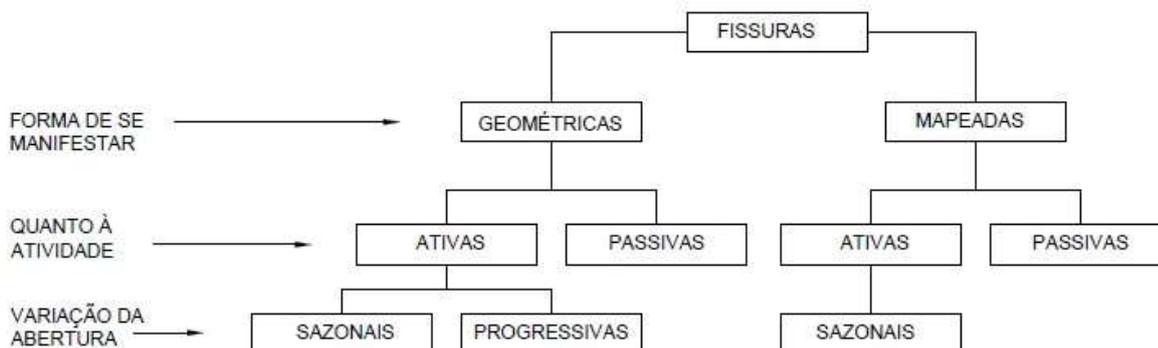
As fissuras são deformações peculiares das estruturas de concreto e denotam que algo de anormal aconteceu ou está acontecendo, chamando atenção dos usuários da estrutura (SOUZA e RIPPER, 1998).

Silva (2011) ressalta que as fissuras são aberturas que lesam a superfície do elemento estrutural de concreto armado, tornando-se um caminho acelerado para a entrada de agentes agressivos à estrutura.

O surgimento de fissuras pode comprometer a estanqueidade, a vedação contra o ambiente externo, o isolamento térmico e acústico e afetar a estética dos ambientes (SAHADE, 2005). Acrescentando a isto, a penetração de água na estrutura por meio das fissuras pode provocar ou acelerar o processo de corrosão das armaduras, comprometendo sua resistência e durabilidade. Além disso, de acordo com Veiga (1998), as fissuras acarretam sensação de desconforto visual e insegurança nos usuários.

Segundo Sahade (2005), as fissuras são classificadas conforme três níveis: quanto à forma de se manifestar, quanto à sua atividade e quanto à variação da abertura. A figura 3 ilustra essa classificação.

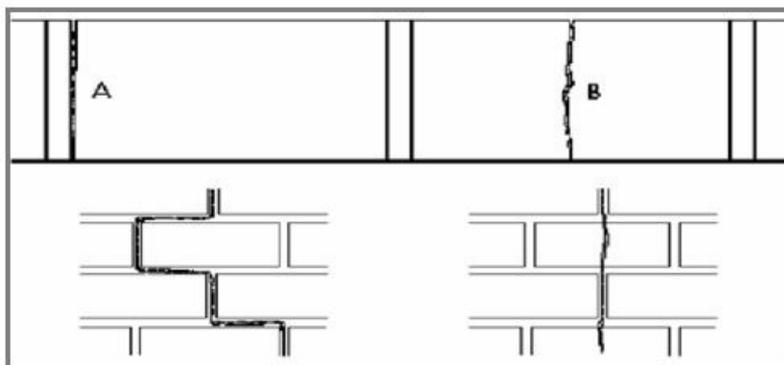
Figura 3 - Classificação das fissuras



Fonte: Adaptado de Sahade, 2005.

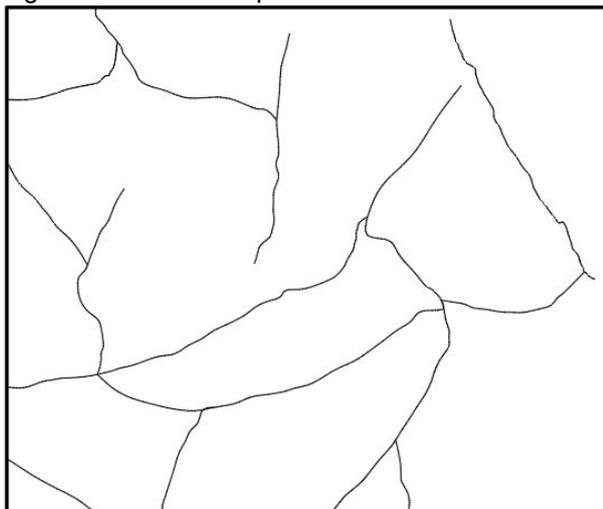
A NBR 13749 (ABNT, 2013) classifica as fissuras como geométricas e mapeadas. As geométricas (figura 4) são as fissuras que ocorrem isoladamente, podendo surgir devido à retração da argamassa de assentamento, falta de juntas de dilatação, base composta de diferentes materiais, entre outros. Elas são assimiladas pela forma geométrica bem definida e por expor uma direção predominante (horizontal, vertical ou diagonal) (SAHADE, 2005). Já as mapeadas (figura 5) são aquelas que não possuem um mesmo padrão, se manifestam aleatoriamente na estrutura e geralmente são superficiais, podem acontecer por um traço inadequado, excesso de finos, de aglomerantes, entre outros (ABNT, 2013). Ambas são subdivididas em ativas e passivas (CORSINI, 2010). As ativas apresentam variações sensíveis na abertura ao longo do tempo e as passivas possuem abertura constante, logo, não se expandem nem se retraem mais (ABNT, 2013).

Figura 4 - Fissuras geométricas



Fonte: Sahade, 2005.

Figura 5 - Fissura mapeada



Fonte: adaptado de IBDA, 2019.

Além da classificação conforme a aparência (geométricas ou mapeadas) e conforme a atividade (ativas ou passivas), as fissuras são classificadas de duas formas quanto a variação da sua abertura: sazonais ou progressivas (SAHADE, 2005). As sazonais são aquelas que a variação da abertura pode ser relacionada com a variação periódica das condições climáticas e são caracterizadas por oscilar em torno de um valor médio. Já as progressivas tendem a apresentar aberturas sempre crescentes (SAHADE, 2005).

A NBR 6118:2014 estabelece valores limites para a fissuração ser considerada nociva ao concreto armado, sendo: 0,1 mm para peças não protegidas, em meio agressivo; 0,2 mm para peças não protegidas, em meio não agressivo e 0,3 mm para peças protegidas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

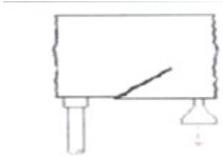
Souza e Ripper (1998) afirmam que:

A caracterização da fissuração como deficiência estrutural dependerá sempre da origem, intensidade e magnitude do quadro de fissuração existente, posto que o concreto, por ser material com baixa resistência à tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões trativas, que podem ser instalados pelos mais diversos motivos, superarem a sua resistência a última tração (SOUZA e RIPPER, 1998).

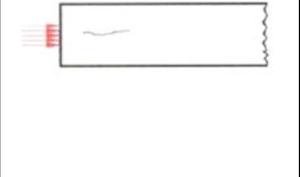
Segundo Cánovas (1988), nem sempre é fácil diagnosticar as fissuras e por essa razão é imprescindível conhecê-las, saber os motivos do seu surgimento, a fim de aplicar a terapêutica correta.

Ambrosio (2004) elucida alguns exemplos de origens de fissuras em estruturas, conforme apresentado na tabela 5.

Tabela 5 - Origens de fissuras em estruturas

TIPO DE FISSURA	PEÇAS MAIS SUJEITAS	CONFIGURAÇÃO TÍPICA	EXEMPLO
Recalque Diferencial da fundação	Paredes / Vigas	→ Inclinação, se afastamento da região que menos recalcou  → Abertura variável	

Cisalhamento	Qualquer elemento	<p>→ Mais inclinadas junto ao apoio, verticalizando-se em direção ao meio do vão</p> <p>→ Abertura variável, desaparecendo ao atingir a região comprimida da peça</p>	
Flexão	Qualquer elemento; Lajes, junto aos cantos.	<p>→ Mais concentradas junto às regiões de máximo momento fletor e aumento gradativamente o espaçamento, ao se afastarem dessa região</p> <p>→ Abertura variável, desaparecendo ao atingirem a região comprimida</p> <p>→ Diagonal, formando um triângulo aproximadamente isósceles com os cantos</p>	
Torção	Peças lineares, com cargas não coincidentes com seu eixo longitudinal	→ Em forma de hélice ao longo do eixo longitudinal	
Tração	Qualquer elemento tracionado longitudinalmente	<p>→ Perpendiculares à direção da carga de tração, seccionando a seção transversal</p> <p>→ Mais fechadas junto as armaduras</p>	
Tração	Peças de suporte	→ Perpendiculares à direção da reação de apoio das peças apoiadas indiretamente	
Punção	Lajes / Sapatas / Paredes, com cargas perpendiculares a seu plano	→ Tronco-crônicas, contornando a carga concentrada, em forma de "teia de aranha", em planta	
Fendilhamento	Qualquer peça protendida junto as ancoragens /	→ Paralelas à direção de aplicação da carga	

	Pilares / Paredes com cargas concentradas aplicadas segundo seu plano	→ Abertura variável, mais abertas aproximadamente à metade da maior dimensão da seção transversal da peça, a partir da face carregada	
--	-----------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Adaptado de Ambrosio, 2004.

As fissuras podem também ser originadas por esforço de compressão e esforço cortante.

Para Marcelli (2007), as fissuras por compressão são mais preocupantes e alarmantes que as fissuras por flexão. Isso se explica pelo fato de que o concreto é um material com baixa resistência a tração e alta resistência a compressão, sendo assim quando aparecem fissuras provenientes de compressão o caso é grave, podendo indicar o colapso da estrutura, ou seja, o elemento estrutural (vigas e pilares) não suporta sua carga para o qual foi projetado e conseqüentemente redistribui os esforços para os pilares mais próximos que também são sobrecarregados e comprometidos.

As fissuras por compressão ocorrem na direção do esforço solicitante, conforme ilustra a figura 6. Os espaçamentos entre elas podem ser muito diversificados e de traçados irregulares, devido à heterogeneidade do concreto, por isso, às vezes, é comum as fissuras deixarem de ser paralelas, cortando-se em ângulos agudos (CÁNOVAS, 1988).

Figura 6 - Fissuras por esforço de compressão

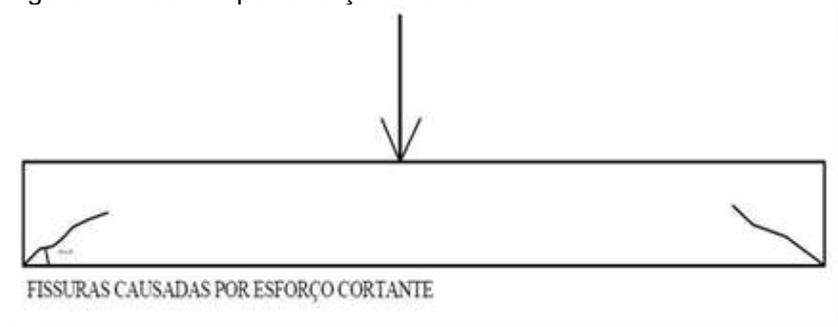


Fonte: FACECHEATSBRASIL, 2021.

Segundo Cánovas (1988), peças muito esbeltas quando sujeitadas à compressão podem apresentar fissuras muito perigosas em sua parte central e só em uma das faces. Essas fissuras habitualmente são finas e com pouco espaçamento entre elas, podendo revelar o início do fenômeno da flambagem da peça. Em pilares, a ocorrência de fissuras de compressão é muito perigosa, sendo sintoma precursor de um colapso imediato da zona afetada.

Já as fissuras causadas pelo esforço cortante acontecem pelo fato de que a resistência à tração da peça é muito menor do que a resistência à sua compressão. Esse tipo de esforço causa fissuras perpendiculares à tensão de tração (CÁNOVAS, 1988). Apresenta-se na figura 7 um exemplo de fissura devido ao esforço cortante.

Figura 7 - Fissuras por esforço cortante



Fonte: FACECHEATSBRASIL, 2021.

Cánovas (1988) complementa, relatando que as fissuras decorrentes de esforço cortante geralmente surgem na alma das vigas, progredindo até as armaduras para então chegar até os pontos de aplicação das cargas. Sua inclinação segue o antifunicular das cargas que agem sobre a peça, fissurando o concreto se este não dispõe de armadura suficiente para absorver os esforços de tração solicitados.

## **Causas de fissuras**

Segundo Thomaz (1989), as fissuras podem ter suas causas por movimentações ocasionadas por variações térmicas e de umidade, atuação de sobrecargas, deformabilidade excessiva das estruturas, recalques diferenciados das fundações, retração de produtos à base de ligantes hidráulicos e alterações químicas de materiais de construção. Entre as ações externas aos componentes, estão as fissuras ocasionadas por movimentações térmicas, higroscópicas, sobrecargas, deformações de elementos de concreto armado e recalques diferenciais. Entre as ações internas, as causas das fissuras estão ligadas à retração dos produtos à base de cimento e às alterações químicas dos materiais de construção (CORSINI, 2010). Além das causas citadas, as fissuras também podem ocorrer por movimentação de fôrmas e escoramentos e corrosão das armaduras (SOUZA e RIPPER, 1998).

## **Fissuras causadas por variações térmicas**

De acordo com Thomaz (1989), os inúmeros elementos que integram uma construção estão expostos às variações de temperatura, sazonais e diárias, que acarretam movimentos de dilatação e contração. Tais movimentos relacionados às diversas restrições existentes à sua movimentação sucedem em tensões que podem provocar fissuras, chamadas fissuras causadas por variação de temperatura. Isso acontece porque, uma estrutura ao se dilatar, cria uma zona de concentração de esforço, assim, para amenizar essa concentração, aparecem as trincas e rachaduras na estrutura em questão. Nas edificações ocorrem, geralmente, sobre as lajes ocasionando fissuras horizontais em sua parte inferior (LEAL, 2003). As fissuras de origem térmica podem também surgir por movimentações diferenciadas entre componentes de um elemento, entre elementos de um sistema e entre regiões diversas de um mesmo material.

De acordo com Thomaz (1989), as principais movimentações diferenciadas, transcorrem em função de:

Junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, sujeito às mesmas variações de temperatura (por exemplo, movimentações diferenciadas entre argamassa de assentamento e componentes de alvenaria); exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas naturais (por exemplo, cobertura em relação as paredes de uma edificação); gradiente de temperatura ao longo de um mesmo componente (por exemplo, gradiente entre a face exposta e a face protegida de uma laje de cobertura (THOMAZ, 1989).

As movimentações que se manifestam nos materiais, associadas à mudança na temperatura, estão vinculadas com os seus coeficientes de dilatação térmica e com os gradientes de temperatura, determinados pelos picos mínimos e máximos de temperatura. A magnitude das tensões desenvolvidas decorre da intensidade da variação dimensional, do grau de restrição imposto pelos vínculos a esta variação dimensional e das propriedades elásticas do material (MEHTA e MONTEIRO, 1994; THOMAZ, 1989).

As variações de temperatura ambiente acarretam variações dimensionais nos materiais das construções, dilatando com a variação positiva de temperatura e contraindo com a variação negativa (DUARTE, 1998). Os elementos mais ostensivos das edificações sentem de forma mais sensível a alteração da temperatura e tendem a se movimentar mais (DUARTE, 1998).

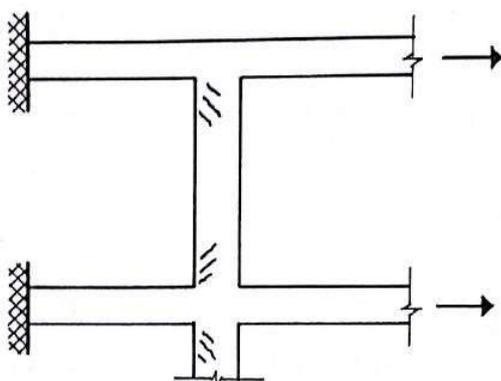
A impetuosidade das movimentações depende de propriedades físicas como: dilatação térmica, coeficiente de condutibilidade térmica e gradiente de variação térmica (THOMAZ, 1989). As restrições a esta movimentação dão origem a tensões nos materiais e em seu contato com outros elementos (THOMAZ, 1989).

O esqueleto portante de uma edificação está facilmente sujeito a movimentações devido à inconstância térmica, higroscópica, acomodações do solo ou vibrações nas suas proximidades (THOMAZ, 1989). De acordo com Thomaz (1989), geralmente os esforços gerados devido à dilatação térmica das lajes e vigas são transmitidos para os pilares ou para a alvenaria quando a estrutura não possui juntas de movimentação.

De acordo com Pacheco (2002) as juntas de movimentação têm a função de separar elementos estruturais de outros elementos portantes ou de elementos de vedação sem função estrutural. As inconstâncias volumétricas às quais edificações e seus componentes estão propensos, podem esclarecer o uso de juntas de dilatação ou movimentação (ABNT, 2018). Elas são empregues para permitir que partes contínuas de edifícios atuem como corpos rígidos isolados para a atuação da variação térmica (ABNT, 2018). Dessa forma, cada parte se movimenta sem agregar tensões uma na outra (THOMAZ, 2012). A concepção estrutural das edificações deve considerar a existência de tais juntas (MONTEIRO, 2008).

As solicitações térmicas podem provocar manifestações patológicas nos pilares das edificações. De acordo com a forma de vinculação viga-pilar, a movimentação das vigas acarreta esforços de tração e cisalhamento aos pilares, ocasionando fissuras levemente inclinadas nas suas extremidades (THOMAZ, 1989), conforme ilustra a figura 8. Estas fissuras indicam má conformação estrutural e podem anunciar problemas estruturais, necessitando de avaliação (THOMAZ, 1989).

Figura 8 - Fissuras formadas em pilar de concreto armado devido à movimentação térmica das vigas de concreto armado



Fonte: Thomaz, 1989.

### Fissuras causadas por variações higroscópicas

Segundo Thomaz (1989):

As mudanças higroscópicas provocam variações dimensionais nos materiais porosos que integram os elementos e componentes da construção; o aumento do teor de umidade produz uma expansão do material enquanto a diminuição desse

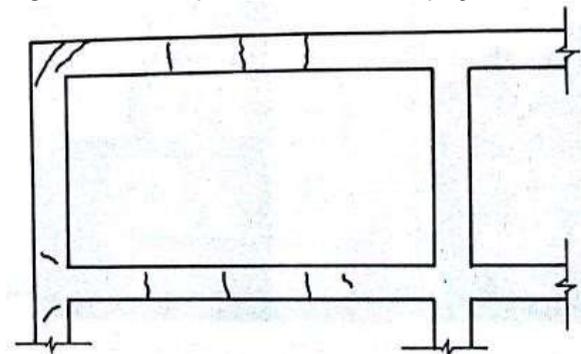
teor provoca uma contração. No caso da existência de vínculos que impeçam ou restrinjam essas movimentações poderão ocorrer fissuras nos elementos e componentes do sistema construtivo (THOMAZ, 1989).

Esse tipo de fissura é um pouco diferente da retração hidráulica, que acontece durante a cura. Segundo Marcelli (2007), nesse caso, a mudança de umidade a que fica compelida a peça de concreto gera uma variação dimensional por absorção ou perda higroscópica. Essa alteração de volume, pode provocar fissuras se houver vínculos que impeçam o elemento de se movimentar. Nesses casos as fissuras poderão surgir ao longo da peça ou junto aos vínculos.

A umidade tem acesso aos materiais através de seus poros e pode ser proveniente do solo, do ar, de problemas na execução da obra ou de falhas nos sistemas hidrossanitários durante o uso (VEIGA, 1998). Já a ausência de umidade para o meio externo, segundo Veiga (1998), pode ser consequência de diversos fatores, como evaporação, alta absorção de um substrato adjacente, ventos e alta temperatura.

A figura 9 ilustra um exemplo de fissuras nas peças estruturais por variação higroscópica.

Figura 9 - Exemplo de fissuras nas peças estruturais por variação higroscópica



Fonte: Thomaz, 1989.

### **Fissuras causadas por atuação de sobrecargas**

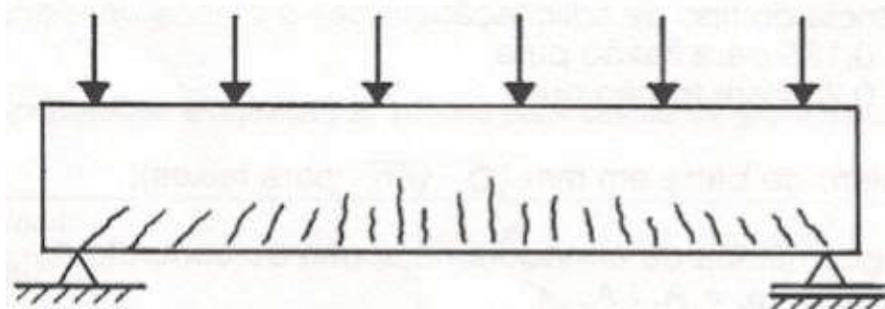
Considera-se a sobrecarga uma solicitação externa, podendo ser previsível ou não nos cálculos, que pode fissurar um elemento com função estrutural ou não (THOMAZ, 1989). As manifestações patológicas, segundo Thomaz (1989), podem surgir quando a sobrecarga foi calculada corretamente, mas a execução do elemento foi falha, ou quando o elemento está sendo demandado por uma carga superior à prevista.

O fissuramento dos componentes de concreto armado devido aos efeitos da sobrecarga, pode resultar ou não em ruptura ou em inconstância da estrutura. O surgimento da fissura em um determinado componente faz com que ele redistribua sua carga em seu próprio componente ou em componentes vizinhos, podendo resultar na absorção dessas requisições pela estrutura (THOMAZ, 1989).

Quando se trata de componentes estruturais, as fissuras podem ser ocasionadas por esforços de tração, compressão ou cisalhamento (CIENETEC, 1998). Almeida (2002), relata que as armaduras na parte inferior de vigas submetidas à flexão resistem aos esforços de tração, enquanto o concreto na parte superior resiste aos esforços de compressão. Para resistir aos esforços cortantes, utiliza-se armadura de cisalhamento (ALMEIDA, 2002). De acordo com Thomaz (1989), vigas subarmadas podem dar origem a trincas de tração, vigas com armadura de cisalhamento deficiente podem dar origem a trincas inclinadas e as vigas muito armadas ou com concreto de baixa qualidade podem dar origem a trincas na sua zona comprimida.

A NBR ABNT 6118 (2018) define o estado limite de fissuras (ELS-F) como o estado em que tem início a fissuração. Ele é alcançado quando a tensão de tração máxima da peça for semelhante à resistência do concreto à tração na flexão (ABNT, 2018). Segundo Thomaz (1989), as vigas com armadura insuficiente na parte tracionada dão origem a fissuras ortogonais à direção dos esforços principais de tração, conforme apresentado na figura 10.

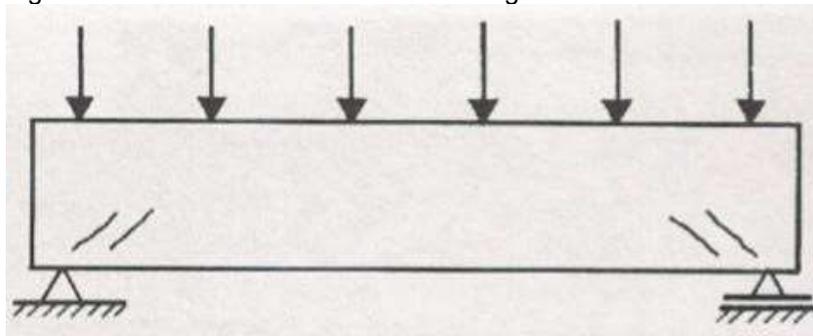
Figura 10 - Fissura típica em viga solicitada à flexão



Fonte: Thomaz, 1989.

As vigas com armadura de cisalhamento insuficiente podem dar origem a fissuras que se exteriorizam próximas aos bordos e inclinadas com ângulo variando de 45 a 60°, considerando que quanto mais altas as vigas, maior será a angulação da fissura (THOMAZ, 1989). A figura 11 apresenta configuração típica de fissura formada quando a tensão cisalhante solicitante é maior que a resistente.

Figura 11 - Fissura de cisalhamento em viga solicitada à flexão



Fonte: Thomaz, 1989.

Já as vigas com armadura excessiva ou concreto com baixa resistência podem dar origem a trincas que surgem pelo esmagamento do concreto (LEONHARDT e MONNING, 1982).

### **Fissuras causadas por deformidade excessiva das estruturas**

De acordo com Valle (2008), vigas e lajes deformam-se naturalmente sob ação do peso próprio, das demais cargas constantes e acidentais e mesmo sob efeito da retração e da deformação lenta do concreto. Os componentes estruturais admitem flechas que podem não afetar em nada sua própria estética, a estabilidade e resistência da construção. Tais flechas, contudo, podem ser divergentes com a capacidade de deformação de paredes ou outros componentes que integram os edifícios.

A norma brasileira para projeto e execução de obras de concreto armado, NBR 6118, estipula as máximas flechas admissível para vigas e lajes:

1. “As flechas medidas a partir do plano que contém os apoios, quando atuarem todas as ações, não excederem  $1/300$  do vão teórico, com exceção no caso de balanços para os quais não ultrapassarão  $1/150$  do seu comprimento teórico”;

2. “O deslocamento ocasionado pelas cargas acidentais não será superior a  $1/500$  do vão teórico e  $1/250$  do comprimento teórico dos balanços”.

A ABNT NBR 6118:2014 estipula que no cálculo das flechas precisará ser levada em conta a retração e a deformação lenta do concreto. Se essas observações não forem atendidas com apropriada atenção por parte dos calculistas brasileiros, poderemos presenciar frequentemente casos de fissuras em alvenarias provocadas pelas flechas dos componentes estruturais.

Segundo Thomaz (1989), as paredes de alvenaria podem expor fissuras geradas por deformidade dos elementos da estrutura de concreto armado. A deformidade das estruturas gera movimentações que não podem ser acompanhadas pela constituição rígida das paredes de alvenaria, incorporando tensões de compressão, tração e cisalhamento nas paredes, provocando fissuras.

### **Fissuras causadas por recalque diferencial**

Os solos são compostos, de maneira geral, por partículas sólidas, água e matéria orgânica. Todos os solos propendem a se deformarem, em maior ou menor proporção, devido às cargas externas (THOMAZ, 1989).

De forma abrangente, as fundações propendem a associar o deslocamento do solo e recebem esforços adicionais (VELLOSO e LOPES, 2004).

O recalque é estabelecido como o deslocamento vertical de cima para baixo de uma fundação em relação a um representativo, geralmente o nível do terreno (VELLOSO e LOPES, 2004). Caso este deslocamento aconteça somente em uma parte da estrutura, ou de forma mais intensa em uma parte, este fenômeno de deslocamento passa a ser classificado como recalque diferencial da fundação (VELLOSO e LOPES, 2004).

Quando estas deformações são desiguais ao longo das fundações de uma edificação, são introduzidas na estrutura grandes tensões, que podem exceder a resistência dos materiais e de suas conexões, dando origem a fissuras (THOMAZ, 1989). As fissuras por recalque diferencial formam um ângulo de  $45^\circ$ , de forma que percorrendo uma reta perpendicular à fissura, essa reta aponta para a fundação recalçada.

As fissuras decorrentes de recalque em fundações impactam com maior regularidade o pavimento térreo da edificação e quando ocorrem de forma excessiva, as tensões resultantes de cisalhamento podem provocar esmagamentos localizados e em forma de escamas. Essas fissuras, segundo Holanda Jr. (2002), desenvolvem-se preferivelmente em direção vertical ou diagonal, apresentando variação da abertura ao longo do comprimento.

Segundo Thomaz (1989), as fissuras ocasionadas por recalques diferenciais são comumente inclinadas e se propagam “deitando” em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque.

Neste caso, as aberturas das fissuras ocasionadas por recalques diferenciais serão diretamente proporcionais à Intensidade do recalque ocorrido, ocorrendo ainda, aporte direto na estrutura do edifício e de todas as condições de contorno (THOMAZ, 1989).

Sendo uma edificação constituída de concreto armado e alvenaria de vedação, quando as fundações sofrem recalque diferencial, os esforços provenientes são transferidos para os pilares e redistribuídos através das vigas (THOMAZ, 1989). Logo, a alvenaria de vedação, por ser composta de material menos resistente, normalmente opera como um alívio para estas tensões, acarretando trincas provenientes da movimentação das fundações (MILITITSKY, CONSOLI e SCHENAID, 2015).

## Fissuras causadas por retração

Conforme Souza e Ripper (1998), a retração é um movimento natural da massa que é compensado pela existência de restrições distintas como as barras de armadura e vinculações com outras peças estruturais.

Dal Molin (1988) *apud* Bento, Brito e Miranda (2002) identificam três tipos de retração do concreto:

1. Retração plástica assimilada pela perda rápida de água de amassamento, empregue em excesso na confecção do material, e que leva a configuração de fissuras logo após o adensamento e acabamento da superfície do concreto.

2. Retração hidráulica ocasionada pela evaporação de uma parcela da água de amassamento, manifestando-se após o adensamento caso não haja controle para garantir o correto procedimento de cura.

3. Retração térmica caracterizada pela contração do concreto a medida que a peça resfria-se, resultando no aparecimento de tensões que podem provocar a fissuração ou até mesmo a ruptura da peça.

A retração plástica é a diminuição do volume do concreto devido à perda de água para o meio, ainda em seu estado fresco. Esse tipo de evento é mais habitual em lajes em climas quentes e/ou com vento. A retração plástica não é bem-vista na construção civil, uma vez que a água que estava designada para o decurso de hidratação da pasta é perdida para o meio, tendo como consequência a diminuição da resistência e a ocorrência de fissuras (SOUZA e RIPPER, 1998).

Para Cánovas (1988), as retrações que podem ser hidráulicas ou térmicas, geram redução dos elementos estruturais que se converterão em trações, em fissuras ou trincas se o elemento atingido estiver impossibilitado de se deformar. É necessário levar em conta não só a rigidez do elemento considerado, como também o conjunto estrutural que o elemento afeta, pois é comum que a fissuração aconteça nesses elementos que estão unidos a ele.

As retrações hidráulicas acontecem pela perda de água do concreto devido o processo de exsudação no seu estado endurecido. A exposição da superfície do concreto a intempéries intensifica esse processo (CÁNOVAS, 1988).

Já a retração térmica é acarretada pelo calor que é liberado na reação de hidratação. Esta reação é chamada de exotérmica, e o calor que é liberado no decorrer este processo, expande o concreto em um primeiro momento e, após resfriar, delimita o seu volume causando a retração (CÁNOVAS, 1988).

Para Valle (2008), é significativo diferenciar as três formas de retração que transcorrem num produto preparado com cimento:

1. Retração química: a reação química entre o cimento e a água se dá com diminuição de volume.

2. Retração de secagem: a quantidade demasiada de água, empregada na elaboração do concreto ou argamassa, permanece livre no interior da massa, evaporando-se posteriormente.

3. Retração por carbonatação: a cal hidratada liberada nas reações de hidratação do cimento reage com o gás carbônico presente no ar, gerando carbonato de cálcio.

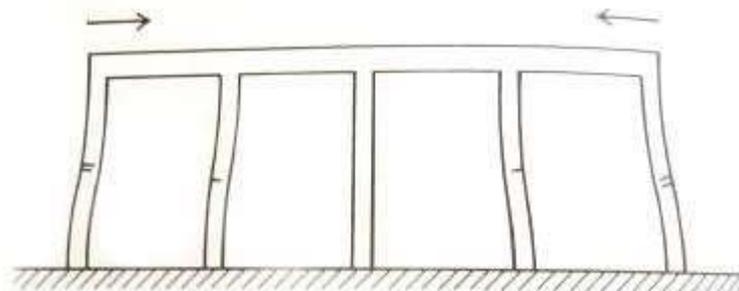
Para Thomaz (1989), na retração de vigas e pilares de concreto armado, as peças de uma estrutura reticulada de concreto armado poderão ser requisitadas por elevadas tensões provenientes da retração do concreto. Em estruturas aporricadas, a retração das vigas superiores poderá impulsionar a fissuração horizontal dos pilares mais extremos, conforme ilustra a figura 12.

Segundo Thomaz (1989), a ocorrência de fissuras de retração em viga de concreto armado dependerá da dosagem do concreto (principalmente relação água/cimento),

condições de adensamento (quanto mais adensado, menor a retração) e das condições de cura (evaporação precoce da água aumentará substancialmente a retração), como também das dimensões da peça, da rigidez dos pórticos, da taxa de armaduras e da distribuição de armaduras ao longo de sua seção transversal. Nas vigas altas, com inexistência ou insuficiência de armadura de pele, as fissuras acontecerão, preferencialmente, no terço médio da altura da viga, como retas e regularmente espaçadas, conforme ilustra a figura 13.

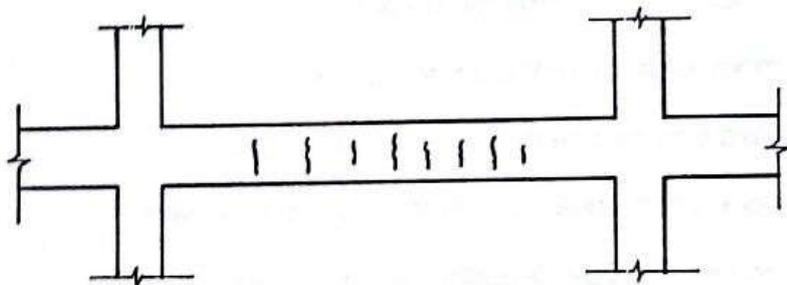
De acordo com Thomaz (1989), a retração de lajes será capaz de motivar a compressão de pisos cerâmicos, somando-se a deflexão estimulada pela retração diferenciada do concreto entre as regiões armadas e não armadas da laje. Em situações bem desfavoráveis, poderá surgir fissuras no piso ou mesmo o destacamento do revestimento cerâmico. Esta retração poderá provocar a compressão de forros falsos, caso estes estejam rigidamente vinculados às paredes. A retração do concreto também será capaz de provocar o aparecimento de fissuras na própria laje, com configuração mapeada e distribuição regular, de maneira semelhante àquela que se verifica em argamassas de revestimento. A figura 14 ilustra fissuras de retração em laje.

Figura 12 - Fissuras horizontais nos pilares devido à retração do concreto das vigas superiores



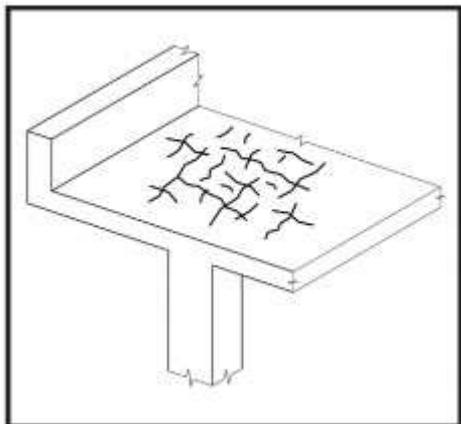
Fonte: Thomaz, 1989.

Figura 13 - Fissuras de retração em viga



Fonte: Souza e Ripper, 1998.

Figura 14 - Fissuras de retração em laje



Fonte: Carmona e Filho, 2013.

### Fissuras causadas por reações químicas

Segundo Souza e Ripper (1998), para que decorra uma boa aderência entre o cimento e os agregados, desenvolvem-se combinações químicas entre os mesmos e os componentes hidratados do cimento. Estas combinações são benéficas, pois colaboram para o reforço da resistência mecânica e homogeneidade do concreto, porém, em alguns casos, podem ocorrer reações químicas expansivas, que acabam por invalidar a coesão do concreto. Existem diversas causas químicas de patologias em estruturas de concreto, que tem origem na própria composição do material, como: reação álcali-agregado, presença de cloretos e elevação interna da temperatura do concreto.

A reação álcali-agregado é a reação química que acontece na matriz de concreto entre os minerais reativos presentes nos agregados e os álcalis presentes no cimento, na água de amassamento ou em adições realizadas (DECHICHI, 2002). A reação é lenta e os principais álcalis envolvidos na reação álcali-agregado são o óxido de sódio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) e óxido de potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) (DECHICHI, 2002).

A reação álcali-agregado é mais comum em obras frequentemente expostas à umidade como barragens e pontes, porém também pode acontecer em obras habitacionais, com maiores ocorrências nas fundações (PAULON, 1981). Paulon (1981), relata que a reação álcali-agregado origina produtos expansivos na existência de umidade e pode gerar desde fissuração invisível a olho nu, até fissuras que comprometem as estruturas de concreto armado.

De acordo com Cichinelli (2007), é raridade a reação álcali-agregado levar a estrutura de concreto a degradação, porém ela funciona como porta de entrada para outras formas de deterioração da estrutura. O principal indício de reação álcali-agregado nas peças de concreto armado é a fissuração (CICHINELLI, 2007).

Em relação aos cloretos, Zamberlan (2013) afirma que, a presença de cloretos no concreto pode acarretar muitos incômodos. Estes podem ser localizados em agregados extraídos de regiões que no passado foram marinhas, na água do mar, em aditivos aceleradores de pega, poluentes industriais ou a partir de produtos utilizados na limpeza que, tenham na constituição, o ácido muriático. Podem ocasionar a corrosão das armaduras de forma bastante agressiva. Diversos são os parâmetros que influenciam a penetração deste agente no concreto, como, a estrutura porosa do material, composição química, relação água /cimento, fissuração do concreto e potencial hidrogeniônico (pH) do concreto.

Os íons cloreto são um dos agentes mais nocivos para a corrosão das barras de aço, pois têm a habilidade de despassivar as armaduras mesmo em potencial hidrogeniônico (pH) excessivamente alto. Os cloretos penetram nos poros do concreto por meio da difusão

ou pela absorção capilar de águas, que diluem a deposição do aerossol marinho a partir da superfície, contendo o íon na forma dissolvida e ao superarem, na solução dos poros, um certo limite em relação à concentração de hidroxilas, despassivam a superfície do aço e dão início ao processo corrosivo (FUSCO, 2008).

Neville (1997) ressalta que o maior dano gerado pelo ataque de cloretos é a corrosão do aço, que por consequência abalará o concreto ao seu redor. Os produtos que são gerados pela corrosão ocupam um espaço cerca de seis a sete vezes maior do que o aço originalmente ocupava. Isso se dá pela conjuntura da expansão do processo, que acaba ocasionando uma fissuração na estrutura.

Já em relação a elevação interna da temperatura do concreto, têm-se que, as reações que acontecem no decorrer da hidratação, são exotérmicas, ou seja, ocorre a liberação de calor. Perante isso, esta quantidade que é desatada de calor poderá ocasionar avarias quando peças de grandes dimensões forem concretadas, pelo fato de que no início da hidratação não há troca positiva de calor com o exterior, o que leva a um aquecimento e expansão da massa. Posterior a isso, ocorre o esfriamento da massa, gerando um gradiente térmico no qual pode gerar fissuração interna do concreto (SOUZA E RIPPER, 1998).

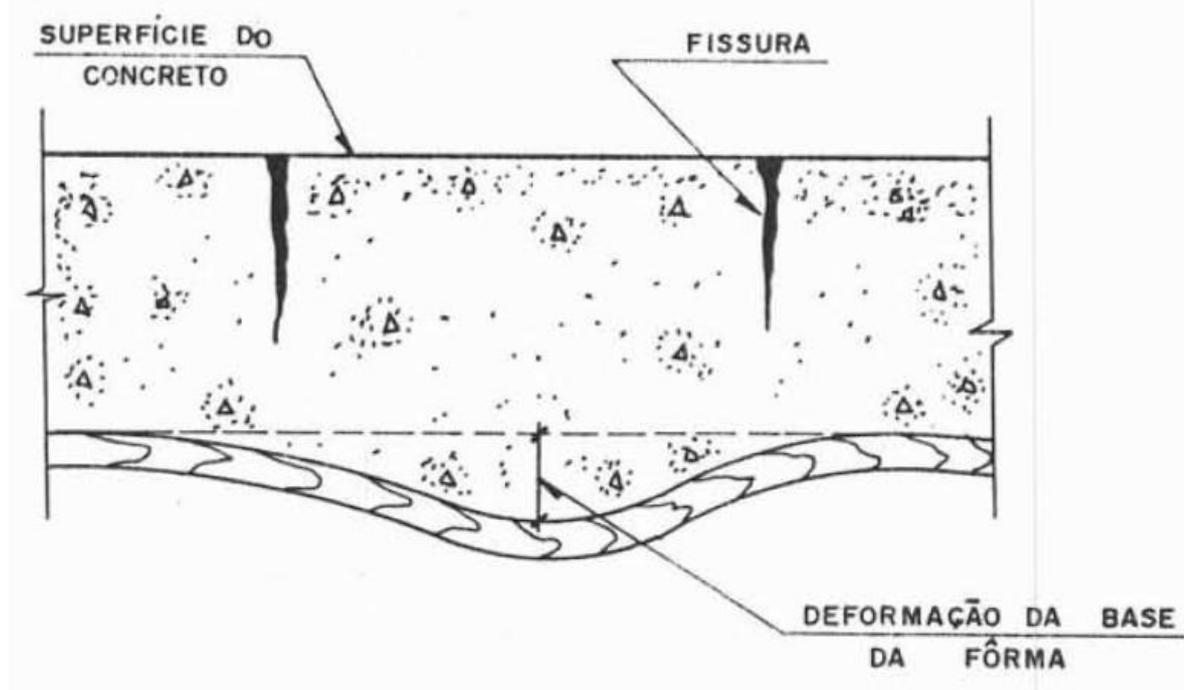
### **Fissuras causadas por movimentação de fôrmas e escoramentos**

Segundo a NBR 15696 (ABNT, 2009), é obrigatória a realização do projeto com dimensionamento para fôrmas e escoramentos, contendo verificação da capacidade de carga de pavimentos inferiores, quando houver, em diversas idades, aplicação de cargas resultantes de concretagens posteriores e, a verificação da capacidade de carga de pavimentos superiores devido à aplicação de carga em diversas idades, resultante da retirada das escoras em um nível inferior. Apesar disso, na prática construtiva, isso nem sempre é observado, ou então o dimensionamento pode vir a ser inadequado, o que pode levar à ocorrência de manifestações patológicas.

Todo o movimento das fôrmas produzido entre o momento do lançamento do concreto até o início da pega pode ocasionar no aparecimento de fissuras. As causas desse movimento podem estar ligadas a diversos fatores, como, sobrecargas, falhas no sistema de escoramento, detalhes construtivos, mão-de-obra de baixa qualidade, e lançamento do concreto de maneira inadequada (DAL MOLIN, 1988).

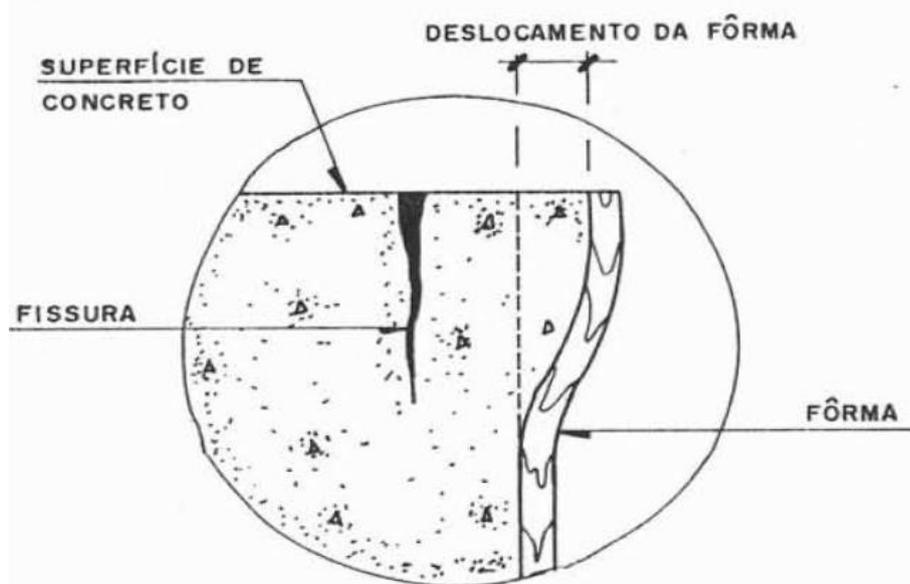
De acordo com Souza e Ripper (1998), a fissuração causada por movimentação de fôrmas ocorre principalmente por dois motivos: deformação acentuada da peça, gerando alteração de sua geometria, com perda de resistência e desenvolvimento de quadro de fissuração característico de deficiência de capacidade resistente (figura 15), e deformação das fôrmas (figura 16), seja por mau posicionamento, falta de fixação adequada, existência de juntas mal vedadas ou fendas, ou por absorção da água do concreto, criando juntas de concretagens não previstas, as quais normalmente levam à fissuração. Um quadro grave que pode ocorrer quando as fissuras são internas, é a formação de bolsa de água na massa do concreto (figura 17), facilitando o processo de corrosão das armaduras.

Figura 15 - Fissura na superfície do concreto devido à deformação na base da fôrma



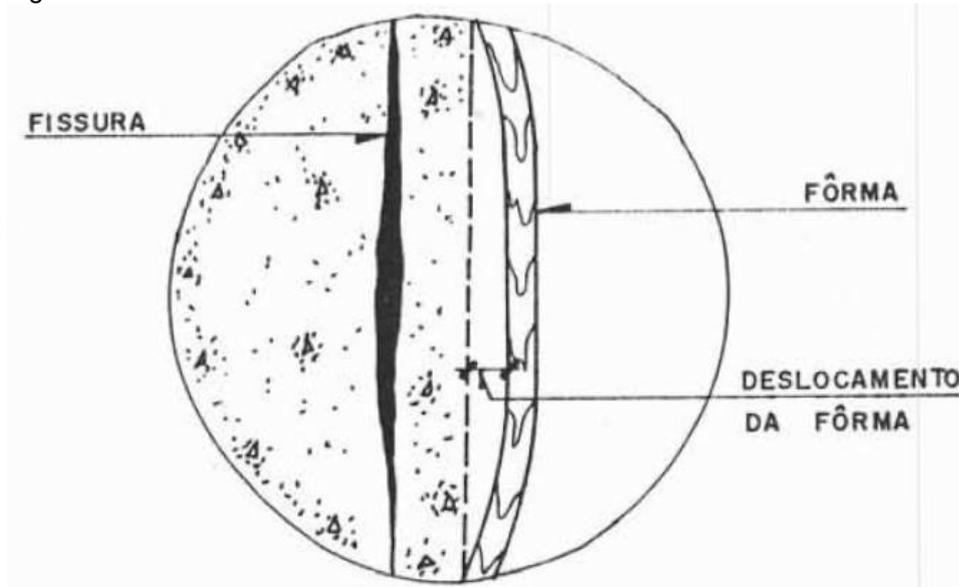
Fonte: Dal Molin, 1988.

Figura 16 - Fissura na superfície do concreto devido ao movimento da fôrma



Fonte: Dal Molin, 1988.

Figura 17 - Fissura interna devido ao movimento da fôrma



Fonte: Dal Molin, 1988.

Segundo Dal Molin (1988), posto que o conjunto de formas apresente-se estabilizado, ou o concreto não encontre-se em estado plástico, as fissuras decorrentes da movimentação dos moldes não sofrerão modificações adicionais, logo, se tornarão fissuras estabilizadas.

Outro processo capaz de gerar fissuração é a retirada precoce do escoramento. Alguns anos atrás, esperava-se de 7 a 12 dias para iniciar a retirada de formas e escoramentos de uma laje, atualmente, esse serviço é iniciado antes de completar 5 dias (NAKAMURA, 2010). As formas e escoramentos devem ser retirados respeitando o comportamento da estrutura, atendendo ao tempo necessário para que o concreto adquira resistência e suporte às cargas impostas (ABNT, 2017). Não obedecer aos prazos necessários à cura do concreto e ao ganho de resistência das estruturas, pode gerar tensões não previstas no material, originando a fissuração na estrutura (THOMAZ, 1989).

### **Fissuras causadas por corrosão das armaduras**

A corrosão das armaduras que compõem o concreto armado pode ser denominada como um processo eletroquímico, que ocorre em meio aquoso e depende de diferença de potencial, exposição ao ar e agentes agressivos (ANDRADE, 2001). De acordo com Andrade (2001), o processo de corrosão eletroquímica depende de um desequilíbrio elétrico entre metais diferentes ou entre partes do mesmo metal.

Mehta e Monteiro (1994), definem a corrosão das armaduras como a transformação de aço metálico em ferrugem seguida de aumento no volume da armadura. Este aumento no volume da armadura também ocasiona a expansão do concreto, provocando nele uma redistribuição das tensões internas que resulta na perda de aderência entre os materiais e no surgimento de espaços vazios no concreto (CUNHA e HELENE, 2001).

Este processo de acréscimo e redistribuição das tensões internas no concreto pode originar fissuração (MEHTA e MONTEIRO, 1994). Dessa forma, além de gerar zonas de fraqueza no concreto, comprometendo-o, a fissuração gera vazios que expõem a armadura às intempéries, aumentando sua corrosão e a abertura das fissuras, intensificando o processo e agravando a situação (MEHTA e MONTEIRO, 1994). A figura 18 ilustra fissura em elemento estrutural devida à corrosão das armaduras.

Figura 18 - Fissura em pilar de concreto devido à corrosão das armaduras



Fonte: Thomaz, 1989.

### Diagnóstico de causa de fissuras

De acordo com Sahade (2005), as fundamentais técnicas de recuperação de fissuras estão relacionadas com as características das patologias. Logo, o primeiro passo para tratar uma fissura é buscar com exatidão qual o seu mecanismo de formação.

O estudo inicial da manifestação patológica deve levantar o máximo de informações indispensáveis para diagnosticar a causa da fissura: variação da temperatura, variação higroscópica, atuação de sobrecargas, deformidade excessiva das estruturas, recalques na fundação, alterações químicas de materiais de construção, movimentação de fôrmas e escoramentos, corrosão das armaduras, etc. De acordo com Thomaz (1989), nesta fase de levantamento de subsídios é fundamental a análise minuciosa da obra com auxílio técnico capacitado.

Em razão da complexidade da análise, em alguns casos é imprescindível o uso de equipamentos para detecção de armaduras, indicador dos teores de umidade e outros aspectos. Um segundo aspecto a ser levantado é a qualidade dos materiais empregados para a construção e o modo de execução que foi adotado (SAHADE, 2005).

Segundo Thomaz (1989), alguns itens não podem deixar de serem levados em consideração durante o levantamento de informações de uma fissura, sendo:

- Incidência, configuração, comprimento, profundidade, abertura e localização da fissura;
- Idade aproximada da trinca e a época em que a edificação foi construída;
- Existência de alguma manifestação patológica semelhante à analisada em componentes vizinhos da edificação, em outros pavimentos ou em edifícios vizinhos;
- Se a fissura apresenta ou não variação na sua abertura;
- Se a patologia estudada já passou por reparo anterior;
- Se a vizinhança da obra passou por alguma modificação profunda que possa ter afetado a edificação analisada;
- Se nas proximidades da fissura existem tubulações ou eletrodutos embutidos;
- Se existem outras manifestações patológicas nas proximidades da fissura, como umidade, descolamentos ou manchas de ferrugem;

- Se as fissuras se manifestam preferivelmente em uma fachada específica da edificação;
- Se a edificação está sendo utilizada corretamente conforme sua finalidade.

Posteriormente ao levantamento do máximo de informações possíveis em relação as manifestações patológicas, o próximo passo para a recuperação é relacionar as possíveis causas e efeitos com as características das fissuras encontradas (LICHTENSTEIN, 1985).

Segundo Thomaz (1989), para diagnosticar as patologias, uma adequada técnica é considerar inicialmente todas as suas possíveis causas e ir excluindo as que não se adequam à situação analisada na etapa de coleta de informações. Para casos em que apenas a análise não é eficiente para chegar a um diagnóstico correto, Thomaz (1989) reitera que devem ser assumidas medidas mais trabalhosas, como, a revisão dos cálculos estruturais, avaliação da sondagem local em caso de possibilidade de recalques ou utilização de técnicas instrumentadas. A aplicação de instrumentos para o diagnóstico das fissuras, varia desde medidas simples como o uso fissurômetros, à medidas mais requintadas como a utilização de extensômetros (THOMAZ, 1989).

Conforme Sahade (2005), a definição do sistema de recuperação apropriado é primordial para que a fissura não ressurgir com o tempo, devendo ser compatível com o acabamento dos pontos vizinhos às patologias, de modo a não interferir na arquitetura e estética da edificação.

## **Recuperação de fissuras**

De acordo com Souza e Ripper (1998):

O tratamento de peças fissuradas está diretamente ligado à perfeita identificação da causa da fissuração, ou, dito de outra forma, do tipo de fissura com que se está a lidar, particularmente no que diz respeito à atividade (variação de espessura) ou não da mesma, e da necessidade ou não de se executar reforços estruturais (casos em que as fissuras resultam de menor capacidade resistente da peça) (SOUZA e RIPPER, 1998).

O tratamento será habitualmente mais simples nos casos superficiais, não sendo mesmo, em algumas situações, necessário recorrer-se às resinas epoxídicas, que são mais caras, podendo-se optar pela aplicação de nata de cimento portland inserida com aditivo expensor, nos casos de obstrução rija (SOUZA e RIPPER, 1998).

Se a razão da fissura estiver ligada a agressividade do meio, há ainda a indispensabilidade da concepção de uma barreira ao transporte nocivo de líquidos e gases para dentro das fissuras, reprimindo a contaminação do concreto e até das armaduras (SOUZA e RIPPER, 1998).

Antes de iniciar a reparação, Helene (1992) salienta que o preparo e a limpeza do substrato são especialmente importantes e realizados de maneira inadequada podem comprometer integralmente um reparo estrutural, por melhor e mais adequados que sejam os materiais e os sistemas empregados.

Para tratar fissuras, dispõe-se das seguintes opções: injeção de fissuras, selagem de fissuras e costura de fissuras. Vale ressaltar que, para tratar fissuras por corrosão de armaduras, o procedimento ocorre por outro método.

## **Injeção**

Souza e Ripper (1998) explicitam injeção como “a técnica que garante o perfeito enchimento do espaço formado entre as bordas de uma fenda, independente de se estar

injetando para restabelecer o monolitismo de fendas passivas, casos em que são usados materiais rígidos, como epóxi ou grautes, ou para a vedação de fendas ativas, que são ocorrências mais raras, em que se estarão a injetar resinas acrílicas ou poliuretânicas”.

Thomaz (2003) ressalta o uso de resina epóxi e poliuretano da seguinte forma: a resina epóxi é empregada para ligação rígida e muito resistente aos esforços mecânicos, podendo ser utilizada em elementos que necessitam esforços estruturais. Já o poliuretano e a espuma de poliuretano são aplicados para fechamento elástico e vedação de fissuras secas, de fissuras úmidas ou de fissuras com água percolando, não podendo ser empregado em elementos estruturais. Caso haja água percolando, sob pressão, deve ser utilizado inicialmente uma espuma de Poliuretano de pega rápida para parar o fluxo da água.

Para correta injeção, deve ser definido material de acordo com: a abertura da fissura, que define a viscosidade necessária, sendo utilizadas menores viscosidades quanto menor a abertura da fissura; se há movimentação, o que define o módulo de elasticidade do material, sendo utilizados materiais de menor módulo de elasticidade, ou seja, mais facilmente deformáveis, caso a fissura seja ativa; a presença ou ausência de umidade, pois alguns materiais não tem bom desempenho frente às altas umidades e, o “pot-life”, que é o tempo disponível para aplicação da resina após a mistura com o catalisador (CÁNOVAS, 1988).

O procedimento de injeção é anunciado por Souza e Ripper (1998) do seguinte jeito:

1º. Abertura de furos ao longo do progresso da fissura, com diâmetro da ordem dos 10 mm e não muito profundos (30mm), respeitando o espaçamento, que deve variar entre os 50 mm e os 300 mm, em incumbência da abertura da fissura (tanto maior, quanto mais aberta for), mas sempre respeitando um máximo de 1,5 vezes a profundidade da fissura;

2º. Exhaustiva e consciente limpeza da fenda – ou do conjunto de fissuras, se for o caso – e dos furos, com ar comprimido, por aplicação de jatos, seguida de aspiração, para remoção das partículas soltas, não só as originalmente presentes (sujeiras), mas também as derivadas da operação de furação;

3º. Nos furos, são fixados tubinhos plásticos, de diâmetro imediatamente inferior ao da furação, com parede pouco espessa, por meio dos quais será injetado o produto. A fixação é feita através do próprio adesivo que selará o intervalo de fissura entre dois furos consecutivos;

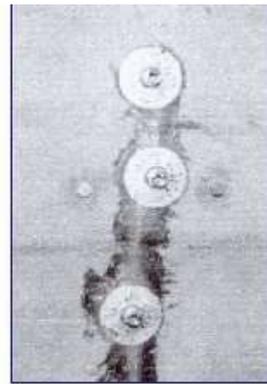
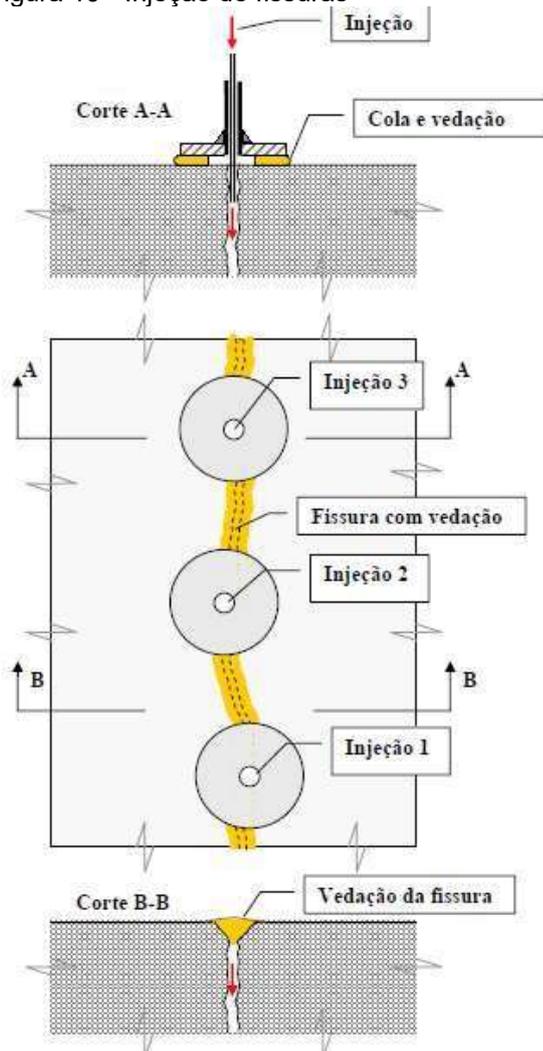
4º. A selagem é feita pela aplicação de uma cola epoxídica bicomponente, geralmente aplicada a espátula ou colher de pedreiro. Ao redor dos tubos plásticos, a concentração da cola deve ser relativamente superior, de forma a garantir a fixação deles;

5º. Antes de se iniciar a injeção, a eficiência do sistema deve ser atestada, o que pode ser feita através da aplicação de ar comprimido, testando então a comunicação entre os furos e a efetividade da selagem. Se houver obstrução de um ou mais tubos, será indício de que haverá a indispensabilidade de reduzir-se o espaçamento entre eles, inserindo-se outros a meio caminho;

6º. Testado o sistema e definido o material, a injeção pode então começar, tubo a tubo, sempre com pressão crescente, escolhendo-se normalmente como primeiros pontos aqueles situados em cotas mais baixas.

A figura 19 ilustra a injeção de fissuras.

Figura 19 - Injeção de fissuras



*Injetar de baixo para cima.*

*Bauberating Zement [120]*

Fonte: Thomaz, 2003.

## Selagem

A selagem é aplicada para vedação de fissuras ativas pela utilização de um material indispensavelmente aderente, resistente mecânica e quimicamente, não retrátil e com módulo de elasticidade suficiente para adaptar-se à deformação da fenda (SOUZA e RIPPER, 1998).

Souza e Ripper (1998) apontam três diferentes procedimentos para a selagem de fissuras, variando de acordo com a abertura:

1º. Para fissuras com aberturas inferiores a 10 mm, deve ser realizado o mesmo processo de selagem descrito na técnica de injeção de fissuras;

2º. Para fissuras com aberturas entre 10 mm e 30 mm, deve ser feito um enchimento da fenda, invariavelmente na mesma direção, com graute, podendo, em alguns casos, ocorrer a adição de carga, procedendo-se a selagem convencional das bordas, com produto à base de epóxi;

3º. Para fissuras com aberturas superiores a 30 mm, a selagem já passa a ser vista como se fosse a vedação de uma junta de movimento e que prevê a inserção de um cordão em poliestireno extrudado, ou de uma mangueira plástica, para apoio com isolamento do

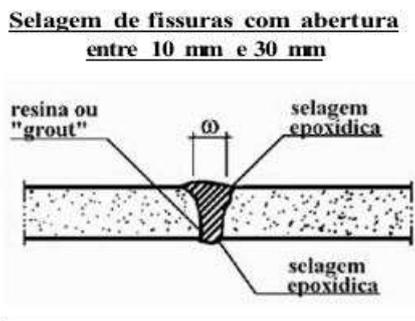
selante do fundo da fenda. Uma outra possibilidade é a colocação de juntas de neoprene, que precisarão aderir aos bordos da fenda, apropriadamente reforçados para o efeito.

De acordo com Souza e Ripper (1998), quando é utilizado o mastique como selante, é imprescindível a prévia colocação de um cordão de poliestireno no fundo do entalhe, que serve como material de preenchimento. Esse procedimento tem como objetivo, inibir que o mastique venha a aderir ao fundo da fissura, o que poderia comprometer não só a sua durabilidade, mas o seu devido trabalho. Para melhor aderir o material de preenchimento ao substrato, indica-se a pincelagem com epoxídicos, permitindo, assim, a aplicação do produto com o bico da bishnaga. Após, a superfície final deverá ser cuidadosamente alisada com espátula.

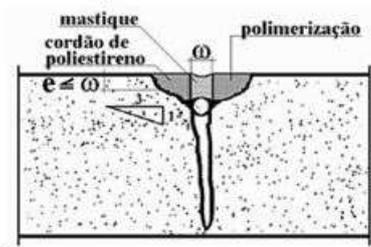
Souza e Ripper (1998) salientam que em todos os casos, é crucial o fortalecimento da superfície mais externa dos bordos das fendas, para certificar que o reparo seja eficiente. Se tal reforço não for previsto, poderá haver perda de aderência.

A figura 20 ilustra a selagem de fissuras.

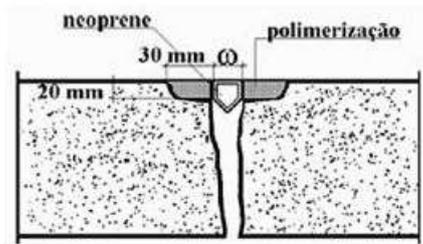
Figura 20 - Selagem de fissuras



**Vedação de fissuras de grande abertura com mastique**



**Vedação de fissuras de grande abertura com neoprene**



Fonte: Souza e Ripper, 1998.

## Grampeamento

A costura de fissuras (grampeamento), é empregada em fissuras cuja causa se depara na capacidade resistente. Desta maneira, é aplicado um reforço na estrutura por armaduras, a fim de aumentar a resistência à tração. Em função do seu aspecto e propósito, essas armaduras são denominadas grampos, sendo este, portanto, o processo de costura das fissuras (SOUZA e RIPPER, 1998).

“A técnica é de contestável aplicação pois intensifica a rigidez da peça localizadamente, e se o esforço causador da fenda continuar, com certeza gerará uma nova fissura em região adjacente” (SOUZA e RIPPER, 1998). Desse modo, para minorar os efeitos dos grampos, são recomendados os seguintes procedimentos:

1º. Sempre que viável, descarregamento da estrutura, pois o método em questão não deixa de ser um reforço;

2º. Execução de berços na superfície do concreto, para assentamento das barras de costura, englobando, se a opção for por ancoragem mecânica, a realização de furação no concreto para amarração das extremidades dos grampos, sendo estes buracos devidamente cheios com adesivo apropriado;

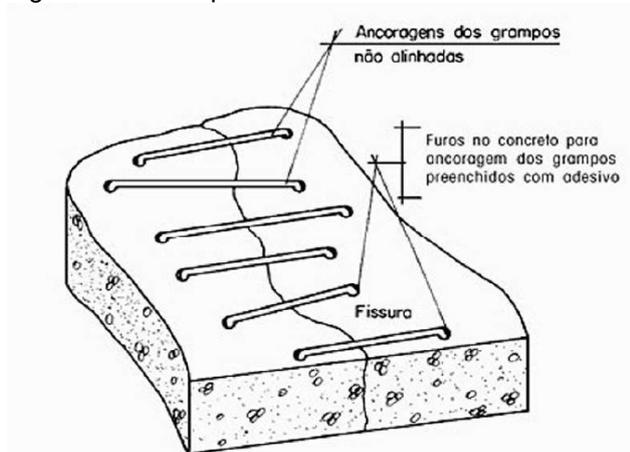
3º. Se a opção for esta, injeção da fenda com resinas epoxídicas ou cimentícias, fazendo a selagem a um nível inferior ao do berço executado. O grampeamento deve ser, sempre e indispensavelmente, posterior à injeção;

4º. Aplicação dos grampos e complementação dos berços realizados com o mesmo adesivo utilizado para a selagem;

5º. As fendas precisam ser costuradas nos dois lados da peça, no caso de peças tracionadas.

A figura 21 ilustra o grampeamento de fissuras.

Figura 21 - Grampeamento de fissuras

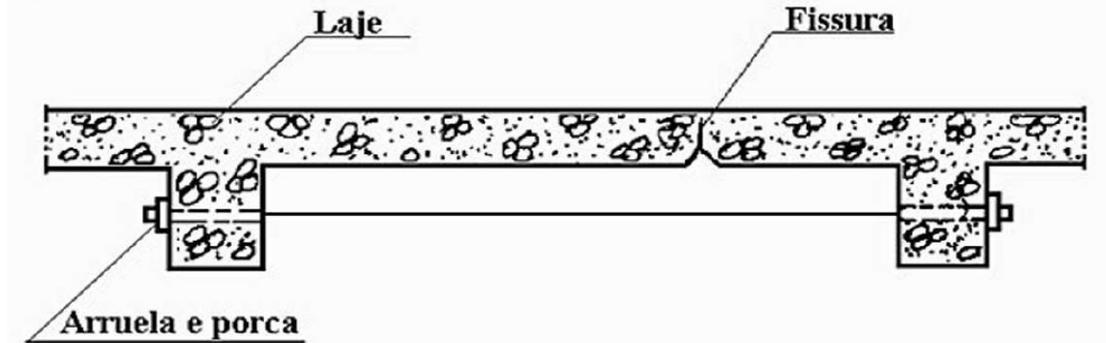


Fonte: Souza e Ripper, 1998.

Souza e Ripper (1998) recomendam, como opção à costura, a introdução de um reforço de compressão por aplicação de cabos de aço ou barras comuns, para compensar a tração imposta ao elemento. Os autores ratificam que esse processo é mais relacionado com o dimensionamento estrutural de um reforço, do que com o tratamento de fissuras, como uma técnica em si. Para a aplicação dessa técnica, deve-se levar em importância os esforços localizados nas regiões de ancoragem das barras ou cabos.

A figura 22 ilustra a anulação das tensões de tração pela introdução de pretensão exterior.

Figura 22 - Anulação das tensões de tração pela introdução de pretensão exterior



Fonte: Souza e Ripper, 1998.

## Recuperação de fissuras causadas por corrosão de armaduras

Segundo Andrade Perdrix (1992):

“No caso de uma estrutura deteriorada por corrosão de armaduras, a função básica que deve cumprir o reparo é a de restaurar a proteção das armaduras e reconstruir o componente de concreto restabelecendo suas propriedades físicas e características estéticas e geométricas” (ANDRADE PERDRIX, 1992).

Conforme Helene (1986), a recuperação consiste basicamente em três etapas:

1º. Limpeza rigorosa, preferencialmente com jato de areia e apicoamento de todo o concreto solto ou fissurado, inclusive das camadas de óxidos/hidróxidos das superfícies das barras. Deve ser retirado, inclusive, o concreto que estiver atrás das armaduras corroídas, deixando um vão livre mínimo de 1 a 2 cm entre o aço e o concreto “velho” (ANDRADE PERDRIX, 1992).

2º. Análise criteriosa da possível redução de seção transversal das armaduras. Se necessário, devem ser colocados novos estribos e novas armaduras longitudinais. Andrade Perdrix (1992) afirma que é recomendável colocar armadura adicional sempre que a redução de seção transversal supere 15 a 25%. Recomenda-se utilizar pintura de zinco nas armaduras. Além disso, sempre que se empregar solda, recomenda-se que esta seja à base de eletrodos, controlando-se o tempo e a temperatura, a fim de evitar a mudança de estrutura no aço, principalmente em estruturas mais antigas, já que nas construções recentes é mais comum a presença de aços soldáveis (HELENE, 1986).

3º. Reconstrução do cobrimento das armaduras, tendo por finalidade, impedir a penetração de umidade, oxigênio e agentes agressivos até as armaduras, recompor a área da seção de concreto original e propiciar um meio que garanta a manutenção da capa passivadora no aço.

A fim de se aplicar o correto cobrimento das armaduras, Helene (1986) sugere alguns exemplos:

- Concreto projetado, com espessura mínima de 50 mm.

Vantagem: não é demandada a utilização de fôrmas e há eficiente aderência entre os concretos.

Desvantagem: elevada perda material e sujeira provocada no ambiente.

- Adesivo à base de epóxi para união do concreto “velho” com o “novo”.

Vantagem: impermeabilização definitiva da armadura, evitando a corrosão apesar da carbonatação superficial do concreto.

Desvantagem: requer fôrmas, é de difícil compactação e adensamento do concreto “novo” e comumente as seções finais são maiores que as iniciais, causando prováveis prejuízos estéticos.

- Concretos e argamassas poliméricos de resinas à base epóxi.

Vantagem: alta durabilidade, impermeabilidade, aderência ao concreto velho e à armadura, não resultam problemas estéticos em razão da possibilidade de serem moldados em pequenos espaços.

Desvantagem: requerem fôrma, mão de obra especializada, testes prévios de desempenho e são dispendiosos.

- Concretos e argamassas especiais para “grauteamento”.

Vantagem: não manifestam retração, possuem boa aderência, podem ser auto-adsensável, não solicitando aumento da seção original.

Desvantagem: requerem fôrmas.

- Concretos e argamassas “comuns”, bem proporcionados, com baixa relação água/cimento e aplicados com fôrma, dentro das técnicas de bem construir.

Normalmente é necessário grande aumento de seção. Além de exigir alto conhecimento da tecnologia do concreto, necessário para garantir a aderência do concreto “velho” ao “novo”.

## METODOLOGIA

A fim de atingir os objetivos deste estudo, além da pesquisa bibliográfica, que consiste em explicar um problema a partir do registro disponível, utilizando-se de referenciais teóricos já trabalhados e devidamente publicados por outros pesquisadores (SEVERINO, 2007), adotou-se o estudo de caso, aplicado quando se deseja compreender um fenômeno da vida real em profundidade, englobando importantes condições contextuais (YIN, 2010).

O método adotado para realização deste trabalho, fundamenta-se em Mazer (2012), sendo, a primeira etapa, o levantamento de subsídios, que consiste na obtenção de informações necessárias para o diagnóstico, consideráveis para o estudo dos fenômenos, baseadas em inspeções visuais, executadas no mês de fevereiro de 2021. Além do levantamento de subsídios, as próximas etapas são, o diagnóstico do problema e a definição de conduta para o problema levantado na pesquisa, conforme ilustra a figura 23.

Figura 23 - Fluxograma das etapas do procedimento aplicado



Fonte: Mazer, 2012.

O levantamento de subsídios fundamenta-se na concentração do maior número de informações necessárias no que se refere a problemática, com o propósito de estudar e entender os fenômenos patológicos. O processo utiliza inspeções visuais para compreensão aproximada ou total do problema, conforme o número de sintomas identificados.

O diagnóstico baseia-se na percepção dos fenômenos de tratamento de múltiplas relações de causa e efeito e entendimento dos principais motivos de ocorrência a partir dos dados levantados, tornando praticável determinar a possível causa a partir do seu efeito.

Posteriormente a coleta e manipulação de dados para a definição do diagnóstico considerado adequado, têm-se a determinação da conduta a ser empregada, estratégia de intervenção ou plano de ação para resolução do problema.

Para o estudo de caso, foram selecionadas cinco estruturas de concreto armado fissuradas observadas na área externa e interna da residência objeto do estudo.

Para o correto diagnóstico e posterior conduta de reparação das estruturas de concreto armado estudadas no estudo de caso, levou-se em consideração a condição de exposição desses elementos estruturais.

## **Materiais utilizados**

Para realização de inspeção visual é necessária a utilização de alguns equipamentos básicos que auxiliem neste processo. Para realizar o levantamento dos dados, foram utilizados:

- Equipamento para registro fotográfico;
- Lápis;
- Papel;
- Prancheta.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **Descrição da residência**

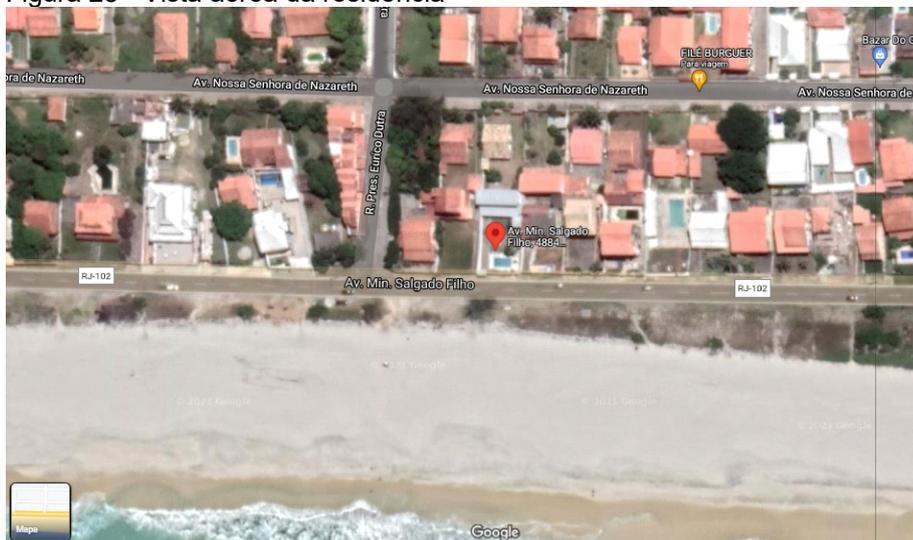
A fim de alcançar os objetivos apresentados, foi realizado o levantamento de estudo de caso de estruturas de uma residência (figura 24) construída em concreto armado e alvenaria no início do ano de 2003, situada na Avenida Ministro Salgado Filho, número 4884, Barra Nova – Saquarema, RJ (figura 25). A residência é constituída por 3 quartos, 3 banheiros, sala, cozinha, área de serviço e sótão, dispostos em 3 pavimentos, além de área externa, contendo aproximadamente 220m<sup>2</sup> de área construída e 450m<sup>2</sup> de área total.

Figura 24 - Fachada da residência



Fonte: Google, Maps, 2021.

Figura 25 - Vista aérea da residência



Fonte: Google, Maps, 2021.

## Identificação das fissuras

De acordo com a NBR 15575:2013, as estruturas de concreto armado são projetadas para uma vida útil de 50 anos, contanto que seus usuários executem as normativas do manual de utilização, inspecionando e realizando as manutenções.

Mediante visita técnica realizada na residência, observou-se fissuras em cinco estruturas de concreto armado. A sondagem das patologias nas estruturas de concreto armado, foram realizadas em 2 vigas e 3 pilares presentes na área externa e interna da residência. Foi pretendida a análise das estruturas, considerando o ambiente de exposição e o embasamento teórico.

As estruturas foram construídas em um período que as normas recomendadas para o cobrimento mínimo das estruturas não eram consideradas, ocasionando mau desempenho.

## Área externa

Apresenta-se no quadro 1 as estruturas fissuradas observadas na área externa da residência.

Quadro 1 - Fissuras causadas por corrosão da armadura

ESTRUTURA ANALISADA	DESCRIÇÃO POR INSPEÇÃO VISUAL
	<p>Fissura vertical, localizada em pilar presente no exterior da residência, pertinente a penetração de ação de íons de cloreto.</p>
	<p>Fissura vertical, localizada em pilar presente no exterior da residência, pertinente a penetração de ação de íons de cloreto.</p>
	<p>Fissura horizontal, localizada em viga presente no exterior da residência, estrutura pertinente a penetração de ação de íons de cloreto.</p>

Fonte: Autores, 2021.

### Causa provável:

Corrosão da armadura. A residência fica próxima ao mar, logo, é possível afirmar que, as estruturas estão propícias a ação de cloretos nos poros do concreto, atingindo as armaduras, deteriorando as estruturas. As fissuras apresentam manifestações no local da armadura dos pilares e da viga, seguindo o comprimento na vertical (pilares) e na horizontal (viga). Seus aspectos evidenciam que elas ocorrem por expansão do interior ao decorrer de uma linha. Se a corrosão for em viga a característica principal é o descolamento da

cobertura, a corrosão se dá na ferragem negativa a incidência gravidade a água passa a atingir o negativo. Fundamentado na revisão bibliográfica, as fissuras identificadas são procedentes da corrosão da armadura.

Sugestão de reparo:

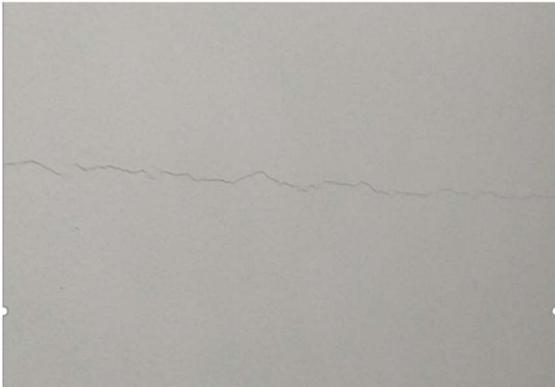
Sugere-se a retirada do concreto degradado e, posterior a isso, a limpeza da corrosão da armadura com escova com cerdas de aço e jato de água ou ar comprimido, até que esteja bem limpa. Após, aplicar inibidores de corrosão, aplicar uma camada epóxi viapol 32, esperar secar completamente, produzir as formas, aplicar de forma abundante água fria e limpa, aplicar o material de reparo com o substrato ainda úmido, aplicar graute de recomposição e controlar a cura.

Vale ressaltar que, caso a corrosão seja superior a 85%, reflete a perda de toda armadura e, sendo inferior a 85%, recomenda-se fazer o reforço da armadura, ressaltando a excentricidade do pilar ou viga. Posterior ao reforço, recomenda-se a proteção da armadura da agressividade do meio, aplicando uma pintura protetiva com epóxi.

### Área interna

Apresenta-se no quadro 2 as estruturas fissuradas observadas na área interna da residência.

Quadro 2 - Fissuras causadas por desenvolvimento de sobrecarga

ESTRUTURA ANALISADA	DESCRIÇÃO POR INSPEÇÃO VISUAL
	<p>Fissura horizontal, localizada em viga presente no interior da residência, pertinente a sobrecarga desconsiderada em projeto do pavimento construído acima.</p>
	<p>Fissura vertical, localizada em pilar presente no interior da residência, pertinente a sobrecarga desconsiderada em projeto do pavimento construído acima.</p>

Fonte: Autores, 2021.

### Causa provável:

Desenvolvimento de sobrecarga. Foi construído um pavimento acima da viga e do pilar, que não foram projetados com a finalidade de absorver estes esforços, logo, receberam cargas não previstas.

Apesar de se tratar de sobrecargas, o que a princípio levaria a indícios de fissura ativa, as fissuras possuem comportamento passivo, pois não se observa variação de tamanho e abertura a mais de três anos, conforme relatam os proprietários.

Fundamentado na revisão bibliográfica, as fissuras identificadas são procedentes do desenvolvimento de sobrecargas.

Sugestão de reparo:

Partindo da pressuposição de que as fissuras estejam em estado passivo, indica-se sistema de reparação com tela de poliéster juntamente com massa acrílica.

## **CONCLUSÃO**

Esta pesquisa teve como finalidade investigar as fissuras observadas nas estruturas de concreto armado da edificação estudada no estudo de caso, identificando as prováveis causas, direcionando a técnicas de reparo. Para viabilizar o estudo, foi imprescindível compreender os principais mecanismos de formação das fissuras, entender suas avarias e formas de intervir, através de revisão bibliográfica.

Durante vistoria local, foram identificadas no exterior da residência, diversas fissuras em estruturas de concreto armado, com causas equivalentes, sendo, a corrosão de armaduras, a manifestação patológica que mais afeta estas estruturas. No interior da residência, foi identificado que, as fissuras nas estruturas estudadas, ocorrem por desenvolvimento de sobrecargas.

Por carência de recursos, não foi viável a realização de ensaios para definir com precisão as causas. Todavia, embasado em revisão bibliográfica, presume-se que o agente causador das fissuras presentes nas estruturas de concreto armado externas estudadas no estudo de caso, é a agressividade do meio, enquanto o agente causador das fissuras presentes nas estruturas de concreto armado internas averiguadas do estudo de caso, se caracteriza como sobrecargas não estipuladas em projeto.

Os conceitos estudados neste trabalho são elementos básicos para a compreensão da importância de um projeto de obra bem elaborado e coerente com suas características. O monitoramento de estruturas apresenta-se como ferramenta indispensável para levantamento de informações quanto à deterioração e como forma indicativa para intervenções preventivas.

Neste estudo de caso, verificou-se a importância da conscientização quanto à manutenção preventiva. Portanto, toda edificação deve possuir um programa eficiente de inspeção e manutenção para assegurar a durabilidade da estrutura e a otimização dos recursos.

Salienta-se que, as iniciativas de reparo devem possuir controle tecnológico e execução adequada para que os problemas não reincidam antes do previsto, resultando em manutenções ineficientes e dispendiosas. A elaboração de um correto diagnóstico, é uma condição essencial para o tratamento adequado das patologias nas estruturas de concreto armado.

É importante enfatizar que normas técnicas devem ser seguidas, a fim de garantir o desempenho e a durabilidade satisfatória das estruturas de uma edificação, cumprindo com a vida útil para qual foi projetada.

Conclui-se que, tendo em vista os aspectos observados, a realização de estudos que buscam avaliar, caracterizar e diagnosticar a ocorrência de patologias em estruturas de uma edificação, são fundamentais para o processo de produção e uso das edificações, pois

permitem conhecer ações eficientes para atenuar a ocorrência de falhas e problemas, melhorando a qualidade geral das edificações e otimizando a aplicações dos recursos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. de. **Manifestações Patológicas em Prédio Escolar: Uma Análise Qualitativa e Quantitativa**. 2008. 204 p. Dissertação de Mestrado. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria., Santa Maria, 2008.

ALMEIDA, L. C. D. **Fundamentos do concreto armado**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2002.

AMBROSIO, Thais da Silva. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo**. 2004. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

ANDRADE, J. J. D. O. **Contribuição à previsão da vida útil das estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão de armaduras: iniciação por cloretos**. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

ANDRADE PERDRIX, M. D. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. São Paulo, Brasil: Pini, 1992.

ANDRADE, T.; SILVA, A. J. C. **Patologia das Estruturas**. In: ISAIA, Geraldo Cechella. (Ed) Concreto: In.: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12654: Controle tecnológico de materiais componentes do concreto**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT/CB-003, A. B. D. N. T. **Confiabilidade e manutenibilidade**. [S.I.]. 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edifícios**. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575: Seleção e projeto - Impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15696: Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho: Requisitos para os sistemas estruturais**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749: Revestimento de Paredes e Teto de Argamassa Inorgânica - Especificação**. Rio de Janeiro 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, A. B. D. N. T. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento**. [S.I.]. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. A. B. D. N. T. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. [S.l.]. 2018.

AZEVEDO, M. T. **Patologia das Estruturas de Concreto**. In ISAIA, G. C. Ed. Concreto: Ciência e tecnologia. Volume 2. 1. ed. São Paulo, 2011.

BATTAGIN, A. F. **Cuidados ao construir em áreas litorâneas**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland ABCP. 2009.

BENTO, J.G.V.; BRITO, P. C. de; MIRANDA, R. de F. **Fissuras em elementos de concreto armado: características, causas e recuperações**. 2002. 86 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2002. Disponível em: <[www.dec.uem.br/jdnc/TCC/Patologia/](http://www.dec.uem.br/jdnc/TCC/Patologia/)>. Acesso em: 11 março. 2021.

BICZOK, I. 1972. **Corrosion y protección del hormigon**. Bilbao/Espanã: Ediciones Urmo. Trad. de Emilio J. d'Ocon Asensi.

BORGES, M. G. (2008). **Manifestações patológicas incidentes em reservatórios de água elevados executados em concreto armado**. (Trabalho de Conclusão do Curso, Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS).

BRANDÃO, A. M. S. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto**. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. Tradução de M. C. Marcondes; C. W. F. dos Santos; B. Cannabrava. 1ª ed. São Paulo: Ed. Pini, 1988.

CASCUDO, O. **O Controle da Corrosão de Armaduras em Concreto: Inspeção e Técnicas Eletroquímicas**. 1ª ed. Goiânia: Editora UFG, 1997.

CARMONA, Thomas; FILHO, Antônio Carmona. **Fissuração nas estruturas de Concreto**. Boletim Técnico, 2013. Disponível em: <<http://alconpat.org.br/wpcontent/uploads/2012/09/B3-Fissura%C3%A7%C3%A3o-nas-estruturas-deconcreto.pdf>> Acesso em: 01 abril. 2021.

CICHINELLI, G. C. **Reação Perigosa**. Técnica, n. 125, agosto 2007.

CIENTEC. Fissuras em Alvenarias: **Causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC. Porto Alegre. 1998.

CORSINI, R. **Trinca ou fissura?** Técnica, n. 160, julho 2010.

COUTO, J. P.; COUTO, A. M. **Importância da revisão dos projetos na redução dos custos de manutenção das construções**. In: CONGRESSO CONSTRUÇÃO 2007, 3, 2007, Coimbra, Portugal. Universidade de Coimbra, 2007.

CLIMACO, João Carlos Teatini. **Estruturas de concreto armado**. 2ª edição. Brasília: UnB, 2008.

CREMONINI, R. A. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre: Recomendações para projeto, execução e manutenção**. Porto Alegre: UFRGS, 1988.

CUNHA, A. C. Q. D.; HELENE, P. R. L. **Despassivação das armaduras de concreto por ação da carbonatação**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - BT/PCC/283. São Paulo, p. 17. 2001.

DAL MOLIN, Denise C. Coitinho. **Fissuras em estruturas de concreto armado: Análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio**

**Grande do Sul.** Porto Alegre, 1988. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/>>. Acesso em: 01 maio. 2021.

DECHICHI, M. **Reação álcali-agregado: Estudo das propriedades elásticas e mecânicas através da utilização de inibidores.** Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2002.

DO CARMO, Paulo Obregon. **Patologia das construções.** Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.

DUARTE, R. B. **Fissuras em alvenarias: Causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação.** CIENTEC, Porto Alegre, n 25, 45 p, dezembro 1998.

ECIVIL UFES. **Manutenção de obras: um problema cultural?** Disponível em: <<https://ecivilufes.wordpress.com/tag/custo/>>. Acesso em: 11 de março. 2021.

FACECHEATSBRASIL. **Patologias em concreto armado.** Disponível em: <<http://tecnicoedifica.blogspot.com/2014/04/patologias-em-concreto-armado.html>>. Acesso em: 22 março. 2021.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON (FIB 53). **Structural Concrete Textbook on behaviour, design and performance.** Second edition, Volume 3: Design of durable concrete structures, 2010.

FILHO, L. C. P. S. **Durabilidade do concreto à ação de sulfatos: Análise do efeito da permeação de água e da adição de microssilica.** 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

FIGUEIREDO, A. D. Concreto com Fibras. In.: **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações.** Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005, V.2.

FUSCO, Pericles. **Técnica de armaduras estruturas de concreto.** São Paulo: P ini.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://maps.app.goo.gl/S7JC6xE4ebbFMkv6A>>. Acesso em: 25 abril. 2021.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com/search?q=Avenida+Ministro+Salgado+Filho+4884&oq=av&aqs=chrome.1.69i57j69i59l2j35i39j46i131i199i291i433.2876j0j9&client=ms-android-asus-tpin&sourceid=chrome-mobile&ie=UTF-8>>. Acesso em: 25 abril. 2021.

GNIPPER, Sérgio F.; MIKALDO JR. Jorge. **Patologias frequentes em sistemas prediais hidráulico sanitários e de gás combustível decorrentes de falhas no processo de produção do projeto.** Curitiba, 2007.

GRANATO, J. E. **Apostila: Patologia das construções.** Disponível em: <<http://irapuama.dominiotemporario.com/doc/Patologiadasconstrucoes2002.pdf>>. Acesso em: 10 maio. 2021.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em armaduras para concreto armado.** 1. ed. São Paulo: PINI (IPT), 1986.

HELENE, P. **Manutenção para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto.** Pini, 2ª ed. São Paulo, 1992.

HELENE, P. R. L. **Manual de reabilitação de Estruturas de Concreto – Reparo, Reforço e Proteção.** São Paulo: Red Rehabilitar, editores, 2003.

HELENE, P.; ANDRADE, T. **Concreto de Cimento Portland.** São Paulo. 2 ed. IBRACON, 2010.

HOLANDA Jr., O.G. **Influência de recalques em edifícios de alvenaria estrutural**. 2002. 242f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

IBDA. **Fissuras e Trincas em fachadas**. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. [S.l.]. 2019.

KIHARA, Y. 1993. **Reação álcali-agregado: mecanismo, diagnose e casos brasileiros**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIMENTO, 3., 1993, São Paulo. Anais. São Paulo: ABCP, v. 1.

KULISCH, D. **Ataque por sulfatos em estruturas de concreto**. 109 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação Engenharia de Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LAPA, José Silva. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2008.

LEAL, U. **Quando as fissuras em paredes preocupam**. *Téchne*, São Paulo, 70, jan. 2003. Disponível em: <<http://techne.kubbix.com/engenharia-civil/70/artigo287252-1.aspx>>. Acesso em: 18 abril. 2021.

LEONHARDT, F.; MONNING, E. **Construções de concreto - princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**. Rio de Janeiro: Interciência, v. 1, 1982.

LICHTENSTEIN, N, B. **Patologia das construções**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, Boletim Técnico nº 06, 1985.

LIMA, M. G. **Ação do meio ambiente sobre as Estruturas de Concreto**. In.: *Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações*. Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005.

LOURENÇO, L. D. C.; MENDES, L. C. **Deteção preventiva de patologias em edificações**. *Téchne*, n. 167, fevereiro 2011.

MACHADO, Ari de Paula. **Reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono**. São Paulo: Pini, 2002.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: Causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Pini, 2007.

MAZER, W. **Inspeção e ensaios em estruturas de concreto**. Curitiba, 2012. Disponível em: Acesso em: 27 abr. 2017.

MEDEIROS, H. **Doenças concretas**. *Revista téchne*, São Paulo, n. 160, p. 62-68, jul. 2010.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo, IBRACON, 2008.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHENAID, F. **Patologia das fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. 2, 2015.

MOLIN, D. C. C. V. **Fissuras em estruturas de concreto armado: Análise das manifestações típicas e levantamento de caso ocorrido no estado do Rio Grande do Sul**. Lume Repositório digital, Rio Grande do Sul, 1988.

NAKAMURA, J. **Qual é o limite?** *Téchne*, n. 156, março 2010.

- NAZARIO, Daniel; ZANCAN, Evelise C. **Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal e Criciúma: Inspeção dos sete postos de saúde**. Santa Catarina, 2011.
- NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2 ed. São Paulo. PINI, 1997.
- NITA, C. **Utilização de Pozolanas em Compósitos de Cimento Reforçados com Fibras de Celulose e PVA**. Dissertação, Mestrado em Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- PACHECO, P. Á. **Projeto de estruturas Especiais de Betão**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, FEUP. Porto. 2002.
- PAULON, V. A. **Reações álcali-agregado em concreto**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1981.
- PIANCA, João Batista. **Manual do construtor: materiais de construção 1º vol.** 15ª edição. Porto Alegre: Globo, 1978.
- PIANCASTELLI, E. M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. Apostila para Curso de Extensão, Ed. Depto. Estruturas da Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 1997.
- PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P. **Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios**. São Carlos: Universidade de São Carlos, 2007.
- POSSAN, E.; DEMOLINER, C. A. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral**. Técnico-Científica do CREA-PR - ISSN 2358-5420, Curitiba, n. 1, 14 p, outubro 2013.
- REZENDE, L. V. S. et al (1996). **Resistência do concreto dosado em central – classificação e aspectos de durabilidade**. Congresso técnico-científico de Engenharia Civil. Abril. Florianópolis, 1996.
- SAHADE, R. F. **Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 2005.
- SANTOS, R. E. D. **Armação do Concreto no Brasil: História da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia**. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. Belo Horizonte, 2008.
- SANTOS, C. F. **Patologia de estruturas de concreto**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.
- SANTUCCI, Jô. **Patologia e desempenho das construções**. Crea-RS – Conselho em revista, Porto Alegre, 2015.
- SEVERINO, Antônio J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 23 ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007.
- SILVA, F. B. D. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil**. Técnica, n. 174, setembro 2011.
- SILVA, Ricardo José Carvalho. **Concreto armado**. 2. ed. [S.l.]: Universidade do Vale do Acaú, 2013.
- SOUZA, V.; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. – São Paulo: Pini, 1998.
- TAKATA L. T. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado: Estudo de caso**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009.

- TÉCHNE. **Alvenaria sob ação horizontal**. Téchné, dezembro 2007. n129.
- TÉCHNE. **Recuperação por baixo**. Téchné, julho 2007. n124.
- THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini; EPUSP; IPT, v. 1, 1989.
- THOMAZ, E. C. S., **Fissuração - 168 Casos Reais**. Rio de Janeiro, 2003.
- TRINDADE, D. dos S. da. **Patologias em Estrutura de Concreto Armado**. 2015. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- OLIVARI, G. **Patologia em edificações**. São Paulo, 2003.
- OLIVEIRA, A. M. D. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.
- VALLE, Juliana B. de Senna. **Patologia das alvenarias**. Monografia (Especialização em Tecnologia da Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2008.
- VEIGA, F. N., Gonçalves, I. N., Armelin, J. L., Hasparyk, N. P., 1997. **Reação Álcali-Agregado: A utilização da técnica de microscopia eletrônica de varredura na identificação de seus produtos**. Simpósio Sobre Reatividade Álcali-Agregado Em Estruturas de Concreto, Goiânia, novembro de 1997, Anais.
- VEIGA, M. D. R. D. S. **Comportamento de argamassas de revestimento de paredes**. Faculdade de Engenharia da Universidade Do Porto. [S.I.]. 1998.
- VELLOSO, D. D. A.; LOPES, F. D. R. **Fundações: Critérios de rojeto - Investigação do Subsolo - Fundações Superficiais**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. 1, 2004.
- VERÇOZA, Ê. J. **Patologia das edificações**. Sagra, Porto Alegre, 1991.
- YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 4º ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- ZAMBERLAN, F. **Penetração de cloretos em concretos compostos com cinza de casca de arroz de diferentes teores de carbono grafítico**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa maria, 2013.

**Ana Carolina Teixeira da Silva**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Miguel Henrique de Oliveira Costa**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

O Brasil foi apontado, no ano de 2018, pela Organização Mundial da Saúde, como o 3º país com maior número de acidentes de trânsito; entre 2017 e 2020 a Polícia Rodoviária Federal concluiu que 73% dos atropelamentos ocorridos no Brasil resultaram em dano à pessoa. No Rio de Janeiro, os atropelamentos se destacam como causador de 35% das mortes ocorridas no trânsito. Visando atenuar esta adversidade, este trabalho propõe a análise de uma passarela de pedestres sobre a Avenida Presidente Vargas como uma estratégia de proteção aos transeuntes, especialmente por conta de sua proximidade com a Escola Municipal Tia Ciata, onde jovens cursam o Ensino Fundamental, com o Sambódromo e Terreirão do Samba, onde os cariocas e turistas costumam frequentar para assistir ao Desfile das Escolas de Samba e a Shows. Para tanto apresentou-se uma análise da viabilidade de projeto, a modelagem em Elementos Finitos e dimensionamento analítico da superestrutura da passarela em perfis laminados de abas planas, bem como nas verificações da resistência das peças no Estado Limite Último e no Estado Limite de Serviço quanto ao deslocamento vertical máximo. A modelagem foi desenvolvida no software de Elementos Finitos ANSYS®, versão estudante 2020 R2, obtendo como resultado os diagramas dos esforços internos que possibilitaram realizar as verificações dos elementos, cuja maior porcentagem de utilização do perfil relativo aos momentos fletores e esforços axiais ocorreu em uma das diagonais, no valor de 72%. Com isso, a análise de viabilidade técnica de mostrou satisfatória e a estrutura logrou êxito não só nas verificações relativas ao ELU como também no ELS.

**Palavras-chave:** Passarela; Estruturas de aço; Elementos Finitos.

## INTRODUÇÃO

Passarela pode ser definida como estrutura longilínea que visa transpor obstáculos, naturais ou não, tendo como usuários pedestres e/ou ciclistas, conforme expõe a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na Norma Brasileira (NBR) 7188:2008. Passarelas costumam ser apresentadas na literatura técnica como um subtipo de pontes, nesta linha define FIALHO (2004) que passarelas são pontes com características especiais, tendo uma definição mais detalhada atribuída por LEBET e HIRT (2013), que concedem às passarelas o *status* de pontes para pedestres, cuja diferença se dá ao menor peso próprio e às menores cargas atuantes na superestrutura.

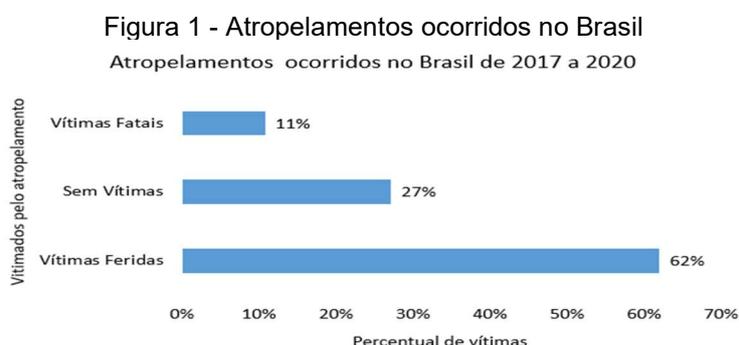
Os tipos de pontes variam em ao sabor da função que devem atender, do material de que são compostas, da disposição estrutural que detêm e quanto ao tempo de vida

(REIS e PEDRO, 2019). Devido a ausência de registros históricos, não há como precisar quando a primeira ponte do mundo foi construída (STANDERSKI, 2012), mas sabe-se que a passarela de pedestres mais antiga que se tem conhecimento foi construída na China, em 65 d.C., e se utilizava se um sistema de suspensão por correntes. Entretanto, tal tecnologia tinha o ônus do peso das correntes, que aumentavam o peso próprio da estrutura, limitando sua extensão (LEBET e HIRT, 2013).

Em 1779 a primeira ponte em ferro fundido foi construída em Coalbrookdale, na Inglaterra, tal estrutura é tida como um marco metalúrgico por ser a primeira obra de arte, em arco, construída com este material (PFEIL e PFEIL, 2009). No Brasil, conforme notícia a Associação Brasileira da Construção Metálica (ABCEM), a Ponte Paraíba do Sul, em São Fidélis, Rio de Janeiro, é tida como a primeira ponte construída em aço no país, feita pelo Barão de Mauá, em 1857, sob a supervisão do engenheiro britânico Dadgson (ABCEM, 2019).

Atualmente, em meios urbanos, devido a evolução da frota rodoviária, houve um aumento na densidade das vias e com isso um aumento no número de acidentes, conforme relata o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), vinculado ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) (DNIT IPR 735:2010). Uma das medidas, segundo o (DNIT IPR 740:2010), é a construção de travessias em desnível, que abrange não apenas as passarelas/ pontes para pedestres, mas também as passagens subterrâneas, tais estratégias conseguem transpor o obstáculo assegurando a integridade do pedestre sem gerar atraso no deslocamento dos veículos. Para que sejam construídas é necessário verificar se há justificativa e relevância para tanto, já que sua construção, além de gerar um ônus financeiro, acaba por impactar na paisagem local, podendo, inclusive, não ter aderência dos pedestres caso mal locada.

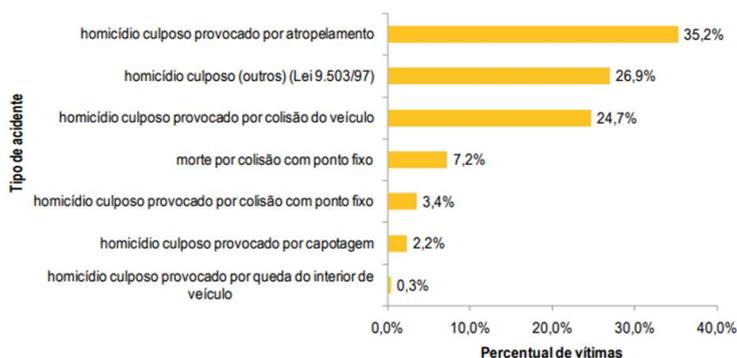
Dos atropelamentos que ocorreram no Brasil entre os anos de 2017 a 2020, 73% resultaram em danos à pessoa, sendo 62% relativos a vítimas feridas e 11% relativos a óbito, Figura 1, conforme a base de dados fornecida pela Polícia Rodoviária Federal (PRF).



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da PRF, 2020.

Na cidade do Rio de Janeiro, de todos os acidentes de trânsito que levaram os transeuntes à morte, o atropelamento é o tipo de acidente que mais destaca, sendo responsável por 35,2% das vítimas (Figura 2), conforme pesquisa do Instituto de Segurança Pública (ISP).

Figura 2 - Acidentes ocorridos no Rio de Janeiro  
 Vítimas fatais por tipo de acidente – estado do Rio de Janeiro – 2018<sup>5</sup> (valores percentuais)



Fonte: ISP, 2019. Adaptado pelo autor, 2021.

Segundo o (DNIT IPR-740:2010), conforme consta na Tabela 12, pedestres da faixa etária de 19 a 40 anos são os únicos que possuem completa compreensão do trânsito e boa capacidade de julgamento. Sendo a faixa etária que antecede este intervalo ainda pouco prudente quanto ao julgamento e a que sucede começa a apresentar alterações em função do declínio da idade. Por esse motivo, em vias públicas os pedestres figuram como os elementos mais frágeis, tornando-se objeto de preocupação por partes dos projetistas que precisam desenvolver tecnologias atrativas que lhes protejam durante as travessias de vias movimentadas.

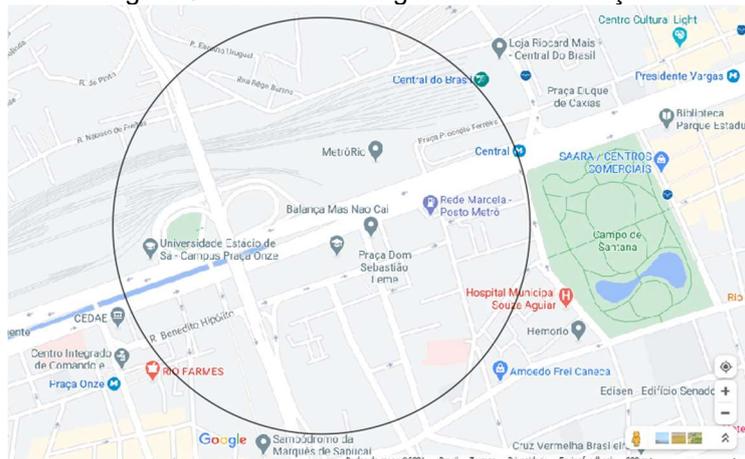
Nesse contexto, as passarelas surgem como uma solução factível por possuírem um viés a favor da segurança dos pedestres, também contribuem para a mobilidade urbana, estimulando o uso de meios não motorizados; não obstante, para que atendam bem aos usuários é fundamental que sejam implantadas juntamente a outros modos de circulação, de modo a não gerar um conflito entre diferentes modos de circulação não motorizados (BRASIL, 2010).

Consoante com o exposto logo acima, propõe-se a modelagem e o pré-dimensionamento de uma passarela de pedestres locada na Avenida Presidente Vargas, RJ. Como mostrado no esquema da Figura 3, que consiste em um raio de abrangência de quinhentos metros em torno da passarela, o ponto de locação sofre a influência de diversos pontos que justificam sua implantação.

Esses pontos são os mais variados, segue breve explanação dos pontos e distâncias: a 44 metros a Sudeste (SE) da passarela encontra-se a Escola Municipal Tia Ciata, cujo corpo discente é composto por alunos do Ensino Fundamental; a 100 metros a Leste-Sudeste (ESE) encontra-se o Edifício Residencial Pedro Ernesto, que recebeu a alcunha de Balança mas não Cai; a 296 metros Sudoeste (SO) a entrada do Sambódromo da Marquês de Sapucaí; a 310 metros (SO) encontra-se a 1ª e 2ª Varas da Infância, da Juventude e do Idoso; a 410 metros (SE) os Hospitais Universitários da Universidade Federal do Rio de Janeiro; a 416 metros Oés-Sudeste (OSO) a Universidade Estácio de Sá – Campus Praça Onze.

Há também pontos que se encontram relativamente próximos a passarela, como a Central do Brasil, estação ferroviária e metroviária do Centro do Rio de Janeiro, que se localiza a 510 metros a Leste (L) e também 17 pontos de ônibus circunscritos na área destacada, que contribuem com um fluxo variável de pessoas.

Figura 3 - Raio de abrangência da intervenção



Fonte: Google Maps, 2021. Adaptado pelo autor, 2021.

Segundo GOLD e WRIGHT (s/d) *apud* FRANCO (2015, P. 74), “passarelas eliminam acidentes na parte da via em que foram construídas e acidentes entre veículos por freadas bruscas”. Funcionando, deste modo, como um instrumento de proteção ao pedestre e aos motoristas. Segundo o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER - (1996), nem sempre as passarelas são bem recebidas pelos pedestres indisciplinados, que precisam ser impelidos a usá-las.

Tal resistência ao uso destes elementos se dá em virtude dessas estruturas gerarem um desvio de trajeto, fazendo com que os pedestres tenham que dispender uma quantidade maior de energia. Uma das formas de intervenção seria a implementação de passagem em desnível, dentre as hipóteses figuram as passagens subterrâneas e as passarelas de pedestres (DNIT IPR 740:2010).

Segundo a *World Health Organization* – Organização Mundial da Saúde – WHO (2018), o Brasil figura como o 3º país do mundo com maior número de mortes reportadas no trânsito. Apesar das medidas relativamente recentes como, por exemplo a Lei Seca, que passou a considerar infração gravíssima “dirigir embriagado ou sob influência de álcool ou qualquer substância psicoativa” (Brasil, 2008), e a Resolução do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), que impôs a obrigatoriedade do sistema antitravamento de rodas, conhecido como freios *Anti-lock Braking System* (ABS) , como formas de diminuir os acidentes, o país ainda figura como um dos que possuem o trânsito mais violento (BRASIL, 2015).

Conforme consta no Relatório Global (WHO, 2018, P. 11), “pouco progresso foi feito ao adotar boas práticas de limite de velocidade, apesar da importância da velocidade, ela é a maior causa de morte e ferimentos”. Com base nisto, mais do que penalizar duramente motoristas que dirigem embriagados e melhorar o sistema de freios dos carros, deve-se proteger o pedestre; uma das medidas de redução de conflitos entre transeuntes e veículos é a adoção de travessias de pedestres em desnível (DNIT IPR 740:2010).

As passarelas são soluções possíveis para a intervenção de vias de grande fluxo de veículos (DNER, 1996). Essas intervenções são preteridas pelos pedestres entre as travessias em desnível, por “serem mais higiênicas, esteticamente agradáveis e mais baratas que as passagens subterrâneas” (DNIT IPR 740:2010, P. 108). Além disso, “passagens subterrâneas são potenciais áreas de crimes, o que reduz seu uso” (DNIT IPR 740:2010, P. 94).

A preferência dos pedestres é relevante, já que estes podem não aderir a intervenção, de modo que as passarelas devem estar bem localizadas (DNER, 1998). Ademais, não deve ser um estorvo aos motoristas, “deve causar o mínimo de transtorno ao fluxo normal de veículos e ser construída com o menor prazo possível” (DNER, 1996).

O objetivo geral deste trabalho é dimensionar a superestrutura da passarela de pedestres localizada sobre a Avenida Presidente Vargas, bem como ampliar o escopo de trabalhos que abordam este tema. Além disso, por ser uma proposta de intervenção nas vias urbanas embasada no número de acidentes de trânsito no Brasil, funcionar como sugestão estratégica para a diminuição no número de acidentes no Estado do Rio de Janeiro, garantindo a integridade física dos cidadãos.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Escolher um local de implantação que possa atender a um fluxo latente de pessoas ao longo do ano;
- Fazer os desenhos da superestrutura;
- Levantar as solicitações externas atuantes na superestrutura;
- Gerar o modelo numérico da superestrutura;
- Apresentar uma conclusão de viabilidade técnica;

## REFERENCIAL TEÓRICO

Passarelas, assim como as pontes, podem ser divididas em duas grandes partes: superestrutura e a subestrutura. A superestrutura é a parte que vence o obstáculo, é composta por um tabuleiro que sofre os carregamentos verticais e os transfere à parte “rígida” que o suporta e que, por sua vez, conduz esses carregamentos para a subestrutura. A subestrutura compreende os pilares e a fundação, em que os pilares funcionam como elementos que suportam a superestrutura e conduzem as cargas para as fundações, que as dispersam no solo (REIS e PEDRO, 2019).

Existe também uma variedade de tipologias estruturais de que são compostas estas estruturas, podem ser compostas em arco, viga e laje ou estruturas treliçadas. A principal diferença entre as tipologias estruturais reside na forma como as cargas atuantes no tabuleiro serão direcionadas aos apoios (KEIL, 2013).

Os materiais são vários, pedra ou alvenaria, madeira, metal – ferro e aço, concreto armado e concreto protendido, sendo sua utilização condicionada ao nível de tecnologia e conhecimento disponível para manipular estes materiais. As pontes em pedra ou alvenaria e madeira compõem a maior parte das pontes romanas do século XVIII, ao passo que as pontes em concreto e aço tiveram seu uso mais pujante do século XVIII até recentemente (REIS e PEDRO, 2019). Hoje em dia, o material mais utilizado para a construção de ponte e passarelas é o aço (KEIL, 2013).

### Sistema estrutural da Superestrutura

Segundo SANTOS (2017, P.15), “um sistema estrutural é um conjunto de elementos interconectados de modo a formar um todo organizado”, ou seja, consiste na definição do arranjo estrutural e a forma de ligação que promoverá a união de cada elemento, formando a essência da estrutura como um todo, em suas três dimensões.

A escolha do sistema estrutural se faz importante porque cada sistema responde de uma maneira às solicitações sofridas, de modo que o sistema deve ser escolhido em função dos esforços que a estrutura sofrerá. Como exemplo, pode-se citar as treliças, “que operam basicamente a tração e compressão” (SOUZA e RODRIGUES, 2008, P. 29) além de “possuírem esbeltez e baixa relação peso/capacidade de carga”. (SILVA e LIMA JR, 2016), estando aptas a vencer grandes vãos sem sobrecarregar demasiadamente a estrutura.

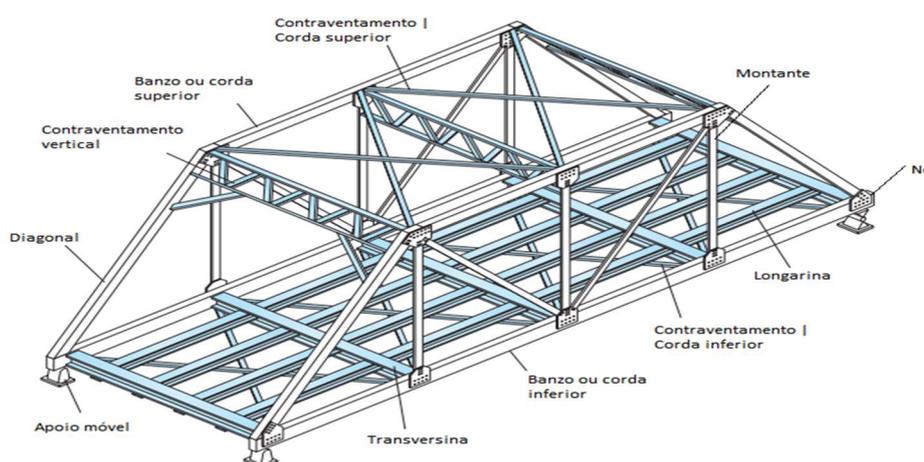
O sistema estrutural que compõe a superestrutura do projeto em questão é o treliçado. Treliça é um subtipo de sistema articulado no qual as articulações estão localizadas nas extremidades de suas barras (MARTHA, 2010) e cujo ponto de união denomina-se nó. (REBELLO, 2000). Segundo PFEIL e PFEIL (2009), hoje em dia os nós são rígidos, mas as barras só podem ser tidas como esbeltas se a estrutura em questão não estiver submetida à fadiga e não haver excentricidade em relação aos nós, isto é, se as cargas estiverem aplicadas nos nós; esta concepção também pode ser chamada de “treliça ideal” (SUSSEKIND, 1991), já que “trata-se de uma idealização, por não existir rótula perfeita e pelo fato de sempre atuar o peso próprio distribuído ao longo da barra” SORIANO (2013, P. 271).

## Classificação de treliças

As treliças podem ser classificadas em planas e espaciais. Treliças planas podem ser definidas como o conjunto de elementos interligados entre si na forma geométrica triangular, visando obter uma estrutura rígida que resista aos esforços normais (LIMA, 2020?). Treliças espaciais são formadas por treliças planas como mostrado na figura 4, cuja a estrutura consiste em duas treliças planas contraventadas transversalmente (SORIANO, 2013). Podem ainda ser classificadas quanto ao grau de estaticidade, podendo ser isostática, hipostática e hiperestática. Quando há mais elementos do que o necessário para evitar o colapso da estrutura, esta é dita hiperestática; quando há somente o necessário, esta é denominada isostática e quando há menos, hipostática. (MERIAN e KRAIGE, 2011).

Estruturas isostáticas e hipostáticas são estaticamente determinadas, ou seja, são analisadas através das equações de equilíbrio, ao passo que estruturas hiperestáticas possuem mais apoios que o necessário, de modo que podem ser removidos sem afetar a condição de equilíbrio da estrutura. (MERIAN e KRAIGE, 2011).

Figura 4 - Partes de uma treliça espacial



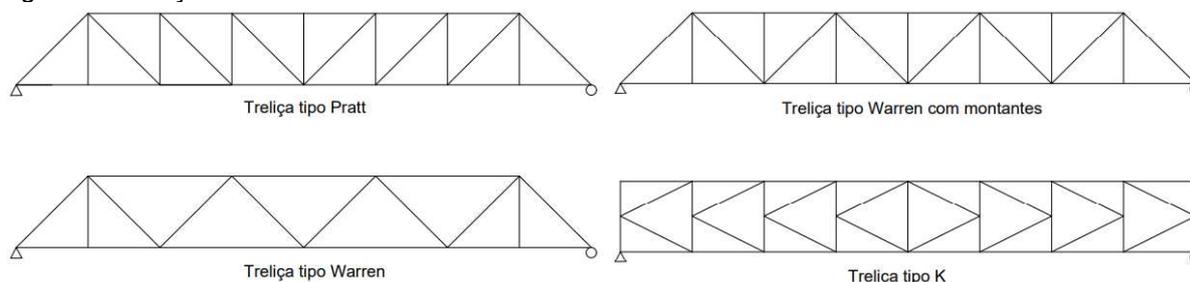
Fonte: Leet *et al.*, 2018. Adaptado pelo autor, 2021.

Segundo SUSSEKIND (1991, P. 187), “as treliças surgiram como um elemento estrutural mais econômico que as vigas para vencer vãos maiores e suportar cargas mais pesadas.” Sua utilização avançou e seu sistema foi melhorado na Revolução Industrial, sendo cada um dos seus tipos batizados em homenagem a seus criadores (GOMES, 2016).

Os tipos mais comuns de treliças são: Modelos Pratt, Warren, Warren com montantes e K (Figura 5), podendo haver modificação nos tipos através da inserção de

montantes (PINHO e BELLEI, 2008). O impacto dos montantes nas treliças Warren com montantes reside no montante fornecer capacidade de suporte ao reticulado, funcionando como um elemento conferidor de estabilidade (MORAES, 2007).

Figura 5 - Treliças mais comuns



Fonte: PINHO e BELLEI, 2008. Adaptado pelo autor, 2021

A treliça tipo Warren, sistema estrutural escolhido para compor a superestrutura, remonta a 1837, quando um inglês Alfred Neville construiu uma ponte em ferro forjado na Itália, cuja disposição dos elementos estruturais remetia a triângulos isósceles. O sistema era ineficiente e foi trocado logo depois, levando Alfred a modificar o sistema em 1840 quando inseriu componentes em paralelo para reforçá-lo. Um engenheiro autodidata chamado James Warren melhorou o sistema de Neville e reivindicou para si a patente de todas as formas de treliças triangulares, seja com triângulos equiláteros, seja eles isósceles (SIMMONS, 2017).

A disposição dos elementos estruturais deste tipo de treliça faz com que seja adequado a vencer vãos de comprimento superior a 20 metros, mas menores que 100 metros, tendo uma melhor eficiência na disposição de diagonais que varia de 35 a 55° com a horizontal. (BAREIRO, 2015).

### Comportamento frente a solicitações dinâmicas

Passarelas de pedestres, por estarem sujeitas a solicitações menores, serem mais leves e esbeltas são suscetíveis a efeitos dinâmicos mais intensos. Há ainda a questão da sensibilidade à vibração ser mais intensa devido aos materiais cada vez mais resistentes, que permitem a utilização de seções transversais cada vez menores, bem como vencer vãos maiores, aumentando consideravelmente a esbelteza dessas estruturas. A utilização de elementos de maiores rigidezes diminui a flexão a que essas estruturas estão sujeitas, aumentando a probabilidade da ocorrência do fenômeno de ressonância em função dos efeitos dinâmicos impostos pelos pedestres. (Lebet e Hirt, 2013).

O estudo das ações dinâmicas provenientes do caminhar humano é uma seara significativa na engenharia civil, visto que há formas e intensidades diferentes de caminhar, sendo o efeito agravado em virtude do aumento de energia transmitido do pedestre à estrutura, seja pelo aumento do impacto da passada, seja pelo aumento no número de pedestres (DEBONA, 2011). Assim, ao analisar dinamicamente uma estrutura deve-se atentar, segundo a NBR 6118:2014, se a frequência natural da estrutura se encontra o mais afastada possível da frequência crítica, de modo não apenas a tornar a utilização da estrutura confortável, mas também a evitar uma possível ressonância.

### Aço

O aço pode ser classificado em aço-carbono e aço de baixa liga, tal divisão se dá em função dos elementos químicos que se encontram em sua estrutura. O aço-carbono,

como o próprio nome denuncia, possui o Carbono em sua composição e pode ainda se classificar quanto a concentração deste elemento, que atribui resistência ao aço. (PFEIL e PFEIL, 2009).

Quanto maior for a concentração de carbono em determinado material, maior será sua resistência, mas esta característica traz como ônus a diminuição da ductilidade deste. O aço de baixa liga, em contrapartida, tem sua resistência aumentada e comportamento mecânico melhorado por adição de elementos de liga, tais como Cobre, Manganês e Molibdênio, que modificam a microestrutura do material. (PFEIL e PFEIL, 2009). Tanto o aço-carbono quanto o aço baixa liga podem ainda sofrer tratamento térmico visando melhorar sua resistência frente a ciclos de aquecimento e resfriamento que modificam a estrutura cristalina do aço. (SILVA e MEI, 1988).

## **Propriedades do aço**

Todo material de construção tem uma particularidade comportamental, sendo adequado para uma finalidade, mas inadequado para outras. Cabe ao profissional que irá manipulá-lo conhecer suas propriedades, previamente ensaiadas, de modo a adequá-lo ao ambiente e às solicitações atuantes sobre ele (CALLISTER Jr. e RETHWISCH, 2012).

### **Elasticidade**

A elasticidade é a propriedade que permite que o aço, quando solicitado a um carregamento, retorne à condição inicial. Tal fenômeno ocorre quando o material se mantém no regime elástico. Segundo (DIAS, 2008, P. 73), “quanto mais intensas forem as forças de atração entre os átomos maior será o módulo de elasticidade.”

### **Ductilidade**

De acordo com PFEIL e PFEIL (2009) ductilidade é a capacidade do material se deformar plasticamente sob a ação de cargas. “Quanto mais dúctil um aço maior será o alongamento ou estrição da área antes da ruptura” DIAS (2008, P. 73). Tal característica tem sua relevância na construção civil por redistribuir as tensões locais muito grandes, gerando uma espécie de “mecanismo de alerta” antes de atingir o Estado Limite Último (ELU).

### **Fragilidade**

É a propriedade diametralmente oposta à ductilidade. Materiais que sofrem fratura por pouca ou nenhuma deformação plástica são chamados frágeis. (CALLISTER JR e RETHWISCH, 2012). Porém, a fragilidade não se restringe às solicitações mecânicas, efeitos da temperatura também geram fragilidade, seja pela solda que modifica o retículo cristalino do material, seja por baixas temperaturas que diminuem a capacidade do material de absorver energia de impacto. (SOUZA, 1982).

### **Resiliência e tenacidade**

Conforme expõe SOUZA (1982, P. 33), “é a capacidade do material absorver energia quando deformado elasticamente e liberá-la quando descarregado”. Já a tenacidade é o quanto um material consegue absorver de energia até sua ruptura. (PFEIL e PFEL, 2009).

## Dureza

Dureza é a resistência que um material oferece quando pressionado ou riscado por outro. A dureza está diretamente relacionada a ligação atômica dos átomos que compõe o material, no caso dos metais as forças moleculares são iônicas fazendo deles materiais mais duros, mas que podem ter sua dureza aumentada por meio de adições, tratamentos, etc. (GARCIA, SPIM e SANTOS, 2012).

## Perfis de aço laminado produzidos no Brasil

Perfil de aço laminado é o aço que passou por procedimento mecânico que transformou suas características físicas, tal processo denomina-se laminação. (FAKURY, SILVA e CALDAS, 2016). Quanto a maneira de se obter a forma, há dois processos, a laminação à quente e a formação a frio; o presente trabalho irá utilizar o aço laminado à quente.

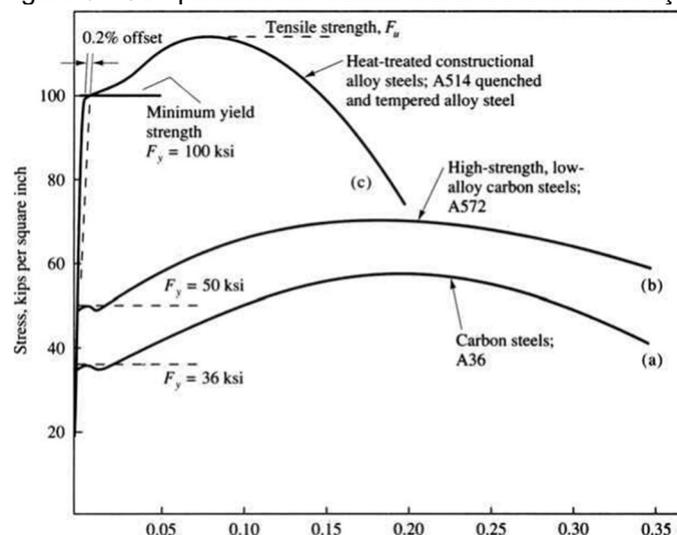
As empresas que mais se destacam na produção de perfis laminados são a Gerdau e a ArcelorMittal. Em que os perfis laminados de abas inclinadas (perfis, I, U, L e T) são amplamente produzidos tanto pelas empresas citadas acima, como também pela Votorantim, enquanto que os perfis de abas paralelas só têm a Gerdau como produtora (DIAS, 2008).

Segundo a ABNT 15980:2020, perfis W são “perfis I e H duplamente simétricos, com faces de abas paralelas, sendo a espessura da alma menor que a espessura das abas”. Esses perfis também são apresentados na literatura técnica como perfis padrão americano de abas paralelas ou ainda como perfis *Wide Flange* (WF), que em tradução livre seria “aba larga”, começaram a ser produzidos no Brasil pela Gerdau em 2002, variando sua altura de 150 a 610 mm. Tais perfis têm suas características dimensionais e propriedades geométricas definidas pela ABNT NBR 15980:2020 e ASTM A6/A6M e são produzidos no comprimento de 12 metros (PEREIRA, 2014).

Segundo a Gerdau (2021), os perfis W somente são produzidos em aço ASTM A 572 Grau 50, sendo um aço de Alta Resistência e Baixa Liga (ARBL), tendo limite de escoamento mínimo de 345 MPa e limite de resistência de 450 MPa, entretanto há outros materiais mais resistentes à ruptura e à corrosão em que podem ser produzidos, mas apenas sob encomenda. Os aços (ARBL) resultam da “seleção da liga ideal e do processamento controlado cuidadosamente, como a laminação à quente” SHACKELFORD (2008, P. 257).

A Figura 6 traz um comparativo entre três tipos de aço, a curva (a) retrata o comportamento de um aço A36 (aço carbono), enquanto que as curvas (b) e (c) retratam o comportamento de um aço A572 (ARBL) e A514 aço de liga temperado e revenido (aço estrutural de liga tratado termicamente), mostrando que o A572 tem uma resistência superior ao aço comum e apesar de ser menos resistente que o A514, ele tem maior ductilidade, comportamento apreciado na engenharia em virtude da ruptura ser precedida pela fase de deformação plástica antes e durante a propagação de trincas (GARCIA, SPIN e SANTOS, 2012).

Figura 6 - Comparativo de resistência entre diferentes aços



Fonte: Salmon, Johnson e Malhas, 2009

O tratamento à quente tem sua relevância no sentido melhorar as características do aço, dentre elas estão o aumento da ductilidade através da diminuição da energia necessária para que o elemento se deforme e a mudança da direção das regiões segregadas, tornando-o um material homogêneo (SILVA e MEI, 1988).

Segundo (McCORMAC e CSERNAK, 2012), perfis do tipo W costumam ser mais econômicos para vigas por terem mais aço concentrado em suas mesas que o perfil I, também têm maiores momentos de inércia para o mesmo peso. Além disso, tem uma resistência superior à corrosão em comparação com o aço carbono (SANTOS e CARNEIRO, 2019), isso se dá pela sua liga possuir baixa porcentagem de Cobre.

## Corrosão em estruturas de aço

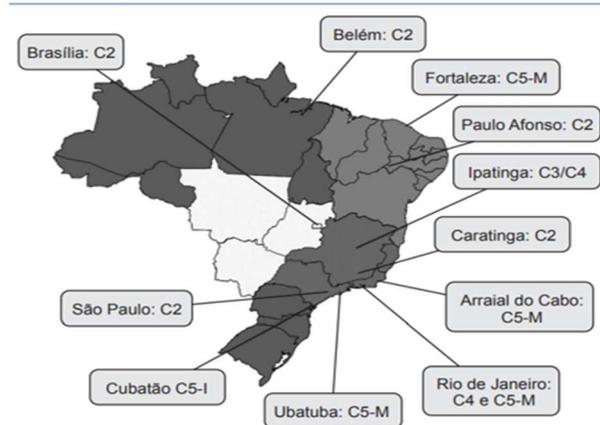
Segundo DIAS (2008), corrosão consiste em alterações físico-químicas que um material sofre em decorrência do contato com agentes da natureza. Pode ser eletroquímica, que ocorre com a umidade, ou química, que ocorre em meios secos (muito comum em atmosferas poluídas). Conforme afirma (PANNONI, 2015, P. 22), “a corrosão atmosférica é a mais importante forma de corrosão uniforme. Ela é, também, a mais importante forma de corrosão metálica. A maior parte dos problemas causados pela corrosão está associada a essa forma de ataque.”

A corrosão pode ser acelerada a depender do meio em que a estrutura está inserida, ambientes urbanos costumam conter uma atmosfera rica em poluentes, como óxidos de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), Sulfeto de Hidrogênio (H<sub>2</sub>S). Tais elementos contribuem para a corrosão visto que a chuva carrega esses gases da atmosfera, reagindo com eles e tornando-se, em certa medida, ácida. Ambientes marinhos, por sua vez, costumam ter uma atmosfera rica em cloretos de sódio e magnésio, em forma de cristais ou aspergido na atmosfera, sendo então arrastados pelos ventos. Esta atmosfera acelera a velocidade de corrosão em metais de 30 a 40 vezes. (HELENE, 1993).

Conforme informa (PANNONI, 2015), a *International Organization for Standardization* (ISO) 12944-2 tem uma classificação específica para agressividade ambiental, diferenciando ainda se devido a atividade industrial ou por consequência da proximidade com o mar. Tal classificação encontra-se representada na Figura 7.

Figura 7 - Índice de agressividade segundo a ISO 12944-2

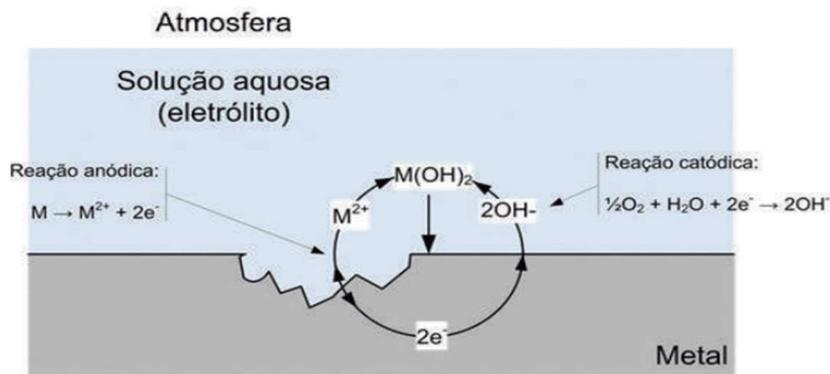
Categoria de agressividade	Perda de massa e espessura para aço baixo carbono, após 365 dias de exposição		Exemplos de ambientes típicos (informativo)	
	Perda de massa (g/m²)	Perda de espessura (µm)	Exterior	Interior
C1 (muito baixa)	≤ 10	≤ 1,3	—	Edificações condicionadas para o conforto humano (residências, escritórios, lojas, escolas, hotéis).
C2 (baixa)	> 10 a 200	> 1,3 a 25	Atmosferas com baixo nível de poluição. A maior parte das áreas rurais.	Edificações onde a condensação é possível, como armazéns e ginásios cobertos.
C3 (média)	> 200 a 400	> 25 a 50	Atmosferas urbanas e industriais com poluição moderada por SO <sub>2</sub> . Áreas costeiras de baixa salinidade.	Ambientes industriais com alta umidade e alguma poluição atmosférica, como lavanderias, fábricas de alimentos, salicinos, cervejarias, etc.
C4 (alta)	> 400 a 650	> 50 a 80	Áreas industriais e costeiras de salinidade moderada.	Ambientes como indústrias químicas e coberturas de piscinas.
C5-I (muito alta, industrial)	> 650 a 1.500	> 80 a 200	Áreas industriais com alta umidade e atmosfera agressiva.	Edificações ou áreas com condensação quase permanente e com alta poluição.
C5-M (muito alta, marinha)	> 650 a 1.500	> 80 a 200	Áreas costeiras com alta umidade e atmosfera agressiva.	



Fonte: PANNONI, 2015. Adaptado pelo autor, 2021.

Em metais, a corrosão eletroquímica costuma ser mais pujante, que se caracteriza por haver a transferência de elétrons de uma espécie química para outra, assim os átomos metálicos cedem ou perdem elétron (reação de oxidação), enquanto que a outra espécie química recebe este elétron (reação de redução); chama-se o polo responsável por ceder elétrons de anodo, ao passo que quem recebe é chamado de catodo (CALLISTER Jr. e RETHWISCH, 2012). O processo encontra-se representado na figura 8.

Figura 8 - Representação da corrosão úmida eletroquímica



Fonte: CBCA; IAB, 2017

## Medidas profiláticas em projeto

Como DIAS (2008) detalha, é fundamental que se proteja a estrutura de efeitos corrosivos, quando for possível, impedindo o contato com o fator que contribui para a corrosão. São exemplos as boas práticas de projeto, em que se prevê furos de drenagem em perfis; as cantoneiras devem estar dispostas de modo a permitir a rápida secagem da sua superfície; deve-se evitar contato de materiais diferentes visando impedir a formação de uma diferença de potencial quando em um meio eletrolítico.

Há também a necessidade de evitar que elementos metálicos fiquem semienterrados (em contato com o solo, úmido, rico em minerais, ácido ou alcalino) ou semisubmersos (em contato com a água, que pode conter gases, minerais, matéria orgânica e/ ou bactérias), evitar solda ponto porque há uma tendência a concentração de íons em frestas (MELO, 2020?).

No melhor dos mundos a estrutura ficaria completamente protegida de solicitações químicas, mas nem sempre consegue-se adaptar a estrutura para protegê-la. Como medida

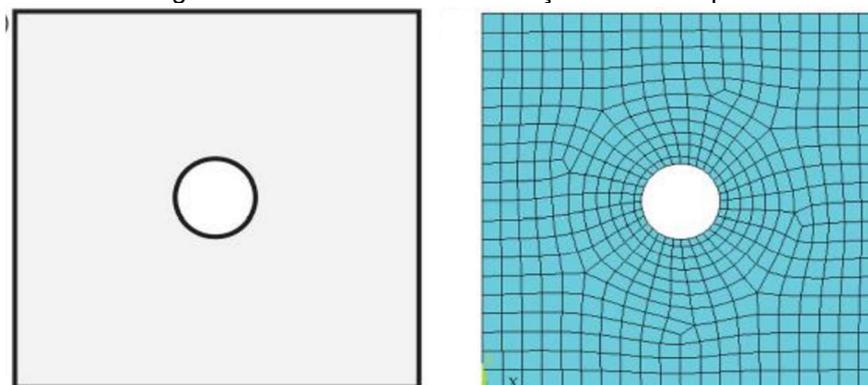
profilática, pode-se adotar aços que possuam uma melhor performance em um meio agressivo (PANNONI, 2017).

## Modelagem Numérica

Como conta Vaz (2011) e complementa DIAS *et al.* (2007), o Método dos Elementos Finitos (MEF) deriva da evolução do Método dos Deslocamentos (que através do uso dos computadores sistematizou a análise matricial para diferentes estruturas reticuladas), tendo como diferença principal a limitação do Método dos Deslocamentos que se restringe a estruturas reticuladas. De modo diverso, o MEF avançou graças às raízes nos métodos de energia e métodos aproximados, possibilitando a análise de estruturas reticuladas e contínuas; bi e tridimensionais; lineares estáticas e elásticas; análise estática de estruturas lineares e análise estática de estruturas não lineares física e geometricamente, além da análise dinâmica. Não obstante, evoluiu ainda das estruturas para a engenharia geotécnica, análise de fluxo térmico e hidráulico e interação fluido-mecânica.

No método dos elementos finitos, os corpos, contínuos ou não, são subdivididos em pequenas partes denominadas elementos, interconectadas entre si por juntas denominadas nós ou pontos nodais. Os nós ficam nos limites dos elementos, promovendo a ligação entre eles (RAO, 2018). O processo de dividir um corpo em pequenas sub-regiões denomina-se discretização e encontra-se exemplificado na Figura 9. Através da discretização conhece-se o comportamento global da estrutura, uma vez que pelo comportamento individual de cada elemento pode-se obter o comportamento global da estrutura através de um processo chamado agrupamento ou *assemblagem*, que deriva do inglês *assembly*, que em tradução livre significa “conjunto”. DIAS *et al.* (2007).

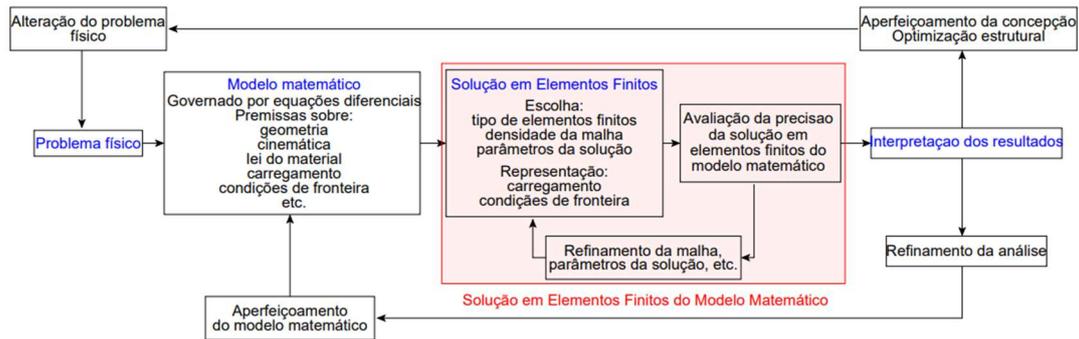
Figura 9 - Processo de discretização de um corpo



Fonte: CHEN e LIU, 2015

Para estruturas simples, pode obter a solução exata pelos métodos matemáticos clássicos (método analítico), mas esses métodos se tornam ineficientes frente a uma estrutura mais complexa, para contornar este problema lança-se mão de aproximações numéricas que culminarão em uma solução aproximada de um modelo exato (ALTABEY; NOORI; WANG, 2018). O método de análise de estruturas por elementos finitos encontra-se desmistificado na figura 10.

Figura 10 - Resolução de um modelo matemático por elementos finitos



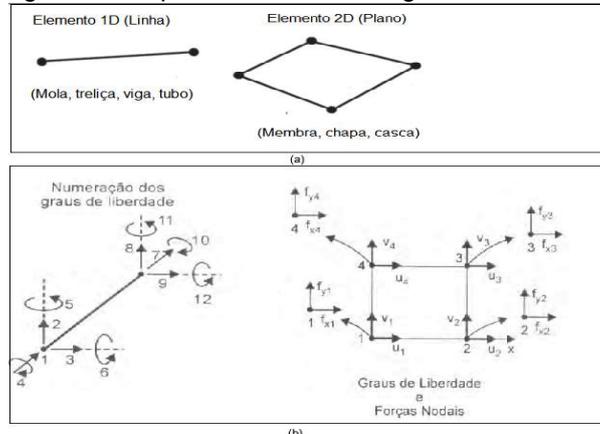
Fonte: Cismasiu, 2014

## Tipos de elementos

Os elementos surgem como uma maneira de limitar o número de graus de liberdade em meios contínuos, impondo uma discretização para cada tipo de comportamento, limitando o número de nós e, conseqüentemente, o número de graus de liberdade. (ALTABEY; NOORI; WANG, 2018)

A depender da geometria e da natureza do problema físico, pode-se construir um modelo discretizado através linhas, áreas e volumes, cada elemento é identificado por um nome e número específico e possui uma quantidade definida de graus de liberdade. (MADENCI e GUVEN, 2015). Conforme explica FILHO (2000), elementos de geometria unidimensional são indicados para vigas, treliças, cabos e elementos bidimensionais são adequados para placas, cascas e membranas;

Figura 11 - Tipos de elementos e graus de liberdade



Fonte: (a) ALTABEY; NOORI e WANG, 2018. (b) FILHO, 2000. Adaptados pelo autor, 2021.

A Figura 11a representa os elementos geométricos, lineares e de área, enquanto que a Figura 11b atribui a esses mesmos elementos graus de liberdade e forças nodais. O elemento unidimensional representa uma viga, “uma viga é definida como um elemento estrutural longo e delgado que pode ser submetido a carregamentos transversais. Portanto, vigas podem ser torcidas e dobradas. Os elementos de barra podem sustentar apenas cargas transversais” ALAWADHI (2016, P. 42). Esses elementos estão sujeitos a 12 graus de liberdade por estarem sujeitos aos esforços axiais (tração e ou compressão), esforços transversais (cisalhamento e momento fletor) e momento torsor. O comportamento desta estrutura é descrito pela hipótese de Bernoulli. (VAZ, 2011).

As chapas “contêm uma dimensão muito menor do as outras duas” (FILHO, 2000, P. 277). Para placas delgadas adota-se a Teoria de Kirchhoff, cuja principal hipótese se

assemelha a Teoria de Euler-Bernoulli, enquanto que para placas delgadas ou espessas adota-se a teoria de Mindlin, que implementa uma visão semelhante a de Timoshenko para vigas (Vaz, 2011).

Conforme FILHO (2000) detalha ao longo de seu livro, quando se trata de elementos bi e tridimensionais deve-se também lançar mão dos conhecimentos da Teoria da Elasticidade; Condições de Equivalência de Energia; conhecer os Campos de Deslocamento do elemento. Tais conhecimentos servirão para que o profissional que manipula o modelo compreenda-o do ponto de vista matemático, este é o fundamento do livro em questão, que contém em seu prefácio a seguinte máxima: “Se o engenheiro não sabe modelar o problema sem ter o computador, ele não deve fazê-lo tendo computador”.

## Vantagens e desvantagens da análise por elementos finitos

Para CHEN e LIU (2015), esse método apresenta tanto vantagens como desvantagens, conforme consta no Quadro.

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens de um modelo elaborado pelo MEF

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• É um método exequível para problemas grandes que adotará algumas aproximações de modo a tornar a solução executável nas capacidades do computador;</li> <li>• Menos tempo de execução já que a “macroestrutura” é resolvida a partir da solução das “microestruturas”, possibilitando que a montagem seja mais simples;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esforço computacional desenvolvido para o gerenciamento de arquivos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Você pode utilizar diferentes tipos de elementos para compor uma estrutura;</li> <li>• Uma pequena alteração no modelo requer apenas uma reanálise, com um menor custo computacional envolvido;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depende-se tempo para configurar o sistema ao inicia-lo</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiente para problemas não lineares locais, que podem ser detalhadas com o refinamento da malha;</li> <li>• Resultados exatos para análise de deformação e tensão;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em análises dinâmicas, as condensações de matrizes acumulam novas aproximações</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

## Estados-limites

Estados limites são critérios de segurança, podem ser últimos ou de serviço, em ambos o dimensionamento deve considerar que nenhum estado limite seja excedido. Conforme definição atribuída pela NBR 8681: 2004 (ABNT, 2004, P.1), “estados a partir dos quais a estrutura apresenta desempenho inadequado às finalidades da construção”.

### Estados limites últimos

Segundo a ABNT NBR 8681:2003, relacionam-se à perda de estabilidade global ou parcial e ainda à ruptura da estrutura. Conforme a NBR 8800 (ABNT, 2008, P.14), “estão relacionados com a segurança da estrutura sujeita às combinações mais desfavoráveis de ações previstas em toda vida útil, durante a construção ou quando atuar uma ação especial ou excepcional”

## Estados limites de serviço

Segundo a (ABNT NBR 8800, 2008, P.14), “estão relacionados com o desempenho da estrutura sob condições normais de utilização” e conforme exposto pela ABNT NBR 8681:2003, relacionam-se ao conforto que o usuário tem ao utilizar a estrutura ou mal estar visual devido às deformações excessivas.

## Normatização

Segue abaixo a enumeração das normas utilizadas no decorrer do trabalho:

### Normas brasileiras

Apesar de haver inúmeras normas brasileiras, certas estruturas, por serem muito específicas, ainda não foram contempladas com uma normatização particular, o que costumeiramente é contornado lançando-se mão, no que couber, de normas atribuídas a outros tipos de construção. Como exemplo, pode-se citar a ABNT NBR 6120, que em seu título carrega o direcionamento para edificações, mas pode ser utilizada para atribuir características físicas às lajes de passarelas, por exemplo.

Normas brasileiras usadas para o dimensionamento da estrutura em questão:

- NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;
- NBR 7188:2013 – Cargas móveis em pontes rodoviárias e passarelas para pedestres;
- NBR 8681:2003 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimentos;
- NBR 6123:1988 – Forças devido aos ventos em edificações;
- NBR 9050:2004 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaço e equipamentos urbanos;
- NBR 9077:1993 – Saída de emergência em edifícios;
- NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto - procedimento;
- NBR 15980:2020 – Perfis laminados de aço para uso estrutural – dimensões e tolerância;

### Outras normas

Por mais que haja Normas Brasileiras que padronizam procedimentos, ainda assim, algumas estruturas, por conta de suas peculiaridades, requerem normas específicas para sua tipologia, nestes casos recorre-se a normas estrangeiras. Segue as especificações e normas estrangeiras que são de grande valia para este trabalho: Norma ISSO 12944-2; *American Society for Testing Materials (ASTM) A6/A6* e *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*.

## METODOLOGIA

Para as considerações quanto ao projeto de uma passarela deve-se ater às diretrizes dadas pelas Normas Brasileiras 9050:2004 e 9077:1993 bem como aos direcionamentos fornecidos pelas autarquias federais quanto ao distanciamento de uma passarela a outra, medidas de tabuleiro, gabarito, elementos de segurança e acessibilidade.

## Elementos de acessibilidade em pontes e passarelas

Segundo o item 3.1 da (ABNT NBR 9050:2004, P. 2), acessibilidade é a “possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para a utilização com segurança e autonomia de edificações, espaço, mobiliário, equipamento urbano e elementos.” Dentre esses elementos que conferem acessibilidade figuram as escadas, rampas e corrimãos e elevadores.

### Escadas

Segundo a mesma norma, as escadas devem possuir um patamar a cada 3,2 m de desnível vertical, patamares a cada mudança de direção e estes, por sua vez, não devem ter dimensão longitudinal inferior a 1,20 m.

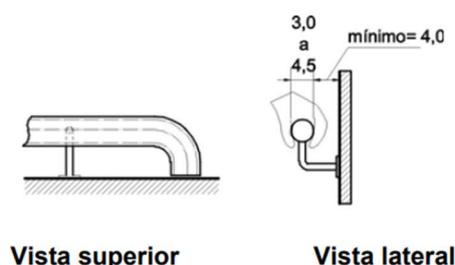
Os degraus devem ser dimensionados de acordo com a ABNT NBR 9077: 1993, em que seu espelho não deve suplantiar o valor 18 cm, mas não deve ser inferior a 16 cm. Além disso, seu piso deve ser dimensionado pela fórmula de Blondel, em que a dimensão do piso acrescida do dobro da dimensão do espelho não deve exceder o valor de 64 cm, mas não deve ser inferior a 63 cm.

### Corrimão

Conforme ABNT NBR 9077:1993, os corrimãos devem estar posicionados a 0,80 m a 0,92 m acima do nível do piso. Quanto às características, segundo a ABNT NBR 9050:2004, devem ser instalados em material rígido, em ambos os lados de escadas ou rampas, possuindo de 3,00 a 4,50 cm de dimensão, não podem possuir arestas vivas e devem estar afastados de 4,0 cm das paredes, conforme mostrado da imagem abaixo.

Figura 12 - Especificações para corrimão

Dimensões em centímetros



Fonte: ABNT NBR 9050:2004

### Rampas

As rampas são os elementos preferenciais de acesso às passarelas, segundo o (DNIT ISF 219:2015), devem ter inclinação suave de modo a solicitar pouco o pedestre. Segundo o (DNIT IPR 740:2010), as rampas são um meio de atender pedestres com necessidades especiais, assim não devem possuir inclinação acentuada. Conforme expõe o DNER (1996), as rampas não devem ter inclinação superior a 15%, sendo o valor de 8,33% o mais indicado (ABNT NBR 9050:2004).

Porém, ao se tratar de obras de arte especiais, as rampas devem lidar também com um componente estético, não sendo recomendado rampas retas. Para que haja uma

harmonia visual o DNER (1996) recomenda que possuam seções com patamar e que o trecho reto não seja superior a dimensão da passarela.

## Elevadores

Apesar de não haver uma determinação no normativo brasileiro, a Lei nº 10.098:00 que discorre sobre a promoção da acessibilidade de pessoas com deficiência e de mobilidade reduzida determina no seu Art. 10 que “os elementos do mobiliário urbano deverão ser projetados e instalados em locais que permitam que eles sejam utilizados pelas pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida.” De modo que se houver limitação para a instalação de rampas devido a sua extensão, deve-se lançar mão de tecnologias que façam cumprir a lei.

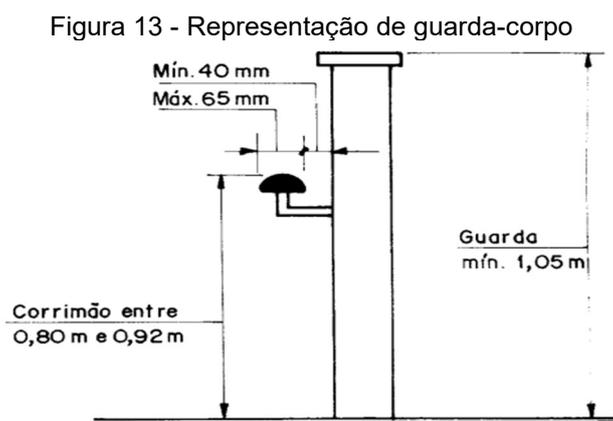
## Elementos de segurança em pontes e passarelas

### Telas de proteção

As telas são instaladas em passarelas sobre rodovias visando inibir a ação de vândalos que costumam lançar objetos de cima das passarelas nos veículos que trafegam logo abaixo. Uma outra alternativa seria fechá-la, mas esta possibilidade se tornaria custosa no projeto além de tornar a passagem mais escura. Além disso, a instalação de telas é extremamente recomendada para locais em que possa ser usada por crianças desacompanhadas de adultos, como escolas, playgrounds, etc. (DNIT IPR 740:2010).

### Guarda corpo

Consiste, segundo a ABNT NBR 9077:1993, em uma barreira que impede a queda de um nível para outro. As escadas e rampas que não forem separadas por paredes, como mostrado na figura 13, devem ter o guarda-corpo associado ao corrimão. Devem ter no mínimo 1,05 m, tendo como parâmetro o piso da edificação aparada (ABN NBR 9050:2004).



Fonte: ABNT NBR 9077:2004

### Piso

Conforme determina o (DNIT ISF 219:2015), o piso das passarelas deve ser em material antiderrapante, obrigatoriamente. Sendo recomendável, segundo a ABNT NBR

9050:2004, que tenha ainda superfície regular, não promovendo trepidação em equipamentos com rodas.

## **Dimensões**

Conforme o DNER (1996) a dimensão de 2,50 m para a seção transversal se mostrou satisfatória nos projetos desenvolvidos pelo órgão. O que é corroborado pela (DNIT ISF 219:2015), que a dimensão mínima para o tabuleiro de uma Obra de Arte Especial não deve ser inferior a 2,00 m, propiciando o trânsito de pedestres em ambos os sentidos. Para o gabarito vertical, segundo o (DNIT ISF 216:2015), deve-se considerar a dimensão mínima de 6,75 m.

## **Malha**

Apesar de compreender a formulação do modelo matemático por trás do modelo numérico, por vezes os modelos podem ser pouco representativos quanto aos resultados que se apresentam, isto se deve pelo baixo grau de precisão. “Geralmente, um número maior de elementos proporciona uma aproximação melhor da solução. Mas em alguns casos, um número excessivo de elementos pode aumentar os erros de arredondamento” MADENCI e GUVEN (2015, P.24). Além disso, “Aumentando o número de elementos ou sua ordem levará a um aumento significativo do tempo computacional e na memória necessária para resolver o problema (ALAWADHI, 2016, P. 393). Com isso, o modelo ideal é aquele que une uma precisão necessária para a obtenção correta dos esforços e deslocamentos, sem que isso acarrete na morosidade da geração do modelo numérico.

## **DESENVOLVIMENTO**

Nesta seção será desenvolvido o estudo de cenário, que consiste no dimensionamento da superestrutura de uma passarela de pedestres sobre a Avenida Presidente Vargas, no Centro do Rio de Janeiro. Para tanto, haverá um esclarecimento sobre o local de implantação da passarela, as principais características da via e medidas a serem vencidas, o que culminará no projeto da superestrutura da passarela. Após isso, serão calculadas as cargas atuantes na superestrutura para que possam ser realizadas as combinações que solicitarão a estrutura.

O modelo numérico será desenvolvido através do software de elementos finitos ANSYS® - versão estudante 2020 R2 – que computará o comportamento interno dos elementos que compõem a superestrutura frente às cargas externas, possibilitando assim que as verificações axiais, cortantes e dos momentos fletores sejam realizadas, seguido da verificação relativa ao deslocamento vertical máximo.

## **Projeto**

O ponto de intervenção se dá na Avenida Presidente Vargas por ser um ponto de relevância na cidade do Rio de Janeiro e por ter proximidade com escola municipal, edifício residencial, universidade, hospital e com locais onde ocorrem eventos festivos na cidade.

## **Local da implantação**

A passarela será locada na Avenida Presidente Vargas, na cidade do Rio de Janeiro, conforme mostrado na Figura 14, na latitude 22°54'23.600" S e longitude 43°11'43.638" O. A Avenida em questão possui 3,50 km de extensão e é composta por quatro faixas de

rolamento, duas com sentido Praça da Bandeira (faixas à direita) e duas com sentido Candelária (faixas à esquerda). Trata-se de uma via arterial e, portanto, com limite de velocidade de 60 km/h, contando também com a limitação de 50 km/h para ônibus. Segundo o último levantamento de volume de veículos na Avenida Presidente Vargas, realizado em 2013 pela Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro, esta via recebia de 49 mil a 120 mil veículos diariamente.

Figura 14 - Local de implantação



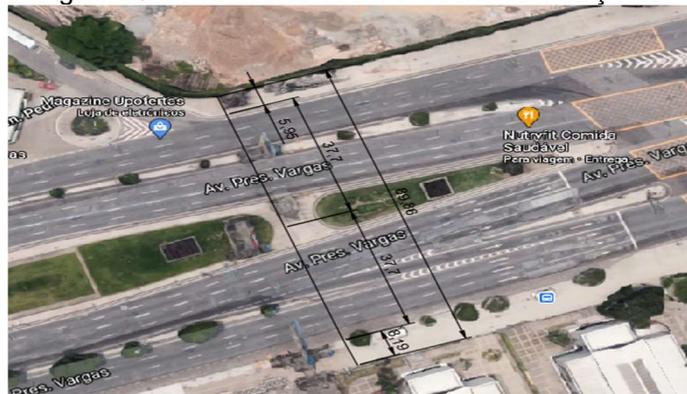
Fonte: Google Earth, 2021.

Apesar de haver uma faixa de pedestres a 100 metros da passarela, paralelamente ao eixo longitudinal de implantação, deve-se considerar que esta faixa se estende por todos os rolamentos da via, está exposta às intempéries e contribui para a vulnerabilidade dos pedestres sujeitos a assaltos enquanto esperam a abertura e fechamento do semáforo, sem contar que os idosos e aqueles com mobilidade reduzida teriam que fazer pausas ao longo da travessia por não conseguirem transpô-la em um intervalo de semáforo. Além disso, a passarela mais próxima dista de 600 metros da proposta, atendendo ao distanciamento mínimo de 200 metros sugerido pelo (DNIT ISF 219:2015).

## Superestrutura

A superestrutura total corresponde ao vão de 80 metros de comprimento, que será vencido através de dois módulos biapoioados e espelhados de 40 metros cada, relativo aos quase 38 metros que compõe os 4 rolamentos da Avenida somado ao espaçamento de 2 metros, um para cada lado, para a locação do pilar nas calçadas, conforme mostrado na Figura 15. Esta configuração se faz conveniente visto que o material o qual comporá a superestrutura é o aço, material pré-fabricado, com dimensões precisas de modo que a montagem é mais rápida sem ser afetada por eventuais intempéries. Além, exige um espaço para montagem menor, organizado e limpo por não haver a necessidade de manipulação de materiais diferentes.

Figura 15 - Medidas do vão a ser vencido e calçadas



Fonte: Google Maps, 2021. Adaptado pelo autor, 2021.

## Transporte

O meio de transporte mais adequado é o rodoviário visto que o local de implantação se encontra em uma via urbana de fácil acesso à veículos. O transporte das peças deverá ser feito por um cavalo mecânico com semirreboque por possuir um comprimento de 14,80 metros, o que é favorável já que há a intenção de manter as peças que compõe os elementos longos, como os banzos, com o comprimento máximo de 12 metros.

## Montagem

Quanto a montagem, no local existem três áreas com potencial para serem usadas (Figura 16), são elas: a ilha que separa as pistas sentido Candelária e sentido Praça da Bandeira, um estacionamento ao lado da Escola Municipal Tia Ciata e um espaço conhecido popularmente como “Terreirão do Samba”, destinado a realização de eventos no período do Carnaval. O estacionamento e o Terreirão do Samba são locais preferenciais de montagem por contarem com uma área maior, possibilitando que o cavalo mecânico estacione para o descarregamento dos perfis, sem dificultar o trânsito em uma das vias.

Figura 14 - Locais potenciais para montagem



Fonte: Google Earth, 2021. Adaptado pelo autor, 2021.

Para possíveis deslocamentos horizontais como, por exemplo, levantamento de perfis mais pesados dentro do próprio canteiro, pode-se usar um caminhão com guindauto, que têm é caracterizado por um braço hidráulico telescópico montado sobre o chassi e que permite que cargas mais pesadas sejam levantadas e transladadas no canteiro, poupando os trabalhadores.

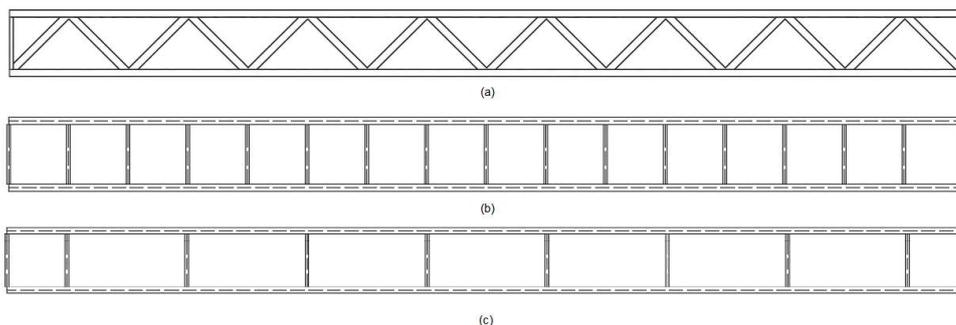
Para a colocação da superestrutura sobre a mesoestrutura pode-se usar um guindaste móvel, que consiste em um equipamento que faz o içamento de cargas e tem como base um veículo, tais equipamentos podem realizar movimentos de rotação e translação, podendo ainda mover sua lança em diferentes ângulos. Esses guindastes se classificam em treliçados, veiculares e hidráulicos e devem ser adotados seguindo um processo específico de cálculo, cujo resultado deve ser comparado com a capacidade do equipamento fornecido pelo fabricante. Tal processo não será abordado neste trabalho.

### Características da passarela de pedestres

A passarela é composta por 2 módulos espelhados de 40 metros, compondo a estrutura de 80 metros. O módulo de 40 metros, representado na Figura 17a, possui travamento superior (Figura 17c) espaçados em 5 metros, de modo que os pontos de conexão coincidam com os nós das treliças planas. O travamento inferior (transversinas) possui espaçamento de 2,50 metros entre si, conforme mostrado na Figura 17b, esta configuração se fez necessária uma vez que o piso será em Steel Deck, com autonomia para vãos de até 4,0 metros sem escora.

O piso do tabuleiro será composto por lajes Polydeck® 59S da empresa Perfilor, cujas telhas terão espessura de 1,25 mm, com espessura de laje de 11 cm, com classe do concreto maior ou igual a C25 e relação água-cimento menor ou igual a 0,60, para classe de agressividade II, conforme preconizado pelas tabelas 6.1 e 7.1 da ABNT NBR 6118:2014. Este trabalho se restringirá ao dimensionamento das estruturas metálicas, não se estendendo à análise de cisalhamento das lajes.

Figura 17 - Partes da superestrutura da passarela

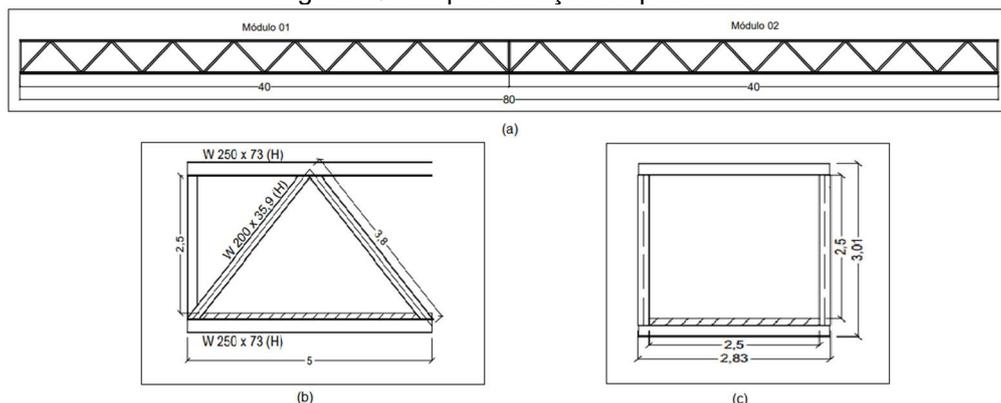


Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

### Medidas da Superestrutura

A superestrutura total – 80 metros – encontra-se representada na Figura 18a. O sistema reticulado é formado por um treliçado simples, sua base possui 5 metros de comprimento e altura de 2,50 metros, como representado na Figura 18b, o tabuleiro possui 2,50 metros de comprimento (Figura 18c), atendendo às recomendações do Manual de Projetos de Obras de Arte Especiais do DNER. O gabarito vertical de 6,75 metros segue as diretrizes do (DNIT ISF 219:2015), totalizando uma altura total de 9,66 metros.

Figura 15 - Representação da passarela



Fonte: (a), (b) e (c) Elaborado pelo autor, 2021.

## Perfil utilizado

Como a estrutura em questão encontra-se locada a 1,5 Km do cais do porto e sofre influências da maresia, optou-se pelo aço ASTM A572 com limite de escoamento ( $f_y$ ) de 350 MPa e Resistência à ruptura ( $f_u$ ) de 450 MPa, sendo classificado como Aço de Alta Resistência e Baixa Liga, tendo baixa porcentagem de Cobre em sua composição.

Este é um dos tipos de aço indicados para Obras de Artes Especiais, por ser um aço com maior resistência, mantendo sua ductilidade e por ter uma melhor performance que o aço carbono quando exposto às atmosferas agressivas. Em decorrência disso, há uma menor manutenção envolvida durante a vida útil do aço, acarretando em menores custos diretos (pelo ônus da manutenção em si) e indiretos (pela interdição para reparos).

Os banzos, por serem mais solicitados, serão compostos por perfis W 250 x 73 (H), enquanto as diagonais, montantes e travamentos superiores e inferiores, por perfis W 200 x 35,9 (H).

## Cálculo das informações preliminares

Nesta etapa calcula-se as ações externas que solicitam a estrutura.

## Cargas Permanentes (CP)

As cargas permanentes serão obtidas através das informações geradas pelo próprio software, uma vez que os elementos estruturais (lineares e de área) recebem informações quanto às características mecânicas que possuem, dentre elas figura a densidade do material usado. A partir desta informação e tendo também a seção transversal dos elementos, bem como o comprimento deles, o software realiza o cálculo da massa total da estrutura e de seu peso uma vez que possui o recurso da inserção do efeito da gravidade sobre a estrutura. Em consulta ao modelo verificou-se que a estrutura possui a carga permanente de 448,15 kN.

## Cargas de Vento (CV)

Para o Fator topográfico  $S_1$ , por se tratar de uma região urbana, com o terreno fracamente acidentado, adota-se o valor de 1,0. Já para o Fator estatístico  $S_3$ , adota-se o valor de 1,10 em consulta realizada ao quadro da Figura 19, que versa sobre as cargas de

vento em edificações. A adoção deste valor se dá pela passarela de pedestres se tratar de uma Obra de Arte Especial e estar locada sob a Avenida Presidente Vargas e que caso viesse à ruína acarretaria em potencial risco à vida tanto imediatamente aos pedestres e motoristas que trafegarão com seus veículos abaixo dela, como também imediatamente àqueles que precisarão usar a via virtude de caso fortuito.

Para o Fator  $S_2$  – que abrange a rugosidade do terreno, as dimensões da edificação e altura sobre o terreno – para a rugosidade do terreno adota-se a Categoria IV por ser mais indicada para área urbanizada; para a dimensão da edificação adota-se a Classe B, já que a superestrutura foi dividida em dois módulos de 40 metros cada; para a altura sob o terreno adota-se 10 metros como arredondamento de 9,66 metros, respeitando o gabarito vertical indicado pelo DNIT de 6,75 metros com a adição da cota externa de 2,91 do módulo analisado. Tendo esses parâmetros preliminares adotados, procede-se então ao cálculo segundo a Equação 1 ou consulta-se o quadro da Figura 19. Por efeito prático e pela diferença de valores ser pequena, adotar-se-á consulta à tabela, obtendo o valor de 0,83.

Equação 1:

$$S_2 = b \cdot F_r \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^p \quad (1)$$

Figura 19 - Fator  $S_2$

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76

Fonte: ABNT NBR 6123, 1988. Adaptado pelo autor, 2021.

Após isso, calcula-se a velocidade característica para a região. Em consulta às isopletras de velocidade percebe-se que o Estado do Rio de Janeiro se encontra entre duas velocidades básicas  $V_0$  diferentes, por segurança adota-se a maior velocidade: 35 m/s.

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 = 35 * 1,0 * 0,83 * 1,10 \cong 32 \frac{m}{s}$$

Após o cálculo da velocidade característica é necessário obter o valor da pressão dinâmica do vento atuando na estrutura.

$$q_k = 0,613 \cdot V_k^2 = 0,613 * (32)^2 = 627,71 \frac{N}{m^2} = 0,63 \frac{kN}{m^2}$$

Tendo isso em mãos, procede-se ao cálculo da força de arrasto. Mas antes é necessário definir as variáveis às quais ela é dependente, de início determina-se o índice de área exposta. O cálculo será feito para uma unidade simples triarticulada, os nós que possuem o sistema triarticulado completo receberão o dobro dos valores calculados:

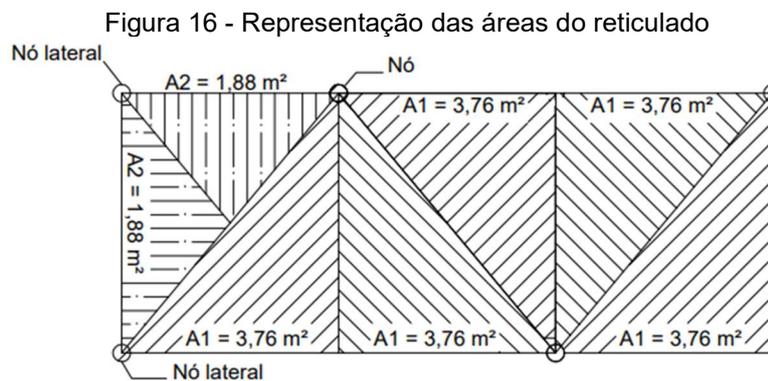
$$\phi = \frac{\frac{b * h}{2} * \frac{1}{2}}{b * h} = \frac{5,0 \text{ m} * 3,01 \text{ m}}{2} * \frac{1}{2} = 0,25$$

Para o coeficiente de arrasto em um reticulado isolado adota-se o valor de 1,8. Para o cálculo do reticulado protegido pelo reticulado à barlavento calcula-se o afastamento relativo ( $e/h$ ) e obtém-se o fator de proteção ( $\eta$ ) de 0,85.

$$\frac{e}{h} = \frac{2,5}{2,5} = 1,0$$

$$C_{an} = C_{a1}[1 + (n - 1)\eta] = 1,8 * [1 + (2 - 1) * 0,85] = 3,33$$

Conforme representado na Figura 20, os nós superiores e inferiores contam com duas áreas de 3,76 m<sup>2</sup>, já os nós localizados na lateral da treliça, formada pela continuidade do banzo superior e pelos montantes, conta uma área de 1,88 m<sup>2</sup>. Assim, haverá duas forças de arrasto atuando no módulo, a força de arrasto  $F_{v1}$  e a força de arrasto da aresta  $F_{v2}$ .



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

$$F_{v1} = C_{an}qA_e = 2 * 3,33 * 0,63 * 3,76 = 15,78 \text{ kN}$$

$$F_{v2} = C_{an}qA_e = 3,33 * 0,63 * 1,88 = 3,94 \text{ kN}$$

### Carga Móvel (CM)

A carga móvel pode ser obtida através de consulta à ABNT NBR 7188:2013, que versa sobre cargas móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Segundo o item 6.1 da Norma, a passarela deve receber a ação de 5 kN/m<sup>2</sup> sobre o pavimento, ou seja, local de trânsito dos pedestres, sem considerar o coeficiente de impacto vertical.

### Carga Excepcional (CE)

A carga excepcional pode ser obtida em consulta ao item 6.2 da ABNT NBR 7188:2013, que sugere uma carga pontual, horizontal e excepcional a ser aplicada no local mais desfavorável da passarela, no sentido do tráfego que ocorre abaixo da estrutura. Com essa imposição a Norma dá a entender que a passarela deve ser verificada também para uma colisão, mas logo informa que ainda assim a colisão pode ser tal que leve a estrutura

à ruína, trata-se, portanto, de uma mitigação, mas não anulação da possível ruína em virtude de choque.

## Combinações

Para o cálculo das combinações serão considerados os valores totais. Para as cargas permanentes será usado o valor do peso total auferido pelo próprio software.

### Combinações Últimas Normais (ELU)

Para as cargas móveis aplica-se a tensão de 5 kN/m<sup>2</sup> na área de 100 m<sup>2</sup> do tabuleiro – 40 m de comprimento por 2,50 m de largura – culminando na carga de 500 kN. Para as cargas de vento será usado o valor total relativo à aplicação nodal, 15,78 kN aplicada nos 15 nós e 3,94 kN aplicados nas 4 arestas do reticulado, resultando no valor de 252,46 kN. Para as cargas permanentes adota-se o valor de 448,15 kN.

Quadro 2 - Resultado das Combinações Últimas Normais no ELU

Estado-Comb.	Expressão	Verticais (kN)	Horizontais (kN)
ELU – 1	$F_d = 1,25. CP + 1,5. CM + (1,4.0,6. CV)$	1.310,19	212,07
ELU – 2	$F_d = 1,25. CP + 1,4. CV + (1,5.0,6. CM)$	1.010,19	353,44
ELU – 3	$F_d = 1,25. CP + 1,4. CV$	560,19	353,44
ELU – 4	$F_d = 1,25. CP + 1,5. CM$	1.310,19	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

### Combinação Última Excepcional (ELU)

Para as cargas permanentes, móveis e de vento segue-se as mesmas diretrizes das combinações últimas normais, com exceção da carga excepcional no valor de 100 kN, que não sofre nenhum tratamento.

Quadro 3 - Resultado das Combinação Última Excepcional no ELU

Estado-Comb.	Expressões	Verticais (kN)	Horizontais (kN)
ELU - 5	$F_d = 1,1. CP + CE + (1,0.0,6. CV + 1,0.0,6. CM)$	792,97	251,48

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

### Combinação de Serviço (ELS)

Para a combinação de serviço para carga permanente segue-se as mesmas

Quadro 4 - Resultado da Combinação de Serviço

Estado-Comb.	Expressões	Verticais (kN)
ELS - 1	$F_d = 1,1. CP + 0,3. CM$	642,97

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

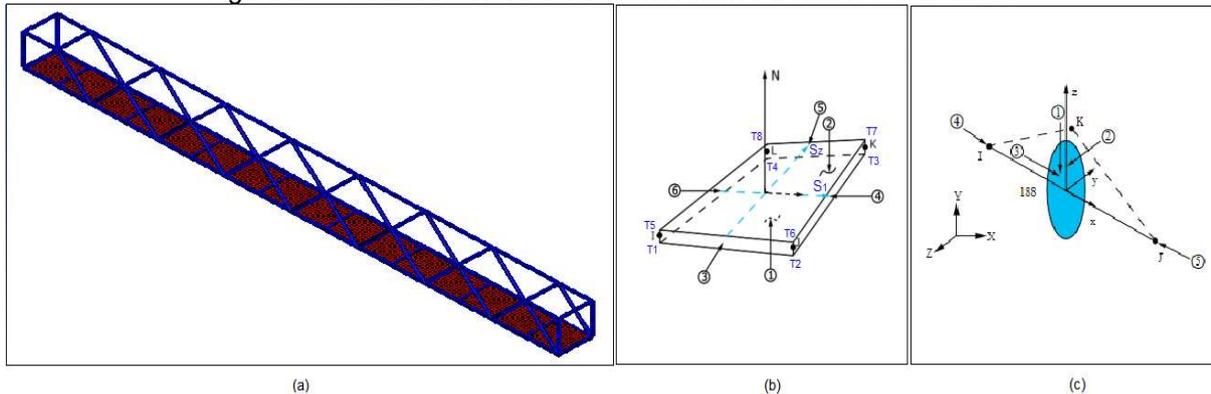
## Criação do modelo numérico

O módulo modelado é composto por dois elementos finitos distintos, beam188 para todos os elementos lineares - banzos superiores e inferiores, travamentos superiores e inferiores (transversinas), diagonais e montantes - shell181 para elementos de área (tabuleiro); ambos encontram-se representados na Figura 21. A vista isométrica do módulo analisado encontra-se na Figura 21a em que os corpos azuis representam os elementos

lineares (compostos pelo elemento finito beam188) e em vermelho os elementos de área (compostos pelo elemento finito shell181).

Os elementos finitos beam188 e shell181 encontram-se representados na Figura 21b e Figura 21c, respectivamente. O elemento de viga beam188 possui dois nós e seis graus de liberdade por nó, três relativos a translações e três rotações, nos três eixos (x, y e z), e são excelentes para representar o comportamento das vigas. Já o elemento de casca Shell181 possui quatro nós, com seis graus de liberdade por nó, três rotações e três translações, nos eixos x, y e z.

Figura 21 - Vista isométrica e elementos finitos Beam188 e Shell181



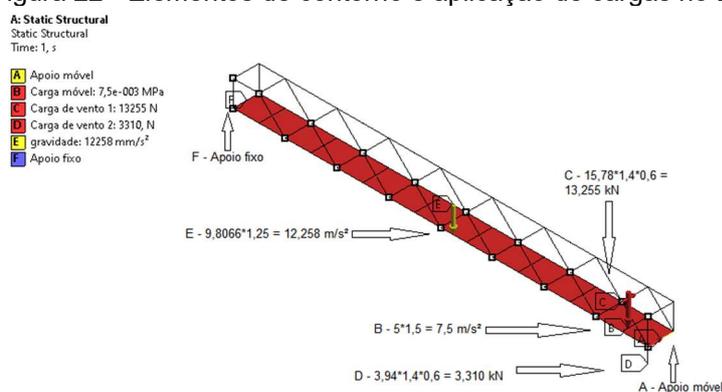
Fonte: (a) Elaborado pelo autor, 2021; (b) e (c) Ansys, 2021

## Aplicação das cargas e elementos de contorno no ELU-1

Na Figura 22 há a representação dos vínculos de apoio da estrutura e dos carregamentos no ELU-1. Conforme representado, submete-se o modelo elaborado aos carregamentos externos na combinação ELU-1, em que o vetor B representa o carregamento móvel já corrigido e as cargas de vento C e D, também corrigidas.

Nesta mesma combinação há, de maneira implícita, as ações relativas ao carregamento permanente, representado pelo peso da estrutura. Para o carregamento permanente agiu-se de maneira diferente visto que a aplicação de uma carga que representasse o peso da estrutura acarretaria em uma distorção dos esforços, nesta situação atribuiu-se uma aceleração da gravidade majorada em 25% para fazer jus ao fator de ponderação das ações permanentes – 1,25 – já que o software calcula o peso através do produto entre a massa dos elementos que compõem o modelo e a aceleração da gravidade.

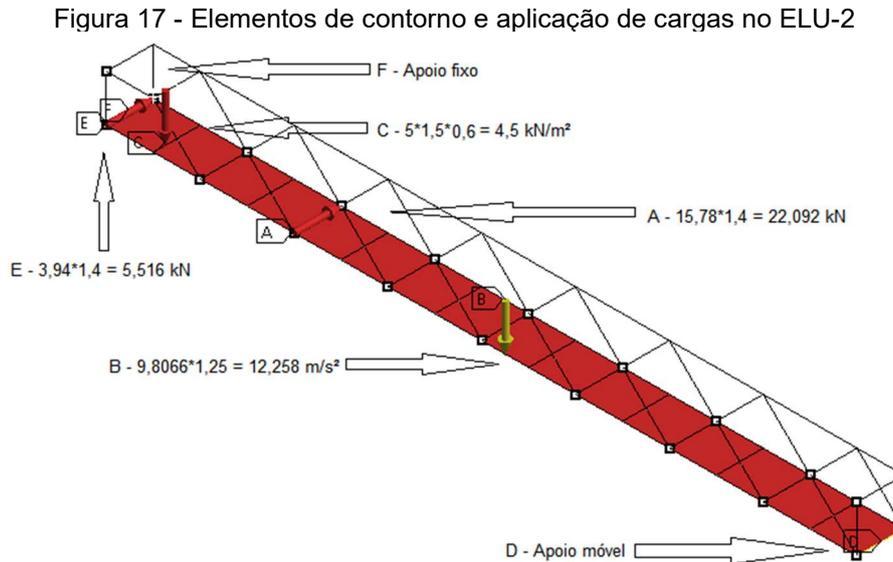
Figura 22 - Elementos de contorno e aplicação de cargas no ELU-1



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

## Aplicação das cargas e elementos de contorno no ELU-2

Na Figura 23 há a representação dos vínculos de apoio da estrutura e dos carregamentos no ELU-2. Para esse modelo seguiu-se a mesma disposição explanada para o ELU-1, com a única diferença que no ELU-2 as cargas móveis atuam de modo secundário ao passo que as cargas devido aos ventos de modo principal, conforme explicado no item 3.4.5.1 deste trabalho e calculado no item 4.4.1.



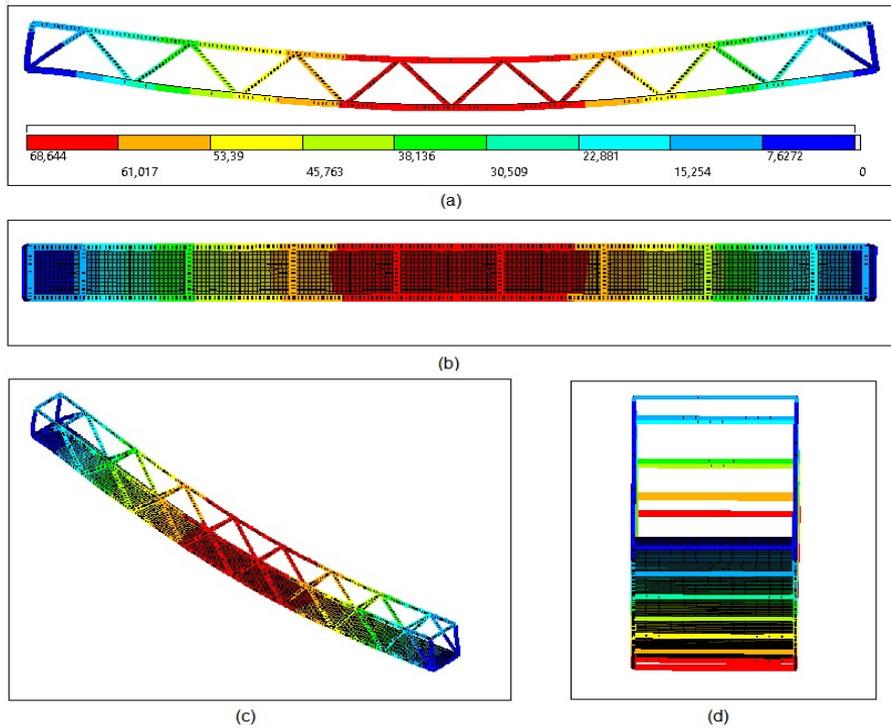
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

## Escolha da combinação

A análise da estrutura em Estados Limites Últimos usará a combinação ELU-1. Para essa escolha as combinações ELU-1 e ELU-2 foram aplicadas à estrutura a fim de verificar qual geraria o cenário mais desfavorável, uma vez que era necessário determinar a quão danosa seria a aplicação das cargas horizontais do ELU-2, que são maiores que o ELU-1.

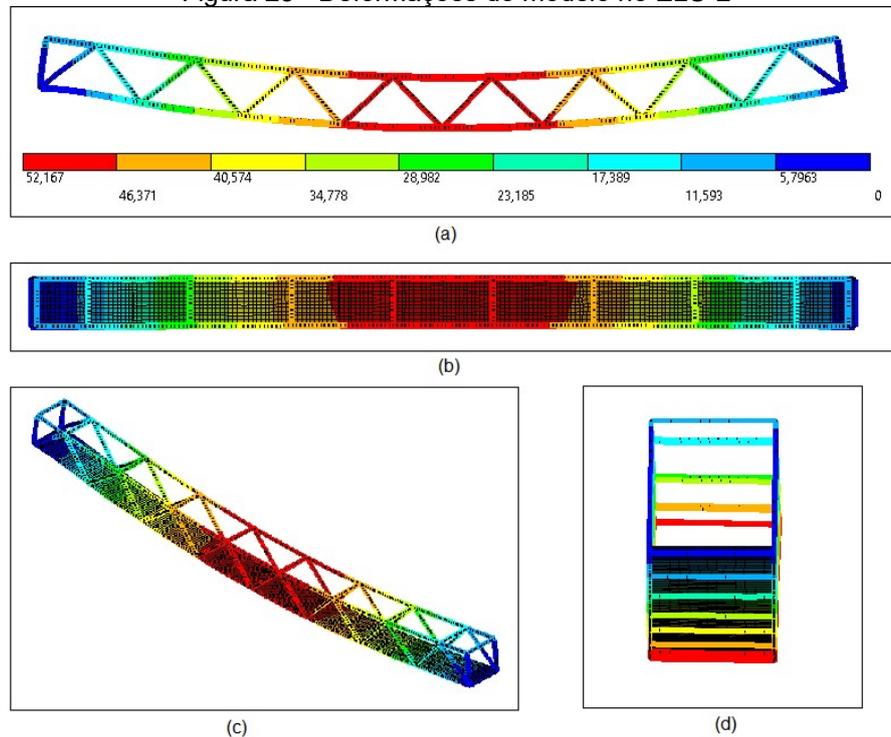
Na Figura 24 há a representação do modelo submetido aos esforços da ELU-1, em que se representa nas imagens a, b, c e d as vistas frontal, superior, isométrica e direita, respectivamente, a fim de melhor representar o comportamento do módulo frente aos carregamentos a que é submetido. Na Figura 25 há a representação do modelo submetido aos esforços da ELU-2, com as vistas frontal, superior, isométrica e direita, representada nas imagens a, b, c e d.

Figura 24 - Deformações do modelo no ELU-1



Fonte: (a), (b), (c) e (d) Elaborado pelo autor, 2021.

Figura 25 - Deformações do modelo no ELU-2



Fonte: (a), (b), (c) e (d) Elaborado pelo autor, 2021.

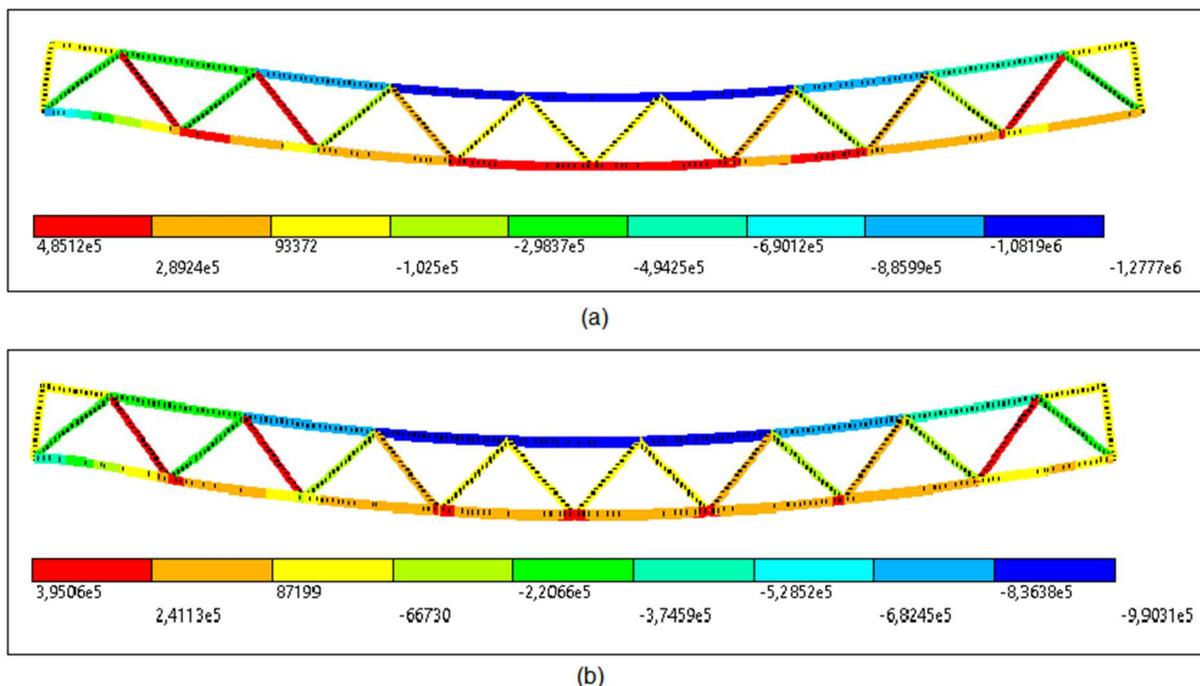
Conforme representado nas Figuras 24 e 25, o ponto crítico dos deslocamentos ocorre no centro da estrutura, que está sujeita ao maior deslocamento, ao passo que as partes próximas ao apoio estão sujeitas às menores deformações. Tal comportamento é explicado pela proximidade com os apoios. Destaca-se ainda que a extremidade à esquerda do treliçado possui uma parcela com menor deslocamento que a extremidade à

direita, isto se dá pelo apoio fixo (à esquerda) restringir dois graus de liberdade, enquanto que o apoio móvel (à direita) restringe apenas um.

Ao comparar o deslocamento de ambas as estruturas se percebe que a deformação relativa ao ELU-1 é preponderante, sendo 31% superior que o ELU-2. Tal resultado indica que há consonância com a Lei de Hooke uma vez que o carregamento vertical para o ELU-1 é 30% superior se comparado com o ELU-2.

Na Figura 26 há o comparativo entre os esforços axiais internos no ELU-2 (Figura 26a) e ELU-1 (Figura 26b). Entre os esforços de tração há uma diferença de 23%, ao passo que para os esforços de compressão a diferença é de 29%, ou seja, o ELU-1 é a combinação predominante. O comportamento de ambos os módulos está em consonância com a teoria acerca do comportamento de treliças do tipo Warren, em que seus banzos inferiores são tracionados em virtude do carregamento vertical que suportam, gerando a compressão dos banzos superiores e estes, por sua vez, acarretam em esforços axiais alternados nas diagonais, sendo os esforços de maior magnitude concentrados nas diagonais mais externas enquanto que as diagonais internas (mais próximas do centro) submetidas aos esforços axiais de menor magnitude.

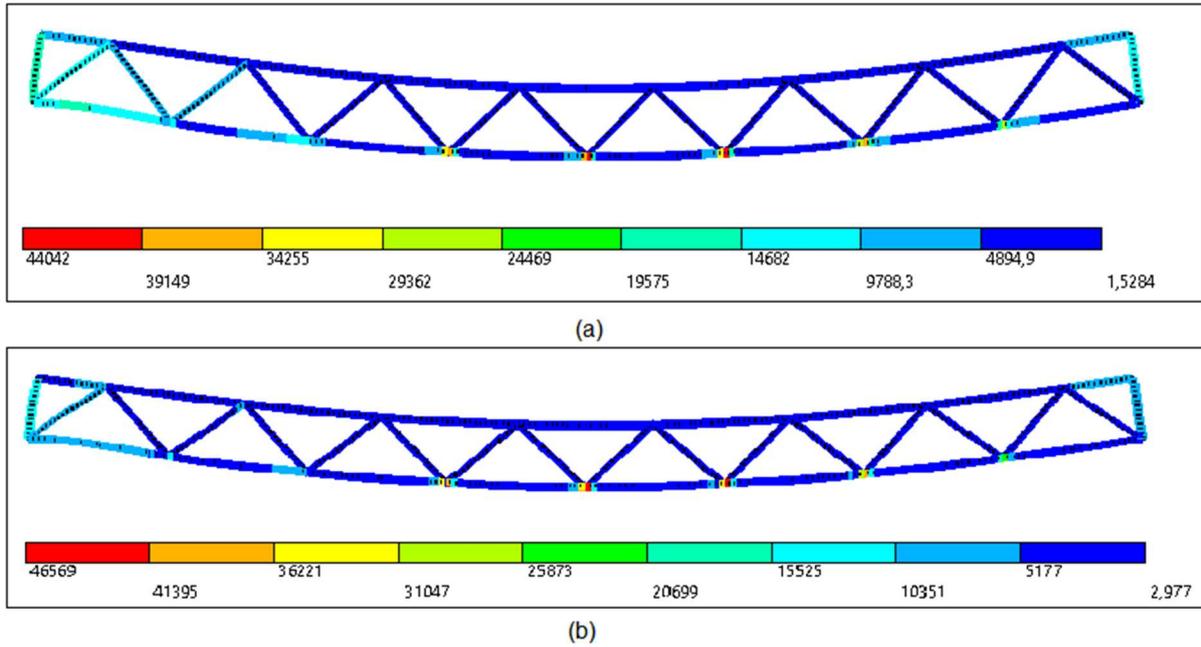
Figura 26 - Comparativo dos esforços axiais (ELU-2 e ELU-1)



Fonte: (a) e (b) Elaborado pelo autor, 2021.

A Figura 27 mostra o comparativo dos esforços cortantes para o ELU-1 (Figura 27a) e ELU-2 (Figura 27b). O maior esforço cortante ocorre para o ELU-2, sendo 6% superior ao maior esforço cortante no ELU-1, isto se dá pelas diagonais descarregarem seus esforços axiais nos banzos, culminando em esforços cortantes, sendo intensificados pela aplicação das cargas horizontais de vento, que para o ELU-2 são 66% superiores. Outro ponto de destaque é que os montantes dos módulos de ambas as combinações, se maneira geral, são mais solicitados que o resto do treliçado, isto se dá devido à proximidade com os apoios.

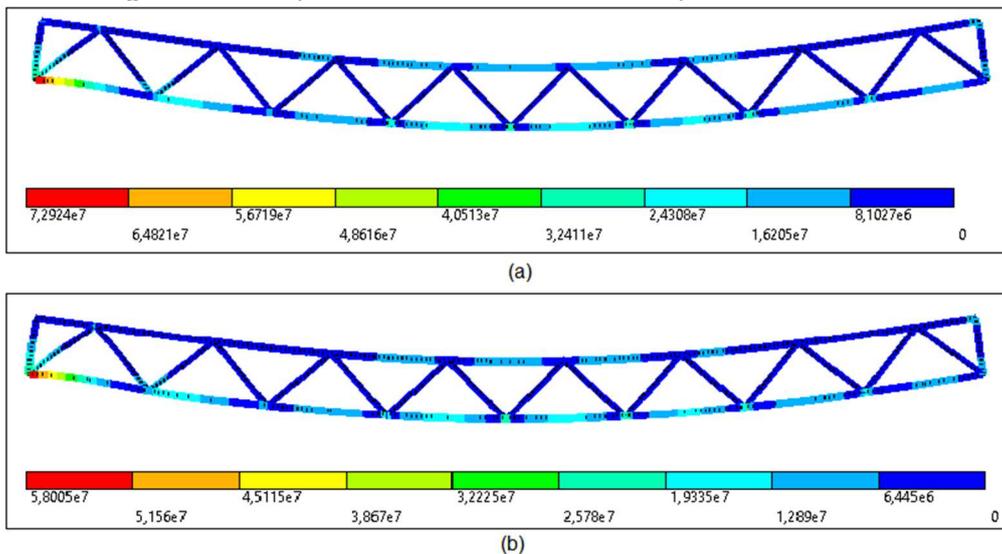
Figura 27 - Comparativo de esforços cortantes para as combinações ELU-2 e ELU-1



Fonte: (a) e (b) Elaborado pelo autor, 2021.

A Figura 28 representa os momentos fletores segundo o ELU-1 (Figura 28a) e ELU-2 (Figura 28b). O maior momento fletor ocorre para o ELU-1 sendo superior em 26%, apesar do treliçado estar biapoado não se deve analisá-lo a luz da analogia de viga biapoada, uma vez que essa concentra seu momento máximo no meio do vão, mas sim como uma sucessão de vigas biapoadas cujo comprimento coincide com o comprimento de flambagem de cada elemento dos banzos. Deve-se destacar também que há uma concentração de momentos próximo ao poio fixo, tal ocorrência explica-se pelas diagonais, apesar de atuarem preponderantemente sob esforços axiais, também sofrem momentos, tal qual os montantes, que impõe ao nó uma necessidade de equilibrar os esforços, gerando ali este momento fletor concentrado.

Figura 28 - Comparativo dos momentos fletores para ELU-2 e ELU-1



Fonte: (a) e (b) Elaborado pelo autor, 2021.

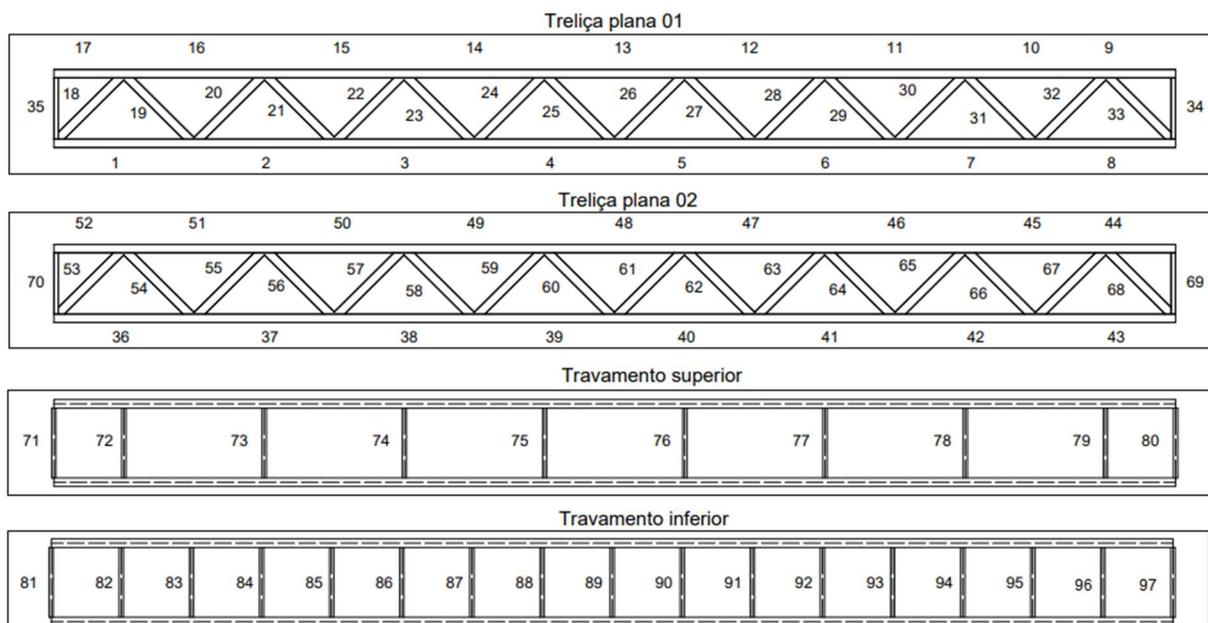
## Escolha da malha

A dimensão dos elementos finitos escolhida para a geração da malha foi de 200 mm, apesar da licença do modelo permitir a malha de até 100 mm para esta estrutura, ao gerar a malha percebeu-se que a diferença entre os valores era muito pequena, de modo a não fazer jus ao esforço computacional adicional dispendido. O modelo em questão consumiu 2590 elementos Shell181, 1781 elementos beam188, totalizando 4371 elementos e 5892 nós.

## Verificação relativa ao ELU

As verificações serão realizadas para toda a estrutura, elemento por elemento. Para que o trabalho não se torne árido devido ao processo repetitivo dos muitos elementos a serem verificados, apenas será demonstrado analiticamente o dimensionamento de 2 banzos, 2 diagonais e 1 montante, os banzos e diagonais são submetidos à tração e compressão enquanto que o montante somente à tração. A partir desse dimensionamento replica-se os valores para toda a estrutura, uma vez que os banzos são compostos por uma única seção transversal, como as diagonais. Os montantes, e travamentos superiores e inferiores trabalham unicamente à tração, possuem a mesma seção transversal e têm o mesmo comprimento destravado, de modo que seus valores resistentes são idênticos, possibilitando a réplica dos resultados.

Figura 29 - Representação da estrutura a ser dimensionada numerada



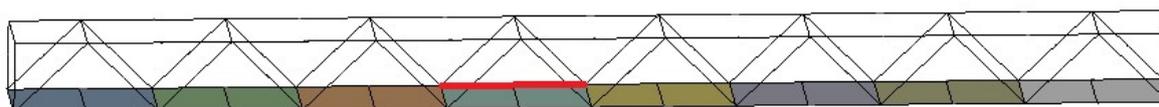
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A Figura 29 representa todos os elementos enumerados que compõem o módulo analisado.

## Esforços solicitantes do elemento 39

O quadro 5 representa um resumo dos esforços solicitantes do elemento 39, que é o elemento do banzo mais solicitado à tração, é composto por perfil laminado Gerdau de seção W 250 x 73, série H, conformado em aço A572 Grau 50. A posição do elemento 39 pode ser consultada na Figura 29, que representa a enumeração dos elementos da treliça espacial, ou na Figura 30, que apresenta o elemento em destaque no modelo numérico.

Figura 30 - Destaque do elemento 39



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Quadro 5 – Quadro resumo de esforços solicitantes do elemento 39 – seção transversal W250x73(H)

Tipo	Esforço Axial	Esforços Cortantes		Momentos Fletores	
	$N_t$ (kN)	$V_y$ (kN)	$V_x$ (kN)	$M_y$ (kNcm)	$M_x$ (kNcm)
Máx.	+ 485,13	30,26	14,42	183,77	30,81
Mín.	-	- 41,61	- 19,29	- 276,67	- 99,98

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

## Dimensionamento analítico do elemento 39

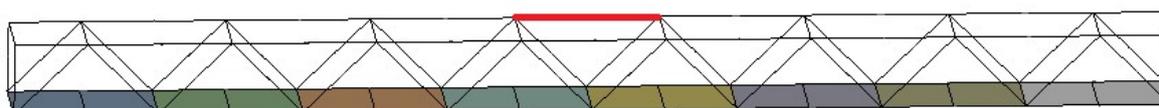
Trata-se do banzo mais solicitado, cujo esforço axial preponderante é a tração, por isso, uma vez aprovado nas verificações permite repetir seus esforços resistentes para todos os elementos dos banzos submetidos à tração, o que ocorre majoritariamente nos banzos inferiores e dos banzos superiores vinculados aos montantes.

O perfil atente às verificações do ELU conforme preconiza a ABNT NBR 8800:2008 com a utilização de 11% do perfil quanto aos esforços combinados de compressão e momentos fletores.

## Esforços solicitantes do elemento 48

O quadro 6 representa um resumo dos esforços solicitantes do elemento 48, que é o elemento das mais solicitado à compressão dos banzos, é composto per perfil laminado Gerdau de seção W 250 x 73, série H, conformado em aço A572 Grau 50. A posição do elemento 48 pode ser consultada na Figura 29, que enumera cada elemento que compõe a o módulo treliçado, ou na Figura 31, que representa o elemento em destaque.

Figura 31 - Destaque do elemento 48



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Quadro 6 – Quadro resumo de esforços atuantes no elemento 48 – seção transversal W200x35,9 (H)

Tipo	Esforço Axial	Esforços Cortantes		Momentos Fletores	
	$N_t$ (kN)	$V_y$ (kN)	$V_x$ (kN)	$M_y$ (kNcm)	$M_x$ (kNcm)
Máx.	-	0,37	2,33	96,84	1,26
Mín.	-1.278,00	- 0,38	- 2,07	66,03	0,09

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

### Dimensionamento analítico do elemento 48

Trata-se do banzo mais solicitado, cujo esforço axial preponderante é a compressão, por isso, uma vez aprovado nas verificações permite repetir seus esforços resistentes para todos os elementos dos banzos submetidos à compressão, o que ocorre majoritariamente nos banzos superiores, com a única exceção dos banzos próximos aos montantes – que estão solicitados à tração – e ao banzo inferior próximo ao apoio fixo.

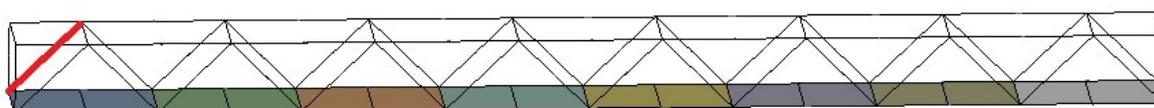
Algo a se destacar é que apesar do banzo inferior submetido à compressão possuir comprimento de esbeltez para o eixo x diferente dos banzos superiores, ainda assim se beneficia deste dimensionamento, uma vez que a força axial de flambagem a ser considerada é a menor atuante, e isto ocorrerá para no eixo y, que possui o mesmo comprimento de flambagem que os demais elementos dos banzos superiores que funcionam como bielas.

O perfil atende às verificações do ELU conforme preconiza a ABNT NBR 8800:2008 com a utilização de 68% do perfil quanto aos esforços combinados de compressão e momentos fletores.

### Esforços solicitantes do elemento 53

O quadro 7 representa um resumo dos esforços solicitantes do elemento 53, que é o elemento da diagonal mais solicitado à compressão, é composto por perfil laminado Gerdau de seção W 200 x 35,9, série H, conformado em aço A572 Grau 50. A posição do elemento 53 pode ser consultada na Figura 29, que representa a posição dos elementos de maneira global, ou na Figura 32, que apresenta o elemento dimensionado em destaque.

Figura 32 - Elemento 53 em destaque



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Quadro 2 - Quadro resumo de esforços solicitantes no elemento 53 - seção transversal W200x35,9 (H)

Tipo	Esforço Axial	Esforços Cortantes		Momentos Fletores	
	$N_c$ (kN)	$V_y$ (kN)	$V_x$ (kN)	$M_y$ (kNcm)	$M_x$ (kNcm)
Máx.	-	0,29	17,21	101,94	4,79
Mín.	- 494,38	- 0,58	- 2,96	- 346,02	- 7,35

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

### Dimensionamento analítico do elemento 53

Trata-se da diagonal mais solicitada, cujo esforço axial preponderante é a compressão, por isso, uma vez aprovado nas verificações permite repetir seus esforços resistentes para todos os elementos das diagonais submetidos à compressão o que ocorre

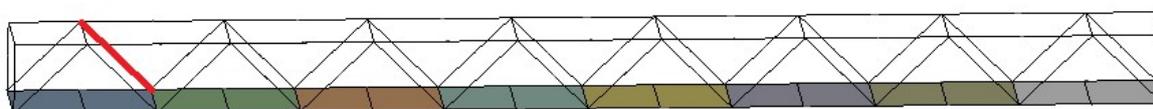
alternadamente nas diagonais que compõem o modelo, comportamento comum em treliças.

O perfil atende às verificações do ELU conforme preconiza a ABNT NBR 8800:2008 com a utilização de 72% do perfil quanto aos esforços combinados de compressão e momentos fletores.

### Esforços solicitantes do elemento 54

O quadro 8 representa um resumo dos esforços solicitantes do elemento 54, que é o elemento mais solicitado à tração, é composto por perfil laminado Gerdau de seção W 200 x 35, 9, série H, conformado em aço A572 Grau 50. A posição do elemento 54 pode ser consultada na Figura 29 que apresenta a enumeração dos elementos que compõe o módulo reticulado, ou ainda na Figura 33, que representa o modelo numérico criado.

Figura 33 - Destaque do elemento 54



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Quadro 8– Quadro resumo de esforços atuantes no elemento 54 – seção transversal W200x35,9(H)

Tipo	Esforço Axial	Esforços Cortantes		Momentos Fletores	
	$N_t$ (kN)	$V_y$ (kN)	$V_x$ (kN)	$M_y$ (kNcm)	$M_x$ (kNcm)
Máx.	+ 485,13	0,29	10,68	143,72	143,69
Mín.	-	- 0,32	- 6,03	- 128,32	- 128,32

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

### Dimensionamento analítico do elemento 54

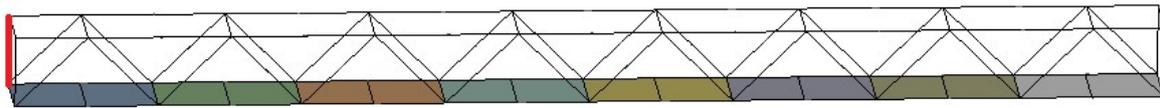
Trata-se da diagonal mais solicitada, cujo esforço axial preponderante é a tração, por isso, uma vez aprovado nas verificações permite repetir seus esforços resistentes para todos os elementos das diagonais submetidos à tração, o que ocorre alternadamente nas diagonais que compõem o modelo, comportamento comum em treliças.

O perfil atende às verificações do ELU conforme preconiza a ABNT NBR 8800:2008 com a utilização de 37% do perfil quanto aos esforços combinados de tração e momentos fletores.

### Esforços solicitantes do elemento 70

O quadro 9 representa um resumo dos esforços solicitantes do elemento 70, que dentre os travamentos, seja superior, seja inferior e montantes figura como o elemento mais solicitado à tração. Este elemento é composto por perfil laminado Gerdau de seção W 200 x 35,9, série H, conformado em aço A572 Grau 50. A posição do elemento 70 enumera os elementos que compõem a treliça espacial, ou na Figura 34, em que há o destaque do elemento dimensionado.

Figura 34 - Destaque do elemento 70



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Quadro 9 – Quadro resumo de esforços atuantes no elemento 70– seção transversal W 200 x 35,9 H

Tipo	Esforço Axial	Esforços Cortantes		Momentos Fletores	
	$N_t$ (kN)	$V_y$ (kN)	$V_x$ (kN)	$M_y$ (kNcm)	$M_x$ (kNcm)
Máx.	93,33	- 0,21	17,21	84,18	7,13
Mín.	-	- 0,58	11,76	- 346,02	- 7,35

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

## Dimensionamento analítico do elemento 70

Trata-se do montante mais solicitado, cujo esforço axial preponderante é a tração. O dimensionamento deste elemento permite repetir seus esforços resistentes para todos os elementos dos montantes e travamentos superiores e inferiores, uma vez que todos trabalham à tração e possuem o mesmo comprimento de flambagem.

O perfil atende às verificações do ELU conforme preconiza a ABNT NBR 8800:2008 com a utilização de 11% do perfil quanto aos esforços combinados de tração e momentos fletores.

## Quadro comparativo dos esforços solicitantes e resistentes

O Quadro 10 faz um compilado dos esforços solicitantes e resistentes calculados para os elementos 39 e 48 dos banzos.

Quadro 10 – Resumo dos esforços solicitantes e resistentes para os elementos 39 e 48

Elemento	Esforço	Esforço Axial	Esforços Cortantes		Momentos Fletores	
		N (kN)	$V_y$ (kN)	$V_x$ (kN)	$M_y$ (kNcm)	$M_x$ (kNcm)
39	Solicitante	+ 485,12	- 41,61	- 19,29	- 276,67	- 99,98
	Resistente	2.907,41	409,48	1.357,54	14.372,38	14.524,50
D% = sol. / Res.		<b>16,69</b>	10,16	1,42	1,92	0,69
48	Solicitante	- 1.277,70	- 0,04	2,33	96,84	1,26
	Resistente	1.889,82	409,48	1.357,54	14.372,38	14.524,50
D% = sol. / Res.		<b>67,61</b>	0,00	0,17	0,67	0,01

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

O Quadro 11 faz um compilado dos esforços solicitantes e resistentes calculados para os elementos 53 e 54, elementos diagonais.

Quadro 11 - Resumo dos esforços solicitantes e resistentes para os elementos 53 e 54

Elemento	Esforço	Esforço Axial	Esforços Cortantes		Momentos Fletores	
		N (kN)	$V_y$ (kN)	$V_x$ (kN)	$M_y$ (kNcm)	$M_x$ (kNcm)
53	Solicitante	- 494,25	- 0,58	17,21	- 346,02	- 7,35
	Resistente	759,66	234,47	633,42	4.422,27	4.356,41
D% = sol. / Res.		<b>65,06</b>	0,25	2,72	7,82	0,17
54	Solicitante	+ 485,12	- 0,32	10,68	143,69	- 6,72
	Resistente	1.433,32	234,47	633,42	4.422,27	4.356,41

D% = sol. / Res.	<b>33,85</b>	0,14	0,56	1,69	0,15
------------------	--------------	------	------	------	------

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

O Quadro 12 faz um compilado dos esforços solicitantes e resistentes calculados para o elemento 70 – montante.

Quadro 12 - Resumo dos esforços solicitantes e resistentes para o elemento 70

Elemento	Esforço	Esforço Axial	Esforços Cortantes		Momentos Fletores	
		N (kN)	V <sub>y</sub> (kN)	V <sub>x</sub> (kN)	M <sub>y</sub> (kNcm)	M <sub>x</sub> (kNcm)
70	Solicitante	+ 93,37	- 0,58	17,21	- 346,02	- 7,35
	Resistente	1.433,32	234,47	633,42	4.422,27	4.356,41
D% = sol. / Res.		6,51	0,25	2,72	<b>7,82</b>	0,17

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

## Verificação relativa ao ELS

Conforme preconiza o Anexo C da ABNT 8800:2008, o deslocamento vertical máximo deve ser verificado como uma das vertentes do Estado Limite de Serviço. Segundo a tabela C.1 da Norma, para a treliça como um todo adota-se o critério para viga de piso.

$$\delta_{m\acute{a}x} \leq \frac{L}{350} \rightarrow 68,644 \text{ mm} \leq \frac{40000}{350} = 114,28 \text{ mm}$$

Como 68,644 mm << 114,28 mm, o módulo reticulado atende ao deslocamento vertical máximo.

## CONCLUSÃO

A análise estrutural elaborada neste trabalho permite que sejam desenvolvidas etapas mais avançadas de projeto, como por exemplo as verificações de ligações e detalhamentos seguido do projeto de montagem. A viabilidade técnica se mostrou satisfatória ao vencer o vão de 80 metros da avenida Presidente Vargas com os módulos espelhados de 40 metros da superestrutura, atendendo tanto ao Estado-Limite Último, com a combinação de esforços solicitantes máxima de 58% do perfil, como ao Estado-limite de Serviço, mostrando que vão maiores podem facilmente ser vencidos com estruturas simples, como treliças. Contudo a análise de vibração forçada pode causar o fenômeno do desconforto humano associado aos grandes deslocamentos e em alguns casos a ressonância estrutural. Este projeto de pesquisa não apresenta a análise dos modos de vibração e o seu impacto na rigidez estrutural.

Quanto ao módulo analisado, se verificou que a solicitação pelos carregamentos externos provocou o aparecimento de esforços internos, cujos valores expressivos se limitavam aos esforços axiais de tração e compressão, corroborando o mecanismo de trabalho de treliças. Nas análises verificou-se que o esforço axial absoluto ocorreu nos banzos superiores de ambas as treliças planas em virtude das cargas verticais gerarem a deflexão vertical da estrutura, que por sua vez sofreu tração nos banzos inferiores, culminando na compressão dos banzos superiores.

De maneira secundária, o maior esforço cortante ocorre na diagonal 60 da treliça plana 02 e se dá por estar localizado no meio do vão e, portando, submetido aos esforços que a deflexão do conjunto gera, tendo como agravante a aplicação pontual da carga de vento. O maior momento fletor ocorreu no banzo inferior 36 da treliça plana 02 e se deu

pela proximidade do elemento com o apoio do segundo gênero, diminuindo a capacidade daquele de sofrer os efeitos do momento.

O material escolhido, aço A572 Gr. 50 foi de grande valia ao permitir que a passarela de pedestres fosse composta por estruturas de seção transversal menores, atendendo à esbeltez característica das obras de arte especiais. Em contrapartida, quanto menores as seções transversais, menor o peso próprio da estrutura e com isso, maior a probabilidade da ocorrência de ressonância já que o menor peso próprio está relacionado a menor capacidade de resistência.

Para dirimir este inconveniente, sugere-se que os próximos trabalhos verifiquem se a superestrutura da passarela em questão atende ao estado-limite de vibrações excessivas quanto a ação dinâmica dos ventos e ação dinâmica do caminhar humano e de corrida. A análise frente a corrida se faz necessária uma vez que a locação da passarela de pedestres se encontra próximo a uma escola municipal e sujeita às ações dinâmicas de corrida durante uma eventual brincadeira entre as crianças e também pela proximidade com o “Terreirão do Samba” e o Sambódromo, locais de realização de eventos, podendo gerar um caminhar apressado/ corrida das pessoas.

Ainda em relação às vibrações excessivas, deve-se verificar se a frequência natural da estrutura é superior a frequência crítica de 5,4 Hz em virtude da vibração gerada por pessoas. Caso não seja, sugere-se verificar a viabilidade econômica de aumentar a rigidez da estrutura através de seções transversais maiores para aumentar a resistência à vibração ou verificar a viabilidade de implementar amortecedores para diminuir a suscetibilidade da estrutura às vibrações. Afastar a frequência natural da estrutura da frequência que a solicita diminui o desconforto humano e diminui a probabilidade da ocorrência de ressonância. Nesta mesma linha, deve-se verificar se a estrutura atende aos estado-limite último de fadiga, uma vez que o ponto de locação da passarela está circundado por pontos que podem gerar alta demanda.

Sugere-se ainda que os próximos trabalhos realizem o dimensionamento da mesoestrutura e escadas para acesso, bem como que verifiquem a viabilidade de adequar elevadores como uma forma alternativa de promover a acessibilidade aos pedestres que padecem com a mobilidade limitada, seja por possuírem idade avançada, seja por deficiência física.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAWADHI, E. M. **Finite Element Simulation Using ANSYS**. 2ª ed. New York: CRC Press, 2016.

ALTABEY, W. A.; NOORI, M.; WANG, LIBIN. **Using ANSYS for Finite Element analysis: a tutorial for engineers**. EUA: Momentum Press, 2018. v.1.

Ansys Inc., **Ansys 2020 R2**, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS. A primeira ponte em aço do brasil: atravessando séculos. 09 de abr. de 2019. Disponível em: <<https://www.abcem.org.br/site/noticias/primeira-ponte-em-aco-do-brasil-atravesando-seculos>>. Acessado em: 05 de out. de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15980**: Perfis Laminados de Aço para Uso Estrutural – Dimensões e Tolerâncias. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188**: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaço e equipamentos urbanos Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9077**: Saída de emergência em edifícios. Rio de Janeiro, 1993.

AULETE, C. **Minidicionário contemporâneo da Língua Portuguesa**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Lexikon, 2009.

Autodesk, **AutoCAD 2019**, 2020.

BAREIRO, W. G. **Estudo e Modelagem de Estruturas Treliçadas utilizadas em Galpões Industriais Considerando Imperfeições Iniciais e Efeitos de Segunda Ordem**. 2016. 178 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: < <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=26671@1>>. Acesso em 07 de abr. 2021.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. Resolução nº 535, de 17 de junho de 2015. Estabelece a obrigatoriedade da adoção de freios antitravamento de rodas. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/resolucao5352015.pdf>>. Acesso em 20 de mar. de 2021.

BRASIL. Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 dez. 2000. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L10098.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L10098.htm)>. Acesso em 30 de mar. de 2021.

BRASIL. Lei Nº 11.705, de 19 de junho de 2008. Altera o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 jun. 2008. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2008/Lei/L11705.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11705.htm)>. Acesso em 20 de mar. de 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Programa 9989**. Brasília, 2010. Disponível em: <<https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/Sistematicas/2010/Sistematica2010Programas9989e1078.pdf>>. Acesso em: 20 de mar. 2021.

CALLISTER JR, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia dos materiais**: uma introdução. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CHEN, X.; LIU, Y. **Modeling and simulation with ansys workbench**. New York: CRC Press, 2015.

CISMASIU, C. **Método dos elementos finitos**, Lisboa, 2014-2015, 183 slides. Disponível em: <[http://www2.dec.fct.unl.pt/seccoes/S\\_Estruturas/Elementos\\_finitos/MEF.pdf](http://www2.dec.fct.unl.pt/seccoes/S_Estruturas/Elementos_finitos/MEF.pdf)>. Acesso em: 01 de abr. 2021.

DEBONA, G. L. **Modelagem do comportamento dinâmico de passarelas tubulares em aço e mistas (aço-concreto)**. 2011. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.labbas.eng.uerj.br/pgeciv/nova/files/dissertacoes/46.pdf>>. Acesso em 08 de abr. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGENS. **Guia de Redução de Acidentes com Base em medidas de Engenharia de Baixo Custo**. Brasil, 1998. Disponível em: [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/703\\_guia\\_de\\_reducao\\_de\\_acidentes.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/703_guia_de_reducao_de_acidentes.pdf). Acesso em: 20 de mar de 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGENS. **Manual de Projeto de Obras de Arte Especiais**. Brasil, 1996. Disponível em: [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/698\\_manual\\_de\\_projeto\\_de\\_obras\\_de\\_arte\\_especiais.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/698_manual_de_projeto_de_obras_de_arte_especiais.pdf). Acesso em: 20 de mar. de 2021.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **IPR-735**: Equipamentos redutores de velocidade e seus efeitos sobre os acidentes nas rodovias federais. Brasil, 2010. Disponível em: [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/735\\_redutores\\_velocidade.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/735_redutores_velocidade.pdf). Acessado em: 31 de mar. de 2021.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **IPR-740**: Manual de projeto geométrico de travessias urbanas. Brasil, 2010. Disponível em: [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/740\\_manual\\_projetos\\_geometricos\\_travessias\\_urbanas.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/740_manual_projetos_geometricos_travessias_urbanas.pdf). Acessado em: 19 de mar. de 2021.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **IPR-748**: Álbum de projetos-tipo de passarelas para pedestres: memória de cálculo. Brasil, 2020. Disponível em: [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/outros-documentos/748\\_album-de-projetos-tipo-de-passerelas-para-pedestres\\_vol\\_2.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/outros-documentos/748_album-de-projetos-tipo-de-passerelas-para-pedestres_vol_2.pdf). Acesso em: 05 de abr. de 2021.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **ISF-219**: Projeto de passarela para pedestres. Brasil, 2015. Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/ferrovias/instrucoes-e-procedimentos/instrucoes-de-servicos-ferroviarios/isf-219-projeto-de-passerela-para-pedestres.pdf>>. Acesso em: 02 de jan. de 2021.

DIAS, F. T. *et al.* **Método dos Elementos Finitos**: Técnicas de Simulação Numérica em Engenharia. Lisboa: ETEP, 2007.

DIAS, L. A. M. **Estruturas de aço**: conceitos, técnicas e linguagem. São Paulo: Zigurate editora, 2008.

FAKURY, R. H.; SILVA, A. L. R. C.; CALDAS, R. B. **Dimensionamento de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto**. São Paulo: Person, 2016.

FIALHO, A. P. F. **Passarelas Urbanas em Estruturas de Aço**. 2004. 118 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004. Disponível em: <<https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/6242>>. Acesso em: 23 out. 2020.

FILHO, A. A. **Elementos Finitos**: a base da tecnologia CAE. São Paulo: Érica, 2000.

FRANCO, Y. V. **Análise de uma modelagem para passarelas de pedestres sobre rodovias**. 2015. 98 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6118/1/PB\\_COECI\\_2015\\_2\\_32.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6118/1/PB_COECI_2015_2_32.pdf)>. Acesso em: 20 de mar. 2021.

GARCIA, A.; SPIM, J. A.; SANTOS, C. A. **Ensaio dos materiais**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

Gerdau – Disponível em <<https://www2.gerdau.com.br/catalogos-e-manuais>> Acesso em: 01 de abr. de 2021.

GOMES, M. I. S. **Estudo e análise de treliças**. Lisboa, 2016. (Notas de aula do curso de estática do Instituto Politécnico de Lisboa). Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Maria\\_Idalia\\_Gomes/publication/301298120\\_Estudo\\_e\\_Analise\\_de\\_Trelicas/links/5710e65608ae846f4ef05472/Estudo-e-Analise-de-Trelicas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maria_Idalia_Gomes/publication/301298120_Estudo_e_Analise_de_Trelicas/links/5710e65608ae846f4ef05472/Estudo-e-Analise-de-Trelicas.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2020.

GOOGLE EARTH. Rio de Janeiro – RJ. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/@-22.90628267,-43.19509579,3.88791733a,153.66955815d,35y,-102.47640262h,49.55762814t,-0r>>. Acesso em 29 de out. de 2020.

GOOGLE MAPS. **Rio de Janeiro – RJ**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-22.9065214,-43.1953544,19z>>. Acesso em: 29 de out. de 2020.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. 1993. 231 f. Tese (Livre Docência). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/000738379>>. Acesso em: 30 de mar. de 2021.

INSTITUTO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Dossiê Trânsito**, 3ª ed. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <[http://arquivos.proderj.rj.gov.br/isp\\_imagens/Uploads/DossieTransito2019.pdf](http://arquivos.proderj.rj.gov.br/isp_imagens/Uploads/DossieTransito2019.pdf)>. Acesso em: 18 de mar. 2021.

KEIL, A. **Pedestrian Bridges**: Ramps, walkways, structures. Munique: Detail, 2013.

LEBET, J. P., HIRT, M. A. **Steel bridges**: Conceptual and Structural Design of Steel and Steel-Concrete Composite Bridges. Lausanne: EPFL, 2013.

LEET, M. K. *et al.* **Fundamentals of Structural Analysis**. New York: McGraw-Hill, 2018.

LIMA, L. R. O. **Treliças**. Rio de Janeiro, 2020?. (Notas de aula do curso de Resistência dos Materiais IV da Universidade Estadual do Rio de Janeiro). Disponível em: <<http://www.labciv.eng.uerj.br/rm4/trelicas.pdf>>. Acesso em: 01 de abr. de 2021.

MADENCI, E; GUVEN, I. **The Finite Element Method and Applications in Engineering Using ANSYS®**. 2ª ed. New York: Springer, 2015.

MARTHA, L. F. **Análise de Estruturas**: Conceitos e métodos básicos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

McCORMAC, J. C.; CSERNAK, S. F. **Structural Steel Design**. 5ª ed. England: Person, 2012.

MELO, H. G. **Corrosão em frestas**, São Paulo, [2020?], 21 slides. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5346409/mod\\_resource/content/1/CORROSAO%20EM%20FRESTAS\\_2020.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5346409/mod_resource/content/1/CORROSAO%20EM%20FRESTAS_2020.pdf)>. Acesso em 30 de mar. de 2021.

MERIAN, J. L.; KRAIGE, L. G. **Mecânica para a engenharia**: estática. 6ª ed. LTC, 2011.

MORAES, V. M. **Ponte mista de madeira-concreto em vigas treliçadas de madeira**. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91472/moraes\\_vm\\_me\\_ilha\\_prot.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91472/moraes_vm_me_ilha_prot.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 06 de out. de 2020.

WHO. World Health Organization. **Global Status Report on Road Safety**: 2018. Disponível em <<https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>>. Acesso em: 20 de mar. de 2021.

PANNONI, F. D. **Princípio da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio**. 6ª ed. [s.l.]: Gerdau, 2015. Disponível em: <<https://www2.gerdau.com.br/catalogos-e-manuais>>. Acesso em: 30 de mar de 2021.

PANNONI, F. D. **Projeto e durabilidade**. 2ª ed. Rio de Janeiro: CBCA; IAB, 2017.

PEREIRA, R. S. **Ligações em estruturas de aço utilizando emendas com parafusos de alta resistência solicitadas na flexão simples**. 2014. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Goiás, Goiânia, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/3997>>. Acesso em: 18 abr. 2021.

Perfilor – Disponível em <<https://perfilor.com.br/downloads>> Acesso em: 04 de maio de 2021.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Aço**: Dimensionamento Prático. 8º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PINHO, F. O.; BELLEI, I. H. **Pontes e Viadutos em Vigas Mistas**. Rio de Janeiro: CBCA, 2008.

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL: banco de dados. Disponível em: <<https://www.gov.br/prf/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/dados-abertos-acidentes>> Acesso em: 05 de abr. 2021.

RAO, S. S. **The Finite Element Method in Engineering**. 6º ed. EUA: Elsevier, 2018.

REBELLO, Y. C. P. **A concepção estrutura e a arquitetura**. São Paulo: Zigate, 2000.

RIO DE JANEIRO (Município). Companhia de Engenharia de Tráfego. Diretoria de Desenvolvimento. Gerência de Informações de Tráfego. **Volume Diário de Veículos das Principais Vias do Município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/859227/4103802/Volumediariodeveiculosnasprincipaisviasdacidade.pdf>>. Acesso em: 02 de abr. 2021.

SALMON, C. G.; JOHNSON, J. E.; MALHAS, F. A. **Steel structures desing and behavior**: emphasizing load and resistance factor desing. 5º ed. EUA: Pearson, 2009.

SANTOS, F. V., CARNEIRO, J. R. G. Avaliação das propriedades mecânicas e da resistência à corrosão eletroquímica do aço A572 e de juntas soldadas. **Revista perspectiva online: exatas e engenharia**, Campo dos Goytacazes, v. 09, N. 25, p. 20-48, 2019. Disponível em <[https://ojs3.perspectivasonline.com.br/exatas\\_e\\_engenharia/issue/view/112](https://ojs3.perspectivasonline.com.br/exatas_e_engenharia/issue/view/112)>. Acesso em: 18 abr. 2021.

SANTOS, J. S. **Desconstruindo projeto estrutura de edifícios- concreto armado e protendido**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

SHACKELFORD, J. F. **Ciências dos materiais**. 6ª ed. São Paulo: Pearson, 2008.

- SILVA, A. L. C.; MEI, P. R. **Aços e ligas especiais**. 2 ed. São Paulo: Eletrometal, 1988.
- SILVA, T. B.; LIMA JR, E. T. Confiabilidade estrutural aplicada a modelos numéricos de treliça plana em regime elastoplástico. **Revista Eletrônica Ciência & Engenharia**, Uberlândia, v. 25. N. 2, p. 87-93, 2016. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/cieng/article/view/36312/20132>>. Acesso em: 24 out. 2020.
- SIMMONS, D. A. Confusion Of a Truss Type. **Historic Bridge Bulletin**, Texas, v. 4, n. 3, p. 2-5, mar. 2017. Disponível em: <<https://historicbridgefoundation.com/features/bulletin/hbfbulletin1117.pdf>>. Acesso em: 07 de abr. 2021.
- SORIANO, L. H. **Estática das estruturas**. São Paulo: Ciência Moderna, 2013.
- SOUZA, A. S. **Ensaio mecânicos de materiais metálicos**: fundamentos teóricos e práticos. 5ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1982.
- SOUZA, M. F. S. M.; RODRIGUES, R. B. **Sistemas estruturais de edificações e exemplos**. Campinas, 2008. (Apostila do curso de Sistemas Estruturais da Universidade Estadual de Campinas). Disponível em: <[http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas\\_estruturais\\_grad.pdf](http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas_estruturais_grad.pdf)>. Acesso em: 24 out. de 2020.
- STANDERSKI, R. **Ação Estática do vento em tabuleiros de pontes**: caracterização aerodinâmica em túnel de vento. 2012. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/75907/000891604.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 23 out. 2020.
- SUSSEKIND, J. C. **Curso de análise estrutural**: estruturas isostáticas. 11º ed. Rio de Janeiro: Globo, 1991. v. 1.
- TIMOSHENKO, S. P.; GERE, J. E. **Mecânica dos sólidos**. Rio de Janeiro: LTC, 1983. v. 1.
- VAZ, L. E. **Método dos elementos finitos em análise de estruturas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- REIS, A. J.; PEDRO, J.J.O. **Bridge design**: Concepts and Analysis. England: Wiley, 2019.

**Vinicius Pacheco de Oliveira**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Praça XI)

**Luiz Fernando Areno de Souza**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Praça XI)

## RESUMO

A busca por novos processos construtivos é característica da Engenharia Civil. A eficiência requerida pela área torna imprescindível aliar produtividade e economia, diminuindo o consumo de recursos para, com segurança e estética, engendrar construções que atendam as finalidades para que foram projetadas. A maneira como os novos métodos relacionam-se com a natureza é assunto de grande importância, não devendo ser discutido apenas entre profissionais da área, mas entre todos os integrantes da sociedade que se beneficiam dos produtos da indústria da construção civil. “Sustentabilidade” e “Desenvolvimento sustentável” são termos que, com impacto positivo, se tornam, paulatinamente, mais comuns na avaliação de processos e novos métodos. Este é o contexto em que se desenvolve esta monografia: aprofundar conhecimento a respeito de uma ainda recente técnica construtiva - a construção através da reutilização de contêineres marítimos – e colaborar para difundir-la, ressaltando a sua viabilidade técnica e os benefícios de seu uso, dentre os quais, o atendimento da demanda por habitações sociais. Para isso, este trabalho foi iniciado com uma pesquisa bibliográfica, ensejando embasar tecnicamente o assunto e dirimir as dúvidas sobre a segurança da escolha pela referida técnica construtiva; em seguida, foram apresentados exemplos de residências cujo projeto deu-se com a reutilização de contentores marítimos; após, apresentados os resultados de duas pesquisas realizadas, uma específica entre profissionais da área da construção civil, e outra entre pessoas comuns potencialmente impactadas pelo uso da técnica, com o intuito de verificar o nível de difusão do conhecimento do método construtivo de reutilização de *contêineres* e os seus benefícios; por fim, foi apresentado um projeto genérico, limitado pelas particularidades que as habitações sociais no Brasil trazem consigo, aplicando as informações colhidas na revisão bibliográfica e auxiliando a expor a potencialidade deste interessante método.

**Palavras-chave:** Construção modular; *Contêineres*; Técnica construtiva; Sustentabilidade.

## INTRODUÇÃO

Frente aos desafios impostos pela demanda por recursos naturais, a indústria da construção civil tem a necessidade de repensar métodos construtivos para permanecer propondo soluções satisfatórias às necessidades humanas. Segundo Motta *et al* (2015), a busca por materiais e a proposição de técnicas construtivas que minimizem o impacto na natureza tornam evidente que o significado do conceito de sustentabilidade está

“temperando” as soluções para as questões advindas do consumo diário de recursos naturais não renováveis, além do crescente despejo de resíduos gerados pelas atividades humanas.

A construção civil é responsável pelo consumo de grande parcela destes recursos, além de contribuir significativamente para a poluição ambiental com a geração de elevado volume de resíduos. Estima-se que, internacionalmente, de 50% a 75% dos recursos naturais são canalizados para as atividades deste setor; além disso, é o setor industrial responsável pela geração do maior volume de resíduos no planeta (SUSTENTARQUI, 2019).

De acordo com Amorim *et al* (1999), os resíduos gerados por este ramo assustam pelo seu crescente volume, requerendo medidas urgentes haja vista que o crescimento das grandes cidades gera escassez das áreas para o depósito adequado dos resíduos, evidenciando a necessidade da reciclagem no desenvolvimento de novos elementos construtivos.

O significativo número de contêineres marítimos utilizados e descartados mundialmente gera a oportunidade de aliar necessidade à solução. Internacionalmente, há a padronização do transporte aquático de mercadorias através de contêineres que, segundo Rangel (2015), apesar de apresentarem grande resistência e durabilidade, possuem uma relativa vida útil curta para tal fim. Ainda, o abandono de contêineres em locais próximos aos portos gera a possibilidade de repensar finalidade para estes itens fabricados em processo com relevante uso de recursos extraídos da natureza. Conforme Carvalho (2009), os portos brasileiros acumulavam, há 10 anos, uma estimativa de 5 mil contêineres abandonados pelos donos, queixando-se as empresas de logística dos empecilhos causados pela Receita Federal para dar destino aos contentores.

Conforme Nunes e Sobrinho Junior (2017), as vantagens da reutilização de contêineres marítimos na construção civil têm estimado valor no sentido de dar novamente utilidade a objetos que, fatalmente, seriam descartados e poluiriam o ambiente natural, assim como o de colaborar para que o processo construtivo seja menos custoso, mais rápido e prático dadas suas características modular e autoportante. Especialmente no Brasil, onde há portos de importância mundial na movimentação de mercadorias, a oferta de contêineres para utilização na construção civil é considerável; sua reutilização pode ser canalizada para o atendimento de outra necessidade nacional: a demanda por habitações sociais.

De acordo com Barbosa *et al* (2017), o mercado altamente competitivo direciona para o uso de técnicas mais produtivas e menos impactantes, sobressaindo a utilização dos contêineres para a construção de edifícios. O tema tem especial relevância quando direcionado à tentativa de atender a demanda por habitações sociais no cenário nacional. Conforme dados da Fundação João Pinheiro (2018), em 2015, o déficit habitacional ou a falta de moradias em estoque correspondia a mais de 6 milhões de domicílios, com um relevante percentual na região sudeste – 39%. Como se observa na série histórica dos censos demográficos realizados pelo IBGE entre os anos de 1872 e 2010, percebe-se que há uma acentuada taxa de crescimento da população, especialmente no período entre 1960 e 2010 (IBGE, 2021). Assim, num cenário de crescimento demográfico acelerado e de um agudo déficit habitacional, a edificação de novos equipamentos urbanos, especialmente as habitações de interesse social – HIS - requer soluções viáveis técnica e economicamente, incorporando o cuidado com a minimização do impacto ambiental (VIANA, 2018).

Realizando um recorte no estado do Rio de Janeiro, havia, em 2015, uma falta de moradias em estoque referente a mais de 460 mil domicílios (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018). Ainda, no mesmo estado, há 3 portos que, juntamente, possuem significativa movimentação de mercadorias através de contêineres no cenário nacional. Hipoteticamente, propôs-se o uso de contêineres marítimos reciclados e readequados, em

local na cidade do Rio de Janeiro com localização favorável e dimensões satisfatórias, como alternativa para o amortecimento do déficit habitacional, partindo-se do pressuposto de que, como concluiu Fiorentini (2020), é possível utilizar contêineres marítimos reciclados na construção civil, com as readequações necessárias à sua viabilidade técnica, buscando a economia e o padrão de estética que satisfaçam ao nicho das habitações sociais.

No desenvolvimento do projeto proposto, observou-se a Norma Técnica ABNT NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios - por se tratar o contêiner naval de um contentor fabricado em estrutura metálica, Além, apesar de não haver norma específica sobre o uso dos contentores navais reciclados como moradia, atentou-se para o contido na Norma Regulamentadora nº 18 – Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção – no tocante às readequações necessárias para a disponibilização dos contêineres marítimos à construção civil em área de vivência.

O Objetivo geral visa verificar a viabilidade, através das etapas das readequações necessárias, e apresentar as vantagens do método construtivo através da reutilização de contêineres marítimos como uma alternativa frente ao método tradicional de construção de edifícios.

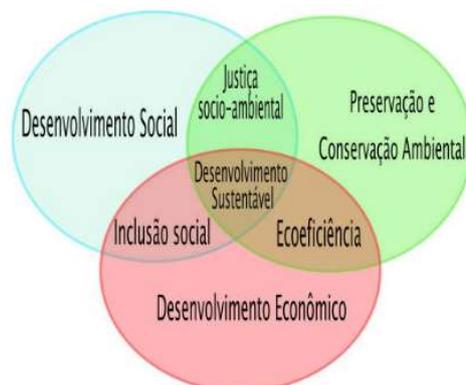
Como objetivos específicos o artigo pretende propor revisão bibliográfica sobre o tema, auxiliando na difusão do seu conhecimento. Verificar e discutir a viabilidade, técnica e econômica, do uso dos *contêineres* marítimos na construção civil como habitação permanente, além de compará-lo com o método construtivo tradicional. Ainda, intencionar aplicá-lo em terreno na cidade do Rio de Janeiro/RJ para testar, praticamente, sua viabilidade e expor parcela de suas particularidades.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Desenvolvimento sustentável

Com o crescimento populacional observado no decorrer do tempo, há uma demanda cada vez maior por recursos capazes de suprir a atual geração. Segundo Boff (2011), o conceito de sustentabilidade incorpora a capacidade de suprimento das necessidades das gerações presente e futuras, através da manutenção da vitalidade dos sistemas naturais e da capacidade dos ecossistemas de continuarem permitindo a consecução da vida. Com componentes que, solidarizados, contribuem para que níveis satisfatórios de desenvolvimento social e econômico sejam alcançados (Figura 1), este conceito, para que seja posto em prática, traz o desenvolvimento das “ações sustentáveis”, dentre as quais, citam-se os programas socioambientais de educação e conscientização da população, o estímulo pela diminuição do consumo e pelas práticas de reciclagem.

Figura 1 – Esquema representativo dos princípios do desenvolvimento sustentável



Fonte: MAGALHÃES, 2021

A discussão sobre a implantação de um modelo de desenvolvimento sustentável cria uma crescente conscientização a respeito dos relevantes impactos que os sistemas humanos impõem aos naturais, além dos seus desequilíbrios e irreversibilidades causados (REIS *et al*, 2012). Desta forma, as ações que visem o desenvolvimento sustentável devem propor, através da proteção e manutenção dos sistemas naturais, a garantia não apenas da satisfação das necessidades e da solução de problemas atuais, porém também da condição para que a vida continue existindo.

Para que estes objetivos sejam alcançados, uma profunda reflexão deve ser realizada a respeito do atual modelo produtivo e da retirada da natureza dos recursos essenciais à vida humana. Neste contexto, a reutilização de produtos que, inicialmente, já cumpriram o papel para o qual foram fabricados, é capaz de minimizar os citados impactos humanos no ambiente natural. Seja tornando-se matéria-prima em seu próprio sistema produtivo, ou seja, para a reutilização em outras áreas para as quais não foram projetados, a reciclagem evita o desperdício de recursos inicialmente despendidos para a fabricação dos materiais.

Assim, segundo Reis *et al* (2012), um modelo que se baseia no respeito à vida através do uso racional de recursos naturais, da reciclagem e da sua justa distribuição dá subsídios para que haja o sonhado equilíbrio entre o ser humano e a natureza.

## **Origem dos contêineres**

A origem dos contêineres está diretamente ligada à busca por padronização e maior velocidade no transporte internacional de mercadorias por vias marítimas.

Antes de sua criação, o processo de transporte de mercadorias era lento e trabalhoso. Ao embalá-las, iniciava-se o processo de transportá-las, por caminhão ou trem, até o porto onde, então, as mercadorias eram colocadas no navio por estivadores, por meio de guas e cintas, de forma adequada ao transporte marítimo. Quando chegavam ao porto de destino, todas as embalagens deviam ser cuidadosamente descarregadas e, novamente, colocadas em caminhões ou trens para a entrega ao destino final. As embalagens deviam ser suficientemente pequenas e resistentes para serem manuseadas nos depósitos/porões dos navios e suportarem todas as etapas do transporte, do início à entrega no destino final.

Segundo David (2018), o advento dos contêineres acelerou o processo de transporte marítimo pois a necessidade de carregar e descarregar as mercadorias várias vezes é substituída pela oportunidade de fazê-la uma única vez, nas instalações do fretador e do cliente, sem cuidados demasiados com a embalagem individual das mercadorias. Além da celeridade, os contêineres também possibilitaram a redução dos custos do transporte de mercadorias e tornaram os navios mais produtivos e eficientes.

Malcom Purcell McLean (Figura 2) é o nome do criador da “caixa metálica” que revolucionou o transporte de mercadorias. Norte-americano, nascido em 1913, foi dono de uma empresa de transporte rodoviário criada nos primeiros anos da década de 1930 – *McLean Trucking Co*. Enquanto realizava entregas, observava as dificuldades e lentidão no transporte e acondicionamento das mercadorias. Assim, para solucionar estas dificuldades e otimizar o processo, em 1937, criou o contêiner, comparando formatos e tamanhos até o ideal.

Figura 2 – Malcom Mclean



Fonte: Wikipedia, 2021.

Em meados do ano de 1955, Mclean vendeu sua empresa de transporte rodoviário e comprou uma companhia de navegação. Em 1956, comprou dois navios-tanque da Segunda Guerra Mundial e os adaptou ao transporte dos contêineres projetados enquanto ainda dono da frota de caminhões. Assim, em 26 de abril de 1956, o navio “Ideal X”, transportou 58 contêineres em seu convés adaptado, marcando o início do exitoso uso dos contêineres para o transporte marítimo de mercadorias.

### **Contêineres: definição, tipos e características**

Antes de qualquer consideração a respeito do uso dos contêineres na construção civil, faz-se necessário conhecermos sua definição e características. De acordo com o Artigo 4º do Decreto nº 80.145, de 15 de agosto de 1977, que dispõe sobre a unitização, movimentação e transporte de mercadorias, temos o que segue:

Art. 4º. O contêiner é um recipiente construído de material resistente, destinado a propiciar o transporte de mercadorias com segurança, inviolabilidade e rapidez, dotado de dispositivos de segurança aduaneira e devendo atender às condições técnicas e de segurança previstas pela legislação nacional e pelas convenções internacionais ratificadas pelo Brasil. (PORTAL DA CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2021)

Ainda de acordo com a mesma legislação, observa-se que o contêiner deve preencher requisitos de segurança e mobilidade, apresentando resistência suficiente para suportar o uso repetitivo e formato que facilite sua movimentação entre diferentes modalidades de transporte. No § 1º do artigo acima transcrito, lê-se que a padronização nacional seguirá o normatizado pela *International Organization for Standardization (ISO)*. No Brasil, segundo a Câmara Brasileira de Contêineres, as normas, baseadas no sistema ISO, que tratam dos contêineres são as seguintes:

- a) NBR ISO nº 668: Contêineres Séries 1 – Classificação, Dimensão e Capacidade;
- b) NBR ISO nº 5945: Dispositivos de Canto – Especificações;
- c) NBR ISO nº 5973: Tipos de Contêineres – Classificação;
- d) NBR ISO nº 5978: Padronização;
- e) NBR ISO nº 5979: Terminologia; e
- f) NBR ISO nº 6346: Códigos, Identificação e Marcação.

Segundo Rangel (2015), o contêiner marítimo é feito de forma a resistir chuva, incêndio e outras intempéries. Ainda segundo a mesma autora, estes são produzidos em

aço tipo “corten”, o que os confere uma resistência à corrosão, em média, 3 vezes maior que o aço comum, por possuir quantidades de cobre e fósforo em sua composição.

Quanto à validade para o mercado náutico, apresentam aproximadamente 8 anos de utilidade; porém, com uma durabilidade que beira os 100 anos, percebe-se que há um período de 92 anos de inutilidade para estes objetos. (RANGEL, 2015). Ademais, o tempo de degradação do aço na natureza é maior que 100 anos, o que reforça a ideia de redirecionar estes objetos para outro fim, evitando o descarte desnecessário.

De acordo com a FAZCOMEX (2017), há 10 principais tipos de contêiner, diferenciados pelo tamanho e emprego no transporte da carga. Além disso, ressalta-se que sua medição é feita em pés, unidade-padrão no Reino Unido, e ainda utilizada nos Estados Unidos e Canadá. Um pé de medida de comprimento (1 ft) corresponde a doze polegadas (12”) que, por sua vez, correspondem a 30,48 cm (2,54 cm por polegada). Os principais tipos de contêineres são: *Dry Box* de 20 pés, *Dry Box* de 40 pés, *High Cube* de 40 pés, *Graneleiro Dry* de 20 pés, *Flat Rack* de 20 e 40 pés, *Tank Container* (Tanque), *Ventilated Container* (Ventilado), *Open Top* de 20 e 40 pés, *Plataforma* de 20 e 40 pés, e *Reefer* (Refrigerado) de 20 e 40 pés.

Dois tipos de contêineres são especialmente utilizados na construção civil, o *Dry* e o *Reefer*, ambos possuindo medidas de 20 e 40 pés. Enquanto o primeiro necessita de maior tratamento pela sua deficiência no isolamento térmico e acústico, o do tipo Refrigerado, mais caro, já apresenta maior isolamento dada a peculiaridade de sua destinação: cargas que requerem temperaturas controladas. (RANGEL, 2015).

## **Habitações sociais: definição e um breve histórico**

É natural a necessidade do ser humano de se ver abrigado em ambiente capaz de oferecer-lhe segurança e conforto suficientes para o seu bem-estar físico e emocional. De acordo com Fernandes (2003), as habitações têm função social, abrigo e vinculando integrantes da comunidade local; função ambiental, adequando-se ao ambiente em que é erigida, com qualidade de espaços e mobilidade interna; e função econômica, conferindo valor ao ambiente urbano e gerando renda.

Como se observa no Art. 6º da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, a moradia é elencada como um direito social de todos os cidadãos brasileiros. Conforme se lê ainda na Carta Magna, são objetivos fundamentais da nação, promover, indistintamente, o bem de todos, reduzir as desigualdades sociais e construir uma sociedade justa e solidária. Todos os cidadãos brasileiros têm obrigação na contribuição dos citados objetivos, porém compete à União, através dos entes de sua Administração Pública, elaborar e executar planos nacionais de desenvolvimento social. Os incisos XX e IX, respectivamente dos Artigos 21 e 23, estabelecem que são competências da União estabelecer programas para o desenvolvimento urbano – promover habitação, saneamento básico e transportes urbanos – e construir moradias, responsabilizando-se, também, pela melhoria das condições habitacionais.

Segundo Abiko (1995), habitação social (ou de interesse social) pode ser entendida como uma moradia destinada à população de baixa renda, sem altos custos em sua produção, projetadas com o intuito de minimizar o déficit de moradia e atender as condições de habitabilidade. Termo originado no extinto Banco Nacional de Habitação (BNH), era utilizado para dar nome aos programas destinados à população de menor renda.

As crises habitacionais no Brasil ocorreram a partir do descompasso entre crescimento populacional e falta de estrutura de serviços públicos/equipamentos coletivos capazes de atender à crescente demanda (BONDUKI, 1998). Segundo Petersen (2019), a partir da década de 1960, com o intensificado crescimento demográfico e o incentivo à produção, os grandes centros urbanos foram destino de relevantes movimentos

migratórios, atraídos também pelos investimentos em infraestrutura, sistemas de transportes e comunicação. Nas décadas seguintes, para solucionar o déficit habitacional criado, é implementada uma política nacional, encabeçada pelo Banco Nacional de Habitação, de construção e venda de moradias dispostas em grandes conjuntos habitacionais de interesse social, localizadas em áreas desprovidas de infraestrutura urbana.

“Déficit Habitacional” é um conceito relacionado à insuficiência no estoque de moradias. Este conceito estende-se à falta de moradias, à existência de moradias sem condições de habitabilidade, à coabitação familiar – mais de uma família residindo na mesma unidade habitacional – e ao equívoco no local de implantação da moradia. Há também o conceito de “Inadequação de Domicílio”, visto pelo reflexo dos problemas causados na qualidade de vida dos moradores, ensejando a necessidade de melhoria das especificidades internas das unidades habitacionais. (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2013).

No Brasil, de acordo com dados da Fundação João Pinheiro (2018), a falta de estoque de moradias populares correspondia, em 2015, a 6,355 milhões de domicílios, dos quais 39% referiam-se à região Sudeste, ou seja, 2,482 milhões. Na tabela (Tabela 1), os dados relativos ao déficit habitacional brasileiro em cada Unidade da Federação são expostos.

Tabela 1 – Déficit Habitacional por situação do domicílio, segundo regiões geográficas e unidades da federação – Brasil – 2015

<b>Especificação</b>	<b>Total</b>	<b>Urbana</b>	<b>Rural</b>
<b>Norte</b>	<b>645.538</b>	<b>504.967</b>	<b>140.570</b>
Roraima	50.924	46.284	4.640
Acre	27.238	19.906	7.332
Amazonas	151.658	134.950	16.707
Roraima	22.101	20.075	2.026
Pará	314.643	217.128	97.515
Amapá	29.248	27.556	1.692
Tocantins	49.726	39.068	10.658
<b>Nordeste</b>	<b>1.971.855</b>	<b>1.442.690</b>	<b>529.165</b>
Maranhão	392.308	172.333	219.975
Piauí	104.215	74.410	29.805
Ceará	302.623	224.740	77.883
Rio Grande do Norte	115.558	97.833	17.724
Paraíba	123.358	109.275	14.083
Pernambuco	285.251	240.811	44.440
Alagoas	96.669	79.829	16.840
Sergipe	90.173	74.829	15.344
Bahia	461.700	368.630	93.071

<b>Sudeste</b>	<b>2.482.855</b>	<b>2.495.907</b>	<b>47.548</b>
Minas Gerais	575.498	540.722	34.776
Espírito Santo	109.535	107.358	2.177
Rio de Janeiro	460.785	459.063	1.721
São Paulo	1.337.037	1.328.164	8.874
<b>Sul</b>	<b>734.114</b>	<b>684.501</b>	<b>49.613</b>
Paraná	290.008	273.179	16.829
Santa Catarina	204.648	190.369	14.279
Rio Grande do Sul	239.458	220.953	18.505
<b>Centro-Oeste</b>	<b>521.381</b>	<b>505.235</b>	<b>16.145</b>
Mato Grosso do Sul	88.054	83.961	4.093
Mato Grosso	90.299	82.863	7.435
Goiás	210.125	206.874	3.251
Distrito Federal	132.903	131.537	1.366
<b>Brasil</b>	<b>6.355.743</b>	<b>5.572.700</b>	<b>783.041</b>

Fonte: Adaptado de Fundação João Pinheiro (FJP), com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2015 realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

Assim, percebe-se que a solução da questão das Necessidades Habitacionais tem caráter quantitativo e qualitativo, no sentido de que não basta a construção/produção de novas unidades habitacionais, mas também adequá-las à estrutura familiar a que se destinam e integrá-las ao ambiente urbano, colaborando para a construção de uma sociedade mais justa e solidária, onde se procura a diminuição das desigualdades sociais e a melhor distribuição das riquezas.

### Viabilidade e histórico do uso do contêiner marítimo na construção civil

Com o curto período de utilidade dos contêineres para o transporte marítimo – 8 anos - e a sua extensa durabilidade – 100 anos, uma quantidade expressiva destes permanece estocada nos diversos portos espalhados pelo mundo. Segundo a FAZCOMEX (2021), em 2012, havia cerca de 20,5 milhões de contêineres pelo mundo; anualmente, há uma estimativa de 5.000 contêineres inutilizados e descartados (OCCHI, 2015), abrindo-se a possibilidade da reutilização em outras áreas. Milaneze (2012) afirma que estas grandes caixas, produzidas em materiais metálicos e não biodegradáveis, tornam-se grande problema ao formarem montanhas de lixo, quando inutilizados, no contexto urbano de cidades portuárias.

De acordo com dados do Ministério de Infraestrutura (2021), há, no Brasil, 36 portos públicos, dentre os quais, 17 são administrados diretamente pelas Companhias Docas, e 19 delegados à administração pública local ou de consórcios públicos (Figura 3). Através de consulta ao Estatístico Aquaviário elaborado pela Gerência de Estatística e Avaliação de Desempenho da Agência Nacional de Transporte Aquaviário-ANTAQ, é possível verificar que, em 2020, foram movimentadas 96,7 milhões de toneladas de cargas em contêineres, destacando-se os seguintes portos públicos: Santos/SP (29,3%), Paranaguá/PR (8,5%), Rio Grande/RS (6,6%), Itajaí/SC (5,1%), Suape/PE (4,7%), Rio de Janeiro/RJ (3,9%), Salvador/BA (3,5%) e Vitória/ES (2,3%). Em unidade relativa à capacidade de um contêiner de 20 pés, este total refere-se à 8,565 milhões de TEU – *Twenty-foot equivalente unit*. Isto posto, percebe-se que há uma grande oferta de



Logo, a fabricação dos contêineres os oferece uma característica autoportante, cujos elementos metálicos, “amarrados” por peças de conexão, solidarizam a transmissão das cargas. Vale ressaltar também a capacidade de pilhagem dos contêineres, possibilitando construções modulares verticais.

Como já citado, dois tipos de contêineres são especialmente utilizados na construção civil, os *Dry* e *Refeer* (Refrigerados), ambos apresentando opções de medida de comprimento de 20 e 40 pés, além de possuírem versão *High Cube*, com altura estendida. Como pode ser visto através da figura captada do site da GoldLogBrazil (2021), os contêineres citados possuem dimensões externas, internas e cubagem características.

Figura 5 – Tipos de Contêineres

Tipo	Medidas Externas (mm)			Medidas Internas (mm)			Altura da Porta (mm)	
	Comp.	Largura	Altura	Comp.	Largura	Altura	Largura	Altura
<b>DRY 20'</b>	6.058	2.438	2.591	5.919	2.340	2.380	2.286	2.278
Cubagem (m3)	33			Pesos (kg)			Utilização	
				Máx.	Tara	Carga	Carga geral não perecível de alta relação peso/volume.	
				24.000	2.800	21.920		
<b>REFRIGERADO 20'</b>	6.058	2.438	2.591	5.498	2.270	2.267	2.270	2.267
Cubagem (m3)	28,3			Pesos (kg)			Utilização	
				Máx.	Tara	Carga	Carga geral que precisa manter sua temperatura controlada para manter sua integridade.	
				25.400	3.040	22.360		
<b>DRY 40'</b>	12.192	2.438	2.591	12.051	2.340	2.380	2.286	2.278
Cubagem (m3)	67,3			Pesos (kg)			Utilização	
				Máx.	Tara	Carga	Carga geral não perecível de média relação peso/volume.	
				30.480	3.550	26.930		
<b>REFRIGERADO 40'</b>	12.192	2.438	2.591	11.192	2.286	2.240	2.286	2.195
Cubagem (m3)	57,3			Pesos (kg)			Utilização	
				Máx.	Tara	Carga	Carga geral que precisa manter sua temperatura controlada para manter sua integridade.	
				30.480	5.200	25.280		
<b>HIGH CUBE 40'</b>	12.192	2.438	2.895	12.056	2.547	2.684	2.538	2.585
Cubagem (m3)	76,2			Pesos (kg)			Utilização	
				Máx.	Tara	Carga	Carga geral não perecível de baixa relação peso/volume.	
				30.480	4.150	26.330		

Fonte: Adaptado de GoldLogBrazil, 2021

Já é bastante difundido, no Brasil, o uso de contêineres nas instalações provisórias de apoio à obra (Figura 6). Sejam com a função de depósitos, almoxarifados, refeitórios, banheiros ou escritórios, sua mobilidade e flexibilidade garantem vantagens preponderantes frente aos tradicionais barracões feitos de madeira.

Figura 6 – Contêiner para canteiros de obras



Fonte: Grupo Vendap, 2021

A partir da apropriação dos ensinamentos do uso dos *contêineres*, as suas vantagens fizeram com que este método excedesse os limites de edificações provisórias. Estabelecimentos comerciais de diferentes segmentos também passaram a valer-se deste novo método construtivo, testando na prática a sua capacidade adaptativa (Figura 7).

Figura 7 – Restaurante em *Contêiner*



Fonte: Restaurante Madero, 2021

De acordo com Nunes e Sobrinho Junior (2017), as primeiras edificações feitas com contêineres datam da década de 1960, quando utilizados como abrigo temporário em guerras. A partir dos anos 2000, surgiram os primeiros projetos utilizando contêineres, considerando conceitos da arquitetura como funcionalidade e estética (CALORY, 2015). Exemplo disso é o *Container City 1* (Figura 8), empreendimento localizado em Londres, projetado totalmente com *contêineres* e edificado em 2001 num prazo de 5 meses. Inicialmente projetado com 12 ambientes de trabalho dispostos em 3 andares, totalizava 446 m<sup>2</sup>; em 2003, foi adicionado 1 andar com 3 unidades, aumentando a área total para 574 m<sup>2</sup>. Anexo ao *Container City 1*, foi construído em 2002 o *Container City 2* (Figura 9), com 22 ambientes dispostos em 5 andares, totalizando 8.208 m<sup>2</sup>.

Figura 8 – *Container City 1*



Fonte: *Container City™*, 2021

Figura 9 – *Container City 2*



Fonte: *Container City™*, 2021

A partir de então, novos projetos mundo afora foram surgindo com o conceito “modular” da reutilização de contêineres, como o Museu Nômade, de Nova Iorque (2005); Alojamentos de Keetwonen, de Amsterdã (2006) e a Cidade Universitária, de Le Havre (2014). No Brasil, o precursor da técnica construtiva da reutilização de contêineres marítimos é o arquiteto Danilo Corbas que, em 2009, desenvolveu o projeto da famosa *Casa Container* da Granja Viana, em Cotia/SP (Figura 10). A casa apresenta estrutura formada por quatro contêineres marítimos tipo *High Cube* de 40 pés, possui área construída de 196 m<sup>2</sup> onde os 3 quartos, salas de estar e jantar, cozinha gourmet, escritório, 3 banheiros, área de serviço, garagem coberta e varanda estão dispostos em 2 pavimentos (ARCHDAILY, 2016).

Figura 10 – *Casa Container* da Granja Viana



Fonte: Plínio Dondon, em Archdaily, 2016

Após este projeto precursor no Brasil, seguiram-se outros utilizando a técnica construtiva de reutilização de contêineres, apesar de ainda pouco conhecida/difundida. Assim, é de grande importância ressaltar os exemplos, benefícios e vantagens desta recente tecnologia alternativa para habitações desenvolvida num cenário de preocupação ambiental onde o principal agente beneficiado é o meio ambiente.

## Projeto

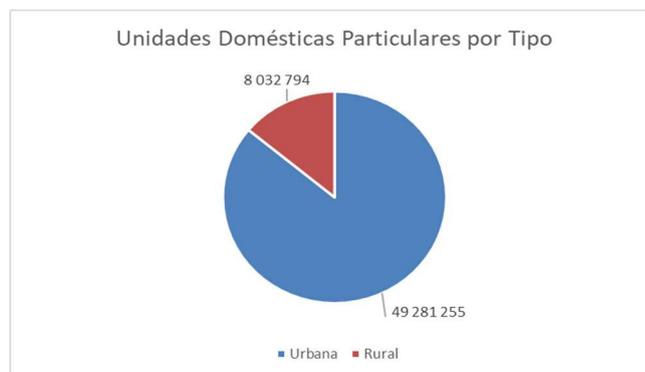
### Análise preliminar

Para evidenciar a viabilidade do uso de contêineres marítimos na indústria da construção civil direcionando-os ao atendimento da demanda popular por residências de baixo custo, elaborou-se um projeto de “casa-tipo” atendendo as especificidades deste nicho de mercado – habitações sociais – e buscando, com qualidade e conforto, oferecer ambientes funcionais e de dimensões satisfatórias.

Para nortear o projeto, é importante conhecermos alguns dados estatísticos que nos permitem enxergar, com maior clareza, a realidade da sociedade brasileira. Desta forma, projeta-se algo funcional, personalizado às características de composição das famílias em solo nacional. Segue-se, então, uma rápida análise estatística com os dados captados no último censo demográfico realizado.

De acordo com o censo realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a maioria dos brasileiros vive em unidades domésticas unifamiliares localizadas em área urbana, como se observa no gráfico 14.

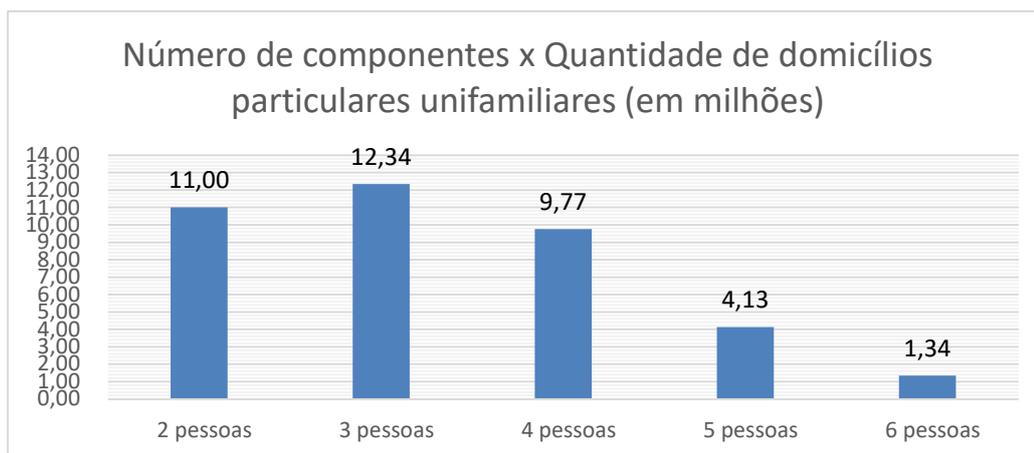
Gráfico 14 – Unidades Particulares Domésticas por Tipo



Fonte: Própria, 2021, com dados do Censo Demográfico 2010 do IBGE

Ainda de acordo com a mesma pesquisa, do total de 39,3 milhões de domicílios urbanos, particulares e unifamiliares, a maioria é formada por 3 componentes (12,3 milhões), seguidas pelos núcleos familiares de 2 (11,0 milhões) e de 4 pessoas (9,7 milhões). No gráfico 15, há os dados mais significativos para a análise deste trabalho, cabendo informar que a pesquisa contém informações que abrangem domicílios unifamiliares ocupados por até “15 pessoas ou mais”.

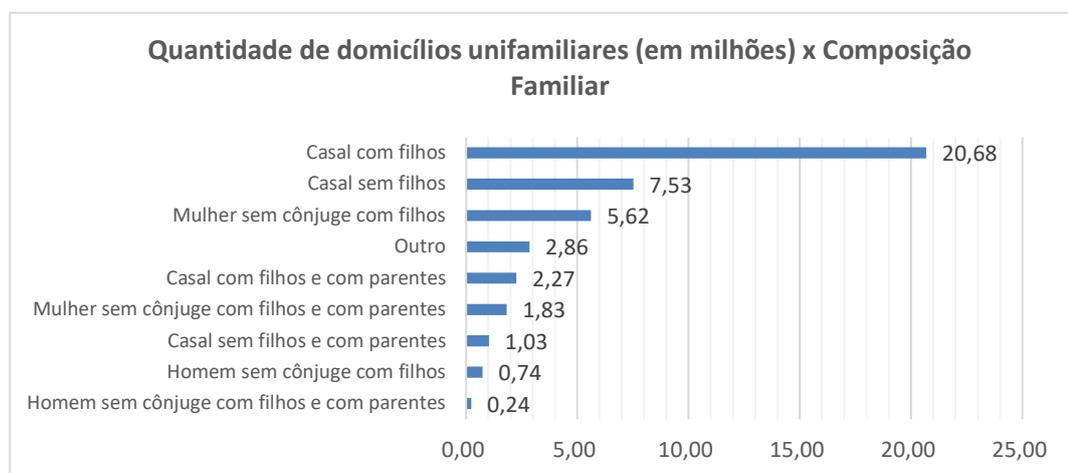
Gráfico 15 - Número de componentes x Quantidade de domicílios unifamiliares (em milhões)



Fonte: Própria, 2021, com dados do Censo Demográfico 2010 do IBGE

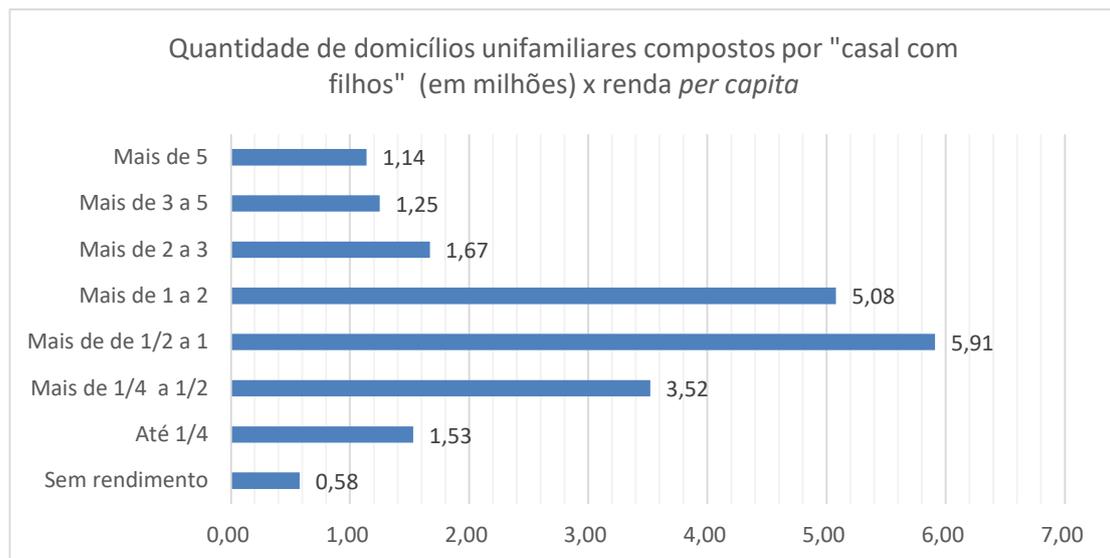
Seguindo a análise da composição familiar, a maioria das famílias residentes em área urbana, num espaço amostral de 42,8 milhões de famílias, é formada por casal com filhos (20,6 milhões) com renda *per capita* de 0,5 a 1 salário mínimo, equivalendo a uma fatia de 28,6% (5,9 milhões de famílias). Destaca-se também o número expressivo de famílias com renda *per capita* de 1 a 2 salários mínimos : 5,07 milhões. Os dados citados são visualizados nos gráficos 16 e 17.

Gráfico 16 – Quantidade de domicílios unifamiliares (em milhões) por Composição Familiar



Fonte: Própria, 2021, com dados do Censo Demográfico 2010 do IBGE

Gráfico 17 – Domicílios unifamiliares de “casal com filhos” (em milhões) por Renda *per capita*



Fonte: Própria, 2021, com dados do Censo Demográfico 2010 do IBGE

Seguindo com a análise dos dados extraídos do censo de 2010, observa-se que, na área urbana, o número de residências construídas em método tradicional, ou seja, alvenaria de tijolos cerâmicos com revestimento, representa esmagadora maioria. De um total de um pouco mais que 49 milhões de domicílios particulares permanentes em área urbana, mais de 41 milhões são construídas em método tradicional. A maioria possui 5 cômodos, entre os quais constam 2 dormitórios. Ainda, destaca-se a quantidade de domicílios alugados, 10,3 milhões, contrastando com mais de 42 milhões de residências “próprias”.

Obviamente, após mais de 10 anos do último censo realizado, os dados necessitam de atualização. Em 2010, a população total brasileira era de 195,7 milhões de pessoas; dados preliminares do censo de 2021 citam mais de 212 milhões de habitantes a serem recenseados. Ainda, em reportagem de Torkania (2020), no site da Agência Brasil, são divulgadas, referentes a 2019, as quantidades de 48,1 milhões de residências “próprias” e 13,3 milhões de residências alugadas.

Interpretando os dados, entende-se que a moradia por aluguel é realidade de grande fatia da população brasileira. Apesar da falta de dados mais atuais, as famílias contemporâneas possuem pequena quantidade de componentes, indicando a construção de moradias que não necessitam de ambientes desnecessariamente dimensionados, em quantidade e medidas. Ademais, os dados de renda *per capita* indicam que a maioria dos brasileiros não possuem condições de comprometer grande fatia de seu rendimento para alcançar o “sonho da casa própria”. Assim, produtos menos custosos, aliados à linhas de financiamento especiais com juros reduzidos, devem facilitar o acesso da expressiva fatia da população à casa própria.

Em relação ao tamanho, há unidades habitacionais com linha de financiamento facilitada pelo Programa do Governo Federal “Minha Casa Minha Vida”, recentemente rebatizado para “Programa Verde e Amarela”, com área privativa de 41 a 45 m<sup>2</sup>. Este é o caso do Bonavittá Condomínio Clube, realizado pela Construtora MRV em Fortaleza/CE. Logo, pretende-se desenvolver um projeto com área privativa aproximada de 56 m<sup>2</sup>, correspondendo à área de 2 contêineres marítimos de 40 pés, cujas dimensões unitárias internas são de 12m x 2,34m.

## Escolha do terreno

O terreno escolhido para o estudo hipotético da implantação do projeto localiza-se à Av. Brasil, no bairro de Manguinhos, cidade do Rio de Janeiro/RJ, próximo ao acesso à Linha Vermelha, à Ponte Rio-Niterói, à Linha Amarela e ao centro da cidade.

O terreno apresenta topografia plana, de grandes dimensões, beneficiando o processo de instalação dos módulos habitacionais com contêineres dadas suas particularidades já citadas. Sua área é de cerca de 30.575 m<sup>2</sup>, cuja propriedade é legalizada, possuindo matrícula emitida em Cartório de Registro de Imóveis em nome da União Federal, o que favorece a destinação da área para a instalação de Programa Social de Habitação. Com o devido levantamento topográfico georreferenciado, solicita-se o desmembramento do terreno em análise e a sua averbação na matrícula maior, abrindo-se novo número de RGI.

Sobre o assunto da administração de imóveis públicos, cabe o breve comentário de que é evidente a dificuldade da Administração Pública em gerir a quantidade de imóveis sob a sua administração, acarretando na falta de destinação de algumas propriedades que, por assemelharem-se à terrenos “baldios” e imóveis “sem dono”, sofrem grande pressão social com recorrentes invasões que acarretam morosos processos judiciais de reintegração de posse.

Ainda sobre o terreno escolhido, este possui localização privilegiada, com a possibilidade de acesso por rua transversal à Av. Brasil, principal via de ligação da cidade do Rio de Janeiro/RJ e com obras em andamento para instalação de corredor dedicado aos veículos do Consórcio BRT – *Bus Rapid Transit*. Além, a área está distante apenas aproximadamente 4 km do Hospital Federal de Bonsucesso, principal ponto de atendimento de saúde da zona norte da capital fluminense. Há fácil escoamento para a região central da cidade e para os bairros alimentados pelas Linhas Amarela e Vermelha. Seguem um croqui da área definida para a implantação hipotética do projeto (Figura 11) e uma tabela com a distância do terreno para pontos de referência (Quadro 1):

Figura 11 – Croqui de localização do terreno



Fonte: Própria, 2021, gerada no *AutoCad* através de ortofoto baixada do site da PMRJ

Quadro 1 – Distância do terreno a pontos de referência

Localização do terreno	Av. Brasil, 2996 - Manguinhos - Rio de Janeiro.RJ
Local	Distância (km)
Linha Vermelha	2,5
Linha Amarela	2,7
Hospital Federal de Bonsucesso	4,3
Ponte Rio-Niterói	4,4
Av. Presidente Vargas	6
Estação Central	6,9
Shopping Nova América	7,2
Av. Rio Branco	8,5

Fonte: Própria, 2021

Além dos tópicos já citados, também pesa favoravelmente a proximidade do terreno com empresas de logística de contêineres marítimos instaladas na região, facilitando e diminuindo os custos com o processo de procura, aquisição e transporte dos módulos.

### Loteamento e taxa de uso do solo

No tocante à subdivisão do terreno para a viabilização do loteamento, deve-se observar o disposto na Lei Complementar nº. 29/2013 que institui a Lei de Parcelamento do Solo Urbano da Cidade do Rio de Janeiro. No §1º do Art. 2º da referida Lei, observa-se que o loteamento deve incluir, obrigatoriamente, a criação de novas vias, e/ou a modificação das existentes para permitir o acesso aos lotes previstos. Ainda, no Art. 21 da mesma Lei, visualiza-se a necessidade da doação, nos casos em que a área total a subdividir em um mesmo projeto for superior a 30.000 m<sup>2</sup>, de, no mínimo, 35% da área loteável. Esta área mínima a ser doada objetiva a instalação de equipamentos públicos, incluindo a abertura de logradouros, dentre a qual 14% devem ser, obrigatoriamente e gratuitamente, cedidas ao Município.

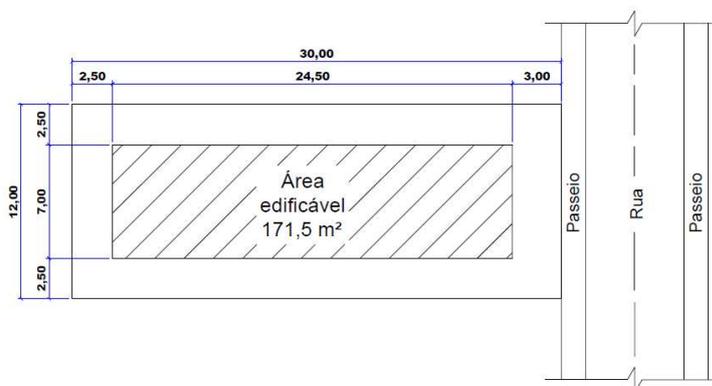
Considerando o terreno proposto, de área superior a 30.000 m<sup>2</sup> (30.575 m<sup>2</sup>), entende-se que 10.701,25 m<sup>2</sup> (35%) ficam indisponíveis para a subdivisão, restando 19.873,75 m<sup>2</sup> para a criação dos lotes.

Sobre o planejamento do tamanho mínimo dos lotes, deve-se realizar um estudo dos afastamentos previstos em legislação específica, associados às dimensões do projeto proposto. Conforme o Art. 4º do Código de Obras e Edificações Simplificado do Município do Rio de Janeiro – COES, assentado pela Lei Complementar nº 198, de 14 de janeiro de 2019, observa-se que os afastamentos lateral e de fundos não podem ser inferiores a 2,50 m. Assim, somando-se os dois recuos laterais mínimos previstos à largura total do projeto, tem-se uma testada mínima de 12,00 m, classificando o lote como de “5ª categoria”, de acordo com o Art. 12 da Lei de Parcelamento do Solo, e impondo-lhe a profundidade de 30 m para alcançar a prevista área mínima de 360 m<sup>2</sup>.

O terreno está localizado na zona AP3, conforme a Lei Complementar nº 57/2018 que versa sobre o Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Rio de Janeiro. Pela sua posição na citada zona, a área é classificada como Zona de Uso Misto (ZUM), onde diferentes usos podem ocorrer, sem predominância, incluindo o residencial. O Art. 18 desta Lei estabelece que a “Superfície Livre Mínima” prevista para a drenagem natural das águas de chuva seja de 10% nos terrenos aí localizados. Estabelece ainda o afastamento frontal mínimo de 3 m,

taxa de ocupação máxima do solo de 70% e lote mínimo de 360 m<sup>2</sup>, como já corroborado no Código de Obras. Segue figura (Figura 12) com as medidas dos afastamentos e tamanho de lote compatível com o projeto:

Figura 12 – Tamanho do lote e afastamentos



Fonte: Própria, 2021

## Levantamento topográfico

Seguindo as mesmas etapas iniciais do processo construtivo em método tradicional, é necessária a realização de levantamento topográfico para o estudo arquitetônico e a alocação dos furos de sondagem.

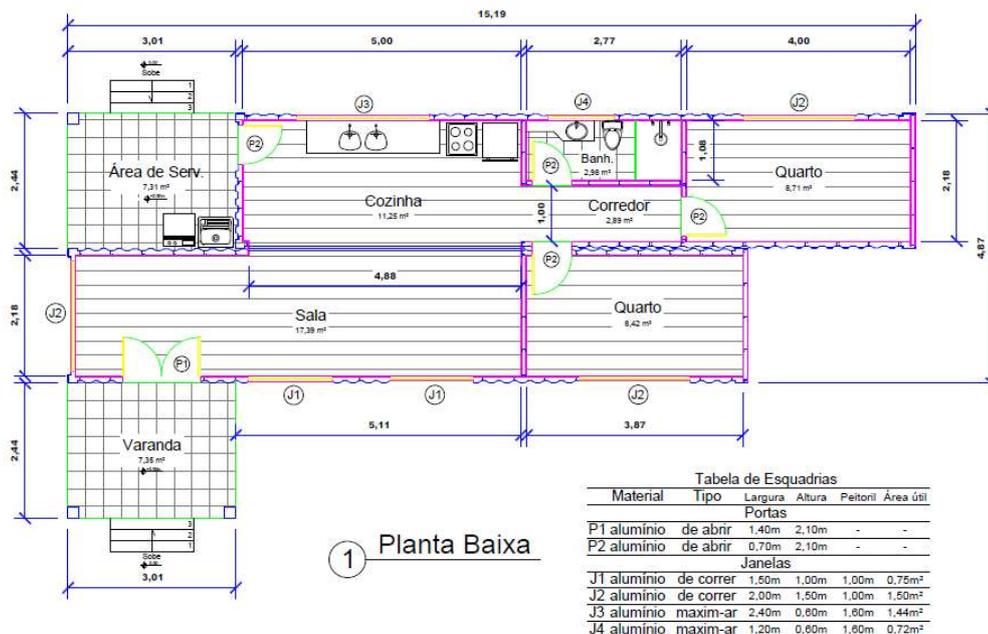
Para efeito de referência, consultando empresa de topografia atuante no mercado, Relevante Topografia e Projetos, que, ao considerar a área total e o local do terreno, orçou o serviço em R\$ 7.500 (sete mil e quinhentos reais), realizando o levantamento cadastral planialtimétrico, com geração de planta topográfica e modelo digital 3D do terreno.

## Desenvolvimento do projeto arquitetônico

Para a concepção do projeto de arquitetura, utilizaram-se dois contêineres do tipo *High Cube 40'*, de dimensões internas iguais a 12,056 m x 2,347 m x 2,684 m (comprimento x largura x altura). Os fechamentos laterais, de topo e da extremidade oposta à porta são realizados com chapas metálicas trapezoidais, com espessuras que variam entre 1,6 mm e 2,0 mm, cujas corrugações são responsáveis pela diferença de dimensões internas e externas (FRANÇA JUNIOR, 2017).

Para a realização dos fechamentos internos, inclusive teto, optou-se pelas chapas de gesso acartonado ou *drywall*, montados em perfis metálicos que funcionam como guias e montantes onde as placas são fixadas. Logo, para as medidas internas, ainda devem ser descontados o espaço entre as chapas laterais e os montantes, a dimensão dos perfis e a espessura das placas. Segue a planta baixa do projeto arquitetônico proposto, desenvolvido no *AutoCad* (Figura 13):

Figura 13 – Projeto arquitetônico proposto



1 Planta Baixa

Fonte: Própria, 2021

Visando a adequação dos contêineres, foram retiradas as portas de ambos, mantendo-se os componentes da estrutura que as envolve, a saber, as duas colunas de canto, a verga e a contra-verga, componentes ligados por cada um dos quatro conectores que dão estabilidade a este quadro estrutural. Propôs-se o fechamento desta “face” do contêiner, internamente, com placas de gesso acartonado e, externamente, através de placas cimentícias, fixadas em moldura de aço leve – *light steel frame*.

### Aquisição e transporte dos contêineres

A aquisição dos contêineres marítimos, geralmente realizada em terminais intermodais ou locais próximos, envolve cuidados específicos. A condição de sua estrutura e o histórico de produtos nele transportados no período destinado à movimentação de cargas influenciam na escolha para a aquisição (FRANÇA JUNIOR, 2017). É necessário também que o contêiner esteja “regularizado”, ou seja, nacionalizado, transferindo a titularidade de um produto importado ao seu último comprador. Como última etapa antes da aquisição, a inspeção visual é de suma importância, pois permite a verificação de possíveis amassamentos das chapas metálicas, das condições de vedação das borrachas das portas, do estado dos elementos de estrutura e do piso em compensado naval, com especial atenção aos pontos onde há oxidação; este cuidado visa atestar as viabilidades técnica e financeira na readequação do contentor às características do projeto, antevendo etapas serviços e/ou influenciando na escolha por outro em melhor estado. Vale a nota de que é possível solicitar o “rebatimento” dos contêineres ao adquirí-los, o que significa, por um custo adicional, desamassar as chapas do fechamento lateral e melhorar sua condição de uso para habitação.

Em relação ao transporte, a distância percorrida entre o local de retirada e o de entrega impacta no seu custo. O uso do transporte rodoviário é a solução viável para o caso do projeto proposto, no qual é usada carreta porta-contêiner, com dimensões suficientes para a acomodação do contentor de 12m de comprimento.

## Laudo de habitabilidade

Logo após a aquisição dos contêineres, é preciso a emissão do laudo de habitabilidade de cada um. A Norma Regulamentadora nº 18 – Segurança e Saúde no Trabalho na indústria da Construção – prevê a obrigatoriedade da emissão de laudo que ateste as condições de habitabilidade dos contêineres, verificando a ausência de riscos e a segurança pelas adaptações realizadas. Ainda, em atenção à ABNT NBR 13.752/1996 – Perícias de engenharia na construção civil, é necessária a emissão de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) pelo profissional habilitado e responsável pela realização da vistoria e emissão do laudo. O custo de cada laudo, verificado junto às empresas que prestam o serviço, é encontrado em item subsequente.

## Sondagem

Considera-se a obrigatoriedade do conhecimento da capacidade de carga do terreno antes da instalação do projeto. Assim, tendo como referência o conhecido ensaio de sondagem à percussão SPT, de acordo com a ABNT NBR 8036/1993: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios, o número mínimo de furos, baseado na área projetada em planta do edifício projetado, é de 1 para cada 200 m<sup>2</sup>, até 1.200 m<sup>2</sup> de área; entre 1.200 m<sup>2</sup> e 2.400 m<sup>2</sup>, deve-se realizar uma sondagem para cada 400 m<sup>2</sup>; ainda, acima de 2.400 m<sup>2</sup>, o número de sondagens fica estabelecido com plano particular de construção. Preliminarmente, estimando-se uma área coberta de 60 m<sup>2</sup>, estando esta abaixo da área mínima de 200 m<sup>2</sup>, a citada Norma prevê, para este caso, a realização de 2 furos de sondagem.

## Fundações

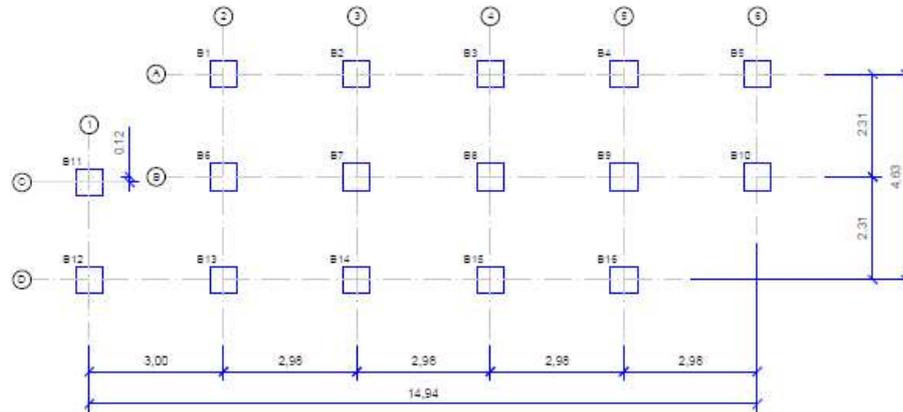
Após as etapas de conhecimento do terreno, tanto quanto à sua topografia e características de capacidade de carga, e de atendimento às necessidades do público a que se destina por intermédio da elaboração do projeto arquitetônico, parte-se para a construção dos elementos de fundação.

Para a consecução do projeto, optou-se pela execução da fundação por meio de elementos superficiais. A escolha se apoia na já citada simplificação das fundações permitida pela capacidade de autossustentação dos contêineres. Por intermédio da sugestão pelo uso de blocos de fundação, procura-se elevar os contêineres em relação ao nível do solo para a facilitação da aplicação e futuras manutenções das instalações hidrossanitárias; caso fossem embutidas em fundação do tipo *radier*, as manutenções ou mudanças de projeto necessitariam da desmontagem do contêiner e da demolição de parte do elemento de fundação. Destaca-se a necessidade de instalação de dispositivos de ancoragem do contêiner ao elemento de fundação, através da soldagem de chapas metálicas ou barras rosqueadas chumbadas no concreto do bloco.

Com os dados de capacidade de carga do solo percebidos na etapa de sondagem, da resistência à compressão do concreto (*fck*) utilizado na confecção dos elementos de fundação, e da carga aplicada em cada bloco simplificada entendida como o peso de cada contêiner distribuído nas vigas inferiores e por estas descarregada, é possível dimensioná-los.

Na figura abaixo (Figura 14), tem-se o posicionamento proposto para cada bloco:

Figura 14 – Posicionamento dos blocos



Fonte: Própria, 2021

### Adequação dos contêineres ao projeto

Como se observa, propõe-se uma casa térrea com dois contêineres *high cube* 40'. Destaca-se a criação de duas plataformas elevadas, nas entradas da residência, uma vez que há a necessidade dos contêineres serem instalados de maneira suspensa, viabilizando espaço sob os mesmos onde são colocadas as instalações hidrossanitárias, permitindo ainda a permeabilidade do solo sob os contentores e a importante ventilação que inibe os problemas ocasionados pela umidade. No projeto proposto, os contêineres estão dispostos 40 cm sobre o nível do solo, onde se recomenda, na superfície de projeção abaixo dos contêineres, a instalação de uma camada de brita.

### Cortes e esquadrias

Para a adequação dos contêineres, foi necessário, além do corte dos fechamentos/chapas metálicas laterais para a abertura dos vãos das esquadrias, um corte de 4,88 m de comprimento em ambos, permitindo a criação de um espaço que os liga. Em virtude desta abertura lateral nos contêineres, as vigas laterais inferiores ficam expostas ao piso interno, cabendo a colocação e soldagem, entre estas, de uma chapa metálica em espessura capaz de uni-las, além do acabamento com massa plástica e pintura esmalte antiferrugem.

Em relação às esquadrias, procurou-se proporcionar ventilação adequada com o posicionamento cruzado das aberturas, além do atendimento às áreas mínimas de iluminação e ventilação, conforme estabelecido na Lei Complementar nº 198, de 14 de janeiro de 2019, que institui o Código de Obras e Edificações do Município do Rio de Janeiro – COES. Na Tabela 2, verifica-se que as áreas mínimas de ventilação previstas foram atendidas em cada ambiente.

Tabela 2 – Área mínima de vãos por ambiente

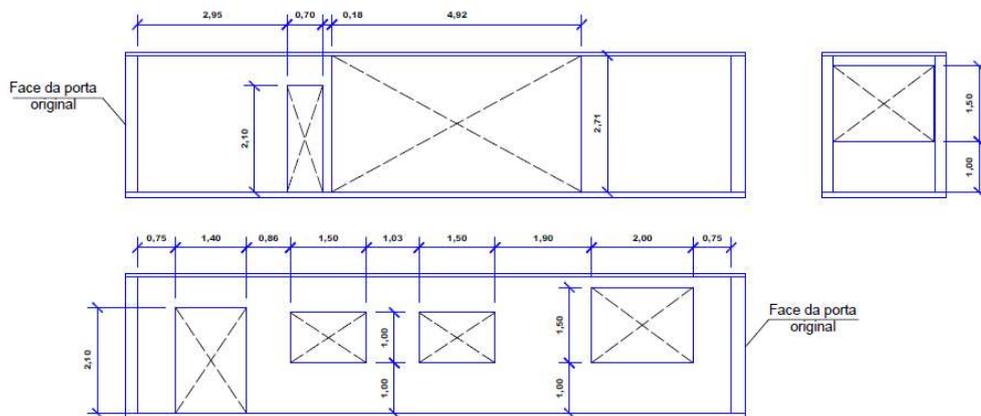
Cômodo	Área Total (m <sup>2</sup> )	Área mínima de ventilação - COES (m <sup>2</sup> )		Área útil de ventilação (m <sup>2</sup> )	Atende o previsto?
Sala	17,39	12,50%	2,17375	3,00	Sim
Quarto 01	8,42	12,50%	1,0525	1,50	Sim
Quarto 02	8,71	12,50%	1,08875	1,50	Sim

Cozinha	11,25	10,00%	1,125	1,44	Sim
Banheiro	2,98	10,00%	0,298	0,72	Sim

Fonte: Própria, 2021

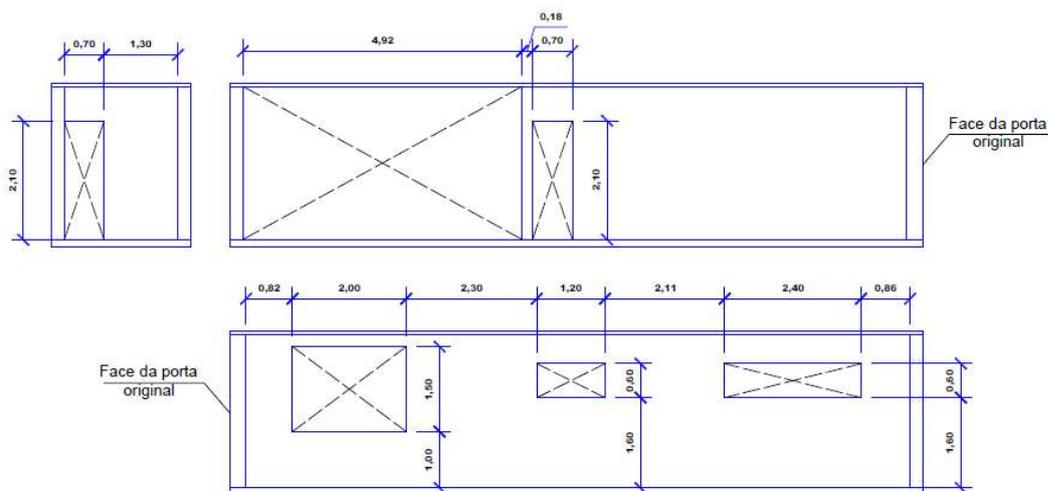
A realização dos cortes para a abertura dos vãos é executada por profissional especializado – serralheiro – que, com o desenho específico onde constam as posições e tamanhos dos vãos, realiza as aberturas e solda os quadros para a posterior instalação das esquadrias. Na prática, é bom que os quadros sejam fabricados anteriormente aos cortes das chapas, permitindo a conferência das dimensões previstas em projeto e utilizando-os diretamente para a marcação precisa das aberturas. Após a abertura dos vãos, é recomendado que os quadros sejam soldados internamente aos contêineres, embutindo as soldas no fechamento interno, em *drywall*, e protegendo-as. As figuras seguintes (Figuras 15 e 16) permitem a visualização dos cortes previstos no projeto, servindo de indicação ao serralheiro nesta importante etapa pois erros tendem a ser irreversíveis:

Figura 15 – Cortes do Contêiner 1



Fonte: Própria, 2021

Figura 16 – Cortes do Contêiner 2



Fonte: Própria, 2021

## Piso

Quanto ao piso, sugere-se a utilização do compensado naval já existente nos contêineres do tipo *Dry*, para a sala, a cozinha e os quartos. De acordo com Malaquias (2018), o seu uso requer tratamento higiênico e estético; portanto, carece de lixamento para a limpeza e conformação da madeira, além da aplicação de camada de proteção, com seladora e verniz ou apenas “stain”. Este último, diferente do verniz, não cria película protetora sobre a madeira; conforme descrição do produto em sites especializados de venda de materiais de construção, verifica-se que este produto é absorvido pela madeira, protegendo-a de dentro para fora, realçando os seus veios e proporcionando proteção contra fungos, insetos e umidade.

No banheiro, projetou-se a instalação de revestimento cerâmico, tanto nas paredes quanto no piso; neste, é assentado sobre o compensado naval com argamassa de “piso sobre piso”, destacando-se a execução do importante caimento para o direcionamento da água de lavagem e da ducha ao ralo.

## Fechamento interno e isolamento térmico/acústico

Como já apontando anteriormente, propõem-se fechamentos internos em *drywall*, montados em elementos de estrutura de aço galvanizado identificados como montantes e guias. Realizando consulta ao catálogo de produtos da empresa Knauf (2018), verifica-se que, para sistemas de paredes revestidos em *drywall*, a largura mínima das guias e montantes é de 48 mm; já para o teto, os perfis possuem largura de 47 mm. É importante manter espaço livre entre os elementos da estrutura do gesso acartonado e as chapas metálicas do contêiner, evitando que o desempenho do fechamento interno seja comprometido, com o aparecimento de aberturas e fissuras, dado o comportamento das chapas do contêiner expostas às intempéries (expansão e contração do metal). A distância entre os montantes fica condicionada ao tamanho das placas, sugerindo que estejam dispostas de 60 em 60 cm.

Em relação às placas de gesso acartonado, sugere-se o uso das de “uso geral” ou “*standard*” em todo o projeto, com exceção feita às paredes do banheiro e a da cozinha onde está instalada a janela identificada na tabela das esquadrias como “J3”; nestas, recomenda-se a aplicação de chapas “RU”, resistentes à umidade, compostas por elementos hidrofugantes e facilitadores da colagem de revestimentos cerâmicos para maior proteção das paredes. Ambas têm dimensões de 1800 x 1200 x 12,5 mm (altura x largura x espessura), com fixação aos montantes realizada por parafusos e juntas entre placas tratadas com fita e massa específicas.

Para o tratamento térmico e acústico, projeta-se a instalação de placas de lã mineral, com alta performance no isolamento e na “não propagação” de fogo. Entre as opções encontradas no mercado da construção civil, utilizou-se como referência as placas de lã de rocha com dimensões de 1200 x 600 x 50 mm, densidade de 32 kg/m<sup>3</sup>, usualmente comercializadas em embalagens com 6 placas.

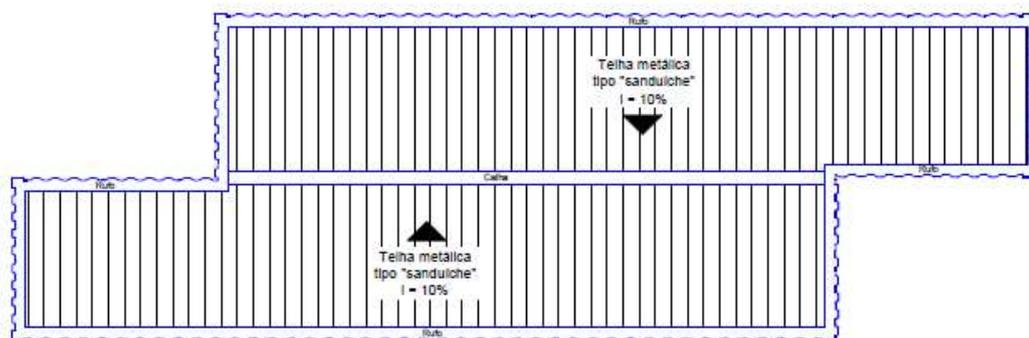
## Cobertura

Apesar do contêiner já ser fabricado de maneira a não permitir o “empoçamento” da água de chuvas em sua cobertura, recomenda-se a instalação de telhado para, além de prover maior proteção à umidade com o obstáculo por ele criado, auxiliar na quebra de propagação de calor por radiação e condução para o interior da residência.

Desse modo, foi idealizado um modelo que reutilizasse as sobras das chapas metálicas, cortadas dos contêineres na abertura dos vãos de esquadrias, para a criação de

uma platibanda que contornasse todo o perímetro da construção e embutisse um telhado feito de telhas em metal, tipo “sanduíche”, apoiadas em terças sobre treliças metálicas. A abertura dos vãos proporcionam, aproximadamente, 48 m<sup>2</sup> de chapas recortadas, permitindo a criação de uma platibanda de 50 cm em todo o perímetro, embutindo, com sobra, a estrutura do telhado cujas telhas possuem inclinação de 10%. A platibanda de chapas cortadas é soldada na lateral dos contêineres, e sobre elas é previsto a colocação de um rufo também de metal, direcionando a água para as telhas. Segue a representação da planta de cobertura (Figura 17):

Figura 17 – Planta de cobertura



Fonte: Própria, 2021

## Pintura

Preliminarmente, realiza-se uma análise externa dos pontos de ferrugem apresentados pelo contêiner. Antes da pintura externa, todos os pontos com ferrugem são esmerilhados e tratados com zarcão, recebendo proteção contra a umidade. Caso necessário, utiliza-se também massa automotiva para a regularização da superfície tratada.

Após esta etapa, projeta-se o uso de tinta esmalte com dupla função, ou seja, produto que proporciona fundo e acabamento, dispensando o fundo em zarcão, aplicada em toda a chapa lateral previamente lixada. Recomenda-se a pintura com pistola pulverizadora, o que permite melhor dispersão da tinta, prevendo de 2 a 3 demãos para o acabamento final.

Internamente, as placas de gesso recebem fina camada de massa corrida, quando necessário, para regularização da superfície quanto às imperfeições que seriam realçadas após a pintura. A massa após lixada, recebe o acabamento em pintura que se deseja, projetando-se o uso de tinta látex em toda a área interna, inclusive tetos e exclusive paredes com revestimento cerâmico. Para o estudo do projeto proposto, imaginou-se o *drywall* bem executado, especialmente as juntas entre as placas, desconsiderando o uso generalizado da massa corrida (apenas em poucos pontos de imperfeição) e prevendo a aplicação, antes da tinta, do fundo preparador que fecha os poros do gesso e amplia o rendimento da tinta.

## CONCLUSÃO

Por intermédio das pesquisas realizadas, específica e geral, procurou-se verificar o nível de conhecimento e aceitação do método. Na pesquisa específica, onde os profissionais da arquitetura e engenharia civil participaram com mais relevância, observou-se que a reutilização de contentores marítimos já é considerada pela maioria dos profissionais como alternativa viável à construção civil, com possibilidade da canalização à demanda por habitações sociais, cujo aspecto identificado como mais favorável à sua

escolha foi o de proporcionar agilidade na construção. Destaca-se que as alternativas relacionadas às questões ambientais (reuso de insumos e menor geração de resíduos) ocuparam a segunda e terceira colocações neste quesito, indicando uma preocupação presente entre os profissionais da construção em desenvolver um produto com responsabilidade ambiental. A preocupação com o uso de mão-de-obra especializada e as questões relacionadas ao transporte e manuseio dos contentores figuraram como os aspectos mais desfavoráveis à opção pelo método, destacando a significativa preocupação com o tratamento, totalmente possível e eficiente, do contêiner quanto ao seu conforto térmico e acústico. Para a maioria dos participantes, ainda falta divulgação do método, o que tende a explicar os baixos percentuais dos que já atuaram em projetos que façam uso do método, amplificando a importância da geração de trabalhos acadêmicos que tratem sobre o tema.

Na pesquisa geral, percebeu-se que o método construtivo de “alvenaria convencional” é identificado como o mais difundido e praticado, com o aspecto relacionado ao custo como o mais impactante na escolha de um método construtivo. Aí, percebeu-se que a preocupação com o conceito de sustentabilidade ocupa um papel “secundário”, uma vez que o custo tem grande destaque e peso na escolha do consumidor/cliente. Nas questões seguintes foi possível perceber que a reutilização de contentores, também para o público alvo desta pesquisa, é identificado como alternativa à construção de residências, apesar do pequeno percentual identificado de pessoas que residam em casa projetada com contêineres. Vale o destaque que 55% dos participantes responderam à última pergunta desta pesquisa indicando que residiriam em uma casa-contêiner, permitindo a interpretação de que os benefícios deste método, mesmo que ainda não tão difundidos, passam a fazê-lo competir com o método tradicional.

Quanto à possibilidade de uso da técnica, atestou-se, pelas referências e exemplos descritos, de que é possível utilizar os contêineres marítimos na construção de residências, especialmente as de apelo social, após as readequações estética e funcional necessárias. Apesar de já existir histórico de seu uso na construção civil, este método cria um produto que ainda pode ser entendido como uma inovação arquitetônica, cabendo ao projetista usar de criatividade para gerar edificações modulares. As etapas construtivas relativas ao método foram conhecidas e realçadas as suas particularidades, destacando suas vantagens e desvantagens frente ao método tradicional.

Quanto à sua viabilidade, assim como os demais métodos, necessário é entender o cenário em que está inserido o projeto. Há condicionantes que limitam o uso da técnica e a sua viabilidade fica atrelada ao bom entendimento destes e às vantagens apresentadas frente aos outros métodos. Considerando o projeto proposto, a técnica de reutilização de contêineres demonstrou ser viável à construção de residências sociais e, além do atendimento ao requisito técnico, preencheu também os requisitos financeiro e ambiental, proporcionando alguma economia comparada ao método tradicional e incorporando o cuidado com o reuso de insumos e pouca geração de resíduos e consumo de água. Ademais, vale a nota de que, ainda que não fosse possível nenhuma economia com o método, a natureza ainda sairia vencedora pois o reuso de contêineres marítimos prova-se uma alternativa sustentável. Igualmente, destaca-se positivamente a agilidade nas etapas de readequação do contêiner, o que permite a oferta da edificação em prazo mais curto e sem o aumento da probabilidade de intercorrências advindas do tempo de construção.

Não foi possível aprofundar conhecimento em assuntos de grande interesse que orbitam o tema, como o uso de contêineres para piscinas, sistemas de captação de água e resfriamento das chapas, estudo das solicitações em cada elemento da estrutura do contêiner etc. Estas lacunas motivam a criação de futuros trabalhos acadêmicos, paulatinamente colaborando para a difusão do tema e sua aceitação.

Por último, realça-se a alternativa que o método construtivo de reutilização de contêineres marítimos pretende ser à demanda por habitações sociais. Percebeu-se que é possível, ainda que num país com diferentes condições climáticas, proporcionar habitação confortável e de tamanho e custo proporcionais à parcela da população beneficiada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, Breno Cabral Pinheiro. **Estudo do Uso de Containers para a Construção de Edificações Comerciais: Estudo de Caso em Construção de Escola de Educação Básica**. Trabalho de Conclusão do Curso superior em Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro, p. 90. 2018.

ABIKO, Alex Kenya. **Introdução à Gestão Habitacional**. São Paulo, SP: EPUSP, 1995.

AMORIM, Luciana Viana *et al.* **Reciclagem de rejeitos da construção civil para uso em argamassas de baixo custo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande/PB, Volume 3, Número 2, p. 222-228, 1999.

ANTAQ. **Estatístico Aquaviário**. Disponível em <<http://web.antaq.gov.br/anuario/>>. Acesso em: 16 de janeiro de 2021.

ARCHDAILY. **Casa Container Granja Viana / Container Box**. Disponível em: <[https://www.archdaily.com.br/br/800283/casa-container-granja-viana-container-box?ad\\_medium=widget&ad\\_name=navigation-prev](https://www.archdaily.com.br/br/800283/casa-container-granja-viana-container-box?ad_medium=widget&ad_name=navigation-prev)>. Acesso em: 18 de janeiro de 2021.

ARCHDAILY. **Casa Container / José Schreiber Arquitecto**. Disponível em <[https://www.archdaily.com.br/br/767378/casa-container-jose-schreiber-arquitecto?ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com.br/br/767378/casa-container-jose-schreiber-arquitecto?ad_source=search&ad_medium=search_result_all)>. Acesso em 17 de maio de 2021.

BARBOSA, Gabryella de Oliveira *et al.* **Container na construção civil: Rapidez, eficiência e sustentabilidade na execução da obra**. Revista Cadernos de Graduação, Alagoas, Volume 4, Número 2, p. 101-110, 2017.

BONDUKI, Nabil. **Origens da habitação social no Brasil**. São Paulo, SP: Estação Liberdade, 1998.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil (1988)**. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: O que é – O que não é**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

CALORY, Sara Queren Carrazedo. **Estudo de uso de contêineres em edificações no Brasil**. Trabalho de Conclusão do Curso superior em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, p. 55. 2015.

CÂMARA BRASILEIRA DE CONTÊINERES. Disponível em: <<http://cbcccontainer.org.br/normas/>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2021.

COMPASS. **Contêiner habitável precisa de fundação?** Disponível em <<https://www.compass.com.br/blog/container-habitavel-precisa-de-fundacao>>. Acesso em: 17 de maio de 2021.

CONTAINER CITY. **Container City 1**. Disponível em: <<http://www.containercity.com/container-city-1>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2021.

- CONTAINER CITY. **Container City 2**. Disponível em: <<http://www.containercity.com/container-city-2>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2021.
- CARVALHO, Daniele. **Portos brasileiros têm 5 mil contêineres abandonados**. Disponível em <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,portos-brasileiros-tem-5-mil-containers-abandonados,405796>>. Acesso em: 26 de março de 2021.
- DAVID, Pierre A. **Logística Internacional – Gestão de operações de comércio internacional**. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2018.
- DOMINGOS, Bruno Eduardo Mazzeto. **Métodos para o Conforto Térmico e Acústico em Habitações de Contêineres**. Monografia apresentada ao curso de especialização em projeto arquitetônico da Universidade de Estadual de Londrina. Londrina, p. 74. 2014.
- ENGENHEIRO NA WEB. **11 vantagens e 7 desvantagens de construir com containers**. Disponível em <<https://engenheironaweb.com/2017/07/29/11-vantagens-e-7-desvantagens-de-construir-com-containers/amp/>>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2021.
- FAZCOMEX. **Conhecendo os tipos de Contêineres**. Disponível em <<https://www.fazcomex.com.br/blog/conheca-os-tipos-de-container/>>. Acesso em: 09 de janeiro de 2021.
- FAZCOMEX. **A história do Container**. Disponível em <<https://www.fazcomex.com.br/blog/a-historia-do-container/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2021.
- FERNANDES, Marlene. **Agenda Habitat para Municípios**. Rio de Janeiro, RJ: IBAM, 2003.
- FIORENTINI, Matheus Dellalo *et al.* **Análise de viabilidade de construção de moradias em contêineres**. Artigo apresentado no X Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Maringá, p. 12. 2020.
- FRANÇA JUNIOR, Adelmo Magalhães de. **Análise estrutural de contêineres marítimos utilizados em edificações**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, p. 156. 2017.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil 2015**. Belo Horizonte, MG: FJP, 2018.
- GRUPO VENDAP. **Soluções para Construção Civil**. Disponível em <<https://www.grupovendap.com.br/construcao-civil.php>>. Acesso em: 16 de maio de 2021.
- GOLDLOGBRAZIL. **Tipos de Containers**. Disponível em <<http://www.goldlogbrazil.com/informacoes-gerais/tipos-de-containers/>>. Acesso em: 17 de janeiro de 2021.
- IBGE. **Censo Demográfico – Séries históricas**. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/condicoes-de-vida-desigualdade-e-pobreza/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9675&t=series-historicas>>. Acesso em: 26 de março de 2021.
- IBGE. **Números do Censo 2010**. Disponível em <<https://censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2021.
- IBGE. **Números do Censo 2021**. Disponível em <<https://censo2021.ibge.gov.br>>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2021.

INHABITAT. *Utah's Sarah House Project Transforms Shipping Containers into Affordable Homes*. Disponível em < <https://inhabitat.com/utahs-sarah-house-project-transforms-shipping-containers-into-affordable-homes/>>. Acesso em: 17 de maio de 2021.

JATOBÁ, Ivana. **Construções com container**. Disponível em < <https://www.universojatoba.com.br/sustentabilidade/consumo-consciente/construcoes-com-container>>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2021.

JC DECOR. **Cortiça Placas e Rolos**. Disponível em < [https://www.jcdecor.com.br/cortiça?gclid=CjwKCAjwqliFBhAHEiwANg9szps2CEGtL7xOcc2sjgvVcDivWog4\\_CHBSxA0-g-cP1H0UdzogVXZ2hoCJ5wQAvD\\_BwE](https://www.jcdecor.com.br/cortiça?gclid=CjwKCAjwqliFBhAHEiwANg9szps2CEGtL7xOcc2sjgvVcDivWog4_CHBSxA0-g-cP1H0UdzogVXZ2hoCJ5wQAvD_BwE)>. Acesso em: 17 de maio de 2021.

KEEDI, Samir. **McLean e o Contêiner – a reinvenção da roda**. Disponível em: <<https://dcomercio.com.br/categoria/opiniao/mclean-e-o-conteiner-a-reinvencao-da-roda>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2021.

KNAUF. **Perfis Knauf**. Disponível em: <<https://knauf-assets-s3.amazonaws.com/uploads/2018/11/Ficha-T%C3%A9cnica-Knauf-Perfis.pdf>>. Acesso em: 18 de abril de 2021.

LOC MEC. **Aluguel de empilhadeira**. Disponível em <<http://www.locmec.com.br/empilhadeiras/empilhadeiras/empilhadeira-a-diesel/busco-por-empilhadeira-para-container-vila-rica>>. Acesso em: 16 de maio de 2021.

LUIZ GIANESINI. **Porto Container**. Disponível em < <http://luizgianesinientrevista.blogspot.com/2019/06/o-entrevistado-destasemana-e-o.html>>. Acesso em: 17 de maio de 2021.

MAGALHÃES, Lana. **Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em <<https://www.todamateria.com.br/desenvolvimento-sustentavel/>>. Acesso em: 07 de março de 2021.

MALAQUIAS, José Luiz Felipe. **Containers na construção civil: uma alternativa viável frente ao método convencional**. Trabalho de Conclusão do Curso superior em Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba - UFPB. João Pessoa, p.69. 2018.

MARSHIPPING. **Logística e Transportes**. Disponível em <<https://www.marshipping.com.br/?p=303>>. Acesso em: 16 de maio de 2021.

MENDES, Elaine. **Velocidade do Som**. Disponível em: <<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/velocidade-do-som>>. Acesso em: 31 de janeiro de 2021.

MILANEZE, Giovana Leticia Schindler Milaneze *et al.* **A utilização de containers como alternativa de habitação social no município de Criciúma/SC**. 1º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT – Sul. 2012.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Sistema Portuário Nacional**. Disponível em <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-aquaviario/sistema-portuario>>. Acesso em: 16 de janeiro de 2021.

MIRANDA CONTAINER. Disponível em: <<http://mirandacontainer.com.br/blog/>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2021.

MOTTA, Jessica Campos Soares Silva *et al.* **Tijolo de Solo-Cimento: Análise das Características Físicas e Viabilidade Econômica de Técnicas Construtivas Sustentáveis**. Revista e-xacta, Belo Horizonte/MG, Volume 7, Número 1, p. 13-26, 2014.

MY CONTAINER HOME. **Isolamento Térmico.** Disponível em <<http://mycontainerhome.blogspot.com/2014/07/isolamento-termico.html>>. Acesso em: 17 de maio de 2021.

NUNES, Matheus de Araújo; SOBRINHO JUNIOR, Antônio da Silva. **Utilização de Contêineres na Construção Civil: Estudos de Caso.** Revista Campo do Saber, Cabedelo/PB, Volume 3, Número 2, p. 129-151, dezembro, 2017.

OCCHI, Tailene *et al.* **Reutilização de containers de armazenamento e transporte como espaços modulados na arquitetura.** Disponível em <<https://soac.imed.edu.br/index.php/mic/ixmic/paper/viewFile/91/45>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2021.

PDF PREMIUM. **Divisória de Gesso Drywall.** Disponível em <<https://www.pdfpremium.com.br/produto/divisoria-modular-placas-gesso-acartonado-drywall/>>. Acesso em: 17 de maio de 2021.

PETERSEN, Rodrigo Cordova *et al.* **Planejamento urbano e regional: elementos urbanos.** Porto Alegre, RS: SAGAH, 2019.

PORTAL DA ACÚSTICA. **Argila Expandida.** Disponível em <<https://www.portaldaacustica.com.br/produto/117>>. Acesso em: 17 de maio de 2021.

POTEET ARCHTECTS. **Container Guest House.** Disponível em <<https://www.poteetarchitects.com/container-guest-house>>. Acesso em: 17 de maio de 2021.

RANGEL, Juliana. **Construção em contêiner: Vantagens e Desvantagens.** Disponível em <<https://sustentarqui.com.br/construcao-em-conteiner/>>. Acesso em: 09 de janeiro de 2020.

REIS, Lineu Belico dos *et al.* **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável.** Barueri, SP: Manole, 2012.

RESTAURANTE MADERO. **Arquitetura.** Disponível em <<https://www.restaurantemadero.com.br/pt/madero/arquitetura>>. Acesso em: 16 de maio de 2021.

RIO DE JANEIRO. **Projeto de Lei Complementar nº 29/2013.** Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano na cidade do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/scpro1720.nsf/d08c1d300048019c0325775900523a3e/ba4b820849bb9a328325822c0062fbd0?OpenDocument>>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

RIO DE JANEIRO. **Projeto de Lei Complementar nº 57/2018.** Dispõe sobre o uso e ocupação do solo da cidade do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/scpro1720.nsf/1ce2ce7b3cdf59b90325775900523a3f/3724a3c95d41b1348325822c00635c91?OpenDocument>>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

RIO DE JANEIRO. **Lei Complementar 198, de 14 de janeiro de 2019.** Dispõe sobre o Código de Obras e Edificações Simplificado do Município do Rio de Janeiro – COES. Disponível em: <[http://smaonline.rio.rj.gov.br/legis\\_consulta/57738Lei%20CompI%20198\\_2019.pdf](http://smaonline.rio.rj.gov.br/legis_consulta/57738Lei%20CompI%20198_2019.pdf)>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

RODRIGUES, Filipe Klein. **Casa Contêiner: Uma Proposta de Residência Unifamiliar Sustentável.** Trabalho de Conclusão do Curso superior em Engenharia Civil da

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ. Ijuí, p. 93. 2015.

RP ISOLAMENTO. **Forro de lã de rocha.** Disponível em <<https://www.rpisolamento.com.br/produtos/la-de-rocha-isolamento-acustico/forro-de-la-de-rocha>>. Acesso em: 17 de maio de 2021.

SPEED DRY ISOLAMENTO ACÚSTICO. **Lã de rocha isolamento acústico.** Disponível em <<https://www.speeddry.com.br/la-rocha-isolamento-acustico>>. Acesso em: 17 de maio de 2021.

SUSTENTARQUI. **Impactos Ambientais da Construção Civil.** Disponível em <<https://sustentarqui.com.br/impactos-ambientais-da-construcao-civil/>>. Acesso: 25 de março de 2021.

TEM SUSTENTAVEL. **Casa Container: a mais nova alternativa a habitações populares.** Disponível em <<https://www.temsustentavel.com.br/casa-container-habitacoes-populares/>>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2021.

TOKARNIA, Mariana. **Maioria dos brasileiros mora em casa e é dona do imóvel, mostra IBGE.** Disponível em <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-05/maioria-dos-brasileiros-mora-em-casa-e-e-dona-do-imovel-mostra-ibge>>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2021.

VIANA, Luana Alves. **Arquitetura Sustentável: Uso do container como alternativa na habitação social.** Monografia apresentada ao curso superior de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu. Manhuaçu, p. 20. 2018.

WIKIPEDIA. **Malcom McLean.** Disponível em <[https://en.wikipedia.org/wiki/Malcom\\_McLean](https://en.wikipedia.org/wiki/Malcom_McLean)>. Acesso em: 08 de janeiro de 2021.

XAVIER, Ivan. **Apostila do curso – Orçamento, Planejamento e Custos de Obra.** São Paulo, SP: FUPAM, 2008.

**Marcelo da Silva Dias**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Paulo Pinheiro Castanheira Neto**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

A pesquisa envolvida é uma revisão bibliográfica sobre os sistemas verticais internos de estruturas de placas de gesso, principalmente com foco no seu uso em construções de edificações modernas. Sua motivação é disseminar novas tecnologias, alternativas econômica e tecnicamente viáveis para substituir a vedação tradicional, apresentar boas práticas construtivas, como usar e manter a tecnologia pesquisada, e desvendar a durabilidade e fragilidade do sistema. Este trabalho pode encontrar algumas vantagens relacionadas ao fechamento tradicional em alvenaria de tijolo, tais como: estrutura mais leve, custos reduzidos de estrutura e fundação, e a superioridade da eficiência de isolamento térmico e acústico, o que é uma vantagem. Essa estrutura tem custos globais reduzidos porque gera pouquíssimos resíduos e é altamente eficiente na execução. O estudo em si envolveu uma patologia ocorrida e apontou seus métodos de tratamento. Por fim, apresentaremos um estudo de caso onde o emprego de gesso acartonado se mostrou mais viável à alvenaria.

**Palavras-chave:** Sistema de estrutura em *Drywall*.

## INTRODUÇÃO

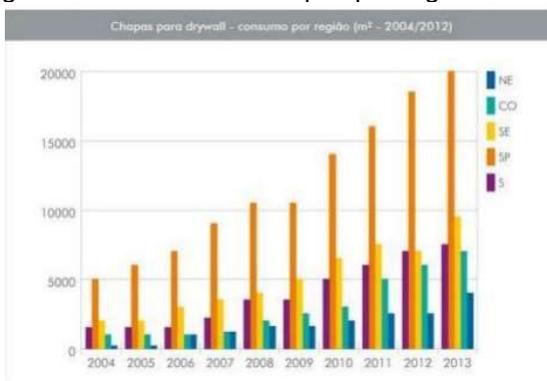
O trabalho indicado destina-se a abordar o emprego de placas pré-fabricadas nas edificações, mais especificamente aquelas que fazem parte do sistema *drywall* com uso de gesso acartonado. Existem outros sistemas no mercado como OSB (Oriented Steel Strand Board) e cimentícia, contudo estes possuem incidência maior em um tipo de estruturas chamado de Steel Frame. Placas OSB e de cimento são mais usadas em estruturas de aço. No mercado de trabalho, determinados profissionais optam por usar cimentícia em áreas úmidas, por apresentarem maior resistência à umidade que são as placas de gesso RU. Conquanto, uma vez utilizadas em consoante ao que prescreve a norma, placas "RU" podem ser perfeitas para atender a performance e longevidade da estrutura.

*Drywall*, advém do inglês, cujo significado é "parede seca", revela-se uma alternativa de construção competitiva em termos econômicos e financeiros, em comparação a alvenaria técnica convencional e comumente utilizada no mercado brasileiro.

No Brasil, essa tecnologia passou a ser utilizada em década de 1970, onde começou a ser usada e difundida. Usada mais na região sudeste do Brasil (Figura 1), na segunda metade da década de 1990 houve um maior desenvolvimento (Figura 2). Portanto, devido

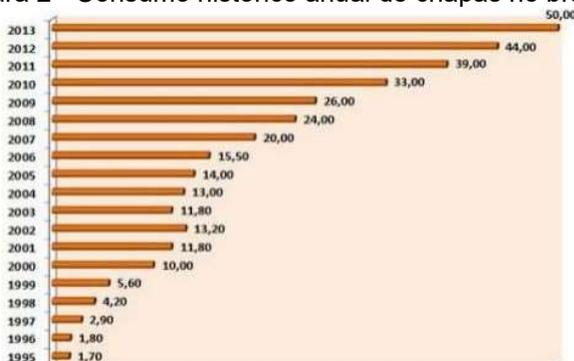
ao atraso na difusão deste sistema construtivo no Brasil em relação a outros países (Figura 3), pairou a incerteza e malquerença do produto por parte do cliente, o que limita a aplicabilidade no ramo da construção civil (MITIDIERI, 2009).

Figura 1 - Consumo de chapas por região no Brasil



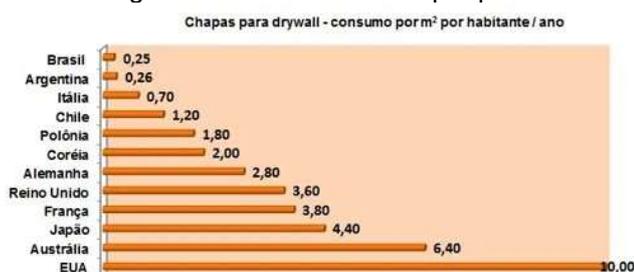
Fonte: a\_utilizacao\_e\_tecnicas\_-\_rafael\_de\_freitas\_volpe\_0.pdf (semanaacademica.com.br)

Figura 2 - Consumo histórico anual de chapas no Brasil



Fonte: a\_utilizacao\_e\_tecnicas\_-\_rafael\_de\_freitas\_volpe\_0.pdf (semanaacademica.com.br)

Figura 3 - Consumo médio por países



Fonte: A história do Drywall - Armazém do Gesso (armazemdogesso.com.br)

A justificativa para este estudo surgiu devido a uma apreensão crescente cada vez maior no tocante a ordenação e limpeza das obras, operários qualificados, celeridade no implemento dos processos de construção, aliados a redução de custos de produção sem a perda da qualidade do produto oferecido ao cliente.

Nesse aspecto, a utilização do gesso acartonado nas infraestruturas de partições secas pode ser um excelente contribuinte para atingir esses objetivos mais intensamente, porque suas propriedades acolhem a uma grande parte dessas características e sempre racionalizam o consumo de outros materiais estruturais, porque é mais leve que a alvenaria, permitindo estruturas e fundações mais singelas que suportam uma carga muito menor do que o plano de estruturas convencionais.

Com as explicações apresentadas no trabalho, deve-se quebrar os preconceitos, curar dúvidas sobre a eficácia, serventia, vantagens, desvantagens e custo-benefício. Tudo isto visando obter uma estrutura coerente, econômica e sustentável.

No contexto socioeconômico atual do país, fica evidente a perda do poder aquisitivo do brasileiro e isto se agravou com a pandemia que assolou o mundo no ano de 2020 e continua no ano de 2021.

Segundo os dados da FSB pesquisa, realizado pela confederação nacional das indústrias, o poder de compra já atingiu quatro em cada dez brasileiros desde o início da pandemia. Do total de entrevistados, 23% perderam totalmente a renda e 17% tiveram redução no ganho mensal, atingindo o percentual de 40%.

Com a perda do poder de compra, as empresas do ramo da construção Civil que já sofrem com uma alta carga tributária, tendem a sofrer um impacto nas vendas.

Sendo assim, as mesmas precisam se adaptar à nova realidade e apresentar métodos construtivos que sejam mais econômicos, que não apresentem queda de qualidade e que no final tornem o preço mais acessível ao consumidor final.

O sistema construtivo em drywall tem exatamente estes predicados, e no presente trabalho iremos abordar suas características, funcionalidades, benefícios econômicos, além de demonstrar através de um estudo de caso para uma edificação tombada que esta seria a melhor solução a ser aplicada.

Porém, a aplicação de gesso acartonado requer técnicos qualificados, recursos, planejamento e preparo. Sob a ótica técnica e prática, é uma excelente escolha construtiva, pois a metodologia é seca, rápida e leve (peso reduzido de 6 a 7 vezes do que a alvenaria), portanto, salva as fases de projeto, execução, estrutura e fundação, quase não há entulho. Comparado com a alvenaria tradicional, ainda podemos verificar a precisão de instalação, maleabilidade, acabamento, melhor performance acústica, manutenção simples, pois as instalações elétricas, sanitárias e hidráulicas foram totalmente embutidas no interior e podem entrar em contato total com o fio de prumo (KANUF,2021).

Dessa forma, a questão norteadora foi formulada por meio da seguinte pergunta: quais são as vantagens da aplicabilidade nas edificações que utilizam o sistema Drywall?

Supõe-se que as vantagens da aplicabilidade do sistema Drywall são baseadas em menor espessura, maior área útil e rapidez e limpeza na montagem e benefícios econômicos perante as estruturas de alvenaria.

A presente pesquisa aborda um estudo de cenário sobre o sistema Drywall, a mesma foi realizada através de coletas de dados presentes em livros, artigos científicos e informações coletadas da internet através de fontes oficiais.

Outrossim, para consubstanciar o tema, foi feito um estudo de caso para a obra das instalações da nova Diretoria Geral De Apoio Logístico, localizadas no interior do quartel do comando geral do CBMERJ, edificação que possui a peculiaridade de ser tombada pela Secretaria de Estado e Cultura.

O objetivo geral da pesquisa é avaliar a utilização a utilização do sistema construtivo em estruturas de Drywall, através de revisão bibliográfica do tema.

Os objetivos específicos são:

Identificar as principais características do sistema Drywall.

verificar as principais vantagens da utilização do sistema Drywall.

Comparar o preço final do sistema construtivo de Drywall com alvenaria

## REFERENCIAL TEÓRICO

Nunes (2015, p.16) afirma que sistema Drywall é uma tecnologia construtiva em que sua implementação no canteiro de obras advém sem a presença de água. Um sistema pré-

fabricado utilizado no interior da edificação, em revestimentos, forros e paredes não estruturais, em ambientes secos ou úmidos.

Ainda sobre Nunes (2015), a mesma afirma que Drywall “refere-se aos componentes de fechamento que são empregados na construção a seco e que tem como principal função a compartimentação e separação de ambientes internos em edifícios”

Rodrigues (2020), ensina que a aplicação do Drywall, é considerado uma técnica sustentável pois auxilia na redução de resíduos causada na obra. Sendo assim, tal técnica está sendo utilizada na Construção Civil, uma atividade econômica que absolve 50% da matéria prima retirada da natureza.

Para Scheidegger (2019), as técnicas referentes a blocos cerâmicos apresentam um processo construtivo demorado e sujo, diferente do que proporciona o drywall, onde a limpeza e rapidez no procedimento construtivo se fazem presente.

Ainda assim, a qualidade de um produto é fundamental para o cliente, quanto a esta perspectiva (NOGUEIRA et al, 2004, p.23) afirma que: “As chapas de gesso são produzidas industrialmente passando por rigorosos controles de qualidade”.

## ESTRUTURAS DO SISTEMA DE DRYWALL

Segundo Associação Brasileira do Drywall:

As estruturas metálicas são fabricadas em aço galvanizado para garantir a resistência do Drywall aos impactos normais do dia a dia. O sistema é testado em laboratório dentro dos mais rígidos critérios, para que o Drywall suporte, com toda a segurança, portas, armários, estantes e entre outros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL, 2021).

Sobre a estrutura, é possível fazer o uso mais coerente do dinheiro por parte do cliente. De posse do projeto, é possível fazer um orçamento preciso do investimento, evitando gastos extras. Desta forma, obtém-se benefícios como execução rápida, limpa e realizada por profissionais especializados, sem desperdícios nem custos com remoção de entulho (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL, 2021).

A manutenção é mais fácil no drywall do que nas paredes de alvenaria, pois a placa de gesso, pela própria natureza de sua tecnologia permite que Instalações elétricas e hidráulicas passem pelas paredes, simplificando o acesso. Quanto as Reparos (figura 4), estes são facilmente realizados, sem "pausa" da parede ou do chão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL, 2021).

Figura 4 - Montagem da estrutura



Fonte: Estrutura do drywall: os 7 principais erros cometidos na montagem (gypcenter.com.br)

## Breve Histórico do sistema Drywall no Brasil

A primeira fábrica de gesso protetora no país do país é operada em 1972 na cidade de Petrolina em Pernambuco. O gesso do nordeste forneceu os pacotes de mercado para revestimentos internos e divisores. Embora centenas de unidades residenciais em São Paulo fossem construídas na década de 1970 com a cerca nacional no painel de gesso, o sistema não é popular.

A construção seca não faz login como um sistema estrutural atraente para vedação interna. Até a década de 1990, apenas uma placa de cinco produzidos em ambientes comerciais foi usada, cerca de 80% deles foram usadas como revestimento.

A construção racionalizada é consolidada no país, gerando uma demanda por novos sistemas de construção industrializados. Com um novo mercado promissor, três empresas começam a fornecer o produto no Brasil: Lafarge francesa, alemão KNAUF e BPB-Pato Britânico. As empresas iniciaram suas atividades no setor de importação de pratos de suas fábricas no exterior, mas logo montaram seus próprios parques industriais no país. A Lafarge adquiriu o petróleo e as fábricas de Araripina do nordeste do giz em 1995.

Associação é criada para divulgar a cultura da construção seca, as fabricantes do sistema fundam a Associação Drywall (Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywyall) em junho de 2000 (SABATTINI et al, 2006).

## NOVAS TECNOLOGIAS

As placas (figura 5) com coloração verde, são resistentes a umidade (RU) foi lançada no país e destinadas a serem usadas em áreas úmidas e úmidas. As placas resistentes ao fogo (RF), de coloração rosa, contêm atrasos por retardar as chamas, é adequada para uma aplicação em partidas de emergência, zonas de gabinete etc (KANUF, 2021).



Fonte: Diferença entre as chapas de drywall - Loja Elegancy (lojaelegancyforros.com.br)

## PRIMEIRA NORMATIZAÇÃO

Em 2001, os primeiros padrões técnicos de gesso emplastro são publicados: NBR 14. 715 (Requisitos), NBR 14. 716 (verificação de características geométricas) e NBR 14. 717 (determinação das propriedades físicas).

## NORMA DE PERFIS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) publica a NBR 15. 217 (Perfis de aço para sistemas em chapas de gesso para drywall. Requisitos e métodos de ensaio). O documento prescreve as propriedades das estruturas metálicas das paredes secas (figura 6).

Figura 6 - Estrutura metálica das paredes de drywall



Fonte: Sil gesso Projetos & Decorações: 1 - estrutura metálica para parede drywall

## FABRICAÇÃO DE PLACAS DE GESSO ACARTONADO

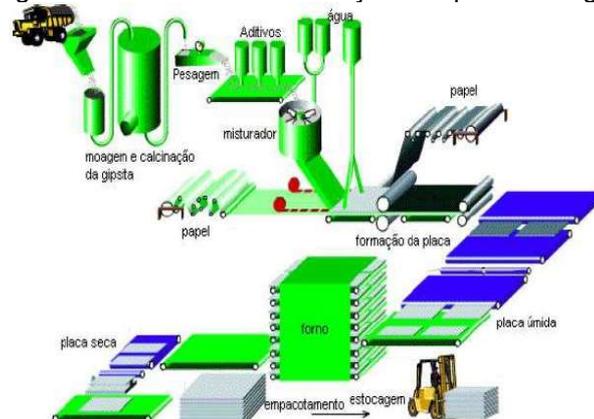
As placas de gesso (figura 7) são fabricadas industrialmente por um processo contínuo de rolamento de uma mistura de gesso, água e aditivo e denominado de painel “sanduiches” (figura 8), que consiste em um gesso endurecido entre duas camadas de papelão (modelo “Kraft”).

Figura 7 - Placa de gesso acartonado



Fonte: Placa de Gesso Drywall Preço Guarujá - Placa de Gesso - Drywall Ideal (comercialgesso.com.br)

Figura 8 - Processo de fabricação dos painéis de gesso



Fonte: [pdf] componentes. chapa de gesso: 3 tipos - free download pdf (silo.tips)

## **METODOLOGIA**

A metodologia utilizada foi uma revisão bibliográfica abordando uma análise histórica do Drywall, tal qual o início da sua utilização no Brasil e em outros países através de pesquisas e revisões bibliográficas.

O estudo de caso foi baseado em dados oficiais obtidos através da tabela oficial de preços da empresa de obras públicas do estado do rio de janeiro (EMOP) e conceitos presentes na associação brasileira de normas técnicas.

O levantamento de material para a realização deste foi realizado no período de março a maio de 2021. Para este levantamento, foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: livros, teses, monografias, artigos e dissertações sobre o tema, com recorte temporal nos últimos dez anos, publicações no idioma português e inglês e texto completo e disponível nas bases de dados eletrônicas LILACS e SCIELO. Para tanto, foram utilizadas as seguintes palavras-chave: Sistema de estrutura em Drywall, Engenharia Civil, Placas de gesso acartonado.

Os critérios de exclusão estabelecidos foram: textos fora do corte temporal definido nos critérios de inclusão, em outras línguas que não o português e os textos duplicados nas bases de dados eletrônicas supracitadas.

## **DESENVOLVIMENTO**

O Drywall é uma engenharia de origem norte americana, contudo foram empregadas algumas alterações para regulamentar sua utilização no Brasil. Com aumento do seu emprego em obras, desenvolve-se a concepção de normas técnicas, as quais asseveram seu desempenho de qualidade (BARBOSA, 2015).

Em relação as normas técnicas (ABNT, 2010, p.23):

As normas técnicas brasileiras relativas ao sistema drywall são as seguintes: ABNT NBR – 14.715: 2010 - Chapas de gesso para drywall - Parte 1: Requisitos; ABNT NBR – 15.217:2009 - Perfis de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Requisitos e métodos de ensaio; e ABNT NBR – 15.758:2009 - Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Projeto e procedimentos. (ABNT, 2010, p.23)

Tais leis se revelam como instruções, que realizadas corretamente, permitem a possibilidade de um resultado final satisfatório na obra, estas descrevem especificamente as técnicas que serão trabalhadas. Basicamente as placas de gesso acartonado se dividem em três modalidades, de maneira que cada uma delas apresenta um desígnio específico.

As placas citadas no parágrafo anterior são as seguintes: Placa Standard cuja a representação visual é branca e é utilizada rotineiramente; a placa de cor verde onde sua função é resistência à umidade e placa de cor vermelha cuja a peculiaridade é uma certa rejeição ao fogo (ABNT, 2010).

São de espessuras distintas e tamanhos diversos (tabela 1), possuindo borda quadrada ou rebaixada, conforme especificações abaixo:

Tabela 1 - Tipos e espessuras de placas de drywall

Nome	Descrição	Tipo de Borda	Espessura (mm)	Dimensão Padrão (mm)		Peso (Kg/m <sup>2</sup> )
				Largura	Comprimento	
ST	Standard <sup>(1)</sup>	Rebaixada BR <sup>(4)</sup>	8,0	1200	2400	6,1
ST	Standard <sup>(1)</sup>	Rebaixada BR <sup>(4)</sup>	9,5	1200	2400	8,0
ST	Standard <sup>(1)</sup>	Rebaixada BR <sup>(4)</sup>	12,5	1200	1800	9,5
ST	Standard <sup>(1)</sup>	Rebaixada BR <sup>(4)</sup>	12,5	1200	2000	9,5
ST	Standard <sup>(1)</sup>	Rebaixada BR <sup>(4)</sup>	12,5	1200	2400	9,5
ST	Standard <sup>(1)</sup>	Rebaixada BR <sup>(4)</sup>	12,5	1200	2800	9,5
ST	Standard <sup>(1)</sup>	Rebaixada BR <sup>(4)</sup>	12,5	1200	3000	9,5
ST	Standard <sup>(1)</sup>	Rebaixada BR <sup>(4)</sup>	12,5	600	2000	9,5
ST	Standard <sup>(1)</sup>	Rebaixada BR <sup>(4)</sup>	12,5	600	2500	9,5
ST	Standard <sup>(1)</sup>	Rebaixada BR <sup>(4)</sup>	15,0	1200	2400	12,0
ST	Standard <sup>(1)</sup>	Quadrada BQ <sup>(3)</sup>	12,5	1243	2500	9,5
RF	Resistente ao fogo <sup>(2)</sup>	Rebaixada BR <sup>(4)</sup>	12,5	1200	2400	10,0
RF	Resistente ao fogo <sup>(2)</sup>	Rebaixada BR <sup>(4)</sup>	15,0	1200	2400	13,0
RU	Resistente à umidade <sup>(3)</sup>	Rebaixada BR <sup>(4)</sup>	12,5	1200	2400	10,0
RU	Resistente à umidade <sup>(3)</sup>	Rebaixada BR <sup>(4)</sup>	15,0	1200	2400	12,5

Fonte: (placo center piracicaba, 2013)

## PAREDES DE DRYWALL

A gama de oportunidades oferecida por este sistema em relação a sua funcionalidade torna mais prático sua utilização, perante as distintas etapas nas construções. Como exemplo podemos citar: revestimento, forros e paredes, entre outros... (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE DRYWALL, 2011).

Entre os múltiplos meios para o uso do gesso acartonado, observamos principalmente seu emprego em paredes. Nos Estados Unidos, é quase unânime a prioridade de uso de interiores das construções. No Brasil a alvenaria de blocos cerâmicos ainda é a mais corriqueira nas obras, embora o drywall já tenha adquirido espaço nos setores comerciais como lojas, mercado e etc.).

As paredes confeccionadas de Drywall, para uso interno, são bastantes funcionais, sendo estas não recomendáveis para uso em áreas externas. As vantagens para o ramo da construção civil são várias, dentre elas podemos elencar:

- As dimensões da parede do sistema drywall são menores do que a de alvenaria, com isso existe um ganho de espaço interno na construção
- Por ser um sistema leve, o mesmo impacta diretamente no custo global da obra, pois a parte estrutural e de fundação precisará de menos material para sustentar a edificação.
- Os tipos de acabamentos que podem ser feitos nas placas de gesso acartonado possuem uma qualidade tão boa quanto aqueles feitos em alvenaria.
- O desperdício de materiais é significativamente reduzido, o que consequentemente proporciona menos resíduos durante a construção.
- Com a ajuda de materiais como lã mineral, o desempenho quanto ao conforto acústico pode ser melhor do que alvenaria convencional.
- O material pode ser reaproveitado, o que favorece as normas e leis de sustentabilidade.
- Isolamento e conforto acústico que atendem as normas vigentes e são mais eficazes do que uma estrutura de alvenaria.
- Instalação rápida e com a mão de obra reduzida.

Contudo, como nenhum processo construtivo só possui vantagens, o sistema drywall apresenta algumas desvantagens que citaremos a seguir:

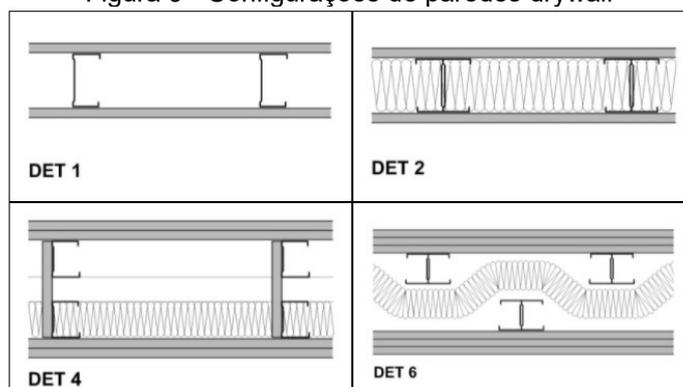
- A resistência a impactos é menor que na alvenaria

- O sistema não é recomendado para ambientes externos, pois sua resistência ao tempo é baixa
- Devem ser realizadas inspeções periódicas no sistema, pois o espaço entre as placas torna-se um ambiente propício ao surgimento de fungos e bactérias.
- Preconceito do cliente final com o material, o mesmo tem a percepção errônea que o material não tem qualidade.
- Atenção especial aos objetos que costumam ser fixados na parede, pois os mesmos devem ficar próximos aos reforços de madeira

É sugerido pela associação um arranjo de especificações, que facilitam o resultado do presente estudo. São elas:

A espessura dos perfis estruturais (48 70 ou 90 mm); o espaçamento entre os perfis verticais ou montantes (400 ou 600 mm, em paredes retas; em paredes curvas, o espaçamento é menor, variando em função do raio de curvatura); se a estrutura é com montantes simples ou duplos e se estes são ligados ou separados; o tipo de chapa (Standard = ST; Resistente à Umidade = RU; ou Resistente ao Fogo = RF), A quantidade de chapas fixadas de cada lado (uma, duas ou três); e o uso ou não de lã mineral ou de vidro no interior da parede. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL,2021)

Figura 9 - Configurações de paredes drywall



Fonte: Drywall | Sistema de parede com tecnologia drywall

De acordo Brito da costa; Albuquerque da silva; Bombonato (2014), as configurações de paredes drywall acontecem da seguinte forma (figura 9):

Detalhe 1: Parede composta com duas camadas de gesso em uma estrutura de montante simples em forma de U.

Detalhe 2: Parede composta por uma estrutura dupla de montantes, e uma chapa de gesso em cada limitação.

Detalhe 4: Parede composta de chapa dupla, montante simples, dupla e lã mineral

Detalhe 6: Parede composta de dupla estrutura, separada, chapa tripla, montante duplo e lã mineral.

## FORROS DE DRYWALL

A chapa de gesso acartonado utilizado como forro e comum nas construções, tais sistemas visam propiciar um acabamento na parte superior da edificação. Os mesmos possuem a aptidão de ocultar dutos ou redes, podendo inclusive atender com certo grau de eficácia quanto ao desempenho acústico.

A montagem e configuração do forro pode se adaptar de acordo com a exigência de cada ambiente e segundo a Associação Brasileira do Drywall, existem basicamente quatro tipos de forro drywall: Estruturado, aramado, perfurado e removível.

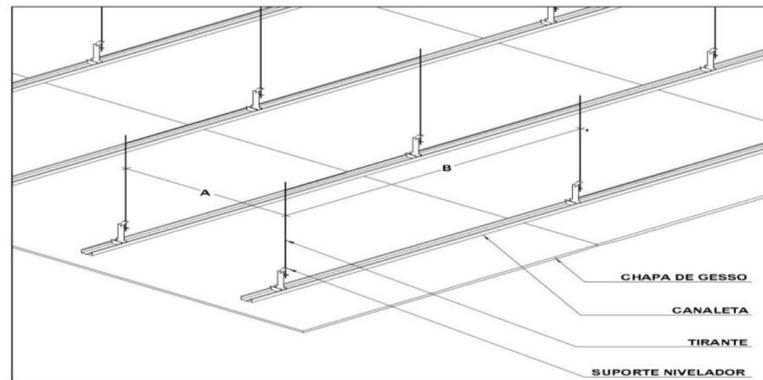
## FORRO ESTRUTURADO

O forro estruturado (figura 10) é o tipo mais corriqueiro encontrado no comercialmente, este é feito com perfis de aço galvanizado, onde as chapas de gesso acartonado são parafusadas. É comum encontrá-lo em obras de grande porte como shopping centers (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL,2021?).

O forro estruturado exhibe atributos como maior resistência a cargas, o que o torna ideal em amplos processos construtivos O mesmo muito usado para isolamento acústico.

Este forro é formado pelo aparafusamento de uma ou mais chapas de gesso para Drywall (com 1.200 mm de largura) em estruturas de aço galvanizado. A estrutura é suspensa por meio de pendurais. O pendural de uso mais frequente é composto por um tirante (que é fixado na laje superior) e um suporte nivelador. Há também pendurais compostos de perfis ou fitas metálicas. O perímetro do forro pode ser executado com cantoneira, ou tabica, no caso de forro dilatado. Também é possível executar outros detalhes de dilatação (figura 10) (COSTA; SILVA; BOMBONATO, 2014).

Figura 10 - Forro estruturado com canaleta tipo "C"



A = DISTÂNCIA ENTRE EIXO DOS PERFIS  
B = DISTÂNCIA ENTRE EIXO DOS PENDURAIS

DET 51 - FORRO ESTRUTURADO COM CANALETA "C" - VISTA SUPERIOR

Fonte: Forros em Drywall - Forro Estruturado ou Forro Aramado? Qual a diferença? - Brasfor Comercial

Figura 11 - Forro de gesso acartonado estruturado



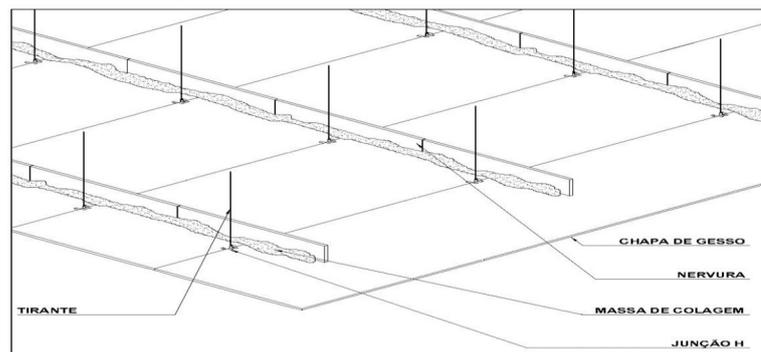
Fonte: Forros de Gesso Acartonado Estruturado Pompéia - Forro de Gesso Acartonado para Apartamento Pequeno - GR Gerenciadora de Obras (grdivisorias.com.br)

## FORRO ARAMADO

O forro aramado (figura13) é menos conhecido no mercado, este apresenta-se como uma alternativa mais barata ao forro estruturado. Dentre suas principais características temos que o mesmo possui colocação rápida e não amarela e trinca.

É formado pela justaposição de chapas de gesso com 600 mm de largura, unidas por meio de junções H. É suspenso por arame de aço galvanizado nº 18 (1,24 mm de diâmetro). A estruturação é completada com nervuras de chapas de gesso. O perímetro do forro aramado pode ser estanque ou dilatado (Figura 12). (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL,2021?).

Figura 12 - Forro aramado-vista superior



DET 53 - FORRO ARAMADO - VISTA SUPERIOR

Fonte: Forros em Drywall - Forro Estruturado ou Forro Aramado? Qual a diferença? - Brasfor Comercial

Figura 13 - Forro de gesso aramado



Fonte: Forro de Gesso Aramado - DG Distribuidora de Gesso (gessosul.com.br)

## FORRO PERFURADO E FORRO REMOVÍVEL

O forro perfurado (figura 14) além de possuir imensa vantagem acústica, é normalmente utilizado em restaurantes por possuir filtragem para odores do ar. Já o forro removível (figura15), como o próprio nome diz possui facilidade de remoção, possui resistência a umidade e não mofa.

Figura 14 - Forro perfurado drywall



Fonte: Forro acústico em chapa de gesso cartonado perfurado - Speed Dry

Figura 15 - Forro removível drywall



Fonte: <http://arteestilogesso.blogspot.com.br/>

## REVESTIMENTOS DE DRYWALL

Outra modalidade de uso apresentada pela chapa de Drywall é o revestimento. Com a possibilidade de as placas serem curvas, arquitetos normalmente o utilizam este artifício para proporcionar liberdade ao ambiente. Existem duas formas de fazer o revestimento, que são: estruturadas e colada.

O procedimento estruturado (figura16) atende a vários predicados atinentes a construção civil. O mesmo ampara projetos que de ordem sonora, instalações elétricas e hidráulicas, resistência ao úmido ou incêndio, entre outras previsões pertinentes nas obras.

Com qualidade funcional, o revestimento estruturado, também incorpora pormenores estéticos. Com a possibilidade de possuir formas orgânicas com curvas e recortes para destacar a iluminação ambiente, o arquiteto ganha mais uma possibilidade de detalhes arquitetônicos na construção.

A Associação Brasileira de Dryawall aconselha que este tipo de revestimento seja feito em paredes (ambientes internos) que possuam instalações hidráulicas ou elétricas.

Figura 16 - Revestimento feito com drywall



Fonte: 55953b6667236.pdf (fag.edu.br)

A colagem que é a instalação da placa de gesso à uma parede existente, que é geralmente feita de alvenaria. Sua fixação é concretizada através de argamassas excitadas, servindo de acabamento interno, para edifícios de alvenaria.

A Associação Brasileira de Drywall enfatiza que, a parede existente tem que ter uma superfície lisa com a menor irregularidade possível, para obter uma colagem de alta qualidade. Não é recomendado a instalação das placas em paredes que possuem chapisco (figura 17).

Figura 17 - Revestimento feito com colagem



Fonte: 55953b6667236.pdf (fag.edu.br)

## ACÚSTICA

A NBR 15575:2013 (tabela 2) é a norma que trata a respeito do conforto acústico em uma edificação. A estrutura de drywall mais singela, que possuiu 73mm de espessura, já oferece um isolamento superior a de uma construção simples de alvenaria.

Conforme tabela abaixo, observamos os índices de ruídos aceitáveis presentes na norma citada acima:

Tabela 2 - Índice de ruídos aceitáveis

Elemento	$R_w$ dB <sup>a</sup>	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	35 a 39	M
	40 a 44	I
	≥ 45	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo <i>hall</i>	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
NOTA Os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ( $D_{nT,w}$ e $D_{2m,nT,w}$ ) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório ( $R_w$ ). A diferença entre estes resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas (ver ISO 15712 e EN 12354). <sup>a</sup> $R_w$ com valores aproximados.		

Fonte: ABNT NBR 15.575:2013

O motivo para a superioridade deste desempenho, acontece pelo seguinte pretexto: essa tecnologia é o que em acústica se chama de sistema “massa-mola-massa”, composto por dois elementos rígidos (as chapas de gesso) e um elemento flexível (o ar no interior do sistema, cuja ação pode ser reforçada por uma manta isolante). O primeiro elemento reflete e dissipa parte da onda sonora; a onda mais fraca transmitida é amortecida pelo elemento flexível; e o som ou ruído remanescente é refletido e dissipado pelo segundo elemento rígido. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL, 2021?).

O ruído não dificulta somente a comunicação entre os seres humanos, este afeta diretamente a produção qualitativa do trabalhador, desencadeando uma série de problemas de ordem fisiológica.

A acústica é basilar para desempenho qualitativo dos edifícios, sendo necessário ponderar a poluição sonora dos ambientes, para que trabalhadores não fiquem expostos demasiadamente. Tomando os devidos cuidados e se adequando aos deveres legais, o ambiente de trabalho possui mais um elemento a favor que colabora com o crescimento produtivo do ser humano.

Compreensibilidade é uma preocupação óbvia em salas de conferência, salas de aula, bibliotecas, ouvintes e outros. A escolha do tratamento destas paredes tem um impacto significativo no nível de ruído e revestimentos nestes quartos.

Outra apreensão real nas escolas e universidades é a confidencialidade da linguagem, a escolha dos sistemas de revestimento e paredes com um impacto significativo na difusão do som entre ambientes. Em muitos casos, um material absorvente, tanto no sistema de revestimento quanto nas paredes, gera uma depreciação significativa do som gerado. Se você está preocupado, sons de som ou som de som, uma combinação de absorção acústica (superfície, superfícies), insonorização (paredes, pisos e cobertores) e o ruído de fundo determina o desempenho acústico da sala.

NBR 10.151 (tabela 3) estabelece as condições necessárias para avaliar a aceitabilidade do ruído nas comunidades, especificando o método para medir o ruído, a aplicação de correções para os níveis medidos e uma comparação de níveis fixos com uma política que leva a um critério.

Por fim, para elaboração de um projeto padrão de acordo com as normas existentes, devemos observar aspectos como :ruídos internos e externos, apreciação dos níveis de ruído nos horários de pico dos períodos da manhã e noite, reverberação do som nos ambientes (tabela 4) e etc....

Tabela 3 - Ruídos recomendados segundo a NBR 10.151

Tipos de áreas	Diurno dB(A)	Noturno
Área de sítios e fazendas	40	35
Área mista, predominantemente residencial	50	45
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: <http://www.abnt-acustica-de-drywall>

## ACÚSTICA

A NBR 15575:2013 (tabela 4) é a norma que trata a respeito do conforto acústico em uma edificação. A estrutura de drywall mais singela, que possuiu 73mm de espessura, já oferece um isolamento superior a de uma construção simples de alvenaria.

Conforme tabela abaixo, observamos os índices de ruídos aceitáveis presentes na norma citada acima:

Tabela 4 - Índice de ruídos aceitáveis

Elemento	$R_w$ dB <sup>a</sup>	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S

Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	35 a 39	M
	40 a 44	I
	≥ 45	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo <i>hall</i>	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
<p>NOTA Os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo (<math>D_{nT,w}</math> e <math>D_{2m,nT,w}</math>) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório (<math>R_w</math>). A diferença entre estes resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas (ver ISO 15712 e EN 12354).</p> <p><sup>a</sup> <math>R_w</math> com valores aproximados.</p>		

Fonte: ABNT NBR 15.575:2013

O motivo para a superioridade deste desempenho, acontece pelo seguinte pretexto:

essa tecnologia é o que em acústica se chama de sistema “massa-mola-massa”, composto por dois elementos rígidos (as chapas de gesso) e um elemento flexível (o ar no interior do sistema, cuja ação pode ser reforçada por uma manta isolante). O primeiro elemento reflete e dissipa parte da onda sonora; a onda mais fraca transmitida é amortecida pelo elemento flexível; e o som ou ruído remanescente é refletido e dissipado pelo segundo elemento rígido. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL,2021).

O ruído não dificulta somente a comunicação entre os seres humanos, este afeta diretamente a produção qualitativa do trabalhador, desencadeando uma série de problemas de ordem fisiológica.

A acústica é basilar para desempenho qualitativo dos edifícios, sendo necessário ponderar a poluição sonora dos ambientes, para que trabalhadores não fiquem expostos demasiadamente. Tomando os devidos cuidados e se adequando aos deveres legais, o ambiente de trabalho possui mais um elemento a favor que colabora com o crescimento produtivo do ser humano.

Compreensibilidade é uma preocupação óbvia em salas de conferência, salas de aula, bibliotecas, ouvintes e outros. A escolha do tratamento destas paredes tem um impacto significativo no nível de ruído e revestimentos nestes quartos.

Outra apreensão real nas escolas e universidades é a confidencialidade da linguagem, a escolha dos sistemas de revestimento e paredes com um impacto significativo na difusão do som entre ambientes. Em muitos casos, um material absorvente, tanto no sistema de revestimento quanto nas paredes, gera uma depreciação significativa do som gerado. Se você está preocupado, sons de som ou som de som, uma combinação de absorção acústica (superfície, superfícies), insonorização (paredes, pisos e cobertores) e o ruído de fundo determina o desempenho acústico da sala.

NBR 10.151 (tabela 5) estabelece as condições necessárias para avaliar a aceitabilidade do ruído nas comunidades, especificando o método para medir o ruído, a aplicação de correções para os níveis medidos e uma comparação de níveis fixos com uma política que leva a um critério.

Por fim, para elaboração de um projeto padrão de acordo com as normas existentes, devemos observar aspectos como :ruídos internos e externos, apreciação dos níveis de ruído nos horários de pico dos períodos da manhã e noite, reverberação do som nos ambientes (tabela 6) e etc....

Tabela 5 - Ruídos recomendados segundo a NBR 10.151

Tipos de áreas	Diurno dB(A)	Noturno
Área de sítios e fazendas	40	35
Área mista, predominantemente residencial	50	45
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: <http://www.abnt-acustica-de-drywall>

Tabela 6 - Tipos de ruídos em “dB” para cada área

Escolas	Tipos de áreas	dB(A)	NC
	Salas de reunião	30 - 40	25 - 35
	Salas de concertos, teatros	30 - 40	25 - 30
	Enfermarias, berçários, salas de música, salas de desenho	35 - 45	30 - 40
	Bibliotecas, salas de música, salas de desenho, administração	35 - 45	30 - 40
	Salas de aula, laboratórios	40 - 50	35 - 45
	Serviços	45 - 55	40 - 50
	Portaria, recepção	45 - 55	40 - 50
	Salas de computadores	45 - 65	40 - 60
	Circulação	45 - 55	40 - 50
	Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 - 60	40 - 55
	Salas de mecanografia	50 - 60	45 - 55

Fonte: <<http://www.drywall.org.br/index1.php/8/forro>>

## NORMAS E REGULAMENTOS

A NBR 15.758:2009 trata dos Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Projeto e procedimentos executivos para montagem. Ela basicamente orienta a correta instalação do referido sistema construtivo, devendo ser considerado a confecção de projeto na montagem do drywall na obra.

Esta NBR se divide em três partes:

1. Requisitos para sistemas usados como paredes
2. Requisitos para sistemas usados como forros
3. Requisitos para sistemas usados como revestimentos

A NBR 15.575:2013 – Edificações habitacionais — Desempenho, aborda basicamente o nível de desempenho desejado em uma edificação ao longo de sua vida útil.

A norma contém índices gerais como: segurança em situações de incêndio, durabilidade, desempenho acústico e etc... O sistema construtivo de gesso acartonado possui tecnologia para cumprir todos as condições presentes nesta norma.

A NBR 15.217:2018 – Perfilados de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Requisitos e métodos de ensaio. A norma visa basicamente garantir os requisitos de qualidade dos componentes pertencentes ao drywall.

A NBR 14.715: 2010 – Chapas de gesso para drywall. Esta norma garante especificamente a qualidade das chapas de gesso para que as mesmas possuam condições de serem comercializadas no mercado. Dividida em duas partes, em que a primeira trata dos requisitos básicos para execução das chapas em forro parede e

revestimento e a segunda parte atenta para a determinação das características físicas, geométricas e métodos de ensaios aplicados nas chapas de gesso.

Estas são as principais normas presentes no Brasil, cujo o objetivo é gerar um nível de qualidade mínima e parâmetros aceitáveis para o drywall.

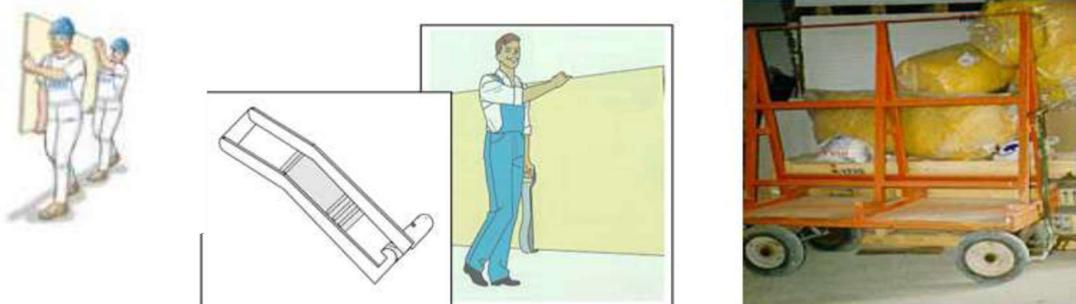
## TRANSPORTE, ARMAZENAMENTO E ESTOCAGEM

Buscando manter a qualidade e as características do produto, devem ser tomadas cuidados especiais em seu transporte e armazenamento. Sendo assim, durante o transporte das placas, precisamos averiguar se nos paletes, há ângulos nos pontos de contato das cordas e os links de atracação com o material, tal medida visa garantir a integridade do produto.

No momento da descarga, inspecione as placas para verificar sua integridade, antes do início da descarga. Recomenda-se que os paletes sejam transportados por empilhadeiras ou carrinhos.

Na impossibilidade do transporte citado acima, a execução manual dar-se-á na posição vertical, dois a dois, por um trabalhador. Caso a placa em questão seja muito pesada o transporte acontecerá da mesma forma por dois operários, alocados próximo ao local de aplicação (figura 18).

Figura 18 - Transporte adequado para as chapas de gesso



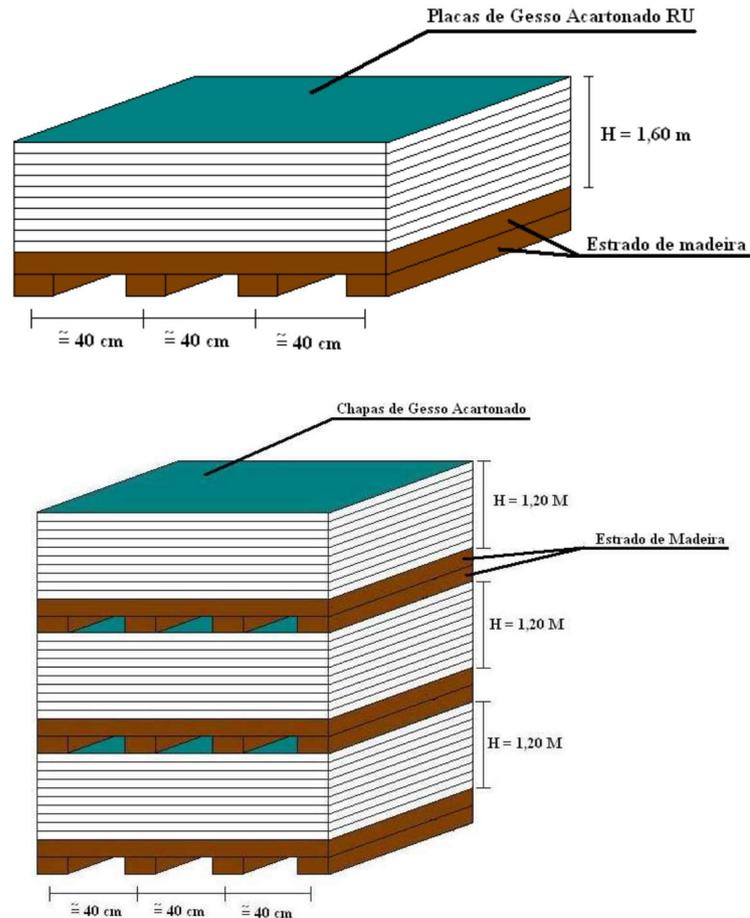
Fonte: (taniguti, 1999).

## ESTOCAGEM DO MATERIAL

A estocagem seguirá os seguintes parâmetros (figura 19):

- Estocadas em ambientes secos e protegido da exposição da luz e calor;
- As pilhas deverão estar planas em relação ao solo, sem em contato direto com o mesmo;
- O comprimento das chapas deverá ser igual a sua largura
- Evitar que sobras ou pontas fiquem fora do alinhamento para não ocorrer risco de quebra;
- Não permitir o uso da pilha como apoio para outra atividade
- chapas que estejam alocadas em locais úmidos, proveniente das chuvas devem ser imediatamente cobertas para não afetar as características físicas do produto.

Figura 19 - Armazenagem das chapas de gesso



Fonte: (labuto 2013)

## ESTRUTURAS / PERFIS DE AÇO GALVANIZADO

As chapas de gesso são aparafusadas e/ou pregadas em estruturas formadas por guias e montantes, estes podem ser confeccionados de madeira, aço galvanizados ou mistos, que são basicamente a junção de aço com reforços de placas em madeira.

Normalmente, a maioria das estruturas é formada por perfis em “U” (guias) ou em “C” (montantes), estas se comparam a um esqueleto que serve de base orientativa momento de içar uma Parade de drywall. Os perfis oferecem sustentação e reforço que receberão mais carga.

A depender da posição e função da parede (tabela 7), o perfil receberá uma denominação diferente, onde seguirá uma serie de normas específicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Tabela 7 - Tipos de perfis comumente utilizados no Brasil

Tipo de perfil	Desenho	Código	Dimensões nominais (mm)	Utilização
Guia (formato de 'U')		G 48	48/28	Paredes, forros e revestimentos
		G 70	70/28	
		G 75	75/28	
		G 90	90/28	
Montante (formato de 'C')		M 48	48/35	Paredes, forros e revestimentos
		M 70	70/35	
		M 75	75/35	
		M 90	90/35	
Canaleta 'C' (formato de 'C')		C	47/18	Forros e revestimentos
Canaleta Omega (formato de 'Ω')		O	70/20	Forros e revestimentos
Cantoneira (formato de 'L')		CL	25/30	Forros e revestimentos
Cantoneira de reforço (formato de 'L')		CR	23/23 28/28	Paredes e revestimentos
Tabica metálica (formato de 'Z')		Z	Variável	Forros
Longarina		L	Variável	Forro removível
Travessa		T	Variável	Forro removível
Cantoneira de perímetro		CP	Variável	Forro removível

Fonte: associação brasileira de fabricantes de chapas de gesso acartonado, 2013

## TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO

O transporte será realizado verticalmente e de maneira manual. Este, deverá ser acondicionado conforme critérios adotados em fabrica. Colisões ou balanços não são saudáveis geralmente causam deformações.

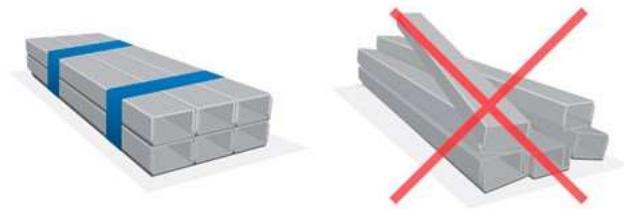
Da mesma forma que as placas de gesso as pilhas deverão ser estocadas paralelas ao solo, sem a presença de reagentes que interajam com o aço galvanizados (figura 20 e 21).

Figura 20 - Empilhamento de perfis estruturais



Fonte: Perfis para Drywall (calex.com.br)

Figura 21 - Ilustração de armazenagem correta



Fonte: Perfis de aço: dicas para estocagem, transporte e manuseio | GypSteel

## TRATAMENTOS DE JUNTAS ENTRE PLACAS E EQUIPAMENTOS

O tratamento das juntas nada mais é que o preenchimento dos espaços vazios existentes entre as placas de gesso acartonado. Os materiais mais comuns utilizados são :a fita massa e espátula (figura 22). Esta última responsável por proporcionar uniformidade a estrutura.

O passo a passo para o tratamento acontecerá da seguinte forma:

- 1.Aplicar primeira camada de massa sobre as juntas.
- 2.Marcar com uma espátula metálica o eixo da junta.
- 3.Sobre o eixo da junta, colocar fita de papel microporoso ou microporoso.
- 3.Para evitar bolha de ar, vazios ou enrugamentos, utilizar uma espátula pressionando com firmeza a fita para eliminar o excesso de massa.
- 4.Cobrir com uma camada fina de massa para que a fita não se desprenda.
- 5.Aguardar pelo menos 24h para obter a secagem completa dessa primeira demão.
- 6.Após secagem, aplicar mais uma demão de massa pois as juntas tendem a perder água e acabar retraindo. Aguardar mais 24 horas para a secagem deste procedimento.
- 7.lixar a superfície da junta, deixando-a no mesmo nível da chapa.
- 8.Observe se existem imperfeição no tratamento das juntas e caso haja, deve-se aplicar outra demão de massa.
- 10.Por fim, antes de pintar, as juntas e parafusos deverá ser lixada com lixa envolta em taco de madeira ou outro elemento de base plana, eliminando rebarbas e ondulações. (blogartesana,2021?)

Figura 22 - Ferramentas utilizadas na montagem da estrutura drywall

### 2.8. Ferramentas necessárias para montagem

Para montagem dos sistemas em chapas de gesso acartonado, são necessárias ferramentas apropriadas:



Fonte: Drywall | Componentes ferramentas para sistemas drywall

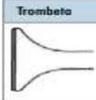
## ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DE FIXAÇÃO E ACESSÓRIOS

O Reparo das folhas pode ser feito com pregos ou parafusos, isto dependerá do tipo de estrutura de suporte para a qual será corrigido, se for perfis de madeira, unhas ou parafusos podem ser usados, se estiver em perfis metálicos (como a maioria das estruturas no Brasil) deve ser feita com parafusos.

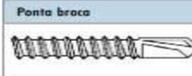
O tipo de parafuso do parafuso é definido em que material ele pode ser usado, bem como a ponta de ele define esse tipo de placa que pode prender, por isso é fácil identificar e escolher o parafuso que preenche as necessidades de construção de cada situação. O parafuso é escolhido de acordo com o número de placas a ser perfurado e de acordo com suas espessuras, deve exceder todas as placas a serem fixas e ainda exceder o perfil metálico pelo menos 10 mm (Tabela 8 e 9).

Tabela 8 - Tipos de Parafusos

\* A cabeça do parafuso define o tipo de material a ser fixado.

	<p>Para fixação de perfis metálicos entre si (metal/metal).</p>
	<p>Para fixação de chapas de drywall sobre perfis metálicos.</p>

A ponta do parafuso define a espessura do perfil

	<p>Perfil metálico com espessura máxima de 0,70 mm.</p>
	<p>Perfil metálico com espessura de 0,70 mm até 2,00 mm.</p>

Tipo	Desenho	Código	Comprimento nominal (mm)	Utilização	
				Perfil metálico	Chapas de drywall
Cabeça trombeta e ponta agulha		TA25	25	Espessura máxima de 0,70 mm	1 chapa com espessura de 12,50 mm ou 15,00 mm em perfis metálicos
		TA35	35		2 chapas com espessura de 12,50 mm em perfis metálicos
		TA45 TA50	45 50		2 chapas com espessura de 15,00 mm em perfis metálicos
		TA55 TA65 TA70	55 65 70		3 chapas com espessura de 12,50 ou 15,00 mm em perfis metálicos
Cabeça trombeta e ponta broca		TB25	25	Espessura máxima de 0,70 mm até 2,00 mm	1 chapa com espessura de 12,50 mm ou 15,00 mm em perfis metálicos
		TB35	35		2 chapas com espessura de 12,50 mm em perfis metálicos
		TB45 TB50	45 50		2 chapas com espessura de 15,00 mm em perfis metálicos
		TB55 TB65 TB70	55 65 70		3 chapas com espessura de 12,50 ou 15,00 mm em perfis metálicos
Cabeça lenteira ou painel e ponta agulha		LA	4,2 X 13 mm	Espessura máxima de 0,70 mm	Fixação de perfis metálicos entre si
		PA	3,50 X 9,00 mm	Espessura máxima de 0,70 mm	Fixação de perfis metálicos entre si
Cabeça lenteira ou painel e ponta broca		LB	4,2 X 13 mm	Espessura máxima de 0,70 mm até 2,00 mm	Fixação de perfis metálicos entre si
		PB	3,50 X 9,00 mm	Espessura máxima de 0,70 mm até 2,00 mm	Fixação de perfis metálicos entre si

Fonte: Manual de Instalação Sistemas Knauf Drywall, 2013.

Tabela 9 - Acessórios normalmente usados nas estruturas de perfil metálico

Tipo de acessório	Desenho	Utilização
Tirante (mínimo nº 10 – diâmetro 3,4mm)		Ligação entre o elemento construtivo (lajes, vigas, etc.) e o suporte nivelador.
Suporte nivelador (p/ perfil omega)		Ligação entre a estrutura do forro com o tirante
Suporte nivelador (para perfil canaleta)		
Suporte nivelador (para perfil longarina)		
Junção H		
Conector		União entre os perfis tipo canaleta 'C'
Peça de reforço		Reforço metálico ou de madeira a ser instalado no interior das paredes ou revestimentos para fixação de carga suspensa
Clip		União entre canaleta e cantoneira (ou guia) em forros ou revestimentos

Fonte: associação brasileira de fabricantes de chapas de gesso acartonado, 2013

## OS MATERIAIS TERMO ACÚSTICOS

Somente a utilização da placa de gesso para o isolamento acústico não solucionam as principais questões da dinâmica sonora (tabela 10). Existem alguns itens que serão explanados posteriormente que aumentam o desempenho do sistema em relação a parede comum de alvenaria (figura 23).

O primeiro material é a banda acústica, cuja função é criar um anteparo entre a estrutura e o perfil metálico, impedindo que o som passe por estas arestas, reverberando em toda parede. O segundo item é a lã isolante, onde a instalação será entre as duas placas de gesso (figura 24 e 25).

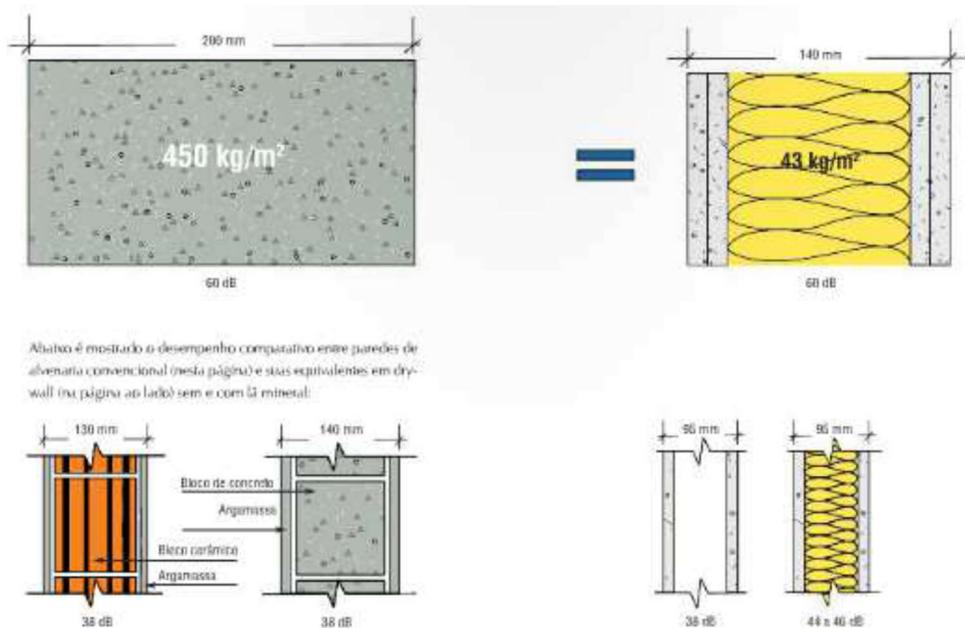
Tabela 10 - Desempenho termo acústico das paredes de Drywall

Tipologia	Espessura total da parede (mm)	Largura dos montantes (mm)	Distância entre montantes	Altura-limite (m)		Quantidade e borda das chapas	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Resistência ao fogo (min)		Isolamento acústico Rw (dB)	
				Montantes simples	Montantes duplos (MD)			com chapa ST	com chapa RF	sem isolante	com isolante
73/48	73	48	600	2,50	2,90	2 BR 12,5	22	30	30	34/36	42/44
			400	2,70	3,25						
78/48	78	48	600	2,60	3,00	2 BR 15	26	30	60	35/37	43/45
			400	2,80	3,30						
98/48	98	48	600	2,90	3,50	4 BR 12,5	42	60	90	42/44	49/50
			400	3,20	3,80						
108/48	108	48	600	3,00	3,60	4 BR 15	26	90	120	43/45	50/51
			400	3,30	3,90						
95/70	95	70	600	3,00	3,60	2 BR 12,5	22	30	30	38/40	44/46
			400	3,30	4,05						
120/70	120	70	600	3,70	4,40	4 BR 12,5	42	60	90	44/46	50/52
			400	4,10	4,80						
115/90	115	90	600	3,50	4,15	2 BR 12,5	22	30	30/45	39/42	45/47
			400	3,85	4,60						
140/90	140	90	600	4,20	5,00	4 BR 12,5	42	60	120	45/47	53/55
			400	4,60	5,50						
<b>Paredes especiais</b>											
160/48	160	48	600	4,90	5,80	4 BR 12,5	44	60	120	48/50	55/57
DEL			400	5,50	6,50						
160/70	160	70	600	2,90	3,40	4 BR 12,5	44	60	120	53/55	60/62
DES			400	3,20	3,70						
200/70	200	70	600	3,30	3,80	4 BR 12,5	44	60	120	59/61	64/66
DES			400	3,60	4,00						

Obs.: Para paredes com revestimento cerâmico o espaçamento entre montantes deve ser no máximo 40cm.

Fonte: associação brasileira dos fabricantes de chapas para drywall, 2013

Figura 23 - Desempenho acústico



Fonte: Vamos aprender sobre desempenho acústico em sistemas drywall? - Blog Artesana

Figura 24 - Lã de vidro



Fonte: Teia Design: Isolamento Térmico e Acústico - Lã de Vidro e Lã de Rocha (teiadesign10.blogspot.com)

Figura 25 - Lã de rocha



Fonte: Manta Lã de Rocha Aluminizada para Isolamento / Terac Forros e Isolamentos

## PROCESSO CONSTRUTIVO

Atenção com o correto auxílio e em seguida, passo a passo, a recomendação dos produtores e padrões relevantes é essencial para uma estrutura com comportamento satisfatório.

Em primeiro lugar, é necessário verificar com cuidado todas as fases do trabalho para que o não fechamento correto do gesso não permita a presença de umidade.

Também deve ser garantido que a saúde hidrelétrica, a eletricidade, a telefonia, a televisão e a fiação estruturada são definidas e posicionadas corretamente se estiverem presentes nos projetos de instalação, para evitar erros de montagem e desgaste a espinha.

O processo básico de fechamento construtivo com placas de gesso manchado é dividido em sete passagens são:

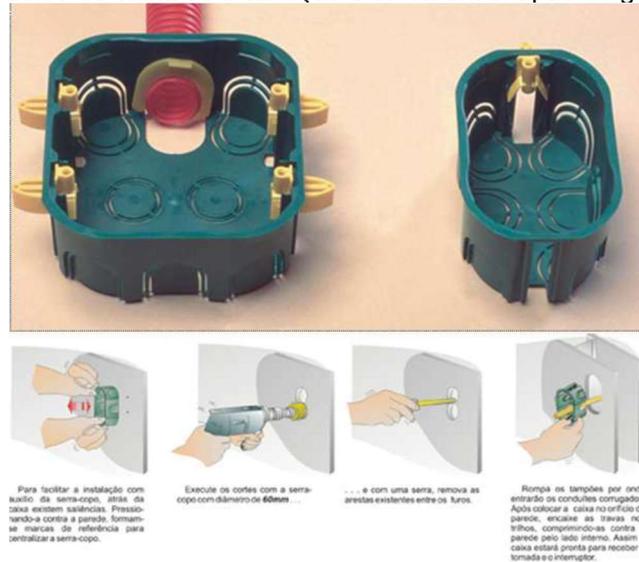
1. Locação das guias;
2. Fixação das guias;
3. Locação dos montantes;
4. Colocação dos montantes;
5. Fixação das placas de gesso;
6. Tratamento das juntas;
7. Acabamento final.

## COLOCAÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRO SANITÁRIAS

As instalações pertinentes a parte elétrica e hidrossanitários no momento entre a instalação da primeira face de gesso acartonado e a segunda. A rede elétrica, através de conduites, é instalada no espaço vazio entre as placas de gesso.

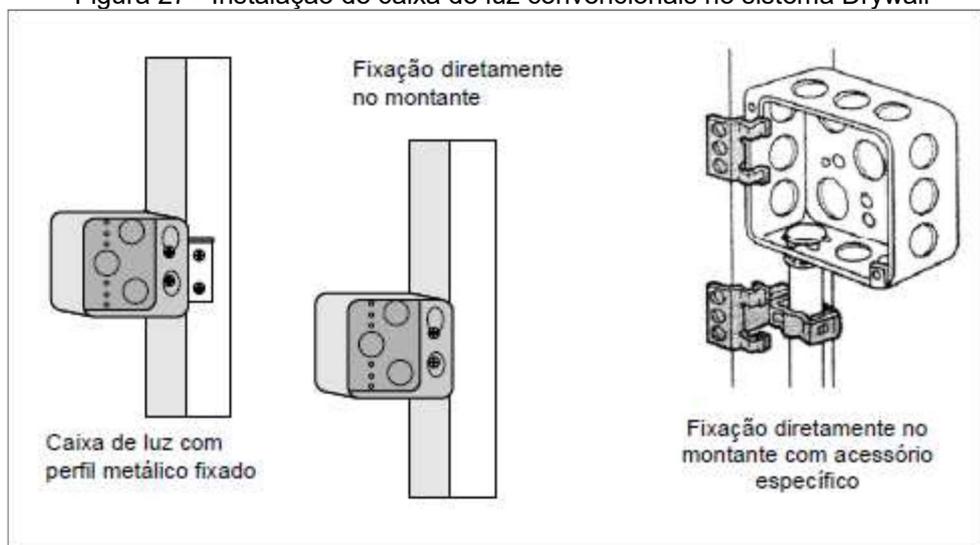
Para sistemas elétricos, dois tipos de caixas podem ser usadas: em caixas fixas, portanto, o convencional (Figura 27) e aquelas específicas para sistemas em drywall (Figura 26).

Figura 26 - Modelos de caixa de instalação elétrica em chapas de gesso acartonado



Fonte: (astra, 2010)

Figura 27 - Instalação de caixa de luz convencionais no sistema Drywall

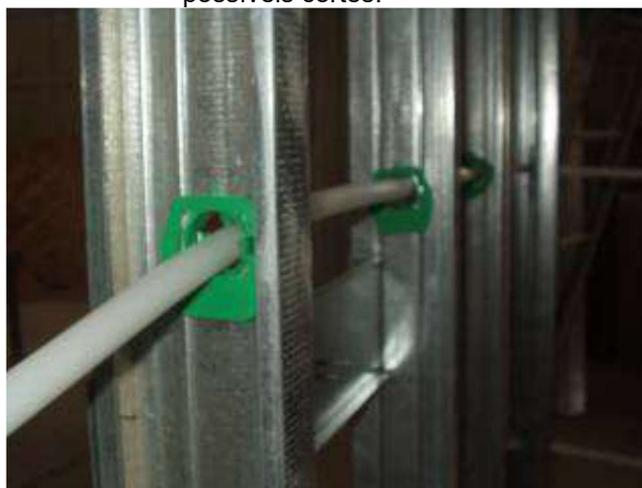


Fonte: (taniguti, 1999)

Os equipamentos hidrossanitários assemelham-se aos do elétrico, apesar de suas instalações possuírem tubos com diâmetro maior (Figura 28), os mesmos serão alojados entre as placas de gesso.

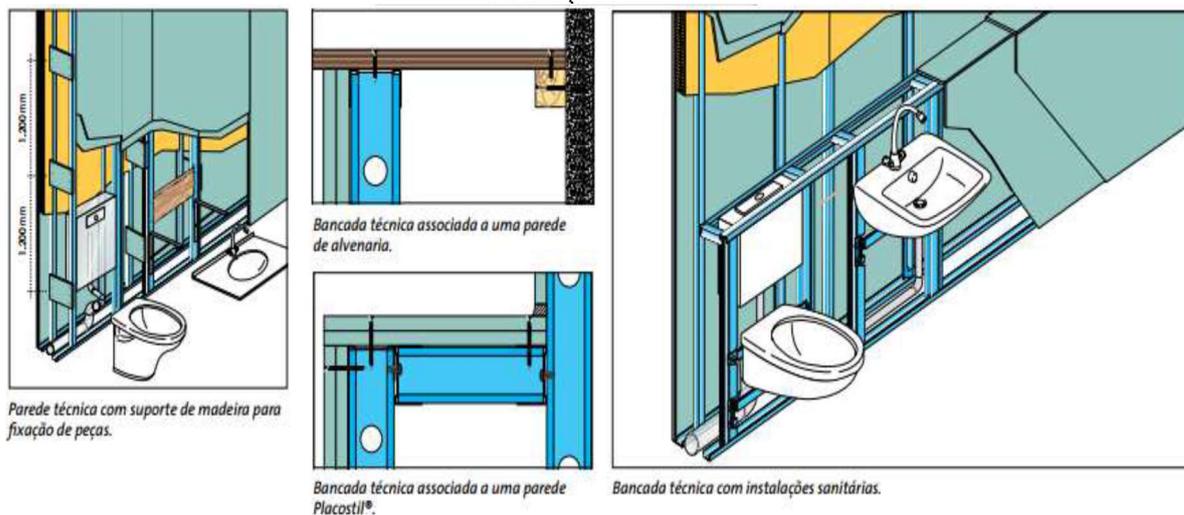
Como mencionado anteriormente, existem placas de gesso específicas resistentes a umidade, que serão utilizadas nesta fase da obra. A estrutura oferece uma capacidade de sustentar artefatos de até 30kg sem que haja previsão de reforço estrutural (figura 29).

Figura 28 - Passagem de tubulação no montante com proteção contra desgastes da parede e possíveis cortes.



Fonte: dbgraus.com.br - Instalações PEX

Figura 29 - Exemplos de parede com suporte de madeira (a), especial de perfis (b) e bancada com instalações



Fonte: Sistemas Placostil – Manual de Especificação e Instalação, 2013

## VÃO DE PORTAS, FECHAMENTOS DA ESTRUTURA E TRATAMENTO DE JUNTAS

No restante das aberturas para os espaços da porta, os perfis de metal devem ser reforçados nos pontos de vértice em 20 cm (Figura 32), e as folhas devem ser distribuídas normalmente para superar a área útil para em seguida serem cortadas (figura 30 e 31).

Figura 30 - Corte da chapa no vão de porta



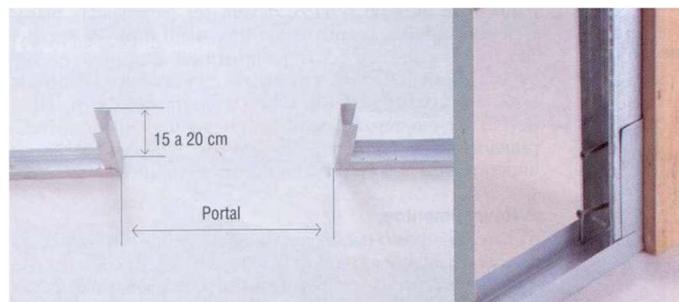
Fonte: (knauf, 2009)

Figura 31 - Nivelamento de janelas e portas



Fonte: (labuto, 2007).

Figura 32 - Reforço dos vértices da porta

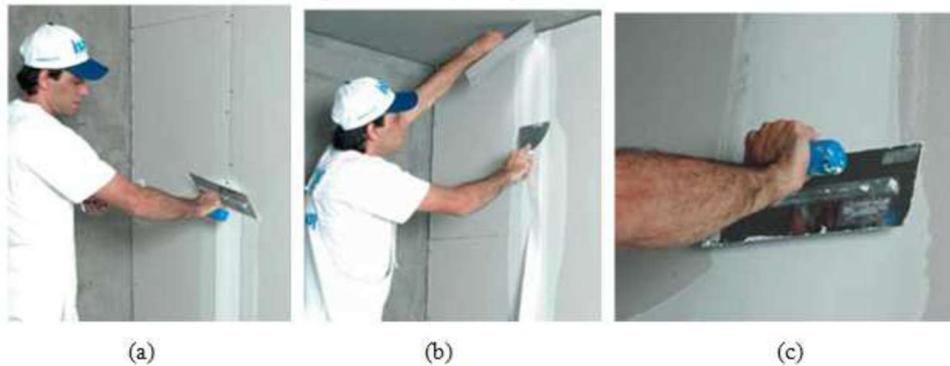


Fonte: (mitidieri, 2012).

Terminado o fechamento aplica-se uma primeira camada de massa (Figura 33) (a) para preencher o pequeno espaço vazio entre os dois, em seguida, colocar a fita de papel micro perfurada comprimindo-a com uma espátula para melhor adesão (Figura 33B). Aplica-se então de uma nova camada de massa na faixa de papel micro perfurada que protege e reforça o tratamento (Figura 33 (C) estendendo por 30 cm além do eixo da articulação.

Na parte inferior das placas (pé), onde há espaço de aproximadamente 10 mm, é possível preenchê-lo com um selante de poliuretano que se comporta bem à presença de umidade, dando estabilidade à placa no ponto aplicado.

Figura 33 - Aplicação de massa



Fonte:(knauf, 2009)

## IMPERMEABILIZAÇÃO

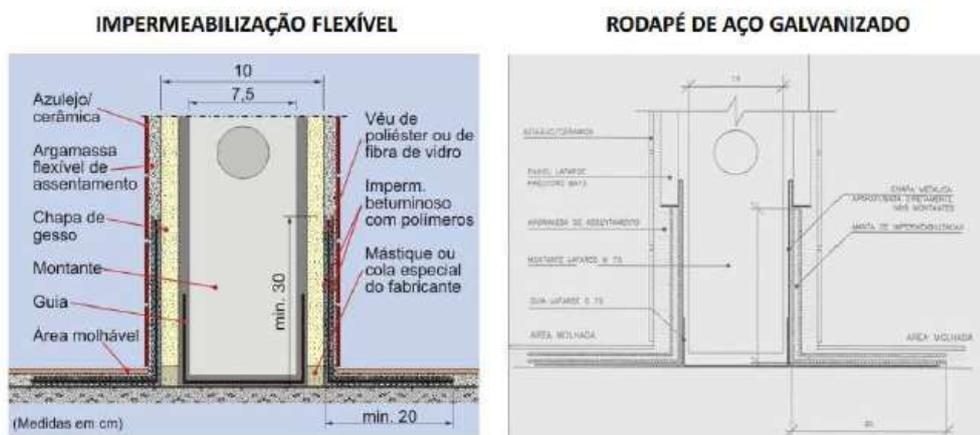
A respeito deste tema, é fundamental frisar que impermeabilizar as paredes de drywall ou gesso acartonado em áreas úmidas como banheiros e lavabos, é um procedimento obrigatório (figura 34).

As placas, Ru (resistente à umidade) são as usadas neste tipo de ocasião. No entanto, somente a utilização dessas placas, não garantem um desempenho satisfatório perante os requisitos de durabilidade e resistência. Para que tais qualidades sejam atingidas, faz-se necessário a aplicação de impermeabilizantes específicos para o sistema drywall (figura 35).

Como exemplo de impermeabilizantes existentes no mercado, temos os seguintes mais usados:

- Membranas de asfalto elastomérico
- Membranas acrílicas
- Cimento polimérico

Figura 34 - Impermeabilização de áreas úmidas



Fonte: (mitidieri, 2012).

Figura 35 - Impermeabilização de áreas úmidas



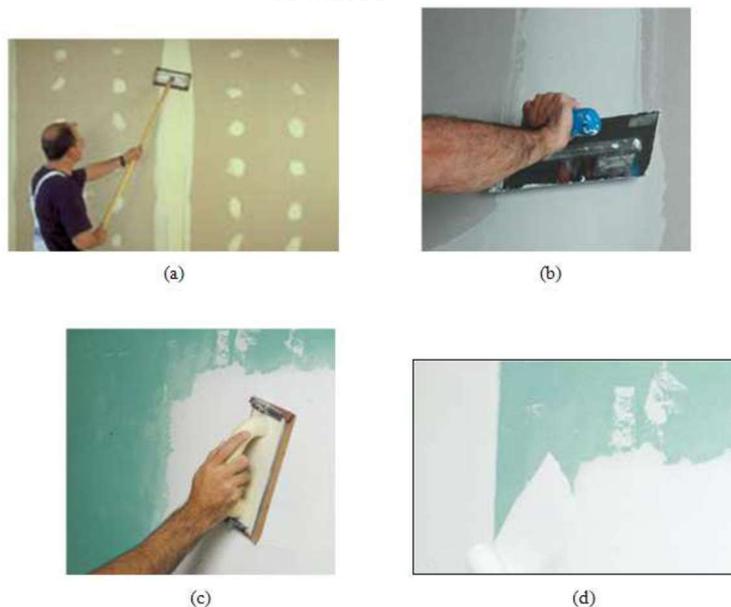
Fonte: (mitidieri, 2012).

## ACABAMENTOS FINAIS

A estrutura dos painéis de gesso assim como as mais comuns no mercado, como a de blocos cerâmicos, pode receber qualquer tipo de acabamento. No entanto, antes de iniciar o procedimento, é imperativo rever alguns artigos, como: placas devidamente fixadas na estrutura, juntas corretamente tratadas, massas devidamente secas e imperfeições nas placas.

Os acabamentos mais frequentes encontrados nas obras são a cerâmica e a pintura. Para iniciar um acabamento com pintura utiliza-se normalmente um selador o qual será aplicado por toda placa, em seguida lixamos igualmente toda a extensão, na sequência, será passado um pano úmido e assim a parede estará pronta pra receber a pintura (figura 36).

Figura 36 - Lixamento das regiões das juntas eliminando rebarbas e saliências (figura a), aplicação de massa



Fonte: (knauf, 2009/2013)

Para a utilização da cerâmica na superfície das paredes (figura 37), a argamassa pode ser aplicada diretamente sobre superfície das placas. Para as placas que são

utilizadas em áreas úmidas, será utilizado impermeabilizante flexível, lembrando que ranhuras na argamassa danificam o drywall (figura 38 e 39).

Figura 37 - Colocação de cerâmica na estrutura



Fonte: (knauf, 2013).

Figura 38 - Estrutura em área úmida com visita para registros



Fonte: (labuto, 2008).

Figura 39 - Estrutura terminada em área úmida com visita para registros



Fonte: (labuto, 2008).

## ESTUDO DE CASO

O presente estudo de caso trata-se de uma obra das novas instalações da Diretoria Geral De Apoio Logístico (DGAL) localizada dentro do quartel do comando geral do corpo de bombeiros militar do estado do rio de janeiro (figura 41). O objetivo é avaliar se a instalação de estruturas em drywall é economicamente mais viável que alvenaria para este tipo de edificação.

No terreno do imóvel, funcionou o Corpo Provisório de Bombeiros da Corte, inaugurado em 1856 (figura 40). Posteriormente, em 1908, sob a responsabilidade engenheiro militar Francisco Marcelino de Souza Aguiar, aconteceram novas obras de revitalização e ampliação das estruturas para suportar novas acomodações.

A atual edificação, possui uma peculiaridade por ser tombada, fato que consta no constante no Diário Oficial nº 987, de 13/02/1979, protocolado em processo sob o nº E-03/038.232/78. Sendo assim, por se tratar de patrimônio tombado qualquer tipo de obra realizada no local, deve preservar ao máximo a edificação.

Figura 40 - Quartel do comando geral do CBMERJ



Fonte: google Earth

Figura 41 - Fachada do quartel do comando geral do CBMERJ



Fonte: google

## LOCAL DA OBRA

A local da obra será no segundo pavimento do QCG (figura 42 e 43), e por se tratar de uma edificação antiga e tombada, as paredes funcionam como o reforço estrutural da edificação (figura 44). Por fim, foi realizado o levantamento arquitetônico do local, para

posteriormente quantificar de maneira exata a quantidade de material que será usado nesta obra (figuras 45,46,47 e 48).

Figura 42 - Instalações da nova DGAL



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 43 - Instalações da nova DGAL



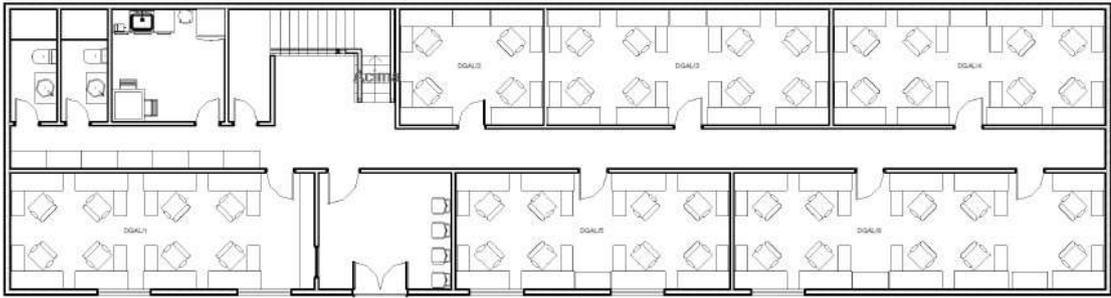
Fonte: elaborado autor

Figura 44 - Espessura das paredes do QCG



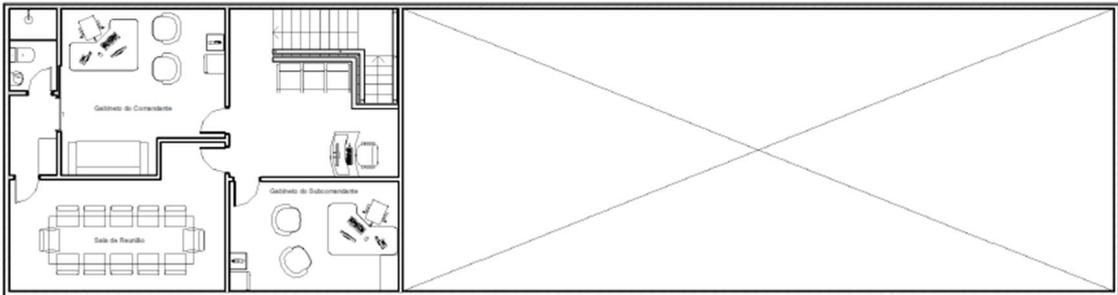
Fonte: elaborado pelo autor

Figura 45 - Planta baixa 1º Pav nova DGAL



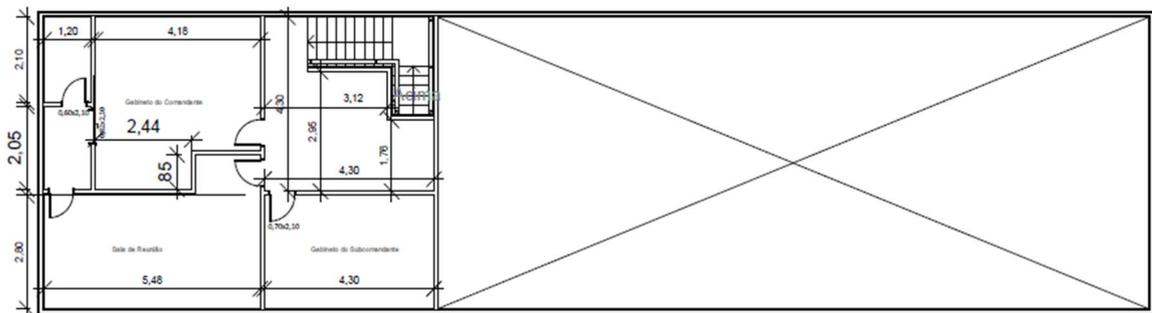
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 46 - Planta baixa mezanino nova DGAL



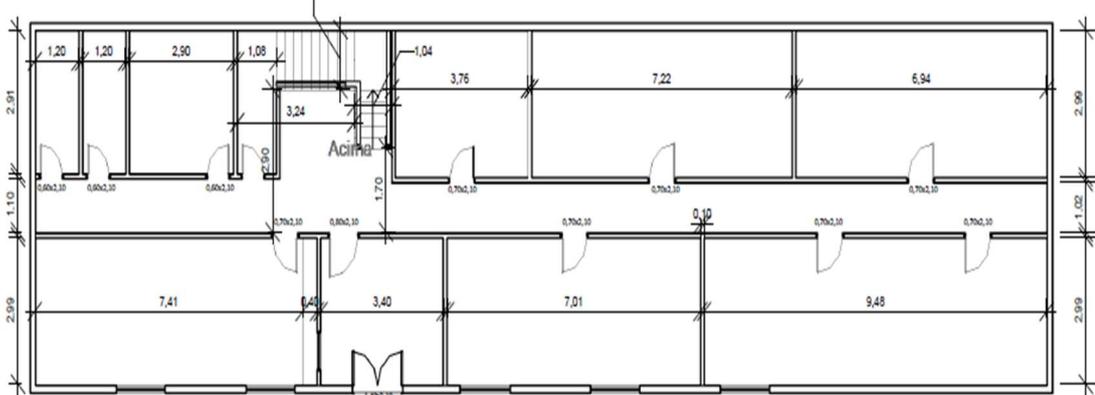
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 47 - Planta baixa mezanino nova DGAL



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 48 - Planta baixa 1º Pav nova DGAL



Fonte: Elaborado pelo autor

## CRITÉRIO ADOTADO

O critério utilizado para avaliar o benefício econômico das estruturas de gesso acartonado à de alvenaria se baseará basicamente em avaliar preço de custo para instalação e o peso que ambas oferecem a estrutura existente.

Primeiramente iremos abordar a questão econômica, onde iremos comparar o custo unitário por metro quadrado que cada sistema oferece. Para isso iremos apresentar alguns parâmetros que embasaram o presente estudo de caso.

Para efeito de comparação este estudo buscou a comparação das estruturas prontas, ou seja, foi considerado o preço de aquisição, montagem e produto final, que incluiu todo o sistema devidamente instalado e finalizado pronto pra uso. Tal medida se fez necessária para demonstrar imparcialidade no estudo pois poderia haver alguma parte sistema extremamente dispendioso em relação a outra, o que afetaria a avaliação do custo final do produto.

Ainda seguindo esta entoadada de imparcialidade, o trabalho resolveu utilizar índices oficiais para aferir o custo dos sistemas, no caso em questão foi utilizada a tabela EMOP, que nada mais e a tabela da Empresa De Obras Públicas Do Estado Do Rio de Janeiro, cujo objetivo é organizar a composição dos preços unitários dos serviços e matérias de obras no âmbito estadual.

Os preços da tabela EMOP se dividem em: com desoneração e sem desoneração. A diferença das duas modalidades está em basicamente em encargos sociais referentes a mão de obra. Apresentaremos as duas tabelas para avaliar se há diferença no preço final dos produtos estudados.

## DADOS OBTIDOS

Tabela 11 - planilha sintética orçamentária com desoneração

UNIVERSIDADE ESTÁCIO DE SÁ				FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL		
PLANILHA SINTÉTICA ORÇAMENTÁRIA - COM DESONERAÇÃO ESTUDO DE CASO DA COLOCAÇÃO DE ESTRUTURA DE DRYWALL OU ALVANEARIA NO INTERIOR DO QUARTEL COMANDO GERAL DO CBMERJ				Mês Base - MARÇO / 2021		
ITEM	ALUNO: MARCELO DA SILVA DIAS	CÓDIGO	UNID	QUANT	PREÇO UNIT	PREÇO TOTAL
1	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS EM DRYWALL					
1.1	PAREDE DRYWALL C/ESP.73MM,ESTRUT.C/MONTANTES SIMPLES AUTOPORTANTES 48MM,FIXADOS A GUIAS HORIZONTAIS 48MM,AMBOS ACO GALV.C/ESP.0,5MM,C/DUAS CHAPAS GESSO ACARTONADO STANDARD,ESP.12,5 MM,LARG.1200MM,FIXADA AOS MONTANTES POR MEIO DE PARAFUSOS,C/TRATAMENTO JUNTAS C/MASSA E FITA P/UNIF.DA SUPERF.DAS CHAPAS DE GESSO ACARTONADO,APLIC.EM AREAS SECAS.FORNE COLOCAÇÃO	12.016.0004-A	M2	1	R\$ 54,88	R\$ 54,88
1.2	PREPARO DE SUPERFICIES NOVAS,COM REVESTIMENTO LISO,INTERIOR,INCLUSIVE RASPAGEM,LIMPEZA,UMA,DEMAO DE SELADOR,UMA,DEMAO DE MASSA CORRIDA E LIXAMENTOS NECESSARIOS	17.018.0010-A	M2	1	R\$ 20,56	R\$ 20,56
1.2	PINTURA COM TINTA LATEX,CLASSIFICACAO ECONOMICA (NBR 15079),FOSCA EM REVESTIMENTO LISO,INTERIOR,ACABAMENTO PADRAO,EM DUAS DEMAOS SOBRE A SUPERFICIE PREPARADA,CONFORME O ITEM 17.018.0010,EXCLUSIVE ESTE PREPARO	17.018.0020-A	M2	1	R\$ 8,64	R\$ 8,64

1.3	<b>TOTAL GASTO EM ESTRUTURA DE DRYWALL</b>					R\$	63,52
2	<b>DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS EM ALVENARIA</b>						
2.1	ALVENARIA DE TJOLOS CERAMICOS FURADOS 10X20X20CM,ASSENTES COM ARGAMASSA DE CIMENTO E SAIBRO,NO TRACO 1:8,EM PAREDES DE MEIA VEZ(0,10M)COM VAOS OU ARESTAS,ATE 3,00M DE ALTURA E MEDIDA PELA AREA REAL	12.003.0080-A	M2	1	R\$	56,24	R\$ 56,24
2.2	CHAPISCO EM SUPERFICIE DE CONCRETO OU ALVENARIA,COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA,NO TRACO 1:3,COM 5MM DE ESPESSURA	13.001.0010-B	M2	1	R\$	5,09	R\$ 5,09
2.3	REVESTIMENTO INTERNO(PRONTO)EM MASSA UNICA COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA TERMOTRATADA,ESPESSURA DE 3CM,SOBRE SUPERFICIE CHAPISCADA,EXCLUSIVE CHAPISCO	13.003.0004-A	M2	1	R\$	37,33	R\$ 37,33
2.4	PINTURA COM TINTA LATEX SEMIBRILHANTE,FOSCA OU ACETINADA,CLASSIFICACAO PREMIUM OU STANDARD (NBR 15073),PARA INTERIOR E EXTERIOR,BRANCA OU COLORIDA,SOBRE TJOLO,CONCRETO LISO,CIMENTO SEM AMIANTO,E REVESTIMENTO,INCLUSIVE LIXAMENTO,UMA DEMAO DE SELADOR ACRILICO,DEMAO DE MEIA MASSA E DUAS DEMAOIS DE ACABAMENTO	17.018.0112-A	M2	1	R\$	22,96	R\$ 22,96
2.5	<b>TOTAL GASTO EM ESTRUTURA DE ALVENARIA</b>					R\$	121,82
3	AUMENTO NO CUSTO DE CERCA DE 91,46%						

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 12 - planilha sintética orçamentária sem desoneração

UNIVERSIDADE ESTÁCIO DE SÁ				FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL			
PLANILHA SINTÉTICA ORÇAMENTÁRIA - SEM DESONERAÇÃO ESTUDO DE CASO DA COLOCAÇÃO DE ESTRUTURA DE DRYWALL OU ALVENARIA NO INTERIOR DO QUARTEL COMANDO GERAL DO CBMERJ				Mês Base - MARÇO / 2021			
item.	ALUNO: MARCELO DA SILVA DIAS	CÓDIGO	UNID	QUANT	PREÇO UNIT	PREÇO TOTAL	
1	<b>DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS EM DRYWALL</b>						
1.1	PAREDE DRY-WALL C/ESP. 73MM,ESTRUT.C/MONTANTES SIMPLES AUTOPORTANTES 48MM,FIXADOS A GUIAS HORIZONTAIS 48MM,AMBOS ACO GALV.C/ESP.0,5MM,C/DUAS CHAPAS GESSO ACARTONADO STANDARD,ESP.12,5MM,LARG.1200MM,FIXADA AOS MONTANTES POR MEIO DE PARAFUSOS,C/TRATAMENTO JUNTAS C/MASSA E FITA P/UNIF.DA SUPERF.DAS CHAPAS DE GESSO ACARTONADO,APLIC.EM AREAS SECAS.FORN.E COLOCACAO	12.016.0004-0	M2	1	R\$ 56,32	R\$ 56,32	
1.2	PREPARO DE SUPERFICIES NOVAS,COM REVESTIMENTO LISO,INTERIOR,INCLUSIVE RASPAGEM,LIMPEZA,UMA DEMAO DE SELADOR,UMA DEMAO DE MASSA CORRIDA E LIXAMENTOS NECESSARIOS	17.018.0010-0	M2	1	R\$ 23,33	R\$ 23,33	
1.2	PINTURA COM TINTA LATEX,CLASSIFICACAO ECONOMICA (NBR 15073),FOSCA EM REVESTIMENTO LISO,INTERIOR,ACABAMENTO PADRAO,EM DUAS DEMAOIS SOBRE A SUPERFICIE PREPARADA,CONFORME O ITEM 17.018.0010,EXCLUSIVE ESTE PREPARO	17.018.0020-0	M2	1	R\$ 9,70	R\$ 9,70	
1.3	<b>TOTAL GASTO EM ESTRUTURA DE DRYWALL</b>					R\$ 66,62	
2	<b>DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS EM ALVENARIA</b>						
2.1	ALVENARIA DE TJOLOS CERAMICOS FURADOS 10X20X20CM,ASSENTES COM ARGAMASSA DE CIMENTO E SAIBRO,NO TRACO 1:8,EM PAREDES DE MEIA VEZ(0,10M)COM VAOS OU ARESTAS,ATE 3,00M DE ALTURA E MEDIDA PELA AREA REAL	12.003.0080-0	M2	1	R\$ 61,90	R\$ 61,90	
2.2	CHAPISCO EM SUPERFICIE DE CONCRETO OU ALVENARIA,COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA,NO TRACO 1:3,COM 5MM DE ESPESSURA	13.001.0010-1	M2	1	R\$ 5,64	R\$ 5,64	
2.3	REVESTIMENTO INTERNO(PRONTO)EM MASSA UNICA COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA TERMOTRATADA,ESPESSURA DE 3CM,SOBRE SUPERFICIE CHAPISCADA,EXCLUSIVE CHAPISCO	13.003.0004-0	M2	1	R\$ 39,39	R\$ 39,39	
2.4	PINTURA COM TINTA LATEX SEMIBRILHANTE,FOSCA OU ACETINADA,CLASSIFICACAO PREMIUM OU STANDARD (NBR 15073),PARA INTERIOR E EXTERIOR,BRANCA OU COLORIDA,SOBRE TJOLO,CONCRETO LISO,CIMENTO SEM AMIANTO,E REVESTIMENTO,INCLUSIVE LIXAMENTO,UMA DEMAO DE SELADOR ACRILICO,DEMAO DE MEIA MASSA E DUAS DEMAOIS DE ACABAMENTO	17.018.0112-0	M2	1	R\$ 25,32	R\$ 25,32	
2.5	<b>TOTAL GASTO EM ESTRUTURA DE ALVENARIA</b>					R\$ 132,25	
3	AUMENTO NO CUSTO DE CERCA DE 98,51%						

Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação a diferença do peso que os sistemas oferecem na estrutura temos a seguinte situação referente as estruturas em drywall:

Tabela 13 - Detalhes técnicos da parede de drywall

Tipologia	Espessura total da parede (mm)	Largura dos montantes (mm)	Distância entre eixos dos montantes (mm)	Altura máxima (m)		Quantidade e espessura das chapas	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )	Resistência ao fogo(min)		Isolamento acústico Rw (dB)	
				Montantes simples	Montantes duplos			Com chapa ST	Com chapa RF	Sem lâ mineral	Com lâ mineral
W111 – 73/48	73	48	600	2,50	2,90	2 x 12,50 mm	22	30	30	34 a 36	42 a 44
			400	2,70	3,25						
W111 – 78/48	78	48	600	2,60	3,00	2 x 15,00 mm	27	30	30	35 a 37	43 a 45
			400	2,80	3,30						
W111 – 95/70	95	70	600	3,00	3,60	2 x 12,50 mm	22	30	30	38 a 40	44 a 46
			400	3,30	4,05						
W111 – 100/70	100	70	600	3,10	3,70	2 x 15,00 mm	27	30	60	39 a 41	45 a 47
			400	3,40	4,15						
W111 – 115/90	115	90	600	3,50	4,15	2 x 12,50 mm	22	30	30	39 a 42	45 a 47
			400	3,85	4,60						
W111 – 120/90	120	90	600	3,60	4,25	2 x 15,00 mm	27	30	60	40 a 43	46 a 48
			400	3,95	4,70						

Fonte: Parede de Drywall W111 - Knauf do Brasil

Já na alvenaria o peso médio de um tijolo cerâmico com dimensões de 9x19x19 e de 2,0kg. Em 1m<sup>2</sup> obtemos aproximadamente a conta de 25 tijolos, possuindo no final um peso aproximado de 50kg/m<sup>2</sup> sobre a estrutura, sem contar os revestimentos que a construção de alvenaria possui (OBRA DIRETO DA FABRICA, 2021).

## RESULTADO APÓS OS DADOS OBTIDOS

Analisando os dados obtidos na tabela 13 com dados do parágrafo anterior, observamos que as estruturas em alvenaria oferecem uma carga quase duas vezes maior na estrutura do o gesso acartonado.

Conforme observado em ambas situações da tabela 11 e tabela 12 o custo unitário efetivo total para a construção de um sistema em alvenaria pode chegar a ter um aumento de 98,51% na tabela desonerada. Com a tabela onerada chegamos ao percentual de 91,46%. Sendo assim, ficou constatado o benefício econômico dos sistemas em drywall.

Sendo assim, neste estudo de caso, concluímos que o sistema construtivo em drywall se torna a alternativa mais adequada para este tipo de edificação, já que possuímos uma peculiaridade em relação a mesma pelo fato do tombamento, que conseqüentemente para fazer qualquer construção exige uma série de regras jurídicas.

Concluímos que com os sistemas construtivos em drywall preservamos ao máximo a construção do presente estudo de caso.

## CONCLUSÃO

Obras que utilizam o sistema drywall proporcionam redução do custo e manutenção da qualidade para as empresas que utilizam essa tecnologia.

Além de se apresentar como um material versátil, o mesmo traz à tona a possibilidade de atender diversas necessidades arquitetônicas. O sistema em lide, apresenta um desempenho satisfatório além de um baixo custo para sua instalação. Como demonstrado no presente trabalho, drywall apresenta a possibilidade substituir outros

métodos construtivos mais caros e de difícil manutenção, como por exemplo a construção de alvenaria.

Em tempos que a preocupação com o meio ambiente é uma realidade e preocupação mundial, o drywall se apresenta como uma alternativa bastante viável, pois é completamente reciclável.

Ainda que na área comercial o drywall seja amplamente utilizado, observamos uma certa resistência quanto a utilização do mesmo em obras residências. Tal aversão não parte das empresas de construção, e sim do consumidor final que desconhece a qualidade e desempenho do produto.

A carência de mais informações para o mercado consumidor gera preconceitos em relação a este tipo de estrutura. A percepção é de maior parte do mercado julga a estrutura como frágil, com baixo desempenho acústico e térmico, o que não é verdadeiro como evidenciado pelo estudo realizado. Realização de sólidos investimentos em campanha de publicidade fomentaria a curiosidade e o conhecimento sobre o drywall, demonstrando seus benefícios e limitações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2010. **NBR 14715-1**: Chapas de gesso acartonado: especifica os requisitos para as chapas de gesso para drywall destinadas à execução de paredes, forros e revestimentos internos não estruturais

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL. **Resistência mecânica e fixação de objetos em Drywall**. Associação Brasileira de Drywall, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: Edificações habitacionais de até cinco pavimentos: desempenho. Rio de Janeiro, 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL < Disponível em: Drywall | Tudo o que você precisa saber sobre drywall! Quem usa sabe, drywall é a melhor solução! > acessado em 1/04/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL < Disponível em: <https://drywall.org.br/paredel/> > acessado em 5/05/2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL < Disponível em: <https://drywall.org.br/forro/> > acessado em 10/04/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL < Disponível em: Drywall | Desempenho da solução construtiva garante conforto, bem-estar, segurança e durabilidade > acessado em 12/04/2021.

ABRAGESSO. Manual de montagem de sistemas de Drywall. São Paulo: Pini, 2012

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE DRYWALL. Resíduos de Gesso na Construção Civil – Coleta, Armazenagem e Destinação para Reciclagem – 2ª edição. São Paulo – SP, setembro de 2011.

ASSOCIAÇÃO brasileira de drywall. Pintura em drywall o que é preciso saber. São Paulo. 2013

BARBOSA, L. E. M. Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico de vedação e drywall. Minas Gerais, 2015. MBA Gerenciamento de obras, tecnologia e qualidade da construção, Instituto de pós-graduação IPOG.

BRITO. C. E; ALBUQUERQUE. S. T; BOMBONATO. F. Drywall em paredes, forros e revestimento. PARANA, 2014.

[http://arquivos.proderj.rj.gov.br/der\\_imagens/arquivos/Notas%20para%20](http://arquivos.proderj.rj.gov.br/der_imagens/arquivos/Notas%20para%20) >acesso em 20/04/2021

BLOGARTESANA < Disponível em: <https://www.blog.artesana.com.br/tratamento-de-juntas-em-drywall/> >acessado em 14/04/2021.

COMISSÃO DE MATERIAIS E TECNOLOGIA (COMAT) - Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON). Sistema Drywall. Minas Gerais – MG, 2009 2012.

CERAMICA LIDERAL< DISPONIVEL EM:<http://www.ceramicalideral.com.br/produto/tijolo-8-furos-9x19x29/> >acesso em 20/04/2021

EMOP < Disponível em: [http://www.emop.rj.gov.br/cad\\_catalogo.asp](http://www.emop.rj.gov.br/cad_catalogo.asp) >acessado em 20/04/2021.

EMOP < Disponível em: <http://www.emop.rj.gov.br/uso%20do%20boletim%20EMOP%20-%20resposta%20concremat.pdf> > acessado em 20/04/2021

FERNANDES, L.O; FILHO, S.S.S. Drywall e as técnicas construtivas. 2018. 29 p. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Faculdade Ideal Devry, Belém, 2018. Disponível em:< <https://docplayer.com.br/108641144-Faculdade-ideal-devry-engenharia-civil-drywall-e-as-tecnicas-construtivas-lucas-de-oliveira-fernandes-sanderson-silva-dos-santos-filho.html>> Acesso em: 13 maio 2021.

FSBPESQUISA< Disponível em:<https://www.fsb.com.br/wp-content/uploads/2021/04/Instituto-FSB-Pesquisa-CNI-Pandemia-Consumo-versao-divulgacao.pdf>>Acessado em: 20 abril 2021.

[http://www.inepac.rj.gov.br/index.php/bens\\_tombados/detalhar/254](http://www.inepac.rj.gov.br/index.php/bens_tombados/detalhar/254) >Acesso em: 20 abril 2021

KNAUF DRYWALL. Sistemas de construção a seco. Sd. Folheto técnico Knauf – Paredes Knauf. Knauf Drywall,2015.

KNAUF< Disponível em: <https://www.knauf.com.br/sistemas/parede-de-drywall-w111/> >Acessado em: 4 abril. 2021.

KNAUF< Disponível em: <http://www.knauf.com.br/?id=250>>acessado dia 20 de março de 2021.

KNUF < Disponível em: <https://knauf.com.br/produtos/drywall-resistente-ao-fogo-rf/> > acessado em 1/04/2021.

KNUF < Disponível em: <https://knauf.com.br/produtos/drywall-resistente-a-umidade-ru/> > acessado em 1/04/2021.

KANUF < Disponível em: <https://knauf.com.br/produtos/drywall-resistente-a-umidade-ru/> > acessado em 1/04/2021.

LCGESSO < Disponível em: <https://lcgesso.com.br/perguntas-drywall/> > acessado em 1/04/2021.

MITIDIERI. C.: Fechamentos Internos. São Paulo, nº 44, 2009-2012, p. 24,31.

LABUTO, L.V. Parede Seca – Sistema Construtivo de fechamento em estrutura de Drywall. 2014. 67 fls. Monografia (Especialização em Construção Civil) – UFMG, Minas Gerais, 2014.

Disponível em:< [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBDA2SHCJ/1/monografia\\_p\\_s\\_cecc\\_\\_\\_publica\\_\\_o.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBDA2SHCJ/1/monografia_p_s_cecc___publica__o.pdf)> Acesso em: 13 maio 2021.

NOGUEIRA; DORNELAS; JABOUR; FLORES; RODRIGUES; MENDES. Alvenaria de Vedação Comum X Gesso Acartonado. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação).

Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2004, p.23., Acesso em: 2 abril. 2021.

NUNES, Heloia Palma. Estudo da Aplicação do Drywall em Edificação Vertical. Orientador: Prof. Maria Cristina Halmeman. 2015. 66 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão - PR, 2015. Disponível em:

[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6691/1/CM\\_COECI\\_2015\\_2\\_16.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6691/1/CM_COECI_2015_2_16.pdf). Acesso em: 2 abril. 2021.

OBRA DIRETO DA FABRICA < Disponível em: Tijolo 9x19x19 | ODF ([obradiretodafabrica.com.br](http://obradiretodafabrica.com.br)) > acessado em 05/05/2021.

RODRIGUES, Larissa Schmitz. Certificação Ambiental Na Construção Civil: Sistemas Leed e Aqua. Orientador: Miguel Aloysio Sattler. 2020. 151 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Porto Alegre - RS, 2020. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/205752/001111986.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 2 abril. 2021.

[https://semanaacademica.com.br/system/files/artigos/a\\_utilizacao\\_e\\_tecnicas\\_-\\_rafael\\_de\\_freitas\\_volpe\\_0.pdf](https://semanaacademica.com.br/system/files/artigos/a_utilizacao_e_tecnicas_-_rafael_de_freitas_volpe_0.pdf) <acessado em 1/05/2021>

SCHEIDEGGER, Guilherme Marchiori. Análise física do sistema drywall: uma revisão bibliográfica. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 03, Vol. 04, pp. 19-41. Março de 2019. ISSN: 2448- 0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenhariacivil/sistema-drywall>, Acesso em: 2 abril. 2021

SABBATINI, F.H et. al. Tecnologia da construção de edifícios II. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006

HERINGER, A.S. Análise de custos entre Drywall e alvenaria. Pensar acadêmico. v.1, n.2, p.-1-10, 2018. Disponível em:< [www.scielo.org.br](http://www.scielo.org.br)> Acessado em: 13 maio 2021.

**Pedro Lopes Corrêa**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Fabricio Barbosa Freitas**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo expor aspectos ligados ao Retrofit de fachadas no Brasil, que teve um grande crescimento na última década, e hoje, existe muita procura relacionada ao tema, inclusive muitas empresas especializadas somente no assunto. Normalmente, quando se executa um Retrofit, pensamos logo em fachadas e instalações prediais, tais como: elétricas, hidráulicas e de telefonia. O estudo a seguir irá abordar em específico o tema relacionado ao Retrofit de fachadas, que inclui a instalação de tecnologias sustentáveis, reforços na estrutura do prédio e a troca de revestimento e esquadrias, dando um ar mais atual e valorizando o imóvel.

**Palavras-chave:** Retrofit; Custos; Tecnologia sustentável.

## INTRODUÇÃO

O termo *retrofit* de caráter técnico é utilizado no setor da construção civil, de forma a significar uma atualização tecnológica. Com o objetivo de valorizar edifícios antigos prolongando sua vida útil, seu conforto e funcionalidade através da incorporação de avanços tecnológicos e da utilização de materiais de última geração, os conceitos do *retrofit* vêm sendo amplamente difundidos no mercado nacional (VALE, 2006).

Para Qualharini (2000), *retrofit* apresenta-se como o processo de interferir em uma benfeitoria, que foi executada em padrões inadequados às necessidades atuais. Portanto, o processo de *retrofit* constitui-se num conjunto de ações realizadas para o beneficiamento e a recuperação de um bem, objetivando a melhoria do seu desempenho, com qualidade e durabilidade ou a um custo operacional viável da utilização da benfeitoria no espaço urbano.

O conceito desta técnica compreende a revitalização de edifícios, preservando aspectos originais, para adaptá-los às exigências e padrões atuais. O *retrofit* é baseado na atualização de novas tecnologias; adequação às normas vigentes e novos usos para tornar os espaços funcionais para os atuais usuários; modernização estética e arquitetônica, e na aplicação de soluções técnicas para facilitar a manutenção. Em resumo, a utilização desta técnica resulta na renovação completa da edificação (MARQUES, 2018).

A passagem do tempo nos diz que um edifício pode ou não permanecer atraente. Então, seriam necessárias ações de renovação e mudança de uso para adquirir outra representatividade? Sim, pois o objeto arquitetônico pode ter perdido sua função e o espaço

não mais condiz com as exigências técnicas e as normas de segurança. Todavia, as adequações construtivas, preservando sua originalidade, são feitas a partir de estudos criteriosos de viabilidade que giram em torno de custos e benefícios (CORREIA, 2015).

Segundo Ducap (1999), que apresentou em seu trabalho um estudo sobre a idade dos imóveis na cidade do Rio de Janeiro, há uma grande carência na reabilitação do patrimônio construído, pois em função da dinâmica das cidades estes números estão em constante modificação, mas pode-se adotar uma idade média aproximada de 30 anos. Também se conclui que o decréscimo na construção observada na última década (constatado pelo número de imóveis com menos de 11 anos) acompanha a tendência de outros países, levando inevitavelmente a processos de atualização das edificações, ou seja, *retrofit*.

Desta forma, segundo o proposto por Cardoso (1997), todos os agentes setoriais da construção civil envolvidos neste contexto, devem buscar um único objetivo, baseado em melhor organização, maior produtividade, menores desperdícios, melhor emprego dos recursos, menor impacto ambiental, menor preço dos “produtos” construídos, e menores custos de operação ao longo da vida útil dos mesmos, entre outros pontos.

Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013, p.10), *retrofit* é “remodelação ou atualização do edifício ou de sistemas, através da incorporação de novas tecnologias e conceitos, normalmente visando valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil, eficiência operacional e energética”.

Para Barrientos (2004) “em geral, a palavra designa intervenções realizadas no edifício com o objetivo de adequá-lo tecnologicamente, mas, na prática, pode significar uma simples reforma ou troca de um componente de um sistema”, já para Silva (2013), o termo refere-se à modernização de edificações deterioradas e sua reinserção às dinâmicas urbanas.

No Brasil, as pesquisas relacionadas a reabilitação de edificações ainda são pontuais. Na UFSC existem estudos que se concentram na questão energética, ou seja, o *retrofit* tendo como seu objetivo principal a redução do consumo de energia. Na FAU/USP as atividades de *retrofit* estão intimamente ligadas às questões de avaliação pós-ocupação. Todas as pesquisas na área são relativamente recentes, sendo assim, ainda não temos uma bibliografia consubstancial sobre o tema, por isso, estudos nessa área são cada vez mais necessários (BARRIENTOS, 2004, p.03).

Para Barrientos (2004), o processo de modernização e atualização visa tornar antigas edificações em contemporâneas, o método caracteriza-se pelo objetivo de compatibilizar as benfeitorias, por meio de restauro e compatibilização, às necessidades de desempenho dos usos tradicionais e inovadores da edificação.

Senge (1998) acrescenta que: as empresas que sobreviverão e se manterão líderes são as voltadas para o futuro, as que são capazes de assimilar as novas informações, se adaptar, mudar, ou seja, as que tenham capacidade de aprender.

Pode ser utilizado não somente para recuperar edifícios antigos, segundo Silva (2013), quando há interesse do empreendedor pela substituição de sistemas prediais ineficientes e/ou inadequados, pela mudança de uso do imóvel ou, também, quando as edificações se encontram inacabadas e abandonadas.

As ações de *retrofit* em edifícios tradicionais e históricos costumam ter custos elevados devido à adição de complexidade, especialistas em materiais, consultores e instaladores especializados para edificações históricas, sendo necessário investir na inovação e na identificação de técnicas adequadas aos edifícios tradicionais e históricos para serem incorporados ao mercado a custos mais acessíveis (HEATH, 2014).

A revitalização urbana desenvolve estratégias e promove um processo de inclusão e integração de áreas antes degradadas, agregando valor ao lugar. É um instrumento de gestão coletiva do território com capacidade de utilizar programas urbanos muito

diferenciados, de cunho mais social, econômico ou cultural, provocando iniciativas, projetos e atuações (MOURA et al, 2005, APUD GALHARDO 2017).

“Restaurar um edifício não é mantê-lo, repará-lo ou refazê-lo, é restabelecê-lo em um estado completo que pode não ter existido nunca em um dado momento” (VIOLLET-LE-DUC, 2000, p. 29).

Por se tratar em sua maioria de pesquisas qualitativas, coletando e analisando dados, bibliografia pertinente ao tema, principalmente a partir de publicações renomadas no assunto, como artigos, monografias, dissertações de mestrado e teses de doutorado das principais universidades, aborda-se também as diretrizes de normas técnicas aplicáveis ao objeto da pesquisa, tais como as NBR (Normas Brasileiras aprovadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas).

O objetivo geral pretende demonstrar com estudos de casos concretos a relevância do *retrofit* no atual mercado brasileiro, comparando-o com mercados exteriores. Exaltar as qualidades dessa técnica e explicar o porquê de se optar pela mesma.

Como objetivos específicos trazer à tona 3 exemplos de retrofit de fachadas bem-sucedidos, onde colocar o antigo em um patamar de novo é a nova tendência. Ilustrar imagens que podem explicitar o quão bonito e funcional um edifício pode ficar quando se usa a técnica adequada no momento certo. Expor patologias e suas origens que muitas vezes não são estudadas, o que causa negligência por parte de construtoras e responsáveis pelas obras.

O *retrofit* tem o objetivo de diminuir os custos e a periodicidade da manutenção da fachada. Na reforma, alteram-se as configurações e a aparência, podendo muitas vezes desvalorizar o prédio, por mudar a forma como era conhecido ou por estragar a harmonia que existia. No *retrofit* apenas moderniza-se um condomínio antigo com materiais mais atuais, tornando-o mais confortável para os moradores. Essa modernização eleva o valor do imóvel, torna-o competitivo com os condomínios mais atuais por oferecer a mesma tecnologia e com um espaço interno maior característico de construções antigas.

O *retrofit* deve buscar a eficiência, é mais difícil do que iniciar uma obra por conta das limitações físicas da antiga estrutura, porém, reduz seu prazo e não é necessário ocupar um espaço físico maior.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo CBCS, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (2013), o *retrofit* tem como função customizar, adaptar, atualizar, requalificar, melhorando as condições de conforto e as possibilidades de uso da edificação. Colocar o velho em forma de novo preservando seus valores estéticos e históricos originais, além de trabalhar com o conceito de sustentabilidade, na medida em que busca preservar os elementos que caracterizam a edificação ao invés de simplesmente descartá-los (MORAES, QUELHAS, p.07).

Segundo Santanna (2016), o termo “preservação” está ligado a um conjunto de ações que visam manter ou dar continuidade a um bem que foi valorado. Sejam eles objetos, obras da natureza, paisagens, saberes e práticas. Comumente, uma das maiores dificuldades em trabalhos de *retrofit* é o fato de se projetar com base em algo que já existe. Pois, provavelmente, o espaço antigo não foi pensado para o novo uso. (GOUVEIA, 2018).

Sabemos que grande parte das obras de *retrofit* executadas são realizadas por profissionais sem muita qualificação e respaldo técnico. Os resultados, em geral, são intervenções malsucedidas que aliam custos elevados a problemas em curto prazo. Sendo assim, é cada vez mais importante criar uma metodologia eficiente que oriente os processos de *retrofit* e os profissionais responsáveis, de modo a obter a otimização dos recursos disponíveis. (BARRIENTOS, 2004, p. 28)

## Conceito de Retrofit

*Retrofit* é uma palavra criada a partir da junção do termo *retro*, do latim, que significa movimentar-se para trás e do termo *fit*, do inglês, que significa ajustar-se, que resulta no conceito, em português: “reconversão”. Para Silva (2013), o termo refere-se à modernização de edificações deterioradas e sua reinserção às dinâmicas urbanas. Ou seja, o *retrofit*, propõe a atualização de tecnologia em edifícios antigos afim de prolongar sua vida útil e também promove a inserção de avanços tecnológicos que favoreçam o conforto e funcionalidade dos espaços. Para Barrientos (2004) “em geral, a palavra designa intervenções realizadas no edifício com o objetivo de adequá-lo tecnologicamente, mas, na prática, pode significar uma simples reforma ou troca de um componente de um sistema”.

Quando os edifícios são reabilitados por procedimentos de restauro ou de *retrofit* toda a região do entorno é revigorada e valorizada, propiciando investimentos governamentais no sentido de promover uma melhoria, também, no setor de infraestrutura e de equipamentos urbanos. (BARRIENTOS, 2004, p.08)

Croitor (2008) define “*retrofit* de edificação” como a modernização dos sistemas prediais, sendo muito utilizado em edificações comerciais que, normalmente, visam o aumento da eficiência dos sistemas prediais por meio da substituição de instalações antigas por sistemas mais modernos.

## Questões ambientais associadas ao processo

Diante de um cenário em que a cadeia da construção civil é responsável por 12% do consumo total de águas do planeta (PNUD, 2012), em meio aos tempos atuais onde há escassez de recursos naturais, crise hídrica e energética, faz-se necessário o desenvolvimento de materiais e técnicas cada vez mais aperfeiçoadas para que as edificações causem menores impactos ambientais.

Para Yudelson (2013), a diminuição dos impactos ambientais causados pela construção civil é alcançada quando há uma mudança na prática de concepção do projeto com a preocupação com os impactos de ciclo de vida dos materiais de construção, móveis e acessórios, além do melhoramento da ventilação que diminui o uso do ar condicionado e da iluminação natural que diminui o consumo de energia.

Segundo a IN – Nº 2 (BRASIL, 2014, p.01), no campo do uso da ENCE, as alterações no sistema de condicionamento de ar, iluminação e da envoltória compreendem estratégias de *retrofit* aplicadas às edificações. A intervenção em uma edificação do tipo *retrofit* pode reduzir até 30% do seu consumo energético, sendo que em edificações novas essa redução de consumo pode corresponder até 50%, caso a utilização de tecnologias energeticamente eficientes seja prevista ainda na etapa de projeto, quando comparada com um consumo energético de um edifício cujo projeto não prevê o uso de tais tecnologias (ROMÉRO, REIS, 2012).

## Questões urbanísticas associadas ao processo

A estratégia de *retrofit* é fixada em três impactos de desenho urbano: ambiental, social e econômico (DIXON; EAMES, 2013). Dunhan-Jones e Williamson (2011) defendem três estratégias para o *retrofit* das cidades: re-habitar, re-desenvolver e trazer o verde de volta para a malha urbana. Segundo os autores, essas estratégias são centrais para repensar e transformar a urbanização predatória das cidades contemporâneas.

Para Gottdiener (2016), a organização social é o ponto de partida para compreender as transformações urbanas. De acordo com Campos (2012), a prática do *retrofit* surgiu ao

final da década de 1990, nos Estados Unidos e na Europa, onde foi desenvolvida e bastante valorizada devido à grande quantidade de edifícios antigos nos centros urbanos dessa região e também às exigências da rígida legislação aplicada à preservação do patrimônio histórico para que o acervo arquitetônico não fosse substituído.

## **Sustentabilidade e Inovação Tecnológica**

Segundo Martucci (1990) a tecnologia para a construção está embutida nos processos construtivos através dos projetos. Entretanto, a realidade das práticas construtivas mostra que nem sempre o projeto incorpora a tecnologia construtiva efetivamente empregada no canteiro de obras, na fase de execução.

O termo *retrofit* de caráter técnico é utilizado no setor da construção civil, de forma a significar uma atualização tecnológica. Com o objetivo de valorizar edifícios antigos prolongando sua vida útil, seu conforto e funcionalidade através da incorporação de avanços tecnológicos e da utilização de materiais de última geração, os conceitos do *retrofit* vêm sendo amplamente difundidos no mercado nacional. (VALE, 2006)

De acordo com Induta (2017), a construção sustentável é baseada no conceito de desenvolvimento sustentável, estando relacionada com a diminuição dos impactos ambientais ao utilizar tecnologias que permitam racionalizar o uso de energia e recursos naturais. A utilização de tecnologias inovadoras, na prática do processo de *retrofit*, permite que os conceitos de sustentabilidade sejam aplicados nas atualizações das edificações. A instalação de equipamentos de ar condicionado mais eficientes é fundamental para o prédio ser mais sustentável, reduzindo em até 40% o gasto com energia, além de liberar área útil. (GROSSO, 2009).

Segundo Silva (2013, p. 24), “os critérios de sustentabilidade passaram a integrar a formulação dos programas de atividades contemporâneas e, conseqüentemente, no próprio desenvolvimento das atividades regulares da construção civil”. Para Adam (2001), o que torna uma tecnologia sustentável é a qualificação que esta possui de gerar tecnologia limpa, ecologicamente fiel e não poluente, utilizadas em pequena ou grande escala e que possuam a possibilidade de ser absorvida pela sociedade como um todo.

## **Tecnologia Aplicada**

Segundo Barrientos (2004), um processo de *retrofit* adequado envolve um estudo complexo de todos os elementos constituintes do sistema, exigindo rigor e minúcia na sua execução, utilizando técnicas e procedimentos muito diferentes dos convencionais.

Para Induta (2017), a viabilidade do *retrofit* depende de cada caso. É necessário primeiramente definir qual seria o uso da edificação após o processo de *retrofit*, que pode ser: residencial, comercial, industrial ou patrimônio tombado, pois, em cada caso existem certas restrições que levarão a uma análise para definir sua viabilidade.

A idade do imóvel a ser reabilitado influi na complexidade dos trabalhos. Por exemplo, é muito mais fácil fazer um *retrofit* em uma edificação com mais de 30 anos, do que nas mais recentes. Isto se deve aos padrões de arquitetura: naquela época, utilizavam-se pés direitos mais altos e vãos mais largos, que facilitam a utilização de recursos como pisos elevados, rodapés técnicos e forros. Hoje em dia, os novos padrões arquitetônicos, onde o espaço é excessivamente reduzido, dificulta qualquer previsão de intervenção futura. (BARRIENTOS, 2004, p. 27)

## Retrofit de Fachadas

Valorizar o imóvel e prolongar sua vida útil promovendo melhora no desempenho da envoltória é a principal função do *retrofit* de fachadas de edificações. A motivação para um *retrofit* quase sempre é econômica. (MEDEIROS, 2016)

A fachada é um importante componente da edificação, definida por Gomes (2015) como um dos principais elementos visíveis da edificação e parte integrante da vedação, sendo a parede exterior de um edifício que, juntamente com a cobertura e o pavimento, compõem a edificação.

De acordo com Gomes (2015), a procura pela eficiência energética tem levado ao desenvolvimento de sistemas de fachadas dinâmicos, apresentando equilíbrio entre as necessidades energéticas do interior dos edifícios e as condições do seu ambiente.

## Fachadas Ventiladas

Pouco difundido no Brasil, o sistema de fachadas ventiladas conta com uma gama de opções de revestimentos em diversos materiais, cores, texturas e formatos. Diferentemente do sistema com ventilação natural entre duas peles de vidro, essa nova técnica consiste na aplicação de um revestimento, que pode ser cerâmica, pedra, fibrocimento, fenólico, metálico, porcelânico, e de um isolante térmico nas paredes externas do edifício (GELINSKI, 2019). Solução recorrente há mais de 30 anos em países do hemisfério norte, a fachada ventilada vem aos poucos se disseminando pelo mercado brasileiro, principalmente em edifícios comerciais de alto padrão.

As figuras 1, 2, 3 e 4 trazem exemplos de fachadas ventiladas.

Figura 1: Fachada ventilada moderna



Fonte: <https://casaconstrucao.org/projetos/fachada-ventilada/>

Com o sombreamento das paredes de fachada e a introdução da camada de ar pode-se conseguir acentuada melhoria da isolamento térmica das fachadas, com redução dos fluxos de calor entre os ambientes interno e externo e menor consumo de energia por aparelhos de ar-condicionado. Pode também, como uma "capa" protetora, preservar a estrutura e prolongar a vida útil da edificação (ROCHA, 2011).

Figura 2: Fachada ventilada de concreto



Fonte: <https://casaconstrucao.org/projetos/fachada-ventilada/>

Alguns fatores ainda dificultam o uso desse sistema. Gomes (2015) afirma que um dos motivos para isso se deve ao fato de não haver normas específicas para sua instalação, funcionamento e correto desempenho, dessa forma, as empresas recorrem a instituições conceituadas para avaliar seus produtos, além de utilizar normas estabelecidas para esquadrias.

Figura 3: Fachada ventilada de madeira



Fonte: <https://casaconstrucao.org/projetos/fachada-ventilada/>

Figura 4: Fachada ventilada de cerâmica



Fonte: <https://casaconstrucao.org/projetos/fachada-ventilada/>

## Retrofit em Construções Antigas

Chimenti (2000) em seu estudo de caso do edifício da Faculdade de Direito da UFRJ (exemplificado pelas figuras 5 e 6) e Leal U. (em artigo na revista *Téchne*), na Bolsa de Valores e Futuros de São Paulo e da sede da OAB do Rio de Janeiro, propuseram a aplicação do *retrofit* em edificações históricas e a compatibilizarão entre a obra de arte e os sistemas inseridos. CURCIO, et al (2000) afirma que: existe uma necessidade crescente de manutenção, reparo e restauração de edificações. Portanto, daí a necessidade de projetar

a inspeção de edificações, que visará a sua reutilização, com a adequabilidade ao seu comportamento no futuro.

Figura 5: Faculdade de Direito da UFRJ



Fonte:

<https://www.facebook.com/FaculdadeNacionaldeDireitoUFRJ/photos/a.373133889407179.104357.362610770459491/599191343468098/>

Andrada, Ornstein e Maleronka (2002), em um artigo publicado no ENTAC, descrevem o processo de requalificação de um edifício da década de 40, situado na região central de São Paulo, projetado para abrigar uma loja de departamentos e posteriormente adaptado para o uso de escritórios, em decorrência de novos requerimentos de infraestrutura, conforto e desempenho.

Figura 6: Faculdade de Direito da UFRJ



Fonte: [projetocolabora.com.br](http://projetocolabora.com.br)

“Quando uma edificação é tombada, a princípio o que se pode realizar seria apenas uma restauração e não um *retrofit* ou uma renovação predial, pois a restauração consiste em manter a forma física original da edificação e muitas vezes um *retrofit* requer a instalação de novos dispositivos ou substituição de elementos e materiais” (ESTEVEZ, LOMARDO, 2009, p. 5).

A vida útil de uma edificação está relacionada a fatores físicos, funcionais e econômicos. Estes fatores estão associados a durabilidade, adaptabilidade e rentabilidade dos materiais utilizados (BARRIENTOS, 2004).

## Patologias

Heath (2014) aponta que, em muitos casos, os problemas gerados por ações de *retrofit* ocorrem devido à inexistência de um estudo e avaliação adequados ao edifício tradicional. Podem ser citadas algumas falhas comuns em edifícios tradicionais originados

por ações de *retrofit* energético, tais como, a condensação e o alto teor de umidade nos materiais (HEATH, 2014).

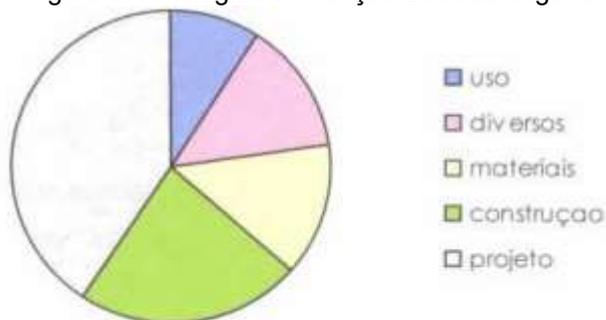
Segundo Barrientos (2004), entre os vários agentes que podem causar a degradação de uma edificação pode-se ressaltar o próprio usuário através do uso, além das causas imprevistas, tais como: fenômenos naturais e guerras, e a ação do próprio meio ambiente em que a edificação está inserida.

Para Thomaz (2001), alguns aspectos podem ser colocados como os principais problemas relativos às patologias nas edificações, são eles: Problemas relativos às fundações e estruturas; Problemas relativos às vedações, caixilhos e revestimentos; Problemas relativos aos pisos e impermeabilizações; Problemas relativos às instalações prediais elétricas e hidráulicas.

Vale (2006), conclui então que, somente um Sistema de Gestão Integrada para o setor da construção civil pode levar a mudança deste quadro desfavorável no setor. Mas o processo de mudança já foi iniciado no setor, com o acirramento cada vez maior da concorrência e com as empresas procurando investir em qualidade. Não bastando apenas produzir, mas fazê-lo com qualidade, e isto, além de se reverter em benefício à empresa, aumenta a clientela e já foca em todas as vertentes nos aspectos relativos a qualidade.

Em estudos de casos realizados por Motteau (1987), foram avaliados de que forma as patologias se enquadram em função de suas origens, exemplificado pela figura 7.

Figura 7: Patologias em função de suas origens



Fonte: Motteau (1987) in Barrientos (2004).

## METODOLOGIA

Com o envelhecimento das edificações levando a degradação de seu entorno, pensa-se no objetivo de melhorar a qualidade de vida e, muitas vezes é necessário a reabilitação do ambiente urbano. A capacidade regenerativa de um edifício ou de uma microrregião só pode ser determinada após um processo de avaliação de certa complexidade, que é o que chamamos de diagnóstico para um *retrofit*.

Assim, conhecer o estágio de degradação de uma construção é muito importante para a sua atualização e para saber se a edificação é capaz de suportar acréscimos de carga gerada por mudanças no layout, por incorporação de automatismos e por correção do desgaste do uso e do tempo DUCAP (1999).

Não há necessidade de consultar os vizinhos para dar início às obras de *retrofit* de fachadas, porém, é obrigatório criar proteções que evitem a queda de material sobre transeuntes, veículos ou construções adjacentes. Se a obra estiver localizada no entorno de um edifício tombado ou na área de um centro histórico é necessário verificar quais são as diretrizes dos órgãos de preservação do patrimônio para intervenções nas fachadas de prédios naquela área.

Segundo Pires Giovanetti Guardia, no Brasil “[...] o comum era demolir para fazer de novo, mas adequar passou a ser interessante, até mesmo do ponto de vista cultural, quando

há qualidade arquitetônica que justifique a ação”. E ainda, “[...] máquinas demolidoras dão lugar a guindastes que içam placas de alumínio e vidros temperados. As antigas instalações são substituídas por tecnologias de ponta, com o que há de melhor que o mercado pode oferecer. Em vez da destruição, o renascimento” (VALE, 2006)

Não se trata simplesmente de uma reconstrução ou restauração, é mais do que isso, é aperfeiçoar o ambiente sem perder a sua essência. Quando a reforma é bem planejada e executada, diminui os custos de manutenção, aumentando as opções de uso dos espaços e prolongando a vida útil do imóvel. As figuras 8 e 9 trazem exemplos de fachadas renovadas.

Figura 8: Fachada de uma edificação pequena antes e depois do retrofit.



Fonte: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=22&Cod=2088>

É preciso atenção para realizar esse tipo de intervenção, pode-se gerar muitos contratempos, principalmente em prédios muito deteriorados, acarretando gastos maiores e atrasos na finalização da obra. É importante contratar arquitetos que saibam lidar com as legislações que dizem respeito às reformas de construções antigas.

A fachada é um subsistema do edifício muito importante, responsável pelas condições de habitabilidade e estética, e contribui com a valorização do imóvel, além de ser relevante muitas vezes na questão da sustentabilidade. O *retrofit* de fachada pode ser visto como uma melhoria do patrimônio, aumentando seu valor comercial. Deve ser analisado por especialistas e pelo investidor, tendo em vista as limitações físicas da antiga estrutura, e o valor a ser gasto no investimento.

Figura 9: Prédio comercial e estádio de futebol antes e depois do retrofit.



Fonte: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=22&Cod=2088>

Como é possível ver, *retrofit* é o mesmo que remodelar, a construção não volta ao estado original ou próximo àquele quando foi feito. É feita uma “reconversão”, uma transformação do uso ou do perfil original. É um processo de modernização.

## Execução

O primeiro passo ao realizar um *retrofit* de fachada é “verificar o estado atual dos elementos constituintes para posteriormente selecionar a técnica e os materiais que devem ser utilizados. Não existe uma fórmula para isso, cada caso deve ser analisado individualmente” (BARRIENTOS, 2004, p. 111).

É necessário o uso de equipamentos que facilitem o acesso à fachada. Na atualidade geralmente tem-se usado o balancim elétrico para prédios com alturas elevadas. Já nas edificações mais baixas, o andaime fachadeiro se mostra uma opção interessante.

A escolha do material utilizado no *retrofit* depende da arquitetura do empreendimento. Podem ser aderidos novos revestimentos, como os colados diretamente na base de concreto ou alvenaria, ou ancorados (que são os mais comuns), que estão ligados à estrutura do edifício através de *inserts* metálicos.

O revestimento aderido é bastante comum em edifícios antigos que mantêm o mesmo tipo de material na fachada. Pode ser que o modelo de pastilha que estava instalado não seja mais encontrado, nesse caso pode-se instalar um revestimento cerâmico, substituindo o material que saiu de linha por outro mais atual.

É aconselhável que o *retrofit* de fachadas seja realizado por empresas com experiência, que tenha técnico especializado no assunto. Todos os equipamentos de segurança são de responsabilidade da empresa contratada. Também é possível a contratação de peritos para ajudar no projeto, optando por essa opção o custo desse profissional é inserido no orçamento da obra.

Destaca-se que, a aplicação das técnicas do *retrofit* faz com que “edificações possam ganhar fachadas renovadas, instalações com comodidade e conforto, tecnologia e melhoria na relação custo/benefício de seus equipamentos, valorizando o imóvel, mesmo que suas características arquitetônicas permaneçam preservadas” (GOMES, 2015, p. 19).

## Atendimento às normas

A prática do *retrofit* tem sido tendência no mercado e foco em diversas situações. Muitas vezes os projetos são uma reconstrução de um empreendimento. O processo tem suas características: após a escolha do imóvel, vem o planejamento de projeto, a obra e a ocupação, normalmente com prazos curtos, porque as despesas se iniciam na assinatura do contrato.

É necessário que desde a prospecção do imóvel incluam-se no planejamento as licenças necessárias, pois a falta dos documentos pode inviabilizar operações futuras. Ainda na prospecção, o condomínio ou proprietário deve apresentar: Projeto anterior aprovado pela prefeitura; Auto de Conclusão (Habite-se); Projeto completo aprovado pelo Corpo de Bombeiros, com memorial descritivo; AVCB (Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros) válido; Certificado de Manutenção de Segurança – SEGUR; AVS (Auto de Verificação de Segurança), com validade de cinco anos ou Cadastro de Funcionamento de Equipamentos de Segurança.

Além das licenças mencionadas, o interessado deve verificar o zoneamento da cidade e do local, bem como para quais usos o edifício está aprovado, de forma a ser compatível com a atividade pretendida.

Todas as obras que começaram depois de 19/07/2013 devem obedecer à ABNT NBR 15575, a figura 10 ilustra os principais requisitos. Todas as partes da norma devem ser cumpridas, todos os elementos devem atender pelo menos ao nível mínimo de desempenho, que é estabelecido com o objetivo de atender às exigências dos usuários que compõem as edificações habitacionais.

Segundo Almeida (2017), os critérios da norma baseiam-se em requisitos para três temas distintos: Segurança: tratam dos requisitos que tem a função de manter a integridade física da edificação e do usuário que são expressas pelos fatores de segurança estrutural, segurança contra fogo, segurança no uso e na operação; Habitabilidade: são os requisitos relacionados ao bem-estar dos usuários, evidenciadas pelos fatores de estanqueidade, desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho luminoso, saúde, higiene e qualidade do ar; Sustentabilidade: prezam pela manutenção do ambiente construído e os seus entornos que são destacadas por fatores como durabilidade e impacto ambiental.

Figura 10: Requisitos principais da NBR 15575  
**Requisitos principais da NBR 15575**



Fonte: <http://isosom.com.br/blog/?p=192>

Os requisitos da figura 10 têm o foco de garantir a segurança, habitabilidade e sustentabilidade, esquematizados pela figura 11. Essa norma não revoga outras vigentes, além disso, coloca a necessidade de cumprir todas já em vigor. A diferença é que, através dela começa-se a analisar o comportamento da edificação ao longo da vida útil, que antes era responsabilidade somente dos projetistas, construtores e das incorporadoras. O objetivo é garantir uma maior qualidade das edificações, trazendo para o mercado da construção civil mais viabilidade, segurança e sustentabilidade. A norma se aplica a qualquer edificação habitacional, sendo germinada ou isolada, com qualquer número de pavimentos, ou qualquer tecnologia.

Figura 11: Objetivos da NBR 15575 esquematizados



Fonte: <http://isosom.com.br/blog/?p=192>

A NBR 15575 divide-se em 6 requisitos principais, uma parte de requisitos gerais e outras 5 falando sobre requisitos específicos referindo-se a subsistema. Cada requisito traz consigo um ou mais critérios e método de avaliação específicos.

## Pré-diagnóstico

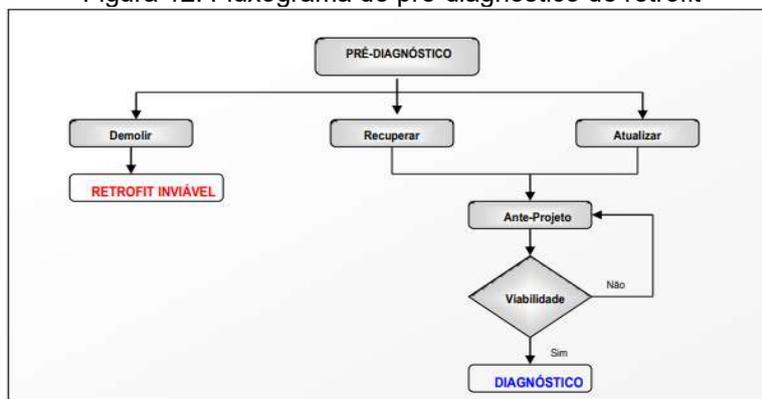
A elaboração de um anteprojeto se baseia em um programa que considera os objetivos iniciais dos proprietários, as possibilidades de execução e a qualidade, a partir de informações obtidas em um primeiro diagnóstico de caráter superficial (PREISER, 1987).

Conhecer o estágio de degradação da construção na qual se deseja implementar o *retrofit* é muito importante para que a requalificação seja capaz de suportar os acréscimos de carga gerados por futuras mudanças no layout, de acordo com Barrientos, 2004.

É importantíssimo constatar as modificações ocorridas, a interligação dos sistemas antigos aos novos. Geralmente o número de imprevistos em um *retrofit* é maior que em uma obra convencional, por isso, a mão de obra deve ser mais qualificada e precisa de maior supervisão, tendo em vista que não será disponibilizado um canteiro de obra espaçoso.

Barrientos, em 2004, criou um fluxograma exemplificando um pré-diagnóstico, representado pela figura 12, mostrando que a demolição e reconstrução são indicados quando elementos estruturais apresentam um grau de degradação tão acentuado que represente perigo ou falta de estabilidade no edifício, e nesse caso o *retrofit* é inviável. A recuperação e realização de obras de caráter menor é indicado quando ainda há possibilidade de recuperar a edificação, ou adaptá-la. O acréscimo de elementos de conforto é indicado em casos que o estado de degradação do edifício não é um fator relevante e o objetivo principal é apenas melhorar as condições de utilização do mesmo, trata-se de um *retrofit* superficial, geralmente englobando obras de orçamento reduzido.

Figura 12: Fluxograma de pré-diagnóstico de retrofit



Fonte: Barrientos (2004).

## Diagnóstico

O *retrofit* requer a constatação de uma viabilidade através de uma investigação detalhada da preexistência, o levantamento dessa atividade oferece subsídios para decisões metodológicas mais acertadas. Segundo Croitor e Melhado (2009, p. 12) em alguns países europeus, o tempo dedicado ao diagnóstico da reabilitação é quase o mesmo do disponibilizado para a execução da obra.

A etapa de diagnóstico deve apresentar soluções construtivas e um registro sistemático das anomalias. Além disso, deve conter uma avaliação do estado de

conservação do edifício como um todo e de seus elementos, componentes e instalações. As soluções tecnológicas de intervenção no edifício apresentadas devem ser consideradas como “ponto de partida essencial para a elaboração do projeto de reabilitação” (APPLETON, 2003 apud CROITOR & MELHADO, 2009, p. 12)

Nesta etapa iniciam-se as investigações mais precisas com o objetivo de elaborar um parecer coerente com a realidade, que se dividem em: Vistoria; Pesquisa documental; Questionário; Entrevistas; Medições físicas; Investigações complementares. O diagnóstico servirá como base para a elaboração do projeto.

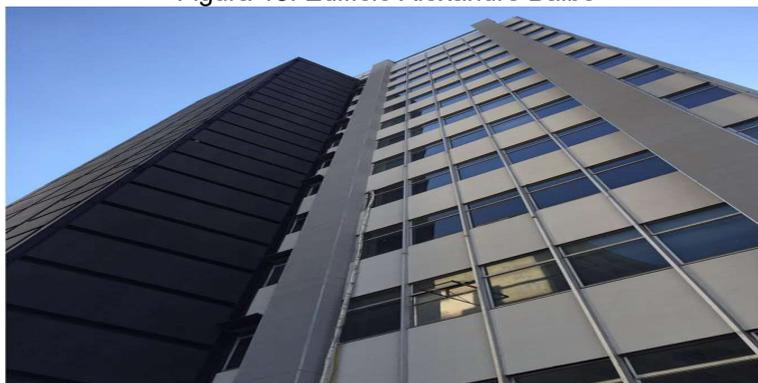
## DESENVOLVIMENTO

O *retrofit* de fachada é um processo de restauração e reforma da estrutura de um condomínio, tanto residencial como comercial. *Retrofit* é uma das maiores tendências do setor de construção, moderniza o condomínio e principalmente valoriza o imóvel. Os edifícios mais velhos “ganham” espaço com suas novas distribuições e divisões. Inúmeros são os benefícios de se renovar uma fachada, dentre os quais: revitaliza e aumenta a vida útil do condomínio; melhora a acessibilidade; adequação às novas regulamentações; nova estética; maior automatização e modernização;

Um bom exemplo é o Edifício Bela Paulista, que apostou na qualidade dos materiais, no tipo de revestimento, que provavelmente irá reduzir muitos gastos com a manutenção no futuro, sem contar que, a revitalização auxilia na retenção de clientes que ficarão satisfeitos em manter seus comércios no condomínio por mais tempo.

A Empresa Refix Engenharia desenvolveu um novo sistema para execução de *retrofit* de fachadas, reformando com instalação de placas revestidas previamente fabricadas, que são instaladas sobre as fachadas existentes, através de fixação com chumbadores de aço inox, estrutura de alumínio, placa cimentícia e revestimento final. Através desse sistema é possível uma maior agilidade e qualidade no serviço, a empresa batizou o processo de Retrofix. Um exemplo da aplicação dessa técnica foi o *retrofit* realizado no Edifício Alexandre Balbo, exemplificado pela figura 13.

Figura 13: Edifício Alexandre Balbo



Fonte: <https://refix.com.br/obras>

Outro caso de *retrofit* de fachada bem-sucedido, realizado em 2004, é o Centro Empresarial RB 53, localizado na Avenida Rio Branco nº 53, no Rio de Janeiro. O prédio foi construído no final da década de 60, a obra durou 16 meses, hoje em dia é um dos mais modernos do Rio. A figura 14 traz a imagem da fachada atual.

Figura 14: Centro Empresarial RB53



Fonte: [www.rb53.com.br](http://www.rb53.com.br)

## Edifício Bela Paulista

O edifício, que é composto por 14 andares de escritórios, totalizando 6452m<sup>2</sup>, foi um projeto de compra e *retrofit* de uma construção de 1968 situado na Avenida Paulista, número 2421, esquina com a Rua Bela Cintra. Atualmente possui todas as especificações técnicas compatíveis às dos principais edifícios de São Paulo, como: um moderno sistema de ar condicionado central; automação predial; elevadores de última geração; sistema de geração de energia emergencial. É um dos únicos edifícios com vista de toda a extensão da Avenida Paulista.

O *retrofit* realizado trocou a chamada “fachada-cortina” (que é formada por colunas aparentes de alumínio e vidro no preenchimento) por uma espécie de “encapamento”, cobrindo-o com perfis e materiais tecnologicamente atualizados. O responsável pela obra optou por vidros com alto desempenho térmico e acústico, e também de maior segurança, é possível visualizar o resultado na figura 15.

Antes do *retrofit* as janelas não tinham vedação acústica apropriada e haviam diversas infiltrações, a iluminação era inadequada, o antigo hall possuía uma metragem bem inferior à encontrada hoje, que tem pé-direito de 2,80 m em frente aos elevadores, além disso, os novos andares têm piso elevado de 8 cm, alvenaria nas laterais com acabamento superior de granito branco polar, uma nova dutagem de ar condicionado e sprinkler, que atende à normas e necessidades dos usuários.

Figura 15: Edifício Bela Paulista



Fonte: <https://eqc.com.br/bela-paulista.php>

Para a execução do *retrofit* foram utilizados materiais modernos, que visaram a sofisticação, durabilidade e prática sustentável, sem abrir mão da elegância e imponência. Trouxe a renovação de seus ocupantes e ótimos retornos financeiros à VBI Real State, o edifício teve o valor do metro quadrado locado triplicado. Ganhou o Prêmio Master imobiliário na categoria *retrofit* em 2010. A figura 16 exemplifica visualmente a renovação de sua

fachada. O processo ocorreu sem que a rotina do prédio fosse alterada, continuando a ser ocupado por alguns inquilinos.

Figura 16: Edifício Bela Paulista antes e depois do retrofit



Fonte: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/>

O *retrofit* desse empreendimento foi desenvolvido e gerenciado pela VBI Investments, o projeto de arquitetura e interiores ficou por conta do escritório KV&A Arquitetura. Antes da execução a fachada era composta por quadros de vidros maxim-ar 4mm, pilares revestidos em granito marrom, terraços com estrutura em ferro pintado de preto e chapas de PVC pintadas.

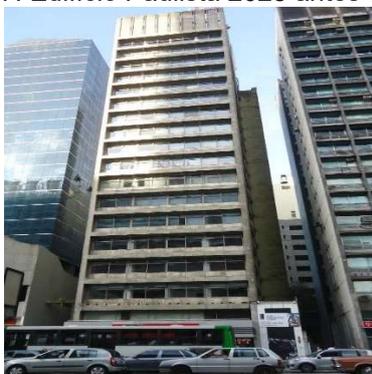
A iluminação do prédio já tinha se tornado inadequada e as catracas eram antigas. O empreendimento trouxe um novo hall com piso em granito branco polar paginado, para as paredes acabamentos com mosaico de pedras mineira e fulget. As catracas agora são de vidro com sensores de movimento, o balcão tem um design moderno. Foi ajustada a iluminação e o sistema de ar condicionado.

Com o *retrofit* a fachada passou a ser composta por quadros de vidros laminados refletivos prata, da marca Pilkington, além de caixilhos em alumínio com pintura eletrostática branca. Os pilares ganharam revestimentos até o 3º andar com Alucobond preto fosco. Os terraços agora possuem quadros fixos acompanhando o design da fachada, e nova cobertura, com estrutura metálica no térreo.

## Edifício Paulista 2028

Sem dúvidas um *retrofit* de fachada que impressiona à primeira vista é o do Edifício Paulista 2028. As figuras 17, 18 e 19 exemplificam respectivamente o antes, o durante e o depois da execução do *retrofit*.

Figura 17: Edifício Paulista 2028 antes do retrofit



Fonte: <https://serieavenidapaulista.com.br/>

A obra realizada em 2012 teve incorporação da Bncorp e Bueno Netto, com projeto arquitetônico e decoração de Athié Wohnrath. Os responsáveis pelo empreendimento candidataram o prédio para receber a certificação de reforma sustentável LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), da ONG Green Building Council (GBC).

Figura 18: Edifício Paulista 2028 durante a obra



Fonte: <https://serieavenidapaulista.com.br/>

Figura 19: Edifício Paulista 2028 depois do retrofit



Fonte: <https://serieavenidapaulista.com.br/>

O prédio possui 16 andares e foi construído em 1976, no lugar do palacete de João Baptista Scuracchio, já foi sede da AGF Seguros e da Itaútec. Uma curiosidade: na reforma foram colocados vasos sanitários de duplo acionamento, um botão para sólidos e outro com menos água para os líquidos, e torneiras com desligamento automático, o que gerou uma redução de até 30% no consumo de água. Também foi construído um telhado verde, que ajuda a reduzir a geração de calor, conforme mostra a figura 20.

Figura 20: Telhado verde do Edifício Paulista 2028



Fonte: <https://serieavenidapaulista.com.br/>

## Edifício RB12

Vender a eletricidade excedente, possuir um terraço verde que melhora o conforto térmico, fachadas de vidro duplo com brilho diamantado que reduzem temperatura e permitem a entrada de luz natural nos ambientes internos (exemplificado pelas figuras 21, 22 e 23), além de um sistema de reuso de água.

Figura 21 – Fachada do RB12 com vista para a Baía de Guanabara



Fonte: galeriadaarquitectura.com.br

Esse *green-retrofit* foi a proposta da Triptyque, um escritório franco-brasileiro dedicado à projetos sustentáveis, que encarou a continuidade do projeto Porto Maravilha na revitalização urbana do centro do Rio de Janeiro.

Figura 22 – Fachada do RB12 com vista para árvores



Fonte: galeriadaarquitectura.com.br

O edifício fica no número 12 da Avenida Rio Branco, e agora possui uma fachada bioclimática composta por um jogo de vidros perpendiculares entre si que induzem a refração da luz, como podemos ver na figura 24.

Figura 23 – Fachada do RB12 com decoração



Fonte: galeriadaarquitectura.com.br

O RB12 é o primeiro edifício comercial no Brasil a usar painéis fotovoltaicos, que foram instalados na fachada lateral.

Figura 24 – Fachada bioclimática com vidros induzindo a refração da luz



Fonte: galeriadaarquitectura.com.br

O paisagismo do terraço verde demonstrado pelas figuras 25 e 26 participa no controle térmico dos espaços interiores. O objetivo principal do prédio é oferecer economia para os compradores, além de posicionar positivamente as empresas ali instaladas, do ponto de vista socioambiental.

Figura 25 – Terraço verde do RB12



Fonte: vitruvius.com.br

O *retrofit* verde é uma das tendências mundiais da construção sustentável. Além disso, é a primeira vez no Brasil que células de hidrogênio transformam o gás de rua em eletricidade, isso traz mais visibilidade às empresas que ocupam o prédio.

Figura 26 – Terraço verde do RB12



Fonte: vitruvius.com.br

As figuras 27 e 28 mostram os painéis fotovoltaicos instalados na lateral do prédio, que são várias células que captam a luz solar e depois a transformam em eletricidade (criam uma diferença de potencial elétrico por ação da luz). É uma tecnologia que produz eletricidade limpa, com recurso apenas da energia do Sol. Ao gerar-se eletricidade limpa reduz-se de imediato a emissão de carbono, proveniente dos combustíveis fósseis

utilizados para produção de energia na rede. Uma das desvantagens é que somente produz eletricidade durante o dia.

Figura 27 – Painéis fotovoltaicos instalados na lateral do RB12



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/786429/rb12-triptyque/5721712ee58ece9116000009-rb12-triptyque-foto>

O edifício RB12 foi o primeiro prédio do Rio de Janeiro a produzir sua própria energia com painéis fotovoltaicos, e possui uma automação inteligente, capaz de maximizar as economias de energia.

Figura 28 – Painéis fotovoltaicos do RB12 vistos de cima



Fonte: <http://www.mmcinvestimentos.com.br/projeto/rb12/>

Esse edifício esteve à frente da mudança da lei brasileira que proíbe a autoprodução de energia fora dos painéis solares, tem células de hidrogênio que transformam o gás da rua em eletricidade. A figuras 29 traz uma cena da fachada durante o dia.

Figura 29 – Fachada frontal do RB12 durante o dia



Fonte: [vitruvius.com.br](http://vitruvius.com.br)

A figura 30 traz uma cena da fachada à noite.

Figura 30 – Fachada frontal do RB12 a noite



Fonte: archdaily.com.br

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

À medida que o mundo evolui, temos a tendência da diminuição de espaço para novas construções em grandes metrópoles. Conseqüentemente surge uma demanda focada na reabilitação e manutenção predial, que é responsável por aumentar o valor e muitas vezes a utilidade de determinada edificação.

A falta de informações sobre edifícios a serem recuperados prejudica o processo de *retrofit*. A falta de diagnóstico sobre possíveis patologias muitas vezes implica na demolição de construções antigas. Não podemos ignorar os avanços tecnológicos, nem a necessidade de nos adaptarmos aos novos usos das edificações históricas, caso contrário correremos o risco de destruir nosso patrimônio histórico.

A prática do *retrofit* é bastante difundida na Europa, porém, no Brasil, sua aplicação é bem menos expressiva. Tal prática exige um estudo complexo de todos os elementos constituintes do processo, além de rigor e minúcia na sua execução, com técnicas e procedimentos muito diferentes dos convencionais. É muito importante que se conheça o estágio de degradação de uma construção, antes de iniciar qualquer reabilitação.

Até hoje em dia existe falta de conhecimento da norma pelos projetistas, fornecedores e especialistas, isso prejudica o processo de execução do *retrofit* de fachada, que normalmente está diretamente ligado ao objetivo final do cliente. É preciso aproveitar melhor a utilização dos recursos provenientes do avanço da tecnologia da informação e os bons projetistas comprometidos com o resultado final de uma obra.

*Retrofit* é somente mais um dos processos a serem aplicados na revalorização das cidades, que estão lotadas de edifícios abandonados ou deteriorados. Muitas intervenções desse tipo são em grande parte realizadas por serviços sem fiscalização de profissionais da área, o que é um ponto a ser corrigido.

Existe um mercado em potencial para os processos de *retrofit* no Rio de Janeiro, mas é necessário que se criem metodologias de intervenção e diagnóstico coerentes para nortear de forma eficaz esse procedimento. O projetista deve encontrar o equilíbrio necessário entre os objetivos a serem atingidos, as técnicas disponíveis e a verba orçamentária existente.

Conclui-se que, além das questões estéticas, outros fatores devem ser avaliados, como conforto e características climáticas. Todos têm grande peso no processo de *retrofit* de fachada, porque proporcionam maior eficiência à edificação. Esse mercado apresenta-se como um grande setor para investimentos tecnológicos, científicos e financeiros. Cada

vez mais cresce o número de imóveis precisando de reabilitações e atualizações, que podem ser físicas ou tecnológicas, por motivos de segurança, para atender novas normas ou ainda para satisfazer desejos de seus usuários.

O mercado de *retrofit* oferece oportunidades de negócios bem variadas, considerando os aspectos residenciais, comerciais e institucionais. Sua viabilidade ainda gera muita polêmica. É papel das instituições acadêmicas e segmentos profissionais do setor criarem condições e meios para discussão das possibilidades de execução, para formar uma consciência crítica e um melhor entendimento dos aspectos técnicos, legais e financeiros ligados ao assunto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, G. M., **GESTÃO DA QUALIDADE APLICADA AO PROCESSO DE MANUTENÇÃO, REFORMA E RETROFIT DE EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA HOLDING DE EDUCAÇÃO BÁSICA**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2017
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR. 15.575. Edificações habitacionais**–Desempenho parte 1: Requisitos gerais, 2013
- BARRIENTOS, M. **Retrofit de Edificações: Estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais**. Dissertação (Pós-Graduação em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, p. 252. 2004.
- CAMPOS, I. M. **O que é retrofit?** IBDA – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. Fórum da Construção, 2012.
- CARDOSO, Francisco F.; PINTO, César A. P. **O Sistema de Certificação QUALIHAB de empresas construtoras**. In: Anais do XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Gramado - RS, 1997
- CARDOSO, I. **Avaliação de sistemas de iluminação artificial visando a eficiência energética: o caso da FATE-SP**. Dissertação de mestrado apresentada a FAU USP, São Paulo, 2001.
- CHIMENTI, Beatriz do N. Avaliação Pós-Ocupação em Edificações Históricas – **Estudo de Caso: Edifício da Faculdade de Direito da UFRJ**. Rio de Janeiro: FAU UFRJ, 2000. Dissertação (Mestrado em Arquitetura).
- CORREIA, B. S. **Retrofit em baldios industriais urbanos e o Complexo Matarazzo**, Jaguariaíva - PR, Curitiba, 2015.
- CROITOR, E.P.N.; MELHADO, S.B. **A gestão de projetos aplicada à reabilitação de edifícios: estudo da interface entre projeto e obra**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 2009.
- DUCAP, V. **Reflexões sobre a manutenção e reabilitação de instalações prediais**. Dissertação de mestrado apresentada ao PROARQ FAU UFRJ, Rio de Janeiro, 1999.
- ESTEVES, A.P.C.; LOMARDO, L.L.B. **O Retrofit de Edificações Tombadas: Possíveis caminhos para a atualização tecnológica de fachadas modernistas e a reforma do edifício IRB**. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.
- GOMES, A. F.; AMORIM, C. N. D. **Panorama nacional das edificações públicas federais com foco em etiquetagem de eficiência energética: oportunidades e desafios**. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção, 2016, São Paulo.

GOMES, A. S. S. **Retrofit de Fachadas de Edifícios à luz da ABNT NBR 15.575. 2015.** Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2015.

GROSSO, M. **As obras de retrofit sob a visão da sustentabilidade.** TCC (Trabalho de Conclusão de curso) - UFRJ / Escola Politécnica. Curso de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2015.

HEATH, N. **Sustainable refurbishment of historic buildings: Risks, solutions and best practice.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY EFFICIENCY AND HISTORIC BUILDINGS, 2014, Madrid.

Induta, M. Z. **RETROFIT DE EDIFICACOES: DIFICULDADES E TENDENCIAS,** Projeto de graduação apresentado a Escola Politécnica/ UFRJ, Rio de Janeiro, 2017

INDUTA, M. Z. **Retrofit de edificações: dificuldades e tendências.** TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – UFRJ / Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2017.

LEAL, U. **Retrofit: Edifícios também fazem up grade.** Revista Técnica, São Paulo, SP. Ed. 46, p.79, 2000.

MEDEIROS, M. H. F.; GIORDANO D. E.; PEREIRA, E.; VIGNOLO, A.; GALEANO, R.; HELENE, P., **Inspeção no palácio de la luz - Montevideo: uma visão de durabilidade.** Revista ALCONPAT.

MORAES, V. T. F., QUELHAS, O. L. G. **"Retrofit": criação e implantação de estratégias sustentáveis no uso e manutenção de edificações existentes.** XIV ENTAC - ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Juiz de Fora, 2012.

MORAES, V. T. F, QUELHAS, O. L. G. **A metodologia no processo de Retrofit e os limites da intervenção.** Rio de Janeiro. 2011.

PREISER, Wolfgang et al. **Post-Occupancy Evaluation.** Nova Iorque:Van Nostrand Reinhold, 1987.

QUALHARINI, E.L.; DUCAP, V.; ORIOLLI, A. **Considerações sobre Manutenção e Reabilitação Predial frente às Questões de Auto-Sustentabilidade.** Artigo no Congresso Construção 2000, Portugal, 2000.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; REIS, Lineu Belico. **Eficiência energética em edifícios.** Barueri: Manole, 2012.

SOUTO, L. **O Retrofit Como Forma de Atualização Tecnológica e Sustentável de Fachadas de Edificação.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Brasília. Brasília, p. 53. 2019.

THOMAZ, E. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção.** Editora Pini, São Paulo, 2001.

VALE, M. S. **Diretrizes para racionalização e atualização das edificações: segundo o conceito da qualidade e sobre ótica do retrofit.** Dissertação (mestrado) – UFRJ/ PROARQ/ Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Rio de Janeiro, 2006.

VIOLLET-LE-DUC, Eugène Emmanuel. **Restauração.** São Paulo: Atelier Editorial, 2000.

YUDELSON, J. **Projeto integrado e construções sustentáveis.** Ed. Bookman. Porto Alegre. 2013.

**Bruno Henrique Chaves Pereira**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Ludmilla Santos Rabelo Nóbrega**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Bruno Matos de Farias**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

Método construtivo se define por um conjunto de técnicas, materiais, e tecnologias utilizadas para a construção de um determinado edifício. Com base no atual cenário da construção civil Brasileira, que se baseia em construções artesanais, gerando uma certa quantidade desperdiçada de matéria prima, mão de obra, e baixa produtividade, percebe-se a necessidade de alternativas que agilizam o processo construtivo, que tenham redução de resíduos e maior eficiência. Com o aumento de técnicas alternativas no setor construtivo, várias soluções industrializadas estão ganhando espaço rapidamente em um mercado que carece de inovações. Este trabalho tem por objetivo estudar o uso do método construtivo Steel Frame, conhecido também como construção seca, um método novo no país, mas já utilizado de forma ampla em diversos países considerados desenvolvidos, que é capaz de agilizar o processo de construção, diminuição quantitativa da mão de obra e perdas mínimas de resíduos, fazendo com que a conclusão da obra seja obtida em menor período. A pesquisa bibliográfica foi feita com a base de dados do Google acadêmico, artigos e livros. Serão abordadas práticas construtivas, métodos de utilização, vantagens e desvantagens, custos e aceitabilidade no mercado. Por fim, conclui-se com a viabilidade de sua utilização, levando em conta os seus prós e contras, apontando os resultados dentro dos padrões pesquisados.

**Palavras-chave:** Steel Frame; Método Construtivo; Construção Industrializada.

## INTRODUÇÃO

A construção civil brasileira continua caracterizada pela utilização de sistemas construtivos manuais, cujas principais características são o desperdício múltiplo de recursos e a baixa produtividade. Porém, há indícios no mercado de que essa situação precisa ser mudada, sendo o uso de novas tecnologias a melhor forma de garantir a industrialização e a racionalização da engenharia civil (SANTIAGO, FREITAS e CRASTO, 2012).

Segundo Faria (2008), após o fim da Segunda Guerra Mundial, os países desenvolvidos da América do Norte, Europa e Ásia passaram a se valer com maior intensidade de sistemas construtivos prontos, pré-fabricados, que proporcionassem maior produtividade e economia de mão de obra, cujo custo era muito alto nessas regiões.

A racionalização e a industrialização da construção são apontadas como a chave para reformulação dos métodos construtivos. Ambas são implantadas na construção civil objetivando fazer uma análise dos processos de transformação, fluxo e valor, visando o aperfeiçoamento de determinada atividade, além de uma maior produtividade e eliminação de desperdícios (MOURA, 2013).

Desde os tempos antigos, o meio ambiente foi afetado pelas atividades humanas. Do surgimento das atividades agrícolas à revolução industrial e ao modo de vida capitalista atual, a deterioração do meio ambiente em todo o mundo está se intensificando (CHAVES, 2014).

Visto que a sustentabilidade tem grande relevância, o meio ambiente é o principal agente a ser beneficiado no contexto, e, dado que “desenvolvimento sustentável é o que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades” (TAVARES, 2010).

O *Light Steel Frame* (LSF) aparece como uma ótima resposta, um método construtivo amplamente utilizado e divulgado em países como Estados Unidos e Japão, com o objetivo de diminuir o volume de perda, o número de operários nos canteiros de obra, a alta produção e o tempo de entrega, entre outros (OLIVEIRA, 2011).

O uso de LSF representa uma solução alternativa cada vez mais interessante frente à necessidade de industrialização e racionalização da construção, pois permite executar a obra com grande rapidez, a seco e sem desperdícios (REVISTA TECHNE, 2008).

Diante do rápido crescimento populacional e o avanço da tecnologia, a indústria da construção civil no mundo tem buscado alternativas mais eficientes de construção visando diminuir os desperdícios, aumentar a produtividade e atender a uma demanda maior (KAMINSKI 2006).

O uso do sistema LSF, possibilita a redução dos custos em certas áreas do projeto, otimizando o tempo de produção e montagem da estrutura, pois permite executar várias etapas ao mesmo tempo, como exemplo, durante a construção da fundação, os painéis das paredes são feitos na fábrica. A característica básica do sistema é a redução do carregamento na fundação, devido ao baixo peso da estrutura metálica, esta etapa é mais econômica (MACHADO, 2008).

De acordo com Pigozzo (2005), ao usar o sistema LSF, muitos benefícios foram confirmados, tais como alta resistência, baixo peso (incluindo estrutura e outros componentes), maior precisão dimensional, resistência a insetos e o fato de a maior parte dos materiais usados poderem ser reciclados.

Segundo Sato, (2011), a recente chegada de novos métodos construtivos no Brasil, porém bastante difundidos internacionalmente, se dá muito pelo desenvolvimento tardio da indústria da construção civil nacional aliada a falta de programas de pesquisa e inovação.

Segundo Batista (2011), o LSF é um sistema construtivo sustentável que utiliza o aço galvanizado formado a frio como principal elemento estrutural, o que possibilita a produção de estruturas secas e estruturas mais leves com maior velocidade e precisão. Podem ser empregados em construções de habitações unifamiliares, hospitais, edifícios residenciais e comerciais de até quatro pavimentos e, de *retrofit* de edificações existentes (SANTIAGO, FREITAS e CRASTO, 2012).

Desde o século XIX, para Koskela (1992), a metodologia de produção era apenas um processo de conversão de entradas de recursos e uma saída. Sendo um traço desse pensamento, o custo final do produto, sendo baseado tanto no valor de suas matérias-primas quanto no processo utilizado para sua transformação, tendo como resultado esforços de diminuição de custos, focando em uma minimização de cada processo utilizado separadamente.

Para Formoso (2000), o processo produtivo tradicional na construção civil, apresentava problemas como:

- a) Falta de consideração a atividades que não adicionem valor ao canteiro de obras, mesmo elas sendo vitais em partes do orçamento.
- b) Foco de melhorias apenas em subprocessos utilizados durante a execução do projeto, deixando o projeto como um todo de lado.
- c) Falta de diálogo com clientes, como por exemplo, saber suas necessidades, desejos e expectativas, o que por vezes criava um processo muito eficaz, mas que não satisfaziam os clientes.

O LSF tem se tornado uma alternativa aos métodos tradicionais de construção, que nas últimas décadas finalmente se adaptaram totalmente às necessidades da sociedade brasileira. O sistema de construção é eficiente e rápido, e tem se adaptado a princípios importantes como a redução do impacto ambiental (REVISTA HOMIFY, 2018).

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2019), o déficit habitacional atual no Brasil é de 5,876 milhões de moradias. Nesse sentido, torna-se de grande valia o estudo da aplicação do sistema LSF cujas principais vantagens são a rapidez e a economia.

Para a realização do estudo do tema serão abordadas normas técnicas e normas de desempenho que abrangem o sistema LSF e sua aplicação.

O objetivo geral da pesquisa é estudar como é realizada a aplicação construtiva do LSF. Os objetivos específicos são: apresentar suas características, passo a passo da metodologia, tipos de materiais, vantagens e desvantagens, levando sempre em consideração a rapidez na execução da obra. Verificar como é composto o sistema construtivo em LSF, os tipos de aplicações e apresentar um estudo de cenário no qual foi utilizado o sistema LSF, por meio de um projeto arquitetônico.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A racionalização na construção civil consiste em analisar metodicamente as estruturas e processos existentes, com a finalidade de descobrir pontos fracos, como exemplo, tempos de espera desnecessários, falhas na preparação e transmissão de informações, estoques intermediários evitáveis, danos ao meio ambiente por despejo de sobras e percursos de transporte demasiadamente longos, depois, é perceber as possibilidades de melhoria, analisá-las e introduzi-las para assim testa-las e serem aceitas pelos envolvidos. A melhoria no sistema é a principal evolução da racionalização implantada (GEHBAUER, 2004).

Ainda sobre a preocupação com as questões ambientais e a necessidade de buscar alternativas sustentáveis para a indústria da construção civil demonstram que, por se tratar de um sistema construtivo que em partes em certas ocasiões, ainda utiliza mão de obra artesanal, a estrutura de concreto armado aliada a alvenaria de blocos cerâmicos é caracterizada pela baixa produtividade e pelo grande desperdício de materiais, devido a todas as etapas da construção ser executadas *in loco* (HASS e MARTINS, 2011).

Em função da enorme quantidade de recursos que consomem os projetos e de resíduos que os mesmos produzem em sua execução, a construção civil em geral, estimula grandes impactos no meio ambiente (PEREIRA, 2009).

Segundo Mateus (2004), com o objetivo de melhorar a qualidade do projeto, otimizar a produtividade, encurtar o prazo de construção, e permitir um investimento mais rápido sem alterar o custo da construção e evitar danos ao meio ambiente, novos sistemas construtivos têm surgido para estimular sua competitividade na construção civil.

Segundo Freitas e Crasto (2012), o LSF, se encaixa como um dos métodos que surgiram com a finalidade de otimização de tempo aliado a uma redução de preço, tempo e resíduos, também se define por processo pelo qual se compõe um esqueleto estrutural

em aço, como mostra a Figura 1, formado por diversos elementos sólidos ligados entre si, juntos a formar um conjunto com a finalidade de resistir às cargas aplicadas ao sistema.

Figura 1 – Construção em LSF



Fonte: Site Hexo-Construtora Incorporadora, 2019.

### Origem do sistema construtivo LSF

De acordo com Rodrigues (2006), o LSF, se originou de outro sistema construtivo:

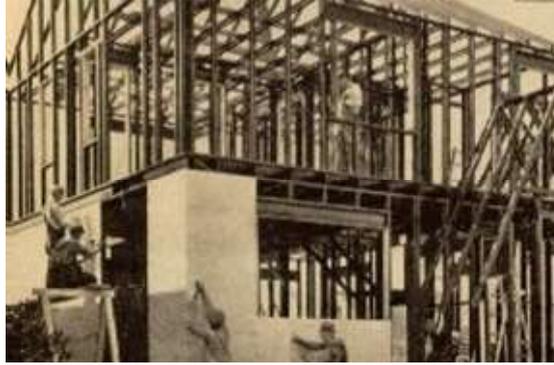
A história do *Framing* inicia-se entre 1810, quando nos Estados Unidos começou a conquista do território, em 1860, quando a migração chegou à costa do Oceano Pacífico. Naqueles anos, a população americana se multiplicou por 10 e para solucionar a demanda por habitações recorreu-se a utilização dos materiais disponíveis no local (madeira), utilizando os conceitos de praticidade, velocidade e produtividade originados na Revolução Industrial (2006, p.10).

Segundo Pedroso *et al* (2014), após a Segunda Guerra Mundial, com o esforço da guerra, o aço era um material rico, e as empresas metalúrgicas obtiveram grande experiência na utilização do metal. Primeiro o aço foi utilizado como divisórias em edifícios com estruturas de ferro, o aço por ser mais leve usado nessas divisórias, passou a substituir a estrutura inteira das moradias.

Como resultado, o uso de florestas aumentou e as indústrias madeireiras foram forçadas a parar com o desmatamento, começaram então a utilizar madeira barata, o que levou a um declínio na qualidade. Assim, em 1980 eles começaram a substituir a madeira pelo aço (PEDROSO *et al*, 2014).

De acordo com Allen (2006), as primeiras construções em aço formado a frio, começou no início de 1850, nos Estados Unidos, e logo depois na Inglaterra. No entanto, essas obras eram experimentais e limitadas. A partir de 1930, foram construídos protótipos de residências em LSF, como mostra a Figura 2, que embora não fornecessem muita explicação sobre o sistema, teve uma aceitação relativa. Desde então, houve um aumento considerável em sua aplicação, com a formação de empresas especializadas.

Figura 2 – Protótipo de residência em LSF na Exposição Mundial de Chicago em 1933



Fonte: *Marshall University Web Pages*, 2005.

No Brasil, surgiu no final da década de 1990, e somente era utilizado em edifícios de médio e alto padrão. Com o passar dos anos esse método está cada vez mais acessível, à medida que as empresas investem na fabricação desses materiais e treinam profissionais para a montagem e operação dessas edificações (YAMASHIRO, 2011).

### **Construção Modular**

Segundo Mayor (2012), modulação ou coordenação modular é um tipo de projeto, onde o tamanho é baseado em uma medida comum, um módulo, onde o tamanho e a proporção são determinados pela multiplicação ou fração da unidade. Esta combinação de módulos tem como objetivo definir o padrão final, ou seja, a normatização. Este módulo constitui um espaço entre os níveis do quadro de referência em que se baseia a coordenação modular.

Uma estrutura modular ou pré-fabricada é um sistema construtivo composto por módulos individuais, que são construídos na fábrica e entregues no canteiro de obras (Figura 3) no local da montagem. O sistema tem sido amplamente utilizado nos Estados Unidos, Europa, Japão e Austrália. A estrutura modular é baseada na eficiência, precisão e sustentabilidade (TECNOFRAME, 2020).

No cenário atual da engenharia civil, o uso crescente de componentes pré-fabricados traz muitas vantagens, como a limpeza e economia dos componentes pré-fabricados, ausência de resíduo do uso do concreto e prazos de entrega reduzidos, o que ajuda a reduzir o impacto ambiental. Por ser um sistema resistente e de fácil aplicação, melhora a qualidade da sua estrutura de uso (VASCONCELOS, 2002).

Figura 3 – Unidades modulares empilhadas



Fonte: *Steel Construction Institute*, 2004.

As construções modulares podem ser entregues com todos os acabamentos internos, como mostra a Figura 4, revestimento, louças sanitárias, bancadas, mobiliários fixos, metais, instalações hidráulicas e elétricas (CRASTO, 2005).

Figura 4 – Casa Chassi, construída com módulos de 9 x 3 metros, sendo possível diferentes configurações da mesma



Fonte: Hometeka, 2016.

## Materiais

Este sistema construtivo é acessível e permite o uso de vários tipos de materiais com diferentes propriedades físicas, sendo classificados por função, como estrutural e não estrutural (BARROS, 2017).

Segundo Crasto e Freitas (2006), os painéis que são utilizados no sistema LSF podem compor as paredes de uma construção ou serem utilizados como sistema estrutural da mesma, podendo ser tanto internos quanto externos. Já os painéis não estruturais são vistos apenas como divisórias.

As paredes que compõem a estrutura são denominadas painéis estruturais ou painéis autoportantes. Esses painéis consistem em elementos de seção tipo “U<sub>e</sub>” (U enrijecido) verticais, chamados de montantes, e elementos de seção U horizontais, conhecidos como guias. A função desses painéis é suportar cargas incidentes na estrutura e transferi-las para a fundação (SANTIAGO, 2008).

A diferença entre o perfil guia (U) e o perfil vertical (U<sub>e</sub>) é que não há aresta (D) na moldura, garantindo assim a correta compatibilidade do perfil. As guias não devem absorver ou transmitir tensões estruturais, função que os montantes, vigas e pilares devem cumprir. O limite de escoamento dos perfis de aço utilizados na estrutura LSF deve ser maior ou igual a 230 MPa (BORTOLOTTI, 2015).

## Aço

O aço é constantemente utilizado por suas propriedades de estabilidade dimensional para diversos climas, resistência a insetos, alta qualidade devido ao seu processamento industrial e, apesar de não ser de origem renovável, é facilmente reciclado. Atualmente, em virtude da modernização e proposição de formas arquitetônicas mais arrojadas, a construção metálica, composta por perfis em aço, é escolhida para estruturar edificações de pequeno a grande porte (BARROS, 2017).

No LSF, o aço é usado como sistema estrutural por meio de perfis formados a frio e parafusados entre si. O processo de fabricação é mecânico, em que o metal é moldado à temperatura ambiente a partir de bobinas de aço zincado de alta resistência (ZAR) com resistência ao escoamento ( $f_y$ ) maior do que 230 MPa para perfis com função estrutural, segundo recomendações da ABNT NBR 15253:2014 que trata de Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais.

O processo de fabricação é controlado para que haja um revestimento mínimo nas bobinas, sendo este em zinco ou liga alumínio-zinco feito por uma contínua imersão à quente, conforme as normas técnicas ABNT NBR 7008-1:2012 que se trata de Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão

a quente, parte 1: Requisitos, ABNT NBR 7008-3:2012 que se trata de Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente, parte 3: Aços estruturais e ABNT NBR 15578:2008 que se trata de Bobinas e chapas de aço revestidas com liga 55% alumínio – Zinco pelo processo contínuo de imersão a quente - Especificação. As massas mínimas, segundo essas normas, são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Revestimento mínimo das bobinas de aço

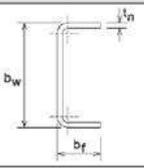
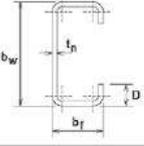
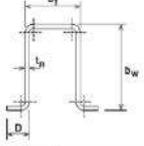
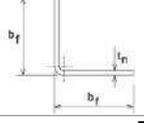
Tipo de Revestimento	Perfis Estruturais	
	Massa mínima do revestimento <sup>a</sup> g/m <sup>2</sup>	Denominação do revestimento conforme as seguintes normas
Zincado por imersão a quente	275 (ABNT NBR 7008-1)	Z275 (ABNT NBR 7008-1)
Alumínio-zinco por imersão a quente	150 (ABNT NBR 15578)	AZ150 (ABNT NBR 15578)

<sup>a</sup> A massa mínima refere-se ao total nas duas faces (média do ensaio triplo)

Fonte: ABNT NBR 15223:2014.

O Quadro 2 apresenta as seções transversais dos perfis utilizados e suas respectivas aplicações. A seção guia, perfil U, possui alma ( $b_w$ ) e a mesa ( $b_f$ ) também conhecida como flange ou aba, não possui borda ( $D$ ) que se encontra presente no montante e permite assim o encaixe na guia. Por sua vez, as guias não devem transmitir e nem absorver os esforços, que devem ser absorvidos pelos montantes, vigas e pilares que se encontram na estrutura (SANTIAGO, FREITAS e CRASTO, 2012).

Quadro 2 - Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em LSF e suas respectivas aplicações

SEÇÃO TRANSVERSAL	SÉRIE Designação NBR 6355:2003	Utilização
	U simples $U\ b_w \times b_f \times t_n$	Guia Ripa Bloqueador Sanefa
	U enrijecido $U_e\ b_w \times b_f \times D \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga
	Cartola $Cr\ b_w \times b_f \times D \times t_n$	Ripa
	Cantoneira de abas desiguais $L\ b_{f1} \times b_{f2} \times t_n$	Cantoneira

Fonte: ABNT NBR 15253: 2014.

As dimensões da alma dos perfis  $U_e$  geralmente variam de 90 a 300 mm (medidas externas), mesmo sendo possível utilizar outras dimensões. No Brasil as dimensões comercializadas são 90, 140 e 200 mm. E as mesas podem variar de 35 a 40 mm, dependendo do fabricante e do tipo de perfil (Quadro 3). Os outros perfis que podem ser necessários para estruturas de LSF são tiras planas, cantoneiras e cartolas (BRASILIT, 2014).

Quadro 3 – Dimensões Nominais Usuais dos Perfis de Aço para LSF

DIMENSÕES (mm)	DESIGNAÇÃO	LARGURA DA ALMA $b_w$ (mm)	LARGURA DA MESA $b_f$ (mm)	LARGURA DO ENRIJECEDOR DE BORDA – D (mm)
U <sub>e</sub> 90x40.	Montante	90	40	12
U <sub>e</sub> 140x40	Montante	140	40	12
U <sub>e</sub> 200x40	Montante	200	40	12
U <sub>e</sub> 250x40	Montante	250	40	12
U <sub>e</sub> 300x40	Montante	300	40	12
U 90x40	Guia	92	38	-
U 140x40	Guia	142	38	-
U 200x40	Guia	202	38	-
U 250x40	Guia	252	38	-
U 300x40	Guia	302	38	-
L 150x40	Cantoneira de abas desiguais	150	40	-
L 200x40	Cantoneira de abas desiguais	200	40	-
L 250x40	Cantoneira de abas desiguais	250	40	-
Cr 20x30	Cartola	30	20	12

Fonte: ABNT NBR 15253:2014.

## Normas Técnicas

Ainda não há uma norma específica da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que faça uma abordagem específica do método LSF, porém, já está em processo de desenvolvimento um texto base para a normalização do sistema.

As normas específicas para o sistema construtivo em LSF são, segundo o Quadro 4:

Quadro 4 – Normas que abordam partes do sistema LSF

CÓDIGO DA NORMA TÉCNICA	TÍTULO DA NORMA TÉCNICA
ABNT NBR 6.355:2012	Perfis Estruturais de Aço Formados a Frio – Padronização.
ABNT NBR 14.715:2010	Chapas de Gesso Acartonado – Requisitos.
ABNT NBR 14.717:2001	Chapas de Gesso Acartonado - Determinação das Características Físicas.
ABNT NBR 14.762:2010	Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio – Procedimento.
ABNT NBR 15.217:2018	Perfis de Aço para Sistemas de Gesso Acartonado – Requisitos.
ABNT NBR 15.253:2014	Perfis de Aço Formados a Frio, com Revestimento Metálico, para Painéis Reticulados em Edificações - Requisitos Gerais
ABNT NBR 15.498:2016	Placa Plana Cimentícia sem Amianto - Requisitos e Métodos de Ensaio.
DIRETRIZ SINAT Nº 003	Sistemas Construtivos em Perfis Leves de Aço Conformados a Frio, com Fechamento em Chapas Delgadas (sistema leves tipo “Steel Frame”)

Fonte: ABNT, 2021.

## **Vantagens e desvantagens do sistema LSF**

O LSF oferece vantagens que favorecem a obra, os consumidores e o meio em que vivem. O tempo de projeto é curto e não há desperdício de produção, o que é comum em outros estilos arquitetônicos em que o aço é fabricado industrialmente. O relevo na fundação garante um funcionamento seguro e evita sua propagação ao fogo, devido ao peso reduzido e à distribuição uniforme do aço nas paredes. Destaca também que devido às suas características naturais, não resiste ao ataque dos cupins. Sua resistência à corrosão é resultado do revestimento de zinco, que protege e atua como barreira física a cortes, abrasões, distorções e travamentos que normalmente ocorrem na madeira (PEDROSO *et al.*, 2014).

Ao falar sobre as desvantagens, quando comparado a outros sistemas construtivos, o LSF pode ser mais caro, pois depende da disponibilidade de fornecedores dos materiais que vão ser utilizados e necessita de uma mão de obra especializada no local (CAMPOS, 2014).

Carece de uma mão de obra mais qualificada por ser um processo de execução com maior precisão e mais detalhado (CAMPOS, 2014).

## **METODOLOGIA**

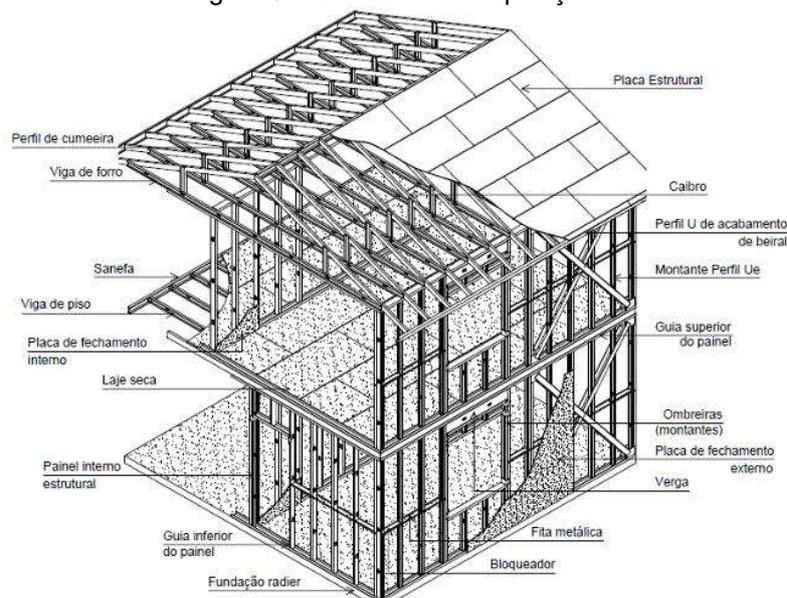
O LSF é um sistema construtivo de conceitos racionais, cuja características principais são estruturas compostas por perfis de aço galvanizado formados a frio, que são utilizados para a composição de painéis estruturais e não-estruturais, vigas de piso, vigas secundárias, tesouras de telhado e demais componentes. Por ser um sistema industrializado, possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução. Assim, devido a essas características, o sistema LSF também pode ser denominado de sistema em aço de construção a seco.

O LSF é composto por uma gama de subsistemas que juntos formam um conjunto. Eles são: fundação, estrutura, instalações hidráulicas e elétricas, isolamento acústico e térmico e por último os fechamentos, sendo interno, externo, horizontal e vertical. Para que suas funções sejam elevadas e aproveitadas ao máximo, é necessário que estes estejam devidamente ligados entre si, desde o início do projeto, levando em consideração o nível de qualidade tanto das matérias primas usadas até a mão de obra especializada em tal sistema.

## **LSF e sua caracterização**

Como dito anteriormente por Santiago; Freitas e Crasto (2012), o LSF é um sistema construtivo, capaz de integrar todos seus componentes e subsistemas necessários à construção de uma edificação. Podendo tal citação ser implementada por Lima (2013) que diz sobre o LSF como uma estrutura formada por perfis de aço galvanizado formados a frio. Que formam painéis estruturais, sejam eles: paredes, pisos e cobertura ou não, como vedações e fechamentos que são ligados entre si através do uso de parafusos, construindo um sistema que foi dimensionado tendo como objetivo a recepção e distribuição de esforços atuantes na edificação. Sua estrutura e composição do método construtivo LSF podem ser visualizadas na Figura 5.

Figura 5 – Estrutura e composição



Fonte: Manual Steel Framing: Arquitetura, 2012.

Em termos básicos a sua estrutura é composta de pisos, paredes e coberturas, juntos, possibilitando integridade estrutural da edificação, dando resistência necessária aos esforços que lhe são solicitados.

### Opções de métodos construtivos

De acordo com Barros (2017), existem duas opções de métodos construtivos que utilizam o LSF.

#### Método “Stick”

Com este método, os perfis são cortados *in loco*, seus painéis, colunas, lajes e contraventamentos e treliças de telhados são montados no local. Os perfis podem já vir com as perfurações adequadas para passagem de instalações elétricas e hidráulicas, e seus subsistemas sendo instalados posteriormente a montagem da estrutura. Esse método pode ser recomendado em situações onde não é possível a pré-fabricação no local de obra. As vantagens do método Stick são:

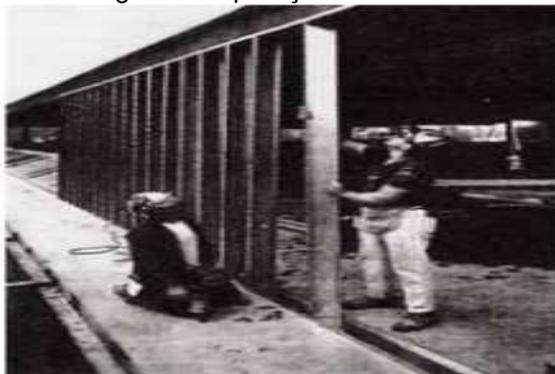
- Sem necessidade de o construtor ter um local para uma pré-fabricação do sistema;
- Como as peças são feitas *in loco*, seu transporte se torna mais fácil;
- As conexões dos elementos são de simples e fácil execução;

E como desvantagens, são citadas:

- Montagem bem mais lenta;
- Necessidade de uma mão de obra mais especializada no local de execução da obra em comparação ao método por painéis.

Pode-se observar um exemplo de aplicação deste método na Figura 6.

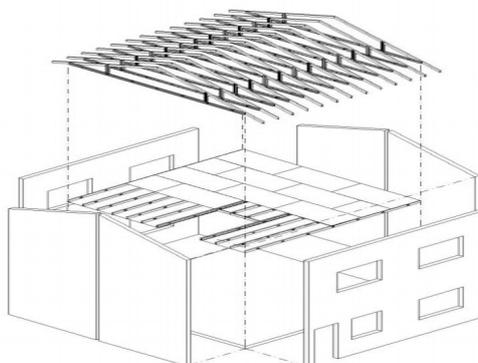
Figura 6 - Aplicação do método stick



Fonte: Robert Scharff, 1996.

O método Stick pode ser montagem de duas formas: “*Plataform Framing*” ou “*Ballon Framing*”. Na montagem “*Ballon*”, geralmente os painéis são grandes a ponto de ultrapassar um pavimento de altura (Figura 7), tendo sua estrutura do piso sendo fixada nas laterais dos montantes.

Figura 7- Esquema de construção tipo “*Ballon*”



Fonte Grubb e Lawson, 1997.

Já na montagem “*Plataform*”, os painéis têm a altura de um pavimento, não sendo estruturalmente contínuos e suas paredes e pisos são instalados de forma sequencial por cada pavimento. As cargas de piso são descarregadas axialmente aos montantes.

### Método por painéis

Nesse método, os painéis sejam estruturais ou não estruturais podem ser fabricados fora do canteiro de obras e montados in loco, assim como lajes e tesouras de telhado e contraventamentos, também há a possibilidade de materiais de acabamento serem aplicados nas peças pela fábrica para redução de tempo de execução da obra. Os subsistemas e painéis tem suas conexões executadas no canteiro de obras (Figura 8) através de métodos amplamente conhecidos e convencionais (parafusos auto-atarrachantes e auto-brocantes). As vantagens desse método são:

- a) Rapidez nas montagens;
- b) Menos mão de obra no local de construção;
- c) Produção dos sistemas contam com um alto controle de qualidade que apenas fábricas podem proporcionar;
- d) Aumento na precisão de corte nas peças devido as condições propícias que uma linha de montagem proporciona.

E como desvantagem:

- a) A necessidade de um ambiente externo ao local de construção da obra, apropriado para a criação dessas peças.

Figura 8 - Elementos estruturais como tesouras e painéis são fabricados em oficinas externas ao canteiro e trazidas ao local de obra para sua montagem



Fonte: Aegis Metal Framing, 2005.

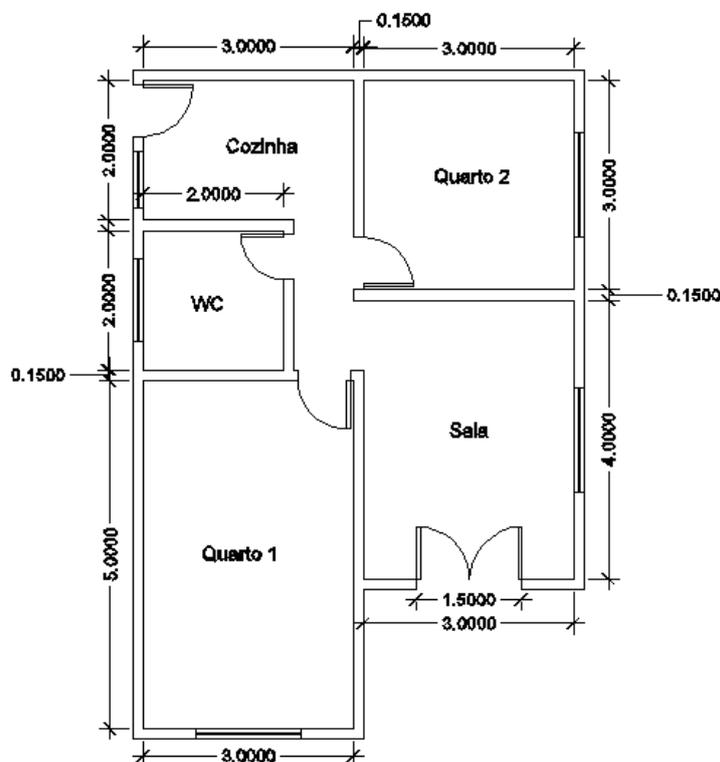
## DESENVOLVIMENTO

### Apresentação do estudo de cenário

Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de cenário de uma aplicação construtiva do método LSF em uma residência unifamiliar, os tipos de materiais usados, as vantagens e desvantagens nesse tipo de construção.

O objeto de estudo que foi utilizado neste trabalho foi uma residência unifamiliar que tem 44 m<sup>2</sup> de área, sendo a residência composta por dois quartos, sala, cozinha banheiro e um corredor, sendo demonstrado na Figura 9, representando a planta baixa da mesma.

Figura 9 – Planta baixa da residência unifamiliar



Fonte: Autores, 2021.

## Quantitativo de material

No Quadro 5 pode-se observar a quantidade de cada material que foi utilizado para a construção dessa casa unifamiliar.

Quadro 5 – Quantitativo de material utilizado

Descrição	Unidade	Quantidade Total
Base Coat	Sacos	18
Placa Cimentícia 10mm	Pçs (2,4 x 1,2)	38
Placa Gesso Acartonado	Pçs (1,2 x 1,8)	94
Tela Fibra Vidro Parede	Rolo 50mm	3
Fita Telada Drywall 50mm	Rolo 90mm	5
Tela Hidrófuga	m <sup>2</sup>	108
Painel OSB 9,5mm	Placas (1,2 x 2,4)	38
Lã de Vidro	m <sup>2</sup>	130
Forro de Gesso	m <sup>2</sup>	44
Perfil Parede	m <sup>2</sup>	156
Perfil Teto	m <sup>2</sup>	44
Parafuso Placa Cimentícia	Unidades	1620
Parafuso Gesso	Unidades	5075
Parafuso OSB	Unidades	2376
Parafuso Metal	Unidades	1118
Parafuso 4,8 x 19	Unidades	2334
Conector Ancoragem	Unidades	48
Telha Galvalume 0,43	m <sup>2</sup>	44
Calha e Rufo	Metros	15
Esticador + Parafuso 7mm x 80mm	Unidades	58
Banda Acústica	Rolo 10m	6
Pino Arruela Cônica Ancora	Unidades	6
Finca Pino	Unidades	6
Massa Drywall	Latas 30kg	6
Radier	m <sup>2</sup>	44

Fonte: Autores, 2021.

## Montagem da Estrutura

A estrutura foi organizada conforme as atividades abaixo (Quadro 6):

Quadro 6 – Ordem de execução das partes do sistema construtivo LSF

<b>Atividades fora do canteiro de obras</b>
1 – Confeção dos perfis necessários
2 – Montagem dos painéis
<b>Atividades no canteiro de obras</b>
1 – Confeção da fundação
2 – Montagem dos painéis
3 – Montagem da cobertura
4 – Fechamento dos painéis externos
5 – Execução das instalações elétricas e hidráulicas
6 – Fechamento dos painéis internos
7 – Instalação das esquadrias de portas e janelas
8 – Pisos
9 – Revestimento das paredes
10 – Pintura externa e interna

Fonte: Autores, 2021.

## Estrutura

O projeto foi criado levando em consideração a otimização em certas partes do sistema, como placas cimentícias por exemplo, aproveitando o máximo possível e evitando desperdício.

A fundação tem como função servir de apoio para casa e também fazer uma transmissão adequada das forças ocasionadas pela construção ao terreno.

Para este cenário foi utilizado uma fundação do tipo *radier* (Figura 10), a qual possibilita uma distribuição de cargas de forma uniforme em todo o terreno, sendo esta fundação feita com concreto armado e de rápida execução, a laje também pode ser utilizada neste caso como um contrapiso. A espessura da laje escolhida para o estudo foi de 16 cm.

Figura 10 – Fundação em *radier* após a concretagem



Fonte: Escola Engenharia, 2019.

## Montagem

O método de montagem adotado para a realização dessa obra foi o método por painéis (Figura 11), onde os painéis já chegam ao local de obra montados, somente sendo instalados por mão de obra especializada, porém colunas, lajes, contraventamentos e treliças de telhados são montados no local, sem que seja necessário um local para a pré-fabricação para estes. Depois da estrutura já erguida procede-se à colocação dos revestimentos restantes, tanto na parte exterior quanto interior.

Figura 11 – Montagem utilizando o método *Stick*



Fonte: Fórum da construção, 2017.

### Estabilização da estrutura

Para resistir aos esforços horizontais que a estrutura solicita, como os provocados pelo vento, que podem ocasionar perda de estabilidade da estrutura e causar deformações, foram então executados contraventamentos com pilares treliçados e foram utilizados também bloqueadores (Figura 12).

Figura 12 - Contraventamentos e bloqueadores



Fonte: Pequenas reformas, 2021.

### Execução da laje

Após a estrutura montada, para o fechamento da cobertura, foi adotada a laje úmida (Figura 13), que serve de fôrma para colocar o concreto que irá formar o contrapiso, para a execução da laje. Composta por placa de OSB 18,3 mm e um contrapiso armado com concreto tipo “farofa” sobre o mesmo. É preciso aplicar uma lona plástica de dupla camada sobre o OSB antes de aplicar o contrapiso. A armação do mesmo deve ser realizada com malha pop, positiva e negativa. Para obter um conforto termo acústico foi utilizado a lã de vidro entre o concreto e a fôrma ondulada.

Figura 13 – Laje úmida



Fonte: Espaço Smart, 2021.

## Fechamento externo

No fechamento externo (Figura 14) foram utilizadas as placas cimentícias, que por sua vez tem dimensões de 2400 x 1200 x 8 mm, placas OSB *Home Plus* com dimensões de 2400 x 1200 x 9,5 mm, base coat, membrana hidrófuga e lã de vidro com 90 mm de espessura.

A membrana hidrófuga foi parafusada no sistema funcionando como uma barreira de proteção contra possível umidade, também foi instalada lã de vidro para a proteção acústica e térmica necessária ao devido uso da construção.

O uso da argamassa base coat é utilizada para a finalidade de conceder nivelamento e revestimento de paredes e tetos.

Figura 14 - Fechamento externo



Fonte: Doce obra, 2017.

## Fechamento interno

No fechamento interno, foram utilizadas placas de gesso acartonado RU, tendo como dimensões 1200 x 1800 x 12,5 mm, placas OSB *Home Plus* com dimensões de 2400 x 1200 x 9,5 mm, fita de papel micro perfurada, massa *Drywall* e lã de vidro com 90 mm de espessura.

Foram utilizados também perfis metálicos do tipo U<sub>e</sub> com dimensões de 90 x 40 x 12 mm, tendo espessura de 0,95 mm com um espaçamento adotado de 40 cm entre os mesmos.

## Revestimento e Isolamento

Para o revestimento interno foi utilizado as placas de gesso acartonado, parafusado nos perfis da parede. Para áreas úmidas, como cozinha (Figura 15) e banheiro (Figura 16), utilizou-se a placa verde (RU) por possuírem elementos hidrofugantes e serem resistentes à umidade.

Figura 15 - Placa de gesso acartonado verde (RU), aplicado na cozinha



Fonte: Site Habitissimo, 2021.

Figura 16 - Placa de gesso acartonado verde (RU), aplicada no banheiro



Fonte: Difordek Drywall, 2021.

E para as áreas secas, como os quartos, corredor e sala, utilizou-se a placa *Standard* (ST), Figura 17.

Figura 17 - Placa *Standard* (ST) no revestimento interno



Fonte: Fórum da Construção, 2017.

Utilizou também, o isolamento termo acústico na estrutura, para proporcionar um ambiente de conforto e qualidade. Para a aplicação foi utilizada a manta lã de vidro (Figura 18). Por ser um isolante fibroso, com capacidade de absorção, reduz a transição de calor e som entre os ambientes.

Figura 18 - Isolamento termo acústico com lã de vidro



Fonte: Doce Obra, 2018.

## Tempo de montagem

Neste estudo, a velocidade de montagem do sistema pode ser calculada pela produtividade individual dos itens do sistema, segundo Domarascki e Fagiani (2009). Sendo a produtividade em horas por metro quadrado de cada item, é multiplicada pela área do item, assim se obtendo o total de horas necessárias, assim sendo, a razão da soma das horas calculadas e a área da casa será correspondente a produtividade do sistema no determinado estudo (Quadro 7).

Neste trabalho serão consideradas a fase de estrutura e a fase de fechamento da mesma.

Quadro 7 – Tempo de montagem

Descrição	Produtividade (hora/m <sup>2</sup> )	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Total (Horas)
Montar a estrutura de aço para fechamento interno e externo	0,25	156	39
Fechamento com placas cimentícias	0,22	109,44	24,07
Fechamento com OSB	0,22	97,92	21,54
Fechamento com gesso acartonado	0,22	203,04	44,67
Isolamento com lã de vidro	0,06	130	7,8
Instalar Membrana Hidrófuga	0,06	108	6,48
Montagem da estrutura para cobertura	0,26	88	22,88
<b>Total (Horas)</b>			<b>166,44</b>
<b>Área da casa (m<sup>2</sup>)</b>			<b>44</b>
<b>Produtividade do LSF (Horas/m<sup>2</sup>)</b>			<b>3,78</b>

Fonte: Autores, 2021.

É observado no Quadro 8, que para a conclusão das etapas de montagem de estrutura e fechamento da mesma, são necessárias 166,44 horas. Através da razão entre a área da casa e o total de horas, é obtido a produtividade de 3,78 horas/m<sup>2</sup>.

Considerando a residência objeto do estudo, com 44m<sup>2</sup>, o cálculo para previsão de conclusão foi realizado considerando uma equipe composta por 2 pessoas, sendo um especialista e montagem e mais um ajudante, o total de horas disponíveis de um turno por dia se dá pela forma:

$$2 \text{ pessoas} \times 8 \text{ horas/dia} = 16 \text{ horas/pessoa/dia}$$

Para determinar a quantidade de dias para a conclusão das etapas da estrutura e fechamento, é dividido o total de horas pelo total de horas disponíveis na equipe, sendo assim:

Total de horas (Th) = 166,44 horas/ pessoa

Total de horas disponível na equipe (The) = 16 horas/pessoa/dia

Dias necessários (Th/The) = 10,4 dias

Não foram considerados nessa previsão, os prazos de cura do concreto para a laje *radier*.

## CONCLUSÃO

A decisão de estudar este sistema baseou-se na necessidade de utilizar um sistema que seja eficaz durante e após a execução da obra, levando em consideração os requisitos de racionalidade, durabilidade e principalmente a sustentabilidade. Um dos requisitos essenciais para uma boa construção é a agilidade, leveza e praticidade, requisitos os quais esse sistema é conhecido.

O sistema LSF demonstrou possuir grandes vantagens estruturais e técnicas, como estrutura leve, construção rápida gerando poucos resíduos, alto grau de industrialização com grande controle de qualidade, sendo de fácil manutenção e grande versatilidade. Por ter pouca utilização de recursos naturais e ter materiais recicláveis, sua construção é mais sustentável.

Em termo de sustentabilidade, é possível mencionar o aço, um material 100% sustentável, que mantém o ambiente limpo e seco durante toda a construção, já que as peças geralmente vêm cortadas e sua montagem e manutenção é rápida e fácil.

O LSF também permite o acompanhamento da construção antes mesmo da sua execução, possível através de um projeto arquitetônico, o que possibilita o passo a passo da construção seja monitorado para evitar futuros problemas na hora da execução.

Os materiais específicos para a construção do LSF, que antes eram uma preocupação, hoje já são solução, graças as experiências obtidas através de inúmeros testes. Com a tecnologia atual, estudos e normas qualificam e garantem 100% a construção de LSF.

Mesmo possuindo muitos pontos positivos e somente alguns poucos pontos negativos, no Brasil sua técnica ainda foi pouco implantada mesmo com o sistema sendo implantado em aproximadamente trinta anos no mercado da construção civil nacional, fazendo com que a oferta ainda seja menor comparado a outros sistemas construtivos comuns utilizados nacionalmente, isso junto a necessidade de uma mão de obra especializada, impactam diretamente no preço final das construções que o utilizam, porém, com o aumento da industrialização da construção civil e uma demanda de desempenho e racionalização, o sistema construtivo *Light Steel Frame* está ganhando um espaço significativo no mercado Brasileiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15253: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações - Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2014. 24 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15578: Bobinas e chapas de aço revestidas com liga 55% alumínio - Zinco pelo processo contínuo de imersão a quente – Especificação. Rio de Janeiro, 2008. 8 p

BATISTA, R. C. Análise estrutural de uma residência constituída por perfis de aço galvanizados de pequena espessura formados a frio segundo o sistema construtivo a seco – Light Steel Framing (LSF). 2011. 34f. Monografia (Monografia em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2011.

BLOG LAFAET. Estruturas Metálicas: Confira 5 ideias de construções em Steel Frame no Brasil e as Vantagens e Desvantagens dessa técnica. Disponível em: <://www.lafaetlocacao.com.br/artigos/construcoes-em-steel-frame-no-brasil/> Acessado em 03 de Março de 2021.

BLOG FENÔMENO DE TRANSPORTES II – UNISUL. Lã de vidro: Isolamento térmico e acústico,2017. Disponível em: <https://fenomenosdetransporte2unisul.wordpress.com/2017/12/02/la-de-vidro-isolamento-termico-e-acustico/>. Acessado em: 13 de Maio de 2021.

BRASIL ESCOLA. Sistema construtivo Light Steel Framing: Vantagem e desvantagens. 2020. Disponível em: <https://monografias.brasilecola.uol.com.br/engenharia/sistema-construtivo-light-steel-framing-vantagens-desvantagens.htm#indice\_1> Acessado em: 03 de Março de 2021.

BRASILIT. Construção rápida: LSF, drywall e placas cimentícias. 2020. Disponível em:<https://www.brasilit.com.br/blog/construcao-rapida-lsf-drywall-e-placascimenticias > Acesso em: 30 de Abril de 2021.

CRASTO, R. C. M. Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Frame. 2005. 231f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

DIFORDEK. Drywall. Disponível em: <https://difordek.com.br/servicos/drywall/parededrywall-2/>. Acessado em: 01 de Junho de 2021.

DOCE OBRA. Casa e construção. Disponível em: https://casaeconstrucao.org/materiais/la-de-vidro/. Acessado em: 01 de Junho de 2021.

DOGONSKI, Betina Lopes. Estudo da viabilidade técnica do método construtivo light steel frame na construção civil. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Santa Rosa, 2016.

DOMARASCKI. C. S. FAGIANI. L. S. Estudo Comparativo dos Sistemas Construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional, Notas de estudo de Urbanismo. 2009. Disponível em: https://www.docsity.com/pt/estudo-comparativo-dos-sistemas-construtivos-steel-frame-concreto-pvc-e-sistema-convencional/4857952/. Acessado em: 02 de Junho de 2021.

ELHAJJ Nader; BEILAT, Kevin. Prescriptive method for residential cold-formed

steel framing. USA: North American Steel Framing Alliance (NASFA), 2000.

ESPAÇO SMART. Tudo para construção a seco. Disponível em: <https://www.espacosmart.com.br/rcblocks/laje/>. Acessado em: 02 de Junho de 2021.

FÓRUM DA CONSTRUÇÃO. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=29&Cod=1740>. Acessado em: 01 de Junho de 2021.

HABITISSIMO. Disponível em: [https://fotos.habitissimo.com.br/foto/residencia-em-light-steel-frame-revestimento-em-gesso-acartonado\\_1971851](https://fotos.habitissimo.com.br/foto/residencia-em-light-steel-frame-revestimento-em-gesso-acartonado_1971851). Acessado em: 01 de Junho de 2021.

HEXO- Construtora e Incorporadora: Casa de Steel Framing, sua construção rápida, limpa e barata, 2019. Disponível em: <https://www.hexollc.com/blog/2019/02/09/steel-framing-rapida-limpa-e-barata/>. Acessado em 13 de Maio de 2021

ISAR. Isolamentos Térmicos e Acústicos. Disponível em: <https://www.isar.com.br/blog/isolamento-termico/la-de-vidro-ou-la-de-rocha-entenda-as-diferencas-e-saiba-qual-melhor-para-cada-necessidade/#>. Acessado em: 02 de Junho de 2021.

LEMOS, R. S; ARAÚJO, V. S. C. Análise comparativa de sistemas construtivos: Light Steel Frame e Containers. 2020. 88f. Monografia (Monografia em Engenharia Civil) – Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, 2020.

MASISA. Painel estrutural OSB masisa: recomendações práticas. Catálogo Ponta Grossa: Masisa, 2003. Acesso em: 13 de Maio de 2021

MARSHALL UNIVERSITY WEB PAGES. **Stran Steel-House in 1933 Chicago's World Fair.** Disponível em: <http://webpages.marshall.edu/~brooks/STRAN/stran1.htm>. Acessado em: 12 de Maio de 2021.

MELLO, Mariana T. C. de et. al. Proposta de racionalização na construção civil um estudo de caso em uma construtora na cidade de Natal/RN. In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ENEGEP, 2008, Rio de Janeiro. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STO\\_069\\_490\\_11833.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_069_490_11833.pdf) Acessado em 24 de Março de 2021.

MONREAL CONSTRUTORA. Disponível em:

<http://www.construtoramonreal.com.br/conheca-o-metodo-construtivo-steel-frame-e-seus-beneficios/> Acessado em 31 de Março de 2021

PASSOS, L. M. M.; FONSECA, A.; CHAVES, M. **Alegria de Saber: Matemática**, Segunda Série, 2, Primeiro Grau: Livro do Professor. São Paulo: Scipione, 1995. 136 p.

PEREIRA, Caio. Steel Frame: o que é, características, vantagens e desvantagens. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/steel-frame/>. Acesso em: 10 de Maio de 2021.

PEQUENAS REFORMAS. Steel Frame. Disponível em: <https://pequenasreformas.com.br/servicos/construcoes-rapidas/steel-frame>. Acessado em: 02 de Junho de 2021.

Revista Boletim do Gerenciamento nº 2 (2018) Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdoGerenciamento/article/view/46/58>

SANTIAGO, Alexandre Kokke; FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CRASTO, Renata Cristina Moraes. Manual de construção em aço Steel Framing: Arquitetura. 2. ed. 2012.

SANTIAGO, Alexandre Kokke. O uso do sistema light steel framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não-estrutural. 2008. 168f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) Universidade Federal de Ouro Preto – MG, 2008.

SOUSA, Pedro Miguel da Silva. Construção Sustentável – contributo para a construção de sistema de certificação. 2012. 307f. Dissertação (Engenharia Civil), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa/Portugal. 2012

SCHARFF, Robert. Residential steel framing handbook. New York: McGraw Hill, 1996.

TECHNE, Pini. Steel Frame – fundações (parte 1). 2008, edição 135. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/135/artigo285722-1.aspx> Acessado em 19 de Março de 2021.

TECNOFRAME. Tecnologia em Steel Frame. Construção Modular, 2020. Disponível em: <https://tecnoframe.com.br/construcao-modular-o-que-e-vantagens-preco/>. Acessado em 12 de Maio de 2021.

**Carlos Henrique Lopes Castro da Silva**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Kamilla Dantas Cambraia**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Bruno Matos de Farias**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

O concreto é um material não inerte e por isso está sujeito ao desenvolvimento de manifestações patológicas, com destaque para as fissuras, principalmente em edificações que já superaram seu tempo de vida útil. Neste contexto, este estudo teve como objetivo geral analisar o condomínio residencial multifamiliar de 53 anos a fim de identificar quais patologias tem desencadeado no desenvolvimento de fissuração. Assim, foi realizado um estudo de caso no condomínio Conjunto Residencial IV Centenário (Figura 25) é composto por 516 apartamentos distribuídos em 43 blocos totalizando uma área construída de aproximadamente 29.125m<sup>2</sup>. Por meio das visitas técnicas realizadas no Conjunto Residencial IV Centenário identificou-se a existência de manifestações patológicas por toda a extensão dos blocos analisados. Notou-se que as fissuras identificadas são resultado do tempo de vida da edificação, sendo esta uma edificação idosa que já atingiu tempo de vida útil. A ausência de manutenções e reparos intensificam esses problemas. A priori solucioná-las dependem de reparos de fácil execução, como a aplicação de massa corrida ou gesso com fita telada sobre a fissuração.

**Palavras-chave:** Concreto armado; Patologias; Durabilidade; Construção civil.

## INTRODUÇÃO

O concreto armado é o sistema estrutural mais aplicado no Brasil, e apesar de ser um sistema comprovadamente durável está sujeito ao desenvolvimento de patologias. Estudiosos afirmam que o crescente surgimento de patologias em estruturas se dá pelo avanço descontrolado da construção civil e pela busca pela minimização dos custos, o que leva os construtores a aplicarem métodos inadequados e materiais de construção de baixa qualidade (PIANCASTELI, 2014).

Assim, é válido destacar que o conceito de que ao se projetar e construir deve-se considerar apenas a premissa de resistir às cargas é insuficiente. Ou seja, é preciso consolidar o conceito de durabilidade em todas as etapas da obra, tornando assim a estrutura o mais durável possível. Uma estrutura durável é aquela que pouco oscila em desempenho ao longo de sua vida útil e que mantém suas propriedades apesar das influências de agentes externos (BEREZOVSKY, 2017).

Porém, o conceito de desempenho é relativamente novo, com isso, em estruturas

com mais de 50 anos, é normal o desenvolvimento de patologias, principalmente quando não são realizados serviços de manutenção. Ademais, conforme a NBR 15575 (2015) a vida útil do projeto (VUP) mínima para uma estrutura de concreto deve ser de no mínimo 50 anos, assim os projetos são concebidos a atenderem a essa determinação.

Além disso, o concreto, por não ser um material inerte, está naturalmente sujeito a alterações ao longo de sua vida útil em função de interações entre os elementos que o constituem e agentes internos e externos, à exemplo de contaminações na sua preparação, ácidos, gases e microorganismos. Dessas interações podem surgir anomalias que podem comprometer o desempenho da estrutura (BEREZOVSKY, 2017).

De acordo com Silva e Santos (2018) as manifestações patológicas mais recorrentes em estruturas de concreto armado são as trincas e fissuras. Os autores destacam que a variedade de parâmetros dessas manifestações dificultam a identificação de suas causas, exigindo assim análise por profissional especializado, que por meio de um estudo minucioso é capaz de identificar suas causas.

A ocorrência de fissuras em estruturas de concreto armado é um problema considerável, não somente pelo fator econômico, uma vez que consome gastos em recuperação e minimiza a vida útil da edificação desvalorizando-a, mas também, pois pode ter origem em um problema patológico grave, que pode vir a desencadear acidentes ou colapsos graves. Além disso, é uma manifestação patológica que afeta o usuário sob o ponto de vista de conforto, salubridade e satisfação psicológica dentro da habitação (MOLIN, 1988).

A manifestação de fissuras se desencadeia por diferentes patologias, assim é essencial estudá-las a fim de contribuir com a literatura e com a área técnica na identificação e caracterização do processo de fissuração. Impedindo assim que sejam erroneamente avaliadas e com isso erroneamente tratadas.

Além disso, até o ano de 2003 a NBR 6118 (2014) estabelecia que o concreto fosse produzido com 13,5 Mpa e o cobrimento mínimo adotado era de 1,5 cm. A partir de 2003 com a atualização da norma, o parâmetro de resistência do concreto adotado passou para 20 Mpa e cobrimento mínima variável entre 2,5 cm e 5,5 cm. Assim, é importante analisar edificações construídas anterior a atualização da NBR 6118 (2014), principalmente as executadas entre os anos 60, 70 e 80, já que nesta época os projetos previam vida útil entre 30 e 40 anos (CREA-SC, 2008).

O desempenho e a funcionalidade de uma edificação são afetados quando há incidência de fissuras, tais como o isolamento e a estanqueidade à água. Além disso, podem indicar que a estrutura está sofrendo instabilidade.

Trincas e fissuras se diferencia pela espessura de suas aberturas. Considera-se fissuras aberturas finas e alongadas na sua superfície e, trincas, aquelas que provocam a separação do elemento (SANTOS, 2013).

A manifestação de fissuras em uma edificação demanda, a priori, o estudo de suas origens. Devem ser analisados e estudados os sintomas apresentados, a fim de identificar suas causas e com isso determinar um diagnóstico do problema, para que se possa estabelecer o tratamento mais adequado. As técnicas de tratamento variam de acordo com a magnitude e a origem da fissura.

Quais as possíveis causas de fissurações em estruturas de concreto com mais de 50 anos?

Edificações em concreto armado estão sujeitas a manifestação de fissuras, visto que o concreto apresenta como característica baixa elasticidade, tornando a estrutura suscetível a movimentações. Fissuras são causadas, na maioria dos casos por recalque, variações térmicas e a retrações do concreto, além, de esmagamento de elementos construtivos, erros de cálculo e de execução (BEREZOVSKY, 2017).

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica exploratória em documentos científicos como: artigos, monografias, dissertações e teses; além de normativas vigentes e manuais técnicos, disponíveis nas plataformas Google Acadêmico, Scielo e Capes, por meio das seguintes palavras chaves: patologias; patologias estruturas de concreto; manifestações patológicas; estruturas de concreto; concreto armado; fissuras, trincas; durabilidade de estruturas e; construção civil.

Esses materiais foram utilizados a fim de aprofundar os conceitos na temática proposta e desenvolver um referencial teórico com base teórica sólida.

Posteriormente foi realizado um estudo de caso em um condomínio residencial multifamiliar em concreto armado construído no ano de 1968 no bairro Del Castilho no município do Rio de Janeiro. O condomínio possui 516 apartamentos distribuídos em 43 blocos totalizando uma área construída de aproximadamente 29.125m<sup>2</sup>. Neste estudo foram analisados 16 blocos.

A fim de realizar o estudo de caso, foram feitas visitas técnicas a edificação, análises nos projetos originais da estrutura, entrevista com síndico e registros fotográficos das anomalias identificadas.

Todos os dados foram analisados e tratados a fim de responder a problemática proposta e atingir ao objetivo de pesquisa.

Este estudo tem como objetivo geral analisar o condomínio residencial multifamiliar de 53 anos a fim de identificar quais patologias tem desencadeado no desenvolvimento de fissuração.

Por meio dos seguintes objetivos específicos:

- Analisar projetos originais da estrutura;
- Vistoriar e inspecionar a edificação em estudo;
- Analisar as manifestações patológicas identificadas;
- Definir os agentes causadores dessas manifestações;
- Propor soluções reparadoras para as patologias identificadas.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Concreto armado

O cimento foi desenvolvido por J. Aspadin em 1824, pouco mais de três décadas depois, em 1855 J. L. Lambot usou o cimento para produzir um barco, anos mais tarde, em 1861 J. L. Lambot produziu vasos de flores, ambos aplicando argamassa reforçada com ferro, porém sem aplicação de agregados graúdos. A primeira casa executada em concreto armado foi desenvolvida por W. E. Ward em 1873 na cidade de Nova York. Assim, a partir de 1900 Koenen deu início ao desenvolvimento de estudos voltados para o concreto armado e, algum tempo mais tarde Morsch deu continuidade aos estudos de Koenen a partir da realização e análise de inúmeros ensaios.

A partir de então teorias e estudos voltados para o concreto armado não pararam de serem desenvolvidas, sendo os conceitos fundamentais de Koen e Morsch válidos até os dias atuais (CARVALHO e FIGUEIREDO, 2014).

Conforme Bellei (2013) o primeiro edifício construído totalmente em concreto armado foi projetado e executado por François Hennebique em 1901 em Paris, a estrutura possuía lajes, vigas e pilares, com 7 andares. Já o primeiro arranha céus, em concreto armado, foi executado nos Estados Unidos, chamado de Ingalls Building, com 16 andares (Figura 1).

Figura 1 – Ingalls Building



Fonte: Kaefer, 1998

Klein (2015) explica que o concreto armado se desenvolveu no Brasil a partir do início do século XX. Em 1908 foi executada no Rio de Janeiro uma ponte com 9 m de comprimento. Anos mais tarde, em 1928, também no Rio de Janeiro, foi construído o edifício A Noite (Figura 2) de 22 andares, e por muitos anos foi considerado o prédio mais alto do mundo em concreto armado.

Conforme destaca Lucena (2018, p. 1):

A construção, iniciada em 1927, foi um projeto do arquiteto francês Joseph Gire – também responsável pelo Hotel Copacabana Palace – e do brasileiro Elisário Bahiana. Durante a obra foi utilizada a nova tecnologia do concreto armado, dando grande impulso à engenharia praticada no Brasil daquele período. A estrutura de 22 andares e uma altura de 102 metros – o que corresponde a 30 andares de um edifício atual – foi calculada por Emílio Henrique Baumgart, engenheiro que posteriormente se tornou responsável pelo Ministério da Educação e Cultura. Até os anos 1930, foi considerado o prédio mais alto da América Latina, até ser ultrapassado pelo Martinelli, que fica em São Paulo e foi inaugurado em 1934 (Lucena, 2018).

Figura 2 – Edifício A Noite



Fonte: Lucena, 2018

Clímaco (2008) destaca que, marco nacional para o desenvolvimento mundial do concreto armado foram as obras de construção de Brasília (Figura 3), entre 1955 e 1960, Oscar Niemeyer e Lúcio Costa e do engenheiro Joaquim Cardoso foram responsáveis por projetar e executar.

Figura 3 – Construção de Brasília



Fonte: Arquivo público divulgado na internet

Conforme Andrade (2016) é a associação do concreto simples com uma armadura, usualmente constituída por barras de aço. Os dois materiais devem resistir solidariamente aos esforços solicitantes. Essa solidariedade é garantida pela aderência.

### CONCRETO ARMADO > CONCRETO SIMPLES + ARMADURA + ADERÊNCIA

O primeiro a compreender que o concreto demandava aplicação de armaduras foi Hyatt e posteriormente Hennebique, conforme explica Vasconcelos (1985, p. 22):

Percebeu a necessidade de dispor outras armaduras além da armadura reta de tração. Imaginou armaduras dobradas, prolongadas em diagonal e ancoradas na zona de compressão. Foi o primeiro a colocar estribos com a finalidade de absorver tensões oriundas da força cortante e o criador das vigas T, levando em conta a colaboração da laje como mesa de compressão (Vasconcelos, 1985).

Conforme Bezerra (2016) o concreto armado é um material de construção misto, composto por meio da junção entre o concreto convencional, produzido com cimento, agregados e água, e armações de aço, geralmente em forma de vergalhões com distintas variedades de diâmetros. Sozinho o concreto apresenta boa resistência a compressão, porém baixa resistência a tração, assim o aço atua no combate as cargas de tração (CARVALHO e FIGUEIREDO, 2014).

Conforme Bellei (2013) por meio da união entre concreto e aço é possível vencer grandes vãos e atingir grandes alturas, pois o aço resiste aos esforços de tração e o concreto aos esforços de compressão. Outra característica do concreto é que ele é um material plástico, moldável, no qual pode ser empregado de diversas maneiras. A aderência é fundamental para um desempenho conjunto desses materiais.

### Desempenho de estruturas de concreto

As normas de desempenho foram estabelecidas a fim de garantirem às exigências dos usuários, propiciando condições de salubridade no interior da edificação, estabelecendo as diversas interações e interferências entre os diferentes sistemas construtivos (NBR15575-1, 2013).

Lottermann (2013) explica, que quando se fala em patologias em estruturas de concreto, é indispensável se falar em durabilidade, visto que ela é resultado da interação entre a estrutura, ambiente e as condições de utilização, de operação e de manutenção, ou seja, não é uma característica única da estrutura, ou da armadura ou do concreto, e sim de todo o conjunto.

A NBR 6118 (2014) regulamenta durabilidade como a propriedade da estrutura em suportar as influências solicitadas pelo projeto estrutural. Estruturas de concreto armado devem ser dimensionadas e executadas a fim de garantir suporte às condições ambientais previstas e quando utilizadas conforme determinado em

projeto, permaneçam seguras e estáveis durante o período correspondente à sua vida útil (ARRIVABENE, 2014).

Apesar de toda a modernização da construção civil, inúmeras edificações ainda apresentam desempenho deficiente, devido a erros involuntários, imperícia, mau uso dos materiais, desgaste natural, erros de dimensionamentos (ARRIVABENE, 2014).

Todas as edificações precisam ser avaliadas rigorosamente por um técnico que levava em consideração sua funcionalidade, durabilidade e estabilidade. Esta regra deve ser exercida até mesmo nos menores tipos de edificações. Não podendo ser negligenciadas. As estruturas precisam manter os mesmos critérios de qualidade (CUNHA *et al.*, 2004).

## Patologias

Iantas (2010), com base na definição comum de dicionários, explica que a patologia é a parte da medicina que estuda as doenças. Com base neste conteúdo vindo da medicina, engenheiros civis, se inspiraram e passaram a usar termos da medicina na engenharia civil, sendo atualmente muitos deles já consagrados e usados inclusive em livros adotados nos cursos de graduação em engenharia civil em todo o mundo.

Silva (2013) descreve que o estudo dos defeitos construtivos é realizado pela ciência experimental chamada de patologia das construções, que engloba conhecimentos multidisciplinares nas diversas áreas da engenharia. Silva (2013) explica ainda, com base nas definições da Escola Politécnica da USP, que a patologia das construções é o estudo das origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestação e consequências das situações em que os edifícios ou suas partes apresentam um desempenho abaixo do mínimo preestabelecido. O resultado deste estudo pode ser utilizado para a difusão de conhecimentos técnicos da área que possam desmistificar alguns aspectos devido a desconhecimentos dos profissionais que tem contato com a área.

Os defeitos se apresentam sob diversas manifestações patológicas, de acordo com Arivabene (2014): trincas, fissuras, rachaduras, etc. Além dessas Helene e Andrade (2007, p.25) destacam: “as eflorescências, as fissuras, as flechas excessivas, a corrosão da armadura, as manchas no concreto aparente, os problemas em aterro e compactação e segregação dos componentes do concreto”.

De acordo com Santos (2014) falhas de execução e falta de controle de qualidade, comprometem a segurança e a durabilidade dos empreendimentos e são os maiores causadores de patologias nas edificações. Os problemas patológicos se desenvolvem devido a essas falhas, as quais ocorrem durante uma ou mais etapas das atividades inerentes à construção civil: concepção/projeto, execução e utilização.

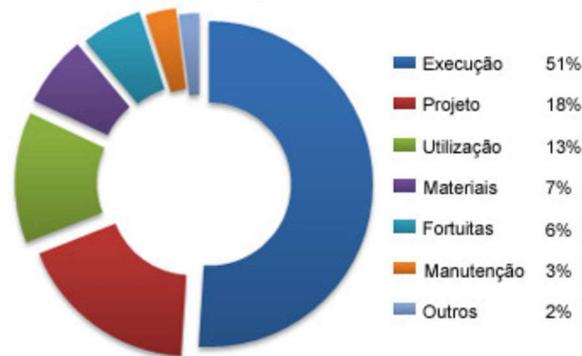
Souza e Ripper (1998, p. 33) declaram:

Objetivamente, as causas da deterioração podem ser as mais diversas, desde o envelhecimento “natural” da estrutura até os acidentes, e até mesmo a irresponsabilidade de alguns profissionais que optam pela utilização de materiais fora das especificações, na maioria das vezes por alegadas razões econômicas (SOUZA e RIPPER, 1998, p. 33).

Uma das grandes preocupações com o aparecimento das manifestações patológicas é a de que, boa parte dos danos possui caráter evolutivo, podendo levar a estrutura a uma situação de perigo num curto prazo (CÁNOVAS, 1988). Helene (1992) afirma que quanto mais rápido as correções forem realizadas, mais efetivas, duráveis, fáceis de executar e baratas serão.

A Figura 4 ilustra os principais agentes causadores de manifestações patológicas nas estruturas.

Figura 4 – Incidências e origens de manifestações patológicas



Fonte: Piancastelli, 2014.

Identificar as origens patológicas é essencial pois permite, também, identificar, para fins judiciais quem cometeu o erro. Ou seja, se os problemas se originaram na fase de projetos, os calculistas falharam; quando a origem está na qualidade da matéria prima, o problema é dos fabricantes; se na etapa de construção trata-se de falhas que envolvem mão-de-obra e fiscalização, ou ainda omissão do executor; se na etapa de uso, as falhas poderão ser ocasionadas da operação e manutenção (VITORIO, 2003).

### **Manifestações patológicas geradas na etapa de projeto da estrutura**

Manifestações patológicas que tenham sua origem no desenvolvimento do projeto são aquelas que advêm de um mau planejamento do mesmo ou falhas técnicas, tanto por desconhecimento ou negligência. Podem se originar no lançamento incorreto da estrutura, erro em execução de anteprojeto ou até mesmo na elaboração do projeto de execução (TRINDADE, 2015).

De acordo com Souza e Ripper (2009) esses erros são responsáveis pela implantação de problemas patológicos sérios e podem ser diversos como:

- Elementos de projeto inadequados;
- Erro na compatibilização entre a estrutura e a arquitetura, bem como com os demais projetos civis;
- Detalhamento incorreto de matérias primas;
- Falhas no detalhamento;
- Procedimentos construtivos impraticáveis;
- Inexistência de padronização;
- Dimensionamento incorreto.

### **Manifestações patológicas geradas na fase de execução da estrutura**

Durante a execução de uma estrutura, as falhas podem ocorrer de diversas formas, tais como: condições de trabalho inadequadas, mão-de-obra desqualificada, inexistência de controle de qualidade, má qualidade de materiais, irresponsabilidade técnica (SANTOS, 2014).

A construção civil tem alta demanda de funcionários da área, isso gera a muitas contratações de mão de obra desqualificada devido a necessidade e falta em determinado setor. Com isso, podem ocorrer grandes prejuízo quando se trata da questão de qualidade em uma obra, podendo ser fator que leve ao surgimento de manifestações patológicas (TRINDADE, 2015).

O processo de construção deve ser iniciado só deve ser iniciado após conclusão da etapa de concepção, com a finalização de todos os estudos e projetos que lhe são

pertinentes (SOUZA e RIPPER, 2009). Entretanto, isso não acontece em muitos empreendimentos, este pode ser mais um fator facilitador para o surgimento de patologias.

Santos (2014), baseado em Souza e Ripper (1998), explica que quando se trata de obras de edificação habitacional, alguns erros são grosseiros e saltam a vista. Dentre eles pode-se citar: falta de prumo, esquadro e alinhamento de partes estruturais e alvenaria, desnivelamento de pisos, falta de caimento correto em pisos com uso frequente de água, assentamento excessivamente espesso de revestimentos cerâmicos e flechas excessivas em lajes.

### **Manifestações patológicas geradas na fase de utilização da estrutura**

Segundo Souza e Ripper (2009), mesmo após tal etapa ser realizada de acordo com os critérios de qualidade adequada, ainda assim, as estruturas podem vir a desenvolver problemas patológicos ocasionados pela utilização incorreta ou pela falta de programa de manutenção adequado.

Os mesmos autores afirmam que os defeitos oriundos de manutenção insuficiente, ou mesmo pela inexistência de manutenção, se originam no desconhecimento técnico, na incompetência, no desleixo e em problemas econômicos. A inexistência de verbas para a manutenção pode ser o principal fator responsável pelo surgimento de problemas estruturais, agregando custos significativos e em situações extremas até a demolição da estrutura.

O serviço de conservação frequente pode prevenir e impedir problemas patológicos sérios e, em alguns casos, evitar até mesmo a ruína da estrutura. A manutenção se dá a partir de procedimentos simples, como a limpeza e a impermeabilização das lajes de cobertura, marquises, áreas comuns, entre outros, que, caso não forem executadas, acarretarão na infiltração prolongada de águas de chuva e o entupimento de drenos, fatores que, além de causarem a deterioração da estrutura, podem levá-la ao colapso por excesso de carga acrescido pela acumulação de água (SOUZA e RIPPER, 2009).

### **Principais manifestações patológicas**

A seguir são apresentadas as principais manifestações patológicas identificadas em estruturas de concreto.

#### **Fissuras, trincas, rachaduras e fendas**

As manifestações patológicas mais comuns em estruturas de concreto é a incidência de fissuras, trincas, rachaduras ou fendas (SANTOS, 2014).

A caracterização da fissuração como deficiência estrutural dependerá sempre da origem, intensidade ou magnitude do quadro de fissuração existente, já que o concreto, por ser um material com baixa resistência a tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões trativas, que podem ser instaladas pelos mais diversos motivos, superarem a sua resistência última a tração (BARBOSA, 2014).

As patologias que causam essas aberturas podem ser classificadas, conforme definições de Lottermann (2013):

a) Fissura: abertura com formato de linha que surge na superfície de qualquer material sólido, provém da ruptura sutil de parte de sua massa, a espessura pode ser de até 0,5 mm.

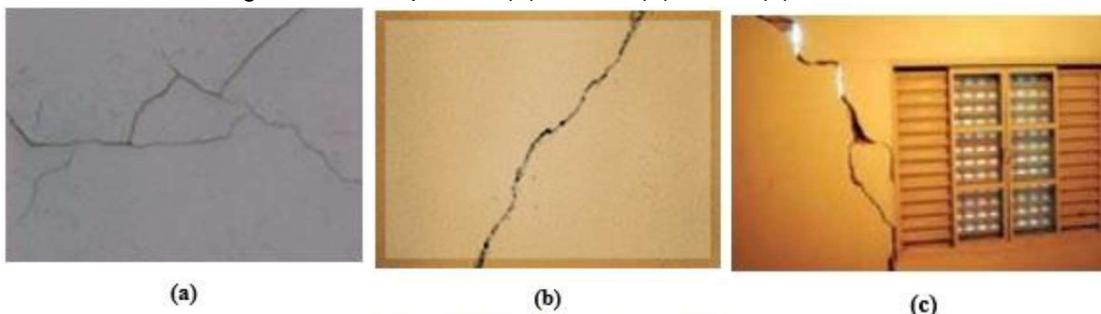
b) Trinca: abertura em forma de linha com espessura variante entre 0,5 mm e 1,00 mm.

c) Rachadura: abertura expressiva e cuja espessura varia de 1,00 mm até 1,5 mm.

d) Fenda: abertura expressiva, com espessura superior a 1,5 mm.

Lottermann (2013) explica que algumas das causas mais usuais do fissuramento das estruturas são: cura mal realizada; retração; variação de temperatura; agressividade ambiental; carregamento; erros de execução; projeto mal detalhado; recalques dos apoios. A Figura 5 ilustra os diferentes tipos de aberturas.

Figura 5 - Exemplos de (a) fissura, (b) trinca, (c) rachadura



Fonte: Valle, 2008.

Na Figura 5 estão ilustradas como se manifestam as fissuras, trincas e rachaduras. A melhor solução para evitá-las é a prevenção, fazendo uso de materiais de qualidade, atenção no desenvolvimento do cálculo estrutural, garantir mão de obra de qualidade e executar a impermeabilização. Esses cuidados podem ajudar a prevenir o surgimento de fissuras nas edificações, ou pelo menos minimizar e atrasar o processo (VELOSO, 2014).

Vieira (2017) explica que o concreto possui a sua resistência na tração aproximadamente dez vezes inferior à sua resistência na compressão. Dessa forma, as fissuras em concreto têm como sua principal causa os esforços ocorridos na tração, porém, apesar de com isso parecer ser simples e limitada a identificação da causa de uma fissura, existem diversas possíveis.

Conforme Filho e Carmona (2013) frente sua grande importância, o concreto tem sido estudado de uma forma muito profunda e completa, para que apresente o melhor desempenho possível. No entanto, em função de o concreto não ser um material homogêneo a não ser que sejam tomados intensos cuidados no projeto, execução e manutenção, ele se torna suscetível a apresentar desempenho indesejado frente ao clima, microclima e esforços.

Ainda de acordo com Filho e Carmona (2013) quando se fala em patologia em concreto, a ocorrência mais comum é o desenvolvimento de fissuras excessivas, seja por efeito das modificações internas de comportamento ao longo do tempo, ou seja, de efeitos reológicos, que advêm das próprias características do material ou por efeito de carregamentos aplicados às peças, o que é suportado pela quase totalidade dos trabalhos de cadastramento de danos em nível nacional e internacional.

Bianchini *et al.* (2008) ressalta que as fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto e chama a atenção para o fato de que algo de anormal está acontecendo. Para Santos (2014) as manifestações patológicas mais comuns em estruturas de concreto são a incidência de fissuras, trincas, rachaduras ou fendas.

A caracterização da fissuração como deficiência estrutural dependerá sempre da origem, intensidade ou magnitude do quadro de fissuração existente, já que o concreto, por ser um material com baixa resistência a tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões trativas, que podem ser instaladas pelos mais diversos motivos, superarem a sua resistência última a tração (BARBOSA, 2014).

Para Lottermann (2013), as fissuras são abertura com formato de linha que surge na superfície de qualquer material sólido, e provém da ruptura sutil de parte de sua massa, a espessura pode ser de até 0,5 mm.

Lottermann (2013) explica que algumas das causas mais usuais do fissuramento das estruturas são: cura mal realizada; retração; variação de temperatura; agressividade ambiental; carregamento; erros de execução e de detalhamento de projeto; recalques dos apoios. A melhor solução para evitá-las é a prevenção, fazendo uso de materiais de qualidade, tendo atenção no desenvolvimento do cálculo estrutural, garantindo mão de obra de qualidade e executando a correta impermeabilização. Esses cuidados podem ajudar a prevenir o surgimento de fissuras nas edificações, ou pelo menos minimizar e atrasar o processo (VELOSO, 2014).

Muitos estudos e projetos têm sido desenvolvidos a fim de criar sistemas para realizar um diagnóstico mais eficiente do surgimento de fissuras. A técnica de ultrassom é a metodologia mais empregada para determinação da profundidade das fissuras (SILVA et al., 2007).

As fissuras podem ser divididas entre as que se originam no estado fresco e aquelas que surgem no concreto após seu endurecimento, conforme ilustra a Figura 6 (PACHECO, 2018).

Figura 6 - Causas da formação de fissuras no estado fresco e no estado endurecido



Fonte: Bluey (S/D); Mehta; Monteiro (2014); Gjorv (2014), adaptado por Pacheco, 2018

Conforme percebe-se na Figura 6, as razões para formação de fissuras abrangem a execução das estruturas, características do meio e situações do projeto estrutural, podendo se apresentar nos estados fresco e endurecido.

Ainda, cabe ser destacado que, habitualmente, pode haver a formação de fissuras induzidas por mais de um fenômeno, ou seja, diferentes mecanismos podem ocorrer simultaneamente nas estruturas de concreto. Os itens a seguir apresentam as principais configurações que conduzem a formação de fissuras (GUPTA, PANG e KUA, 2017).

### Corrosão de armaduras

Diversos eventos são necessários para que ocorra a corrosão de armaduras (Figura 7) e um destes é a presença de água, uma vez que esta é indispensável para que aconteça a reação catódica de redução do oxigênio, e porque influi na resistividade do concreto e na permeabilidade ao oxigênio (FIGUEIREDO e MEIRA, 2013).

Figura 7 – Corrosão de armadura



Fonte: Blog Da Fibersals, 2018.

Conforme Comim e Estacechen (2017) sendo a corrosão um processo espontâneo, ela constantemente transforma os materiais metálicos de modo que a durabilidade e desempenho dos mesmos deixem de satisfazer os fins a que se destinam.

### Mofos, bolor e manchas

Souza (2008) explica que a umidade é a maior causadora de manifestações patológicas na construção civil, representando cerca de 60% dos problemas detectados em fase de uso e podem provocar prejuízos de caráter funcional, de desempenho, estéticos e estruturais podendo representar risco à segurança e à saúde dos usuários.

Andrade (2016) explica que a umidade, em matérias da construção civil, provoca o surgimento de manchas características e posterior deterioração (ANDRADE, 2016).

Os defeitos causados pela infiltração de água, causando o desenvolvimento de manchas de umidade, provocam problemas sérios e que podem ser de difícil solução, como os que ora se destaca:

- Prejuízos de caráter funcional da edificação;
- Desconforto dos usuários e em casos extremos os mesmos podem afetar a saúde dos moradores;
- Danos em equipamentos e bens presentes nos interiores das edificações;
- E diversos prejuízos financeiros.

Todos os elementos de uma edificação estão sujeitos a problemas causados pela umidade como paredes, fachadas, pisos e elementos estruturais de concreto armado. Em muitos casos esses problemas se associam a mais de uma causa (Figura 8).

Figura 8 – Causas de manchas em uma edificação



Fonte: Andrade, s.d..

## Descolamentos ou destacamentos

Esse tipo de patologia ocorre quando há a falha na junção entre placas cerâmica e argamassa de assentamento ou argamassa de assentamento com o substrato, geralmente gerado por tensões que ultrapassam o limite de resistência desses materiais. Este problema é caracterizado pelo destacamento de porções do revestimento, pontuais ou generalizados. A Figura 9 exemplifica esse tipo de patologia (OLIVEIRA, 2015).

Figura 9 – Destacamento ou descolamento



Fonte: Antunes, 2010

Para Roscoe (2008), várias são as causas deste problema, dentre elas destacam-se:

- O grau de solitação do revestimento;
- Deformação lenta (fluência) da estrutura de concreto armado;
- Características das juntas de assentamento e de movimentação;
- Ausência de detalhes construtivos, como contravergas, juntas de canto de parede, etc.;
- Imperícia ou negligência da mão-de-obra na execução e/ou controle dos serviços;
- Utilização da argamassa colante com um tempo em aberto vencido, ou mau espalhamento da argamassa colante;
- Assentamento sobre superfície contaminada.

Medeiros e Sabbatini (1999) ressaltam que a ocorrência dos descolamentos é mais decorrente nos primeiros e últimos andares da edificação, onde o deslocamento estrutural é mais intenso, como nos balanços, e nas fachadas, onde a insolação é mais frequente.

Conforme Santos (2019) o reparo dessa problemática é trabalhoso, já que a reparação localizada nem sempre é capaz de solucionar o problema, que volta a ocorrer em outras áreas. Com isso, muitas vezes demanda-se remoção total do revestimento cerâmico, podendo-se chegar até o emboço e refazer um novo revestimento de fachada, seja ele cerâmico ou não.

Além disso, Santos (2018) recomenda que, para que o problema não volte a ocorrer, seja elaborado um projeto de revestimento de fachada, por profissional qualificado, com adequada indicação de todos os materiais componentes do sistema de revestimento cerâmico, bem como do método de assentamento a ser executado.

## METODOLOGIA

### Métodos de análise

Dentre os 43 blocos, 16 foram escolhidos como objeto deste estudo, considerando a gravidade das fissuras detectadas, sendo os blocos: A1, A4, A5 A6, A7, A12, A13, A17, A23, B1, B2, B4, B5, B6, B7 e B8.

Foram realizadas visitas no Conjunto Residencial IV Centenário durante os meses de maio e abril de 2021.

Inicialmente, foi realizada uma conversa com a síndica a fim de conhecer as principais características e histórico do empreendimento, a mesma disponibilizou os projetos arquitetônicos e estruturais (impressos, já que na época não existia acesso a meios digitais) utilizados no processo de análise da edificação.

Durante a visita foram realizadas inspeções visuais e registros fotográficos. Os instrumentos utilizados foram réguas, *smartphones*, lápis, papel e prancheta.

Os resultados foram apresentados por meio de fotografias, esquemas e tabelas. A priori apresentam-se as caracterizações das fissuras identificadas, seguem com a apresentação das causas e por fim, suas possíveis soluções.

Além disso, caracterizou-se as fissuras de acordo com a espessura das suas aberturas, conforme a classificação apresentada por Lottermann (2013) (Quadro 1).

Quadro 1 – Caracterização das fissuras

Tipo	Abertura (mm)
Fissura	até 0,5 mm
Trinca	entre 0,5 mm e 1,00 mm
Rachadura	varia de 1,00 mm até 1,5 mm
Fenda	superior a 1,5 mm

Fonte: Adaptado de Lottermann, 2013

A caracterização das causas e soluções de tratamento foram feitas com base nos estudos e recomendações de Magalhães e Oliveira (2017); Silva e Santos (2018); Vieira (2017); e Thomaz, 1989.

## DESENVOLVIMENTO

### Caracterização do empreendimento

Para atingir os objetivos propostos neste estudo foi realizado um estudo de caso em um condomínio residencial multifamiliar construído em concreto armado no ano de 1968 no bairro Del Castilho no município do Rio de Janeiro. O condomínio denominado Conjunto Residencial IV Centenário (Figura 10) é composto por 516 apartamentos distribuídos em 43 blocos totalizando uma área construída de aproximadamente 29.125m<sup>2</sup>.

Figura 10 – Fachada do Conjunto Residencial IV Centenário



Fonte: Google, Maps, 2021

A construção se deu entre os anos de 1965 e 1968 e envolveu diversas empresas do ramo da construção civil, a obra foi dividida e cada construtora responsável por uma parte. O empreendimento foi financiado pelo Banco Nacional de Habitação (BNH), um órgão ligado ao Executivo em esfera federal e da poupança dos associados da Cooperativa Habitacional do Estado da Guanabara (COOPHAB-GB). Os cooperativados assumiram planos de financiamento do imóvel de prazo variável em conformidade com o valor das parcelas e o tipo de habitação. O Conjunto Residencial IV Centenário resultou da política habitacional do Estado na década de 1960, que procurou satisfazer parte dos anseios de uma demanda excluída do mercado imobiliário, voltado para os grupos sociais com maior nível de renda e que se encontrava já saturado.

A edificação está localizada na Estrada Adhemar Bebiano 525, bairro Del Castilho, no município do Rio de Janeiro (Figura 11). O conjunto possui ótima acessibilidade, próximo a bairros como Higienópolis e aos bairros de Inhaúma, Maria da Graça e Cachambi, além da proximidade com as principais vias urbanas que cortam essa parte da cidade como as Avenidas Dom Hélder Câmara e Pastor Martin Luther King Jr., a via expressa Governador Carlos Lacerda (Linha Amarela) e a Estrada Adhemar Bebiano. Também é bem servido por diversas linhas de ônibus, estando muito próximo das estações metroviária e ferroviária de Del Castilho. O Shopping Nova América, importante aglomeração de comércios e de serviços, além de mercado de mão-de-obra e de consumo também está relativamente próximo do Conjunto Residencial IV Centenário (GUERRA, 2008).

Figura 11 – Vista aérea do condomínio



Fonte: Google Earth, 2021

A estrutura do condomínio é composta por salão de festas, churrasqueira, playground, campo de futebol, espaço para musculação e ginástica, prédio administrativo e uma biblioteca.

Conjunto Residencial IV Centenário possui três tipos de apartamentos: 220, de três quartos; 273, de dois quartos e somente 23 de um quarto. A Figura 12 apresenta a maquete do projeto.

Figura 12 – Planta do Conjunto Residencial IV Centenário



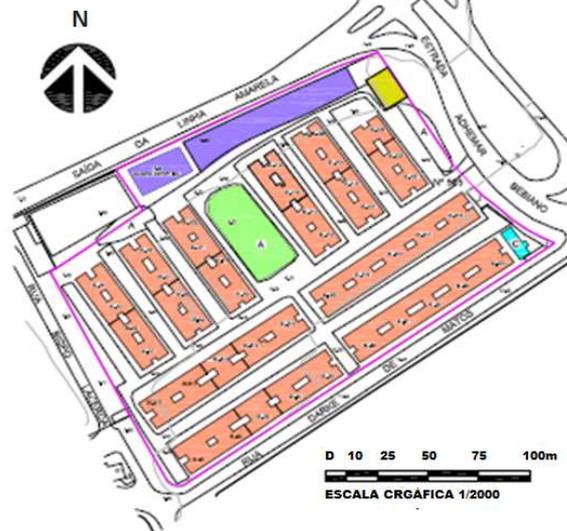
Fonte: Autores, 2021

A Figura 13 apresenta a planta do conjunto habitacional.

Figura 13 – Planta do Conjunto Residencial IV Centenário

PLANTA DO CONJUNTO RESIDENCIAL IV CENTENÁRIO - 2007

Estrada Adhemar Bebiano, nº 525 - Del  
Castilho, Rio de Janeiro / RJ.



QUADRO DE ÁREAS

ÁREA TOTAL DO TERRENO	28.014,27m <sup>2</sup>
ÁREA TOTAL DOS BLOCOS RESIDENCIAIS	10.060,14m <sup>2</sup>
ÁREA DO PRÉDIO ADMINISTRAÇÃO / SALÃO	234,95m <sup>2</sup>
ÁREA DO CASTELO D'ÁGUA	106,00m <sup>2</sup>
TAXA DE OCUPAÇÃO	26,80%

LEGENDA

CONTORNO DO TERRENO	ADMINISTRAÇÃO SALÃO DE FESTAS	PRAÇA CENTRAL
BLOCOS RESIDENCIAIS	ÁREA DE LAZER	CASTELO D'ÁGUA
AGRUPAMENTO DE ÁRVORES	JARONS	

Fonte: Autores, 2021

## Identificação das manifestações patológicas

Por meio das visitas técnicas realizadas no Conjunto Residencial IV Centenário identificou-se a existência de manifestações patológicas por toda a extensão dos blocos analisados.

- Bloco A1

Por meio da análise técnica, identificou-se, no Bloco A1 as fissuras ilustradas no Quadro 2.

Quadro 2 - Fotos



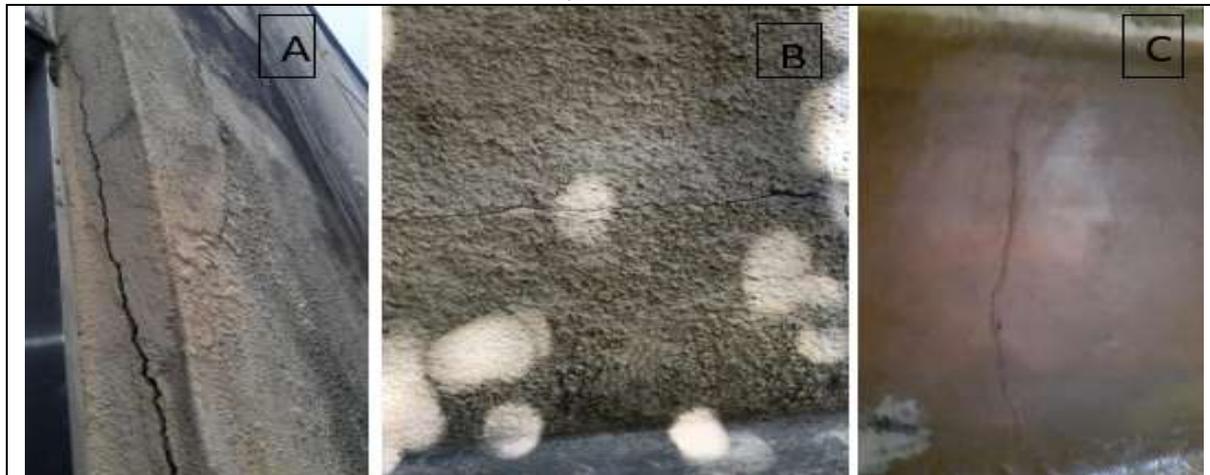
Fonte: Autores, 2021

As Figuras A e B destacam fissuras na fachada principal do bloco A1; a Figura C apresenta fissura na lateral externa do bloco A1; a Figura D, apresenta fissura na lateral externa do bloco A1. Por meio das imagens apresentadas no Quadro 2, nota-se a existência de manifestações patológicas classificadas como fissuras, conforme Quadro 1, já que a abertura é inferior a 0,5mm, sendo essas horizontais e verticais.

- Bloco A4

No Quadro 3 apresentam-se as manifestações patológicas identificadas ao longo do bloco A4.

Quadro 3 - Fotos



Fonte: Autores, 2021

A Figura A representa fissura na parte lateral da faixa da do bloco A4; a Figura B apresenta uma fissura horizontal na lateral externa do bloco A4; a Figura C apresenta uma fissura na parede de quarto. Por meio das imagens apresentadas no Quadro 3, nota-se a existência de manifestações patológicas classificadas como fissuras, conforme Quadro 1, já que a abertura é inferior a 0,5mm, ao longo de algumas regiões no bloco A4, sendo essas horizontais e verticais.

- Bloco A5

O Quadro 4 apresenta as imagens das manifestações identificadas ao longo do bloco A5.

Quadro 4 - Fotos



Fonte: Autores, 2021

A Figura A apresenta fissura na fachada do bloco A5; as Figuras B e C apresentam fissuração na fachada do bloco A5 causada por dilatação térmica. Conforme imagens apresentadas no Quadro 4, identificou-se a existência de fissuras com abertura inferior a 0,5mm e rachaduras, com abertura entre 1,00 mm até 1,5 mm.

- Bloco A6

O Quadro 5 apresenta as imagens das manifestações identificadas ao longo do Bloco A6.

Quadro 5 – Fotos



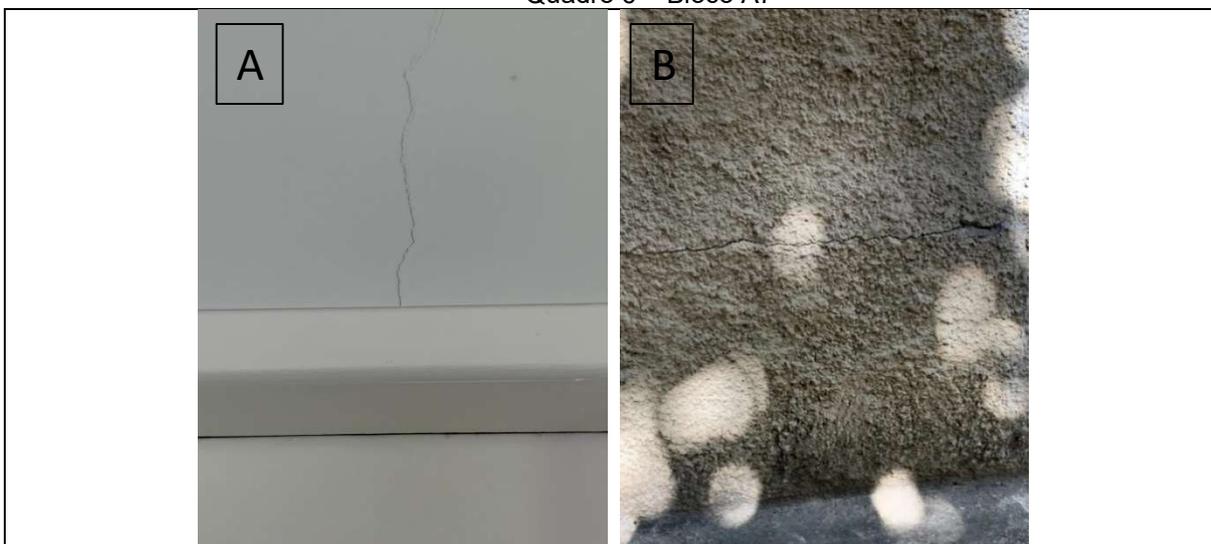
Fonte: Autores, 2021

A Figura A mostra fissuras horizontais na fachada do bloco A6; a Figura B apresenta fissura em canto inferior de abertura de janela em parede de janela externa. Conforme imagens apresentadas no Quadro 5, identificou-se a existência de fissuras em várias regiões do Bloco A6.

- Bloco A7

O Quadro 6 apresenta as imagens das manifestações identificadas ao longo do Bloco A7.

Quadro 6 – Bloco A7



Fonte: Autores, 2021

A Figura A apresenta fissura parte superior porta bloco A7 apartamento 103; já a Figura B apresenta fissura com formato predominante horizontal na parte lateral externa do bloco A7. Conforme imagens apresentadas no Quadro 6, identificou-se a existência de fissuras em várias regiões do Bloco A7.

- Bloco A12

O Quadro 7 apresenta as imagens das manifestações identificadas ao longo do Bloco A12.

Quadro 7 – Bloco A12



Fonte: Autor, 2021

A Figura A apresenta fissuras ao longo da faixa da bloco A12; já a Figura B apresenta fissuração vertical na parede externa do bloco A12. Conforme imagens apresentadas no Quadro 7, identificou-se a existência de fissuras em várias regiões do Bloco A12.

- Bloco A13

O Quadro 8 apresenta as imagens das manifestações identificadas ao longo do Bloco A13.

Quadro 8 – Bloco A13



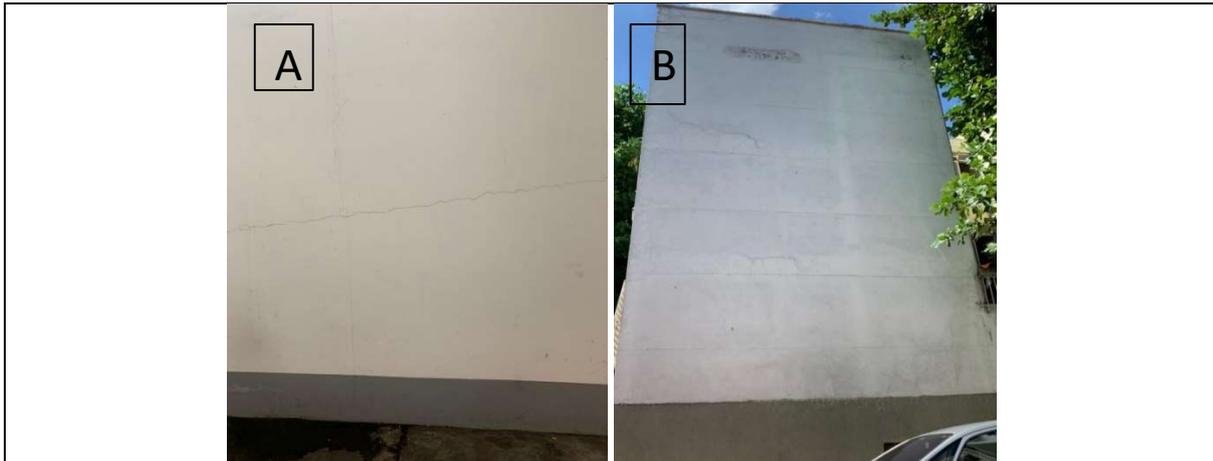
Fonte: Autor, 2021

A Figura A apresenta fissuras horizontal ao longo da laje A13; já a Figura B apresenta fissuras ao longo da base da parede de alvenaria estrutural. Conforme imagens apresentadas no Quadro 8, identificou-se a existência de fissuras em várias regiões do Bloco A13.

- Bloco A17

O Quadro 9 apresenta as imagens das manifestações identificadas ao longo do Bloco A17.

Quadro 9 – Bloco A17



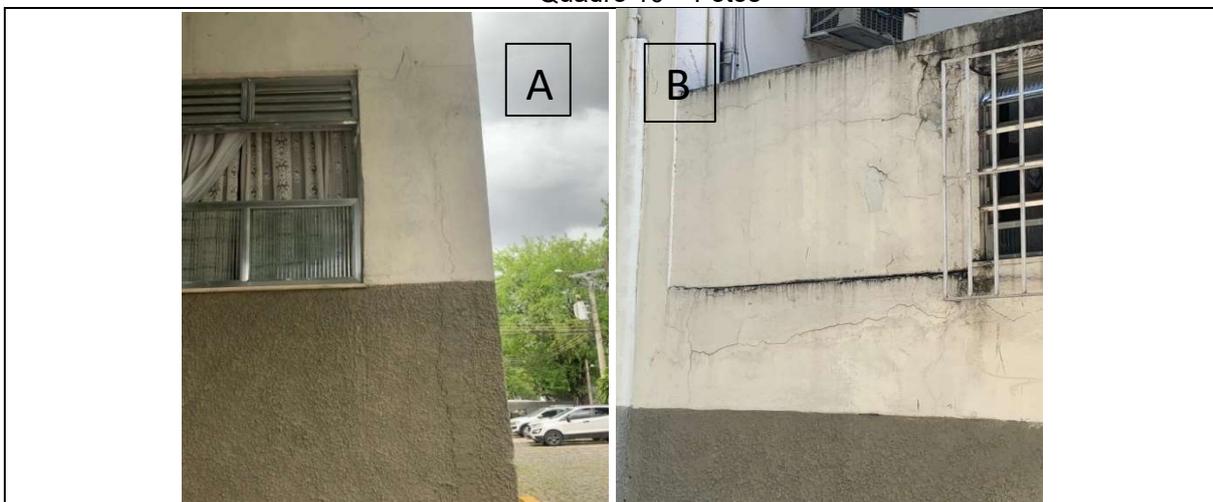
Fonte: Autores, 2021

A Figura A apresenta fissura em formato horizontal parede da sala bloco A17 APT 103; já a Figura B apresenta fissuras ao longo da estrutura faixa lateral. Conforme imagens apresentadas no Quadro 9, identificou-se a existência de fissuras em várias regiões do Bloco A17.

- Bloco A23

O Quadro 10 apresenta as imagens das manifestações identificadas ao longo do Bloco A23.

Quadro 10 – Fotos



Fonte: Autores, 2021

A Figura A apresenta fissura horizontal em faixa frontal bloco A23; já a Figura B apresenta fissuras no canto inferior da abertura de janelas em parede externa do condomínio. Conforme imagens apresentadas no Quadro 10, identificou-se a existência de fissuras em várias regiões do Bloco A23.

- Bloco B1

O Quadro 11 apresenta as imagens das manifestações identificadas ao longo do Bloco B11.

Quadro 11 – Bloco B1



Fonte: Autores, 2021

A Figura A ilustra as fissuras mapeadas lateral bloco B1; já a Figura B apresenta fissuras causadas pela retração das lajes. Conforme imagens apresentadas no Quadro 11, identificou-se a existência de fissuras em várias regiões do Bloco B1.

- Bloco B2

O Quadro 12 apresenta as imagens das manifestações identificadas ao longo do Bloco B12.

Quadro 12 – Bloco B12



Fonte: Autores, 2021

Conforme imagens apresentadas no Quadro 12, identificou-se a existência de fissuras em várias regiões do Bloco B2.

- Bloco B4

O Quadro 13 apresenta as imagens das manifestações identificadas ao longo do Bloco B4.

Quadro 13 – Bloco B4



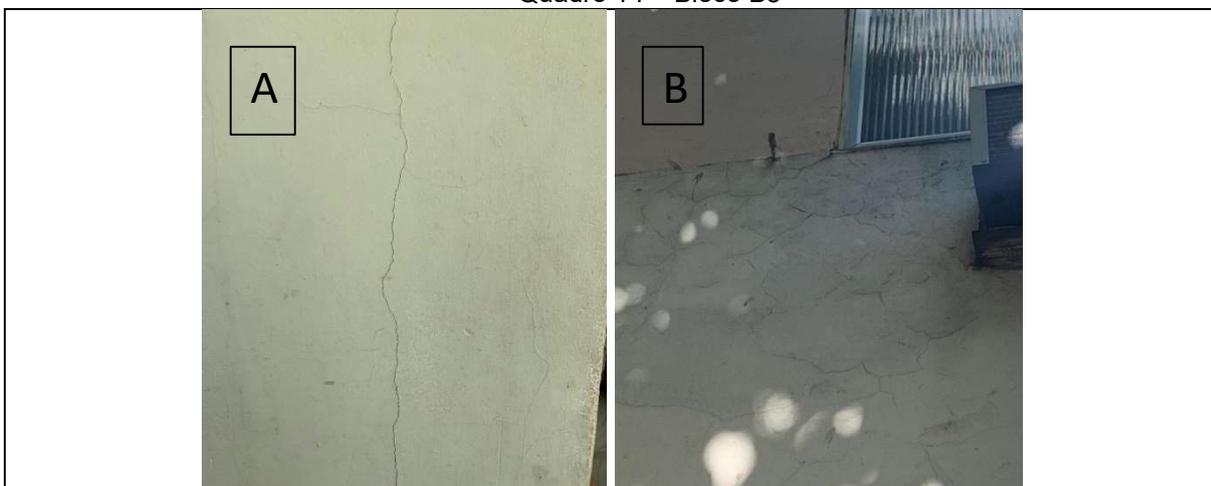
Fonte: Autores, 2021

A Figura A apresenta fissura na parede externa do bloco B4; já a Figura B apresenta fissuras no encontro de paredes em alvenaria estrutural. Conforme imagens apresentadas no Quadro 13, identificou-se a existência de fissuras em várias regiões do Bloco B4.

- Bloco B5

O Quadro 14 apresenta as imagens das manifestações identificadas ao longo do Bloco B5.

Quadro 14 – Bloco B5



Fonte: Autores, 2021

A Figura A apresenta fissura parte interna da sala de um apartamento do bloco B5; já a Figura B apresenta fissuras mapeadas no canto inferior de abertura de janela externa. Conforme imagens apresentadas no Quadro 14, identificou-se a existência de fissuras em várias regiões do Bloco B5.

- Bloco B6

O Quadro 15 apresenta as imagens das manifestações identificadas ao longo do Bloco B6.

Quadro 15 – Bloco B6



Fonte: Autores, 2021

Conforme imagens apresentadas no Quadro 15, identificou-se a existência de fissuras em várias regiões do Bloco B6.

- Bloco B7

O Quadro 16 apresenta as imagens das manifestações identificadas ao longo do Bloco B7.

Quadro 16 – Bloco B7



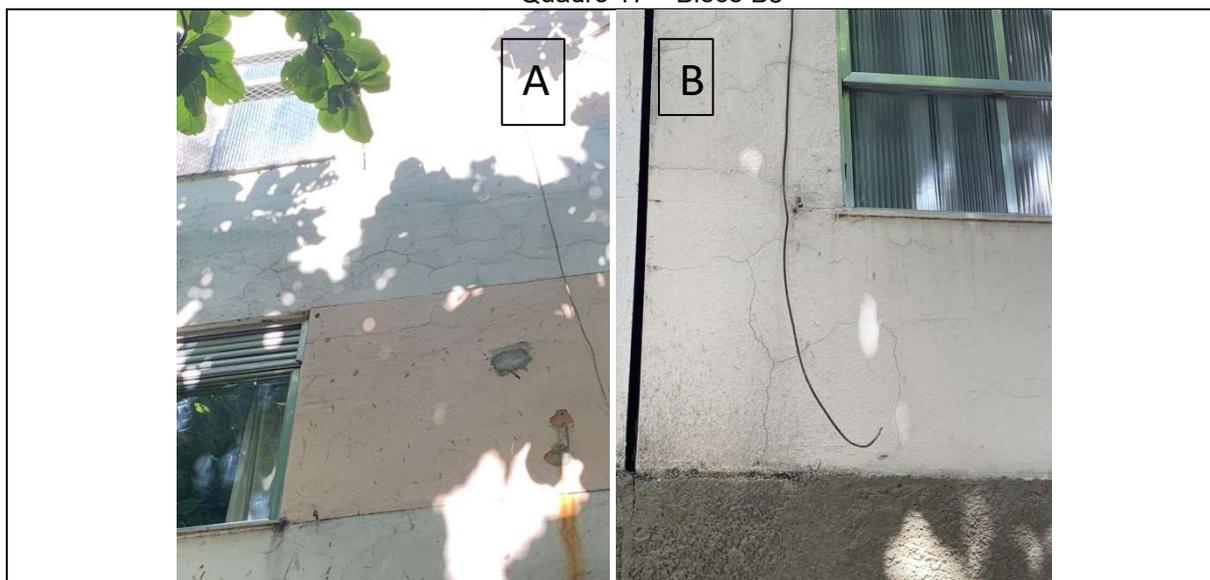
Fonte: Autores, 2021

A Figura A apresenta fissuras horizontais em canto superior abertura de janela externa bloco B7; já a Figura B fissuras na parte inferior de abertura de janela externa, fissuras ao longo da estrutura. Conforme imagens apresentadas no Quadro 16, identificou-se a existência de fissuras em várias regiões do Bloco B7.

- Bloco B8

O Quadro 17 apresenta as imagens das manifestações identificadas ao longo do Bloco B8.

Quadro 17 – Bloco B8



Fonte: Autores, 2021

A Figura A apresenta as fissuras mapeadas e fissuras lateral da janela parte externa, fachada do bloco B8; já a Figura B apresenta fissuras na parede externa lateral do bloco B8. Conforme imagens apresentadas no Quadro 17, identificou-se a existência de fissuras em várias regiões do Bloco B8.

### **Causas das fissuras**

Por se tratar de um empreendimento antigo, com mais de 50 anos, assim o principal fator implicador do processo de fissuração é a idade do concreto do embolso, que já não tem mais a mesma resistência, facilitando bastante para o aparecimento de fissuras.

Constatou-se que as fissuras mostradas, não são graves, nenhuma a ponto estrutural, são causadas normalmente em regiões onde foram feitas reformas nos apartamentos, uma vez que nessas obras existem vibrações que geram pequenas movimentações e acabando surgindo várias fissuras ao redor.

Além disso, o condomínio se localiza ao lado de uma via expressa a Linha Amarela, via de tráfego pesado, onde é permitida a circulação de caminhões esse fator acaba por prejudicar as construções ao seu redor, devido as movimentações estruturais da Linha Amarela, afeta o condomínio contribuindo para o desenvolvimento de fissuras.

Outro ponto a se considerar é a exposição as condições climáticas e intempéries, fatores que também contribuem para o surgimento de fissuras.

Por fim, deve-se considerar ainda a não realização de manutenções ao longo do período de vida útil do condomínio.

## **Consequências**

Dentre as consequências causadas pelas fissuras identificou-se que essas permitiram que a água penetrasse na edificação, causando infiltrações em alguns apartamentos, essas infiltrações desenvolveram o surgimento de manchas, eflorescências, descascamento da pintura e bolores.

## **Soluções propostas**

A construção civil dispõe de uma série de soluções para sanar a manifestação de fissuras. É importante destacar que para cada tipo de fissura existe uma causa, por isso é difícil tratar de um único modo todos os tipos de fissuras, é preciso uma análise para definir a causa e o tipo da fissura, após esta etapa pode-se escolher o tipo de tratamento adequado. Para analisar uma fissura é preciso classificá-las quanto à abertura, geometria e movimentação.

Assim, propõe-se as seguintes soluções:

- Preencher suas aberturas com selantes acrílicos e fazer o acabamento em seguida;
- Injeção de resinas estruturais de base epóxi e poliuretano, resinas flexíveis, sistemas cimentícios e selantes à base de poliuretano e à base de polímero;
- A estratégia de intervenção deve ser adequada ao problema específico e depende de um diagnóstico preciso feito por especialista.

No caso de microfissuras, é comum o tratamento com impermeabilizante acrílico flexível para fachada, aplicado em 2 a 3 demãos, na forma de pintura acrílico flexível para aplicação em 2 a 3 demãos, na forma de pintura, este produto acompanha a movimentação das microfissuras e evita a infiltração de água pela fachada, podendo -se substituir o selador por tinta acrílica.

Já para fissuras em alvenarias, é sugerido o seguinte tratamento. Preencher a abertura da fissura com mástique acrílico. Posteriormente, seguindo um procedimento que assegura um serviço de alta qualidade e confiabilidade, pode -se estruturar a área com a aplicação de uma tela especial a base de fibras de vidro de mono -filamento contínuo e posterior pintura flexível.

## **CONCLUSÃO**

Essa monografia teve como finalidade investigar as fissuras observadas e encontradas na estrutura de concreto armado do Edifício Residencial IV Centenário, apresentada no estudo de caso, identificando as prováveis causas e direcionando as técnicas de reparo. Para aprofundar o estudo foi indispensável compreender os mecanismos principais das causas de fissurações, entender suas avarias e as formas de intervir com auxílio da revisão bibliográfica.

No estudo em questão, notou-se que as fissuras identificadas são também resultado do tempo de vida da edificação, sendo esta uma edificação idosa que já atingiu o seu tempo de vida útil, e com a ausência de manutenções e reparos intensificaram esses problemas.

Além disso, o condomínio se localiza ao lado de uma via expressa, a linha Amarela, via de tráfego pesado, onde é permitida a circulação de todo tipo de veículo, fator esse que acaba por prejudicar as construções ao seu redor, devido as movimentações estruturais da

via, acabam afetando o condomínio, contribuindo para o desenvolvimento de fissuras. E, variações térmicas, variações climáticas, ausência de vergas e contravergas nas janelas intensificam esse problema.

No estudo de caso, verificamos a importância da conscientização quanto à manutenção preventiva. Assim, toda edificação deve possuir um programa eficiente de inspeção e manutenção para assegurar a durabilidade da estrutura e a otimização dos recursos.

Evidenciou-se que, as iniciativas de reparo devem possuir controle tecnológico e execução adequada para que os problemas não se repitam antes do previsto, bem como uma análise correta, é uma condição essencial para o tratamento adequado dessas patologias nas estruturas de concreto armado.

É de fundamental importância que as normas técnicas devam ser rigorosamente seguidas, a fim de garantir a qualidade e o desempenho satisfatório das estruturas da edificação.

Em futuros trabalhos recomenda-se analisar os demais blocos do Conjunto Residencial IV Centenário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, B. S. O. **Concreto armado: um estudo sobre o processo histórico, características, durabilidade, proteção e recuperação de suas estruturas.** Monografia (Especialista em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais. Rio de JANEIRO. 2016.

ANDRADE, E. B. B. **Principais manifestações patológicas encontradas em edificação.** (2016). Disponível em:

<https://monografias.brasilecola.uol.com.br/engenharia/principais-manifestacoes-patologicas-encontradas-em-uma-edificacao.htm>. Acesso em: 05 abr. 2021.

ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília – sistematização da incidência de casos.** Dissertação (Mestre em Estruturas e Construção Civil). Universidade De Brasília. Brasília. 2010.

ARRIVABENE, A. C. **Patologias em estruturas de concreto armado: estudo de caso.** Artigo (MBA Gerenciamento de Obras, Tecnologia e Qualidade da Construção). 22fl. Instituto de Pós-Graduação – IPOG. Vitória, ES. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575: Edificações habitacionais – Desempenho: Requisitos para os sistemas estruturais.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR6118: Projeto de estruturas de concreto: Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.

BARBOSA, João Antônio Lara. **Análise de patologias geradas na interface estrutura pré-moldada e estrutura convencional: estudo de caso.** Monografia (Graduação). Universidade Federal do Paraná. Curitiba 2014.

BELLEI, P. **Análise comparativa de custos entre edifício de alvenaria estrutural e de concreto armado convencional em construção na cidade de Alegrete – RS.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pampa. Alegrete. 2013.

**BEREZOVSKY, R. S. Quais são as causas mais comuns de fissuras nas construções?** (2017). Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/quais-sao-as-causas-mais-comuns-de-fissuras-nas-construcoes/16674>. Acesso em: 10 abr. 2021

**BEZERRA, E. A. Dimensionamento automático de vigas e lajes de concreto armado.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte. Natal. 2016.

**BIANCHINI, M.; et al. Fissuras em aristas de vigas nas primeiras idades do concreto.** In: Congresso Brasileiro do Concreto. 50°. 2008.

**CÁNOVAS, M. F. Patologia e Terapia do Concreto Armado.** Tradução de M. C. Marcondes; C. W. F. dos Santos; B. Cannabrava. 1ª ed. São Paulo: Ed. Pini, 1988.

**CARMONA, J. P. S. F. Utilização da biotecnologia para a estabilização de solos: Precipitação de CaCO<sub>3</sub> por via enzimática. Dissertação de mestrado.** Universidade de Coimbra. 78 p. Coimbra, 2016.

**CARVALHO, D. M. C. Patologias das fundações: fundações em depósitos de vertente na cidade de Machico.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). p. 247. Universidade da Madeira. Funchal, 2010.

**CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO, J. R. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo a NBR 6118: 2014.** São Paulo: Editora Edufscar, 2014.

**CINCOTTO, M. A. Patologias das argamassas e revestimentos: Análise e recomendações.** In: Simpósio De Desempenho De Materiais E Componentes De Construção Civil, 1. 1988, Florianópolis, UFSC, 1988.

**CLÍMACO, J. C. T. S. Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação.** 2ª edição. Brasília: Editora Unb, 2008.

**COMIM, K. W.; ESTACECHEN, T. A. C. Causas e alternativas de reparo da corrosão em armaduras para concreto armado.** Universidade Paranaense UNIPAR. Revista CONSTUINDO, Belo Horizonte, v. 9, Ed. Esp. de Patologia, p. 36 – 47, Jul – dez., 2017.

**CORSINI, R. Trinca ou fissura?.** São Paulo: Técnica. 160, p., jul. de 2010. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>. Acesso em: 6 set. 2020.

**CREA-SC. Durabilidade das estruturas de concreto armado.** (2008). Disponível em: <http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalle&id=84#.YEpJwehKjIX>. Acesso em: 10 mar. 2021.

**CREMONINI, Ruy Alberto.** Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre: Recomendações para projeto, execução e manutenção. Porto Alegre, 1988.

**CUNHA, A.J.P & LIMA, N.A. SOUZA, V. C.M. Acidentes Estruturais na Construção Civil.** São Paulo. Editora Pini, 2011.

**DO CARMO, P. O. Patologia das construções. Santa Maria, Programa de atualização profissional — CREA — RS, 2003.**

**ERGUEL E. Projeto estrutural.** (2017). Disponível em: <http://www.erguel.com.br/site/index.php/projeto-estrutural>. Acesso em: 07 out. 2020.

**FIGUEIREDO, E. P. Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto.** In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005.

FIGUEIREDO, E. P.; MEIRA, G. **Corrosión de armadura de estructuras de hormigón Corrosão das armaduras das estruturas de concreto Reinforcement corrosion of concrete structures**. Mérida - México, março de 2013. Disponível em: <http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/06/bt60.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2021.

FIGUEROLA, V. **Vazios de concretagem**. São Paulo: Técne. 109, abr. de 2006. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/109/artigo287074-1.aspx>. Acesso em: 6 set. 2020.

FILHO, A. C.; CARMONA, T. G. **Fissuração nas estruturas de concreto**. ALCONPAT Internacional Boletín Técnico Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción. 2013.

FREIRE, A. A. **Patologias da pintura: saiba evitá-las**. (2018). Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/patologias-da-pintura-saiba-evitalas/6272>. Acesso em: 01 abr. 2021.

GOOGLE EARTH. Disponível em: [https://earth.google.com/web/search/Estrada+Adhemar+Bebiano+525+,+bairro+Del+castilho+RJ/@-22.87421899,-43.26811384,27.16139578a,343.075776d,35y,-179.766536h,36.29138684t,0r/data=Cp0BGnMSbQojMHg5OTdjMTVkMjQ5NToweD FhNmZiNWYxZDVjZmJkNWEZJxWNtb\\_fNsAhw2kcRTGiRcAqNEVzdHJhZGEgQWRoZW1hciBCZWJpYW5vIDUyNSAsIGJhaXJybyBEZWwgY2FzdGlsaG8gUkoYAiABliYKJAnhMBG2C1oXwBESDmdTgKVDwBILzgfZvuk7wCGbeDPdQY9OwA](https://earth.google.com/web/search/Estrada+Adhemar+Bebiano+525+,+bairro+Del+castilho+RJ/@-22.87421899,-43.26811384,27.16139578a,343.075776d,35y,-179.766536h,36.29138684t,0r/data=Cp0BGnMSbQojMHg5OTdjMTVkMjQ5NTgyNToweD FhNmZiNWYxZDVjZmJkNWEZJxWNtb_fNsAhw2kcRTGiRcAqNEVzdHJhZGEgQWRoZW1hciBCZWJpYW5vIDUyNSAsIGJhaXJybyBEZWwgY2FzdGlsaG8gUkoYAiABliYKJAnhMBG2C1oXwBESDmdTgKVDwBILzgfZvuk7wCGbeDPdQY9OwA). Acesso em: 01 mai. 2021.

GOOGLE MAPS. Disponível em: [https://streetviewpixels-pa.googleapis.com/v1/thumbnail?panoid=vcqqltKjCZs1rfEtbP6PSQ&cb\\_client=search.gws-prod.gps&w=408&h=240&yaw=225.65237&pitch=0&thumbfov=100](https://streetviewpixels-pa.googleapis.com/v1/thumbnail?panoid=vcqqltKjCZs1rfEtbP6PSQ&cb_client=search.gws-prod.gps&w=408&h=240&yaw=225.65237&pitch=0&thumbfov=100). Acesso em: 01 mai. 2021.

GUPTA, S.; PANG, S. D.; KUA, H. W. **Autonomous healing in concrete by bio-based healing agentes – A review**. *Construction and Building Materials*, v. 146, n. August, p. 419–428, 2017.

HELENE, P. ANDRADE, T. **Concreto de cimento Portland:materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: Ibracon, 2007. V2, Cap. 27, p. 905 -944.

HELENE, P. **Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto**. Editora Reabilitar, São Paulo, 2003.

HELENE, P. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1992.

HELENE, P. ANDRADE, T. **Concreto de cimento Portland:materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: Ibracon, 2007. V2, Cap. 27, p. 905 -944.

HUSSEIN, J. S. M. **Levantamento de patologias causadas por infiltrações devido à falha ou ausência de impermeabilização em construções residenciais na cidade de Campo Mourão – PR**. 2013.

IANTAS, Lauren Cristina. **Estudo de caso: análise de patologias estruturais em edificação de gestão pública**. Monografia (Especialista em Construção de Obras Públicas no Curso).58fl.Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

IME JÚNIOR. **Importância do projeto estrutural.** (2016). Disponível em: <https://imejunior.com.br/2016/11/17/importancia-projeto-estrutural/>. Acesso em: 07 out. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE TINTAS E TEXTURA. **Descascamento.** (2016). Disponível em: <https://ibraclube.wordpress.com/2016/06/21/descascamento/>. Acesso em: 01 mai. 2021.

KAEFER, L. F. **A evolução do concreto armado.** São Paulo, 1998. 43 p. PEF 5707 – Conceção, projeto e realização das estruturas: aspectos históricos – 1998.3. Disponível em: <http://www.lem.ep.usp.br/pef605/HistoriadoConcreto.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2021.

KLEIN, T. A. **Estudo comparativo entre edificações com estrutura em concreto armado e alvenaria estrutural.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Centro Universitário UNIVATES. Lajeado. 2015.

LEAL, U. **Quando as fissuras em paredes preocupam.** *Téchne*, São Paulo, 70, Jan. 2003. Disponível em: <http://techne.kubbix.com/engenharia-civil/70/artigo287252-1.aspx>. Acesso em: 6 set. 2020.

LOTTERMANN, A. Fo. **Patologias em estruturas de concreto: estudo de caso.** Monografia (Graduação). 66fl. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, RS. 2013.

LUCENA, F. **História do Edifício A Noite.** (2015). Disponível em: <https://diariodorio.com/histria-do-edificio-a-noite/>. Acesso em: 14 mai. 2021.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios.** São Paulo: EPUSP. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/246). São Paulo, 1999.

MILITITSKY, J., CONSOLI, N. C., SCHNAID, F. **Patologia das Fundações.** São Paulo: Oficina de Texto, 2008.

MILITITSKY, J., CONSOLI, N. C., SCHNAID, F. **Patologia das Fundações.** São Paulo: Oficina de Texto, 2005.

MOLIN, D.C.C.V. **Fissuras em estruturas de concreto armado: Análise das manifestações típicas e levantamento de caso ocorrido no estado do Rio Grande do Sul.** Lume Repositório digital. Rio Grande do Sul. 1988.

NAKAMURA, J. **Cobrimento de armaduras.** São Paulo: Equipe de obra. 45, dezembro de 2011. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/45/cobrimento-de-armaduras-espessura-de-camada-de-concreto-sobre-250451-1.aspx>. Acesso em: 6 set. 2020.

**NBR 9575.** Impermeabilização – Seleção e projeto –. Rio de Janeiro, 2010.

**NBR 6118.** Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

OLIVEIRA, D. **Levantamento de causas de patologias na construção civil.** Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://fibersals.com.br/blog/danos-estruturais-causados-pela-infiltracao/>. Acesso em: 28 set. 2020

OLIVEIRA, G. B. A. **Estudo de caso de patologias em revestimento cerâmico em fachada de um edifício em Brasília-DF.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Centro Universitário De Brasília. Brasília. 2015.

PACHECO, F. **Análise da confiabilidade dos mecanismos de autorregeneração do concreto em ambientes agressivos de exposição**. Tese (Doutor em Engenharia Civil). Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo. 2018.

PACHECO, F. **Concreto autoregenerante**. (2018). SINDUSCON. Disponível em: [http://www.sinduscon-nh.org.br/public/files/arquivos\\_down/arquivo\\_download\\_65.pdf](http://www.sinduscon-nh.org.br/public/files/arquivos_down/arquivo_download_65.pdf). Acesso em: 01 mai. 2021.

PIANCASTELLI, É. M. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de Concreto armado**. Ed. Departamento de Estruturas da EEUFMG – 2014.

RIGHI, G. V., **Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenção e correções – análise de casos**. 2008. 94f. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia. Santa Maria. 2008.

RODRIGUES, E. **Importância do projeto ou cálculo estrutural**. (2015). Disponível em: <http://www.dicadaarquitectura.com.br/2015/09/a-importancia-do-projeto-ou-calculo.html>. Acesso em: 07 out. 2020.

ROSCOE, M. T. **Patologias em revestimentos cerâmicos de fachada**. Monografia (Especialista em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2008.

SANTOS, A. **Compatibilizar projetos reduz custo da obra em até 10%. 20 de março de 2013**. (2013). Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/compatibilizar-projetosreduz-custo-da-obra-em-ate-10/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SANTOS, A. **Trincas, fissuras, fendas e rachaduras exigem cuidado**. IBDA, 201-?. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=157>. Acesso em: 6 set. 2020.

SANTOS, C. F. dos. **Patologia de estruturas de concreto armado**. Monografia (Graduação).91fl. Universidade Federal De Santa Maria. Santa Maria, RS. 2014.

SANTOS, S. S. **Patologias construtivas em revestimentos de fachada**. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte. Natal. 2019.

SANTUCCI, Jô. Patologia e desempenho das construções. Crea-RS – Conselho em revista, Porto Alegre, 2015.

SCHIERLOH, M. I. ORTEGA, N. F. y SEÑAS, L. Estudio Experimental de La Fissuración por Corrosión de Armaduras em Vigas com diferentes Hormigones em Anais do CONPAT-2005 no Paraguay.

SILVA, I. M. M.; SANTOS, G. D. M. **Levantamento e análise de fissuras em elementos estruturais de concreto armado em edificações no município de Serra – ES**. Artigo (Bacharel em Engenharia Civil). Faculdade Capixaba da Serra – Multivix. 2018.

SILVA, Leandro Bernardo. **Patologias em alvenaria estrutural: causas e diagnóstico**. Monografia (Graduação). 76 fl. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013.

SILVA, M. T. A. et al. **Avaliação do ensaio de ultrassom para a estimação da profundidade de fissuras em concreto**. Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción. Revista ALCONPAT, Volume 9, Número 1 (janeiro – abril 2019): 79 – 92

SOUZA, M.F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008. 64f. Monografia (Especialista em construção civil) Minas Gerais, 2008, Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Patologias%20Ocasionadas%20Pela%20Umidade%20Nas.pdf>. Acesso em: 6 set. 2020.

SOUZA, Vicente Custodio Moreira; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1ª Edição. Editora Pini. São Paulo, 1998.

SOUZA, Vicente Custodio Moreira; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. 5ª Edição. Editora Pini. São Paulo, 2009.

STORTE, M. (2014) Manifestações patológicas na impermeabilização de estruturas de concreto em saneamento. 2014.

SUMENSSE, K. C. A; SANDERS, C. Patologia de Fundações. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Edificações) – Instituto Federal do Paraná, Foz do Iguaçu, 2016.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini; EPUSP; IPT, 1989. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhH04AJ/trincas-edificios-causas-prevencao-recuperacao-eng-ercio-thomaz-102>. Acesso em: 6 set. 2020.

TRINDADE, D. dos S. **Patologia em estruturas de concreto armado**. Monografia (Graduação). 88fl. Universidade Federal De Santa Maria. Santa Maria, RS. 2015.

TUTIKIAN, B; PACHECO, M. Inspección, Dianóstico y Prognóstico em la construcción Civil. Revista Alconpat. Mérida, México, 2013.

VALLE, J. B. de S. **Patologia das alvenarias: causa / diagnóstico / previsibilidade**. Monografia (Especialização em Tecnologia da Construção Civil). 85fl. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2008.

VALLE, Juliana Borges De Senna. **Patologia das alvenarias: causa / diagnóstico / previsibilidade**. Monografia (Especialização em Tecnologia da Construção Civil). 85fl. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2008.

VASCONCELOS, Augusto C. O Concreto no Brasil: Recordes - Realizações - História. São Paulo, Copiare, 1985.

VELOSO, H. **Fissuras em edificações**. Disponível em: <https://blogdopetcivil.com/2014/04/23/fissuras-em-edificacoes/>. Postado em 23 abr. 2014. Acesso em: 22 set. 2020.

VELOSO, H. **Fissuras em edificações**. Disponível em: <https://blogdopetcivil.com/2014/04/23/fissuras-em-edificacoes/>. Postado em 23 abr. 2014. Acesso em: 20 mar. 2021.

VELOSO, H. **Fissuras em edificações**. Disponível em: <https://blogdopetcivil.com/2014/04/23/fissuras-em-edificacoes/>. Postado em 23 abr. 2014. Acesso em: 01 mai. 2021.

VERÇOZA, Enio José. Patologia das Edificações. Ed. Sagra, 1991.

VIEIRA, T. L. **Fissuras em concreto: estudos de caso em Florianópolis**. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2017.

VITÓRIO, Afonso. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**. Instituto Pernambucano De Avaliação E Pericia De Engenharia. Recife, 2003.

**Daniel Machado do Nascimento**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Laryssa Fernanda Figueira Marques da Cruz**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Kissila Botelho Goliath**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

Neste trabalho contém revisão bibliográfica sobre temas que permeiam o reforço e reabilitação estrutural, com finalidade de criar o cenário ideal para que o estudo de caso e suas particularidades sejam assimiladas. O relato do estudo de caso, é sobre o processo de intervenção estrutural, utilizando elementos estruturais de concreto armado e perfil metálico, a fim de solucionar a deformação da laje de uma construção com cerca de 40 anos. Foi acompanhado desde o processo de investigação dos elementos da estrutura existente, pois ela não possuía um projeto com o detalhamento de sua estrutura, até a observação dos resultados obtidos pós finalização da execução da intervenção. Entretanto, muitas reviravoltas ocorreram, devido a sucessão de erros, causada pela falta das informações necessárias, derivado de uma investigação rasa sobre os elementos e as características da construção. Após a observação dos resultados pós implementação do reforço, os autores levantaram hipóteses sobre as ações, ou a falta delas, que colaboraram para alguns resultados indesejáveis que comprometeram a eficiência do reforço estrutural aplicado.

**Palavras-chave:** Reforço estrutural misto; Reabilitação estrutural; Deformação da laje.

## INTRODUÇÃO

Com o crescimento acelerado da construção civil, se evidenciou a necessidade de inovações no ramo da engenharia. Todavia, com o decorrer do tempo, o desenvolvimento tecnológico progrediu, gerando um maior conhecimento sobre as estruturas e sobre os materiais estruturais, embora ainda existam algumas limitações quanto a conhecimentos científicos e tecnológicos. Além disso, alguns fatores como falhas involuntárias e casos de imperícia propiciam a resultados insatisfatórios para essas estruturas, e podem gerar uma deterioração estrutural (SOUZA E RIPPER, 1998).

O concreto é um dos materiais mais difundidos no ramo da construção civil, assim como o aço, pois ora eles se completam, e ora competem entre si, visto que estruturas com mesmo tipo e função podem ser executadas por ambos. A união desses elementos possibilita uma boa resistência a tração e a compressão, devido à falta de resistência a

tração do concreto ser oferecida pelo aço, tornando-os juntos um material bem resistente aos esforços solicitantes que acometem as estruturas (NEVILLE, 2016).

Os sistemas estruturais mistos por sua vez, caracterizam-se como um componente de aço associado ao concreto trabalhando em conjunto através de uma interação mecânica. Por apresentar características como: redução das dimensões dos elementos, economia de materiais, boa resistência, maior área livre por pavimentos, entre outros, a utilização desses elementos mistos cresceu consideravelmente das últimas décadas. (SERAFIM, 2013).

Como já se sabe, até mesmo em estruturas projetadas e construídas adequadamente e utilizadas de forma correta, podem apresentar manifestações patológicas. Além do mais, há muitas situações em que a estrutura apenas requer um reforço para aumentar sua capacidade portante, e ser capaz de receber novos acréscimos de cargas sobre ela. Com isso, os envolvidos em obras de construção civil, dever estar conscientes de que os materiais não são perenes, eles envelhecem, requerem manutenção, tratamento e é possível reabilitá-los. Dessa forma, ao avaliar que uma estrutura de concreto armado está “doente” e apresentando patologias, torna-se essencial efetuar vistorias cuidadosas, a fim de determinar as reais condições que a estrutura se encontra, avaliar as anomalias presentes nela, e planejar as medidas a serem tomadas para recuperação ou reforço desta estrutura (SOUZA E RIPPER, 1998).

Atualmente a recuperação de edificações está em processo de desenvolvimento. A fim de recuperar espaços inutilizados ou evitar degradações de obras, usam-se todas as possíveis técnicas, a fim de solucionar o problema. Desta forma, o emprego do aço se destacou excepcionalmente quanto a sua flexibilidade operativa, uma vez que, ele atende a demandas como pequenas intervenções realizadas em um elemento, ou até mesmo a completa reestruturação de um edifício (TEOBALDO, 2004).

O salão de eventos de uma igreja no Cachambi, Rio de Janeiro, local do estudo de caso desse trabalho, apresentou uma deformação expressiva em sua laje. Conforme o avanço da deformação, sendo percebida a olho nu, o aparecimento e agravamento de patologias se fizeram presentes e resultaram na interdição do salão.

Para reabilitar a estrutura, se fez necessário uma intervenção estrutural, a fim de solucionar as causas que propiciaram a decorrência das patologias.

Ao apresentar resultados diferentes no decorrer da sua vida útil, não significa que a estrutura esteja “condenada”, apenas representa que a estrutura requer reparos técnicos imediatos para reabilitá-las (SOUZA E RIPPER, 1998)

O trabalho se fundamentará na análise bibliográfica de livros, teses e trabalhos acadêmicos que tratem sobre concreto armado, reforço estrutural e sobre o uso de estrutura metálica para o reforço de elementos estruturais.

Acompanhamento de intervenção estrutural e estudo do caso observado, testando as hipóteses e relatando as informações obtidas.

O objetivo geral do artigo é relatar a concepção e a execução de um caso real de reforço estrutural, com finalidade de reabilitar uma construção antiga.

Os objetivos específicos são:

- a. Relatar as ações tomadas durante as etapas, desde a investigação da edificação, até a conclusão do reforço estrutural.
- b. Comparar os resultados obtidos com os esperados, e gerar hipótese que expliquem os resultados não planejados.
- c. Evidenciar os pontos críticos do projeto e execução, que geram aprendizado para a vida profissional do engenheiro civil.

## REFERENCIAL TEÓRICO

As causas que uma estrutura de concreto armado ou um de seus elementos estruturais requer um reforço são amplas, dentre essas causas, podemos citar: correção de falhas no projeto ou de execução, desgaste ou deterioração, aumento da capacidade portante, alteração da concepção estrutural (como corte de uma viga por exemplo), entre outros (SOUZA E RIPPER, 1998).

### Concreto armado na construção civil

O uso da pedra como material de construção sempre se fez presente desde as primeiras civilizações, por ser durável e ter boa resistência aos esforços de compressão, quando usada como pilares por exemplo. Todavia, a pedra ao ser usada em vãos de médio porte (como pontes), apresentava na parte inferior forças de tração causando um rompimento dessa pedra (BOTELHO e MARCHETTI, 2008).

A necessidade de obter um material que resistisse a todos os esforços que uma estrutura solicita, sempre foi uma questão primordial no ramo da construção civil. Clímaco, (2016, p.15) afirma que “Um grande avanço ocorreu com o desenvolvimento dos chamados materiais aglomerantes, que endurecem em contato com a água, e tornaram possível a fabricação de uma pedra artificial, denominada concreto ou betão.

O uso de um tipo de concreto já era utilizado desde os romanos, tendo como aglomerantes a cal e a pozolana. Leonardo da Vinci atribuiu as primeiras regras de dosagem do concreto, porém seu uso cresceu verdadeiramente a partir do processo de fabricação do cimento Portland, realizado por Joseph Apsdin, em 1824 na Inglaterra. A partir daí seu uso se popularizou, e passou a ser utilizado em todo o mundo (CLÍMACO, 2016).

O concreto armado é um dos materiais estruturais mais utilizados na construção civil, a nível mundial. No Brasil, chega a responder por até 72% das obras, segundo estimativa de Santiago (2018), com base no consumo de materiais registrado pelo IBGE na Pesquisa Anual da Indústria da Construção Civil, entre os anos de 2007 e 2014 (IBGE, 2015) (SANTIAGO, 2018 *apud* BECK, 2019).

O concreto ampliou seu emprego significativamente nas construções com o decorrer do tempo. Contudo, a busca para achar uma solução referente a sua resistência limitada a tração, sempre se fez presente. Foi então que surgiu o concreto armado, resultante da junção da pedra artificial associada a um elemento que resistisse satisfatoriamente a tração, designado como armadura. A armadura é constituída por barras com seção circular de aço, comumente conhecidos como vergalhões (CLÍMACO, 2016).

### Característica do concreto armado

Parizotto (2017) Alega que um dos materiais mais disseminados na construção civil é o concreto, pois apresenta como característica, uma elevada resistência a compressão.

O uso do concreto armado em obras de construção civil é bastante amplo, e se destaca por se tratar de um material que une as diversas qualidades do concreto, somadas com a do aço. Para Clímaco (2016) algumas dessas características que se destacam são: a boa resistência à compressão do concreto, alta resistência à tração do aço, aderência entre aço e concreto satisfatória, e o concreto fornece proteção contra a corrosão do aço.

A NBR 6118:2014 (item 3.1.3) diz que elementos de concreto armado são “aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos

quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência”.

A armadura do concreto armado é denominada como armadura passiva, pois sua função consiste em fornecer resistência as tensões sofridas por ações atuantes da peça, sem inserir nenhum esforço extra a esta peça. Com isso se conclui que a armadura em estruturas de concreto armado só trabalha quando é solicitada (CLÍMACO, 2016).

O concreto e o aço são materiais estruturais frequentemente utilizados em construções, pois muitas vezes eles se completam e trabalham conjuntamente. Contudo, as condições para um aço de qualidade são precisamente controladas em laboratórios e expressas em um certificado, tornando mais fácil o uso dele para o engenheiro, pois ele precisa apenas especificar um aço que atenda as normas necessárias. Já na situação do concreto é um pouco diferente, pois embora a qualidade do cimento também seja garantida pelo fabricante, no geral não é a qualidade do cimento o causador de falhas nas estruturas, e sim a mão de obra de produção e lançamento do concreto que são realizadas no canteiro de obras (NEVILLE, 2016).

O concreto possui uma grande durabilidade por conta de suas propriedades físico-químicas, porém é um material essencialmente poroso, fator esse que deve ser combatido a fim de garantir sua durabilidade. Com isso, as estruturas de concreto armado estão susceptíveis a algumas agressões, como de sulfatos no concreto e de cloretos nos aços, fatores esses que devem estar sendo cuidadosamente considerados desde a fase de projeto (FUSCO, 2017).

### **Aço na construção civil**

O primeiro material siderúrgico utilizado na construção foi o ferro fundido. No Brasil, foi inaugurada em 1857 a ponte sobre o rio Paraíba do sul (Figura 1.a e 1.b), no estado Rio de Janeiro. Composta com vãos de 30 metros vencidos por arcos atirantados de ferro fundido, e tirante em ferro forjado (PFIEL, 2008).

Figura 1 - Ponte sobre o rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro. (a) Vista geral. – (b) Detalhe do meio do vão dos arcos atirantados.



(a)



(b)

Fonte: PFIEL, 2008.

Naturalmente, no decorrer dos anos os procedimentos e modelos usados no dimensionamento de estruturas metálicas e mistas evoluiu significativamente, decorrente do aumento de conhecimento sobre o comportamento estrutural e propiciado pelas técnicas e experimentos realizados (VELLASCO *et al.*, 2014).

Até meados do século XX usou-se de maneira significativa o aço-carbono, que possuía resistência a ruptura de 370 Mpa. Por volta de 1950, os aços de maior resistência passaram a ser utilizados em escala crescente. Entre as décadas de 1960/70 propagou-se o uso de aços de baixa liga, com tratamento térmico ou não. Então, algumas estruturas de grande porte passaram a aderir aços de múltiplas categorias, inserindo materiais mais resistentes em pontos de maiores tensões (PFIEL, 2008).

### Características e conceitos sobre o aço estrutural

Após estudo e conhecimento mais afundo dos aços, foi possível determinar diversas características que o englobam para torná-lo um aço estrutural. Pinheiro (2005) citou algumas das vantagens e desvantagens do aço, conforme representados no quadro 2.

Quadro 2 – Vantagens e desvantagens do aço estrutural.

<b>VANTAGENS E DESVANTAGENS DO AÇO ESTRUTURAL</b>	
<b>VANTAGENS:</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
Fabricação das estruturas com precisão milimétrica, possibilitando um alto controle de qualidade do produto acabado;	Limitação de execução em fábrica, em função do transporte até o local de sua montagem final;
Garantia das dimensões e propriedades dos materiais;	Necessidade de tratamento superficial das peças contra oxidação, devido ao contato com o ar atmosférico;
Material resistente a vibração e a choques;	Necessidade de mão-de-obra e equipamentos especializados para sua fabricação e montagem;
Possibilidade de execução de obras mais rápidas e limpas;	Limitação de fornecimento de perfis estruturais.
Em caso de necessidade, possibilita a desmontagem das estruturas e sua posterior montagem em outro local;	
Alta resistência estrutural, possibilitando a execução de estruturas leves para vencer grandes vãos;	
Possibilidade de reaproveitamento dos materiais em estoque, ou mesmo, sobras de obra.	

Fonte: Pinheiro, 2005.

Parizotto (2017, p. 124) cita que “as propriedades mecânicas dos aços são: a resistência mecânica, a elasticidade, a dureza e a ductilidade, e dependem da sua composição química, do tratamento químico e do processamento”.

Designa ductilidade um material capaz de se deformar sob a ação de cargas, como por exemplo os aços, que ao se submeter a tensões locais grandiosas, sofrem deformações plásticas provocando uma redistribuição das tensões. Além disso, através da ductilidade é possível que por meio de mecanismo de ruptura, conjuntamente com o aparecimento de

deformações, gere meios de avisar que a estrutura está sob ação de cargas excessivas (PFEIL, 2008).

Para Pinheiro e Crivelaro (2016), o conceito de elasticidade de um material é baseado na capacidade dele se deformar e retornar a sua forma original, quando cessados os efeitos da solitação causadora da deformação.

De acordo com Pfeil (2008) a dureza é caracterizada quando um material é resistente ao risco ou abrasão, no geral, é possível medir a dureza através da resistência que a face do material oferece a penetração de uma peça com dureza superior.

Segundo Pinheiro e Crivelaro (2016) o conceito de resistência se baseia na capacidade do material distribuir as forças internamente, da posição de onde são aplicadas as cargas para os apoios, classificada pela maior tensão que o material pode suportar.

## **Propriedades mecânicas do aço**

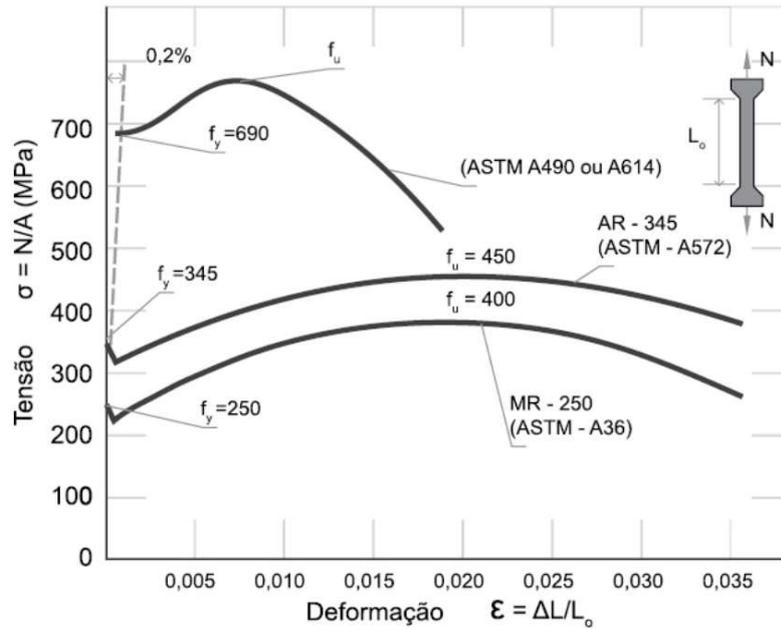
Para que elementos estruturais de aço trabalhem de forma eficiente como vigas, colunas ou tirantes, é de total importância o conhecimento do projetista a respeito dos parâmetros comportamentais dos materiais disponíveis no mercado. Algumas usinas e fábricas de estruturas metálicas (como a GERDAU, CSN e outros), publicam catálogos especificando a descrição completa de cada aço, perfis, chapas, entre outros. (ANDRADE e VELLASCO, 2016).

Para obter propriedades mecânicas mais específicas dos aços, alguns ensaios são realizados como o de tração por exemplo, que mede a resistência mecânica de um material, aplicando uma força axial de tração em barras e em fios de aço para expandir seu comprimento, e com isso obter algumas de suas características como: a resistência característica ao escoamento, o limite de resistência e o alongamento (PARIZOTTO, 2017).

O ensaio de tração simples é um meio para medir as propriedades mecânicas dos aços. Nele, as hastes metálicas ficam presas nas máquinas de ensaio, e são sujeitas a esforços de tração com valores crescentes, possibilitando medir a cada período de carga, o alongamento  $\Delta l$  de um trecho de comprimento inicial  $l_0$ . Ao ser tracionada, a seção transversal dessa barra diminui. Com isso, para se obter a tensão real em cada período de carga, divide-se a força pela área medida no período. Para facilitar o trabalho, conceitua-se uma tensão convencional, como sendo o resultado da divisão da força, pela área inicial (sem carga)  $A_0$  (PFEIL, 2008).

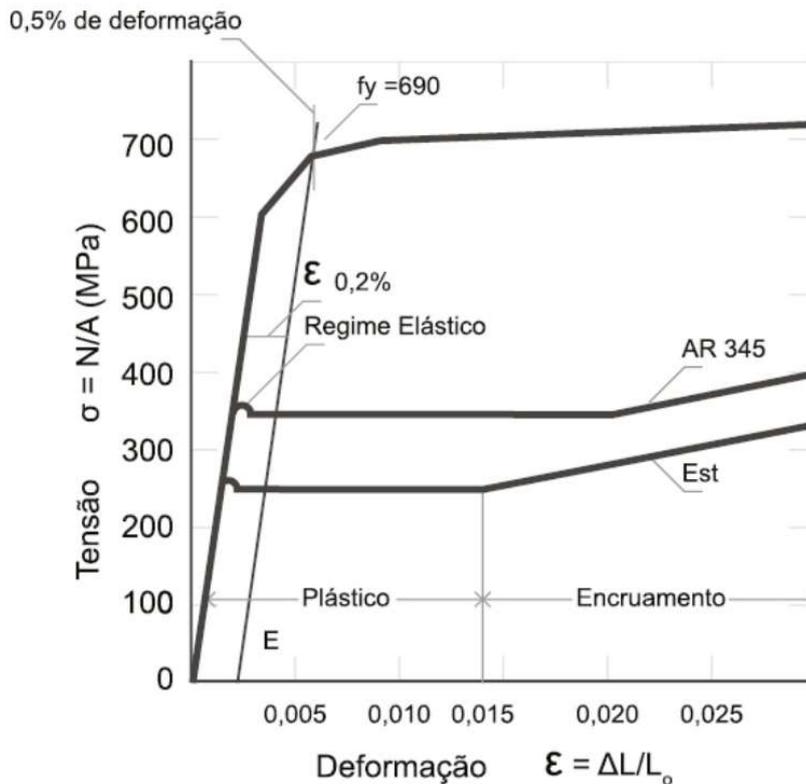
Nas figuras 2 e 3 são demonstradas a curva de tensão-deformação de aços estruturais até a ruptura. No início das curvas é possível analisar que o aço até certo limite obedece a lei de Hooke ( $\sigma = E \cdot \varepsilon$ ), sendo o módulo de elasticidade constante para todos os tipos de aço ( $E = 200000$  MPA), (ANDRADE e VELLASCO, 2016).

Figura 2 - Diagrama Tensão/Deformação [SALM80].



Fonte: Andrade e Vellasco, 2016.

Figura 3 - Diagrama Parcial de  $\sigma$ - $\epsilon$ .



Fonte: Andrade e Vellasco, 2016.

Quando as tensões não ultrapassam o limite de proporcionalidade (situada abaixo do limite de escoamento), pode-se validar a lei de Hooke. O limite de escoamento por sua vez, irá demonstrar que o material está no final do seu comportamento elástico. Em alguns aços com baixo teor de carbono (MR-250 e AR-345), o limite de escoamento é determinado com a primeira tensão no material, onde ocorre um acréscimo na deformação sem aumentar a tensão (ANDRADE e VELLASCO, 2016).

Um material que excede o regime elástico apresenta uma propriedade chamada escoamento ou cedência, ocasionado pelo aumento de deformação com tensão constante. A tensão que provoca o escoamento é chamada de limite de escoamento ( $f_y$ ) do material. (PFEIL, 2008).

## Patologias estruturais

Para Weimer, Thomas e Dresch (2018) a deterioração de uma estrutura provém das transformações dos materiais de construção ao longo do tempo, e que prejudicam o desempenho dessa estrutura. É necessário entender o processo de deterioração para que seja possível realizar corretamente a manutenção da estrutura, e conseqüentemente evitar que ocorra novamente esses problemas.

### Conceito

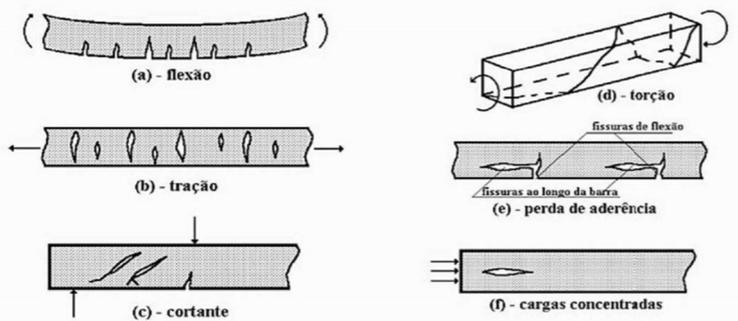
A patologia das estruturas é um campo da engenharia que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, e fatores da ocorrência de falhas e degradação das estruturas. Contudo, o estudo da patologia em estruturas é muito importante não somente para identificar anomalias acometidas a essa edificação, mas também para realizar uma boa concepção do projeto em si (SOUZA E RIPPER, 1998).

Para Weimer, Thomas e Dresch (2018) há uma variedade de agentes capazes de causar falhas ou destruir o concreto armado, dificultando bastante sua classificação. O surgimento de manifestações patológicas nas estruturas é provocado por esses agentes que deterioram o concreto armado, e o qual muitos deles poderiam ser evitados se fossem realizados um bom projeto, uma cuidadosa execução e uma manutenção adequada. Algumas manifestações patológicas que mais se evidenciam, e podem surgir nessa estrutura são:

- Fissuras e trincas no concreto;
- Corrosão de armaduras;
- Desagregação e disgregação (desplacamento) do concreto;
- Desgaste do concreto (abrasão, erosão e cavitação);
- Eflorescência e manchas no concreto.

Algumas falhas que podem acontecer nos projetos estruturais e influenciar diretamente a formação de fissuras em estruturas por exemplo, estão relacionados ao tipo de esforço a que foram sujeitas as peças estruturais, como exemplifica a figura 4 (SOUZA E RIPPER, 1998).

Figura 4 - Algumas configurações genéricas de fissuras em função do tipo de solitação predominante.



Fonte: Souza e Ripper, 1998.

Weimer, Thomas e Dresch (2018, p. 43) diz que “o concreto, por ser um material frágil, apresenta baixa resistência à tração e, naturalmente, apresentará fissuras mesmo em situações em que não existem falhas estruturais”.

Um exemplo de patologia bem conhecido que acomete as estruturas de concreto armado, é a corrosão. Para Molina (2021, p. 72) a corrosão é “a deterioração de metal ou concreto devido a uma reação química ou eletroquímica, como resultado da exposição a atmosféricas, químicas, etc”. A figura 5 mostra um estado avançado de corrosão de armaduras em uma viga.

Figura 5 - Estado avançado de corrosão das armaduras da face inferior de uma viga.



Fonte: Bolina, Tutikian e Helene, 2019.

### Reforço estrutural misto (aço e concreto)

Segundo Souza e Ripper (1998), para realizar um serviço de reforço em uma edificação é necessário sempre realizar previamente trabalhos de cálculo estrutural. Através dos cálculos será possível estabelecer elementos básicos, como os representados no quadro 3:

Quadro 3 – Análise prévias para realizar o reforço estrutural.

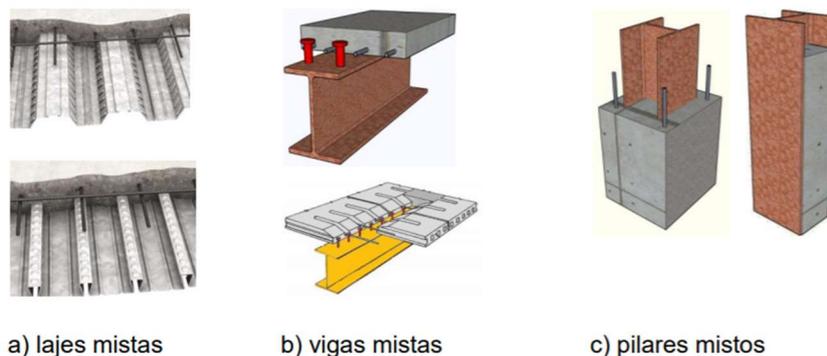
<b>ANÁLISES PRÉVIAS PARA REALIZAR O REFORÇO ESTRUTURAL</b>
Definição precisa das peças da estrutura em que será necessário proceder-se ao reforço - e a extensão desta intervenção - e daquelas em que será suficiente apenas a recuperação, entendendo-se como tal a reconstituição das características geométricas, de resistência e desempenho originais;
Determinação da capacidade resistente residual da estrutura, ou da peça estrutural e, conseqüentemente, definição do tipo, intensidade e extensão do reforço necessário;
Indicação da necessidade ou não da adoção de procedimentos de escoramento durante os trabalhos;
Avaliação do grau de segurança em que se encontra a estrutura, antes, durante e depois da execução do reforço;
Escolha da técnica executiva a utilizar;
Determinação das tarefas necessárias e das quantidades reais de trabalho a realizar, isto é, definição do custo real da empreitada, em conjunto com os elementos da inspeção técnica realizada.

Fonte: Souza e Ripper, 1998.

Souza e Ripper (1998, p.208) diz que “o reforço realizado pela adição de perfis metálicos deve ter sido, em termos históricos, o primogênito dos sistemas de reforço”.

Sistemas estruturais mistos, consistem em componentes de aço associados ao concreto (moldado no local ou pré-moldado). Nesta associação de elementos de aço com concreto, o aço é usado por meio de perfis que trabalham conjuntamente com o concreto simples ou armado, e da origem aos seguintes elementos estruturais: pilar misto, viga mista e laje mista, conforme figura 6 (SERAFIM, 2013).

Figura 6 - elementos estruturais mistos. (a) lajes mistas; (b) vigas mistas; (c) pilares mistos.

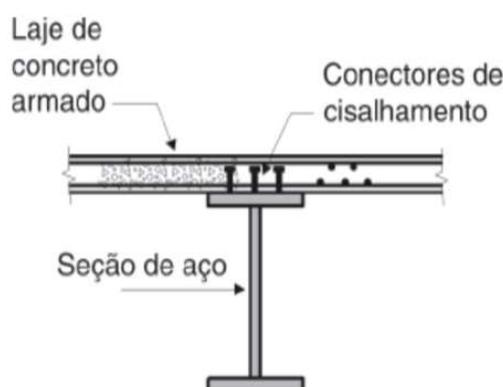


Fonte: Toledo, 2009 *apud* Serafim, 2013.

## Reforço estrutural com viga mista

Uma viga formada pela junção de uma laje de concreto com um perfil metálico, a qual ambos os elementos estejam associados por conectores mecânicos, pode ser definida como viga mista aço-concreto. Conforme ilustrado na figura 7 (PFEIL, 2008).

Figura 7 - Estruturas mistas aço-concreto, viga mista típica e seus elementos.



Fonte: PFEIL, 2008.

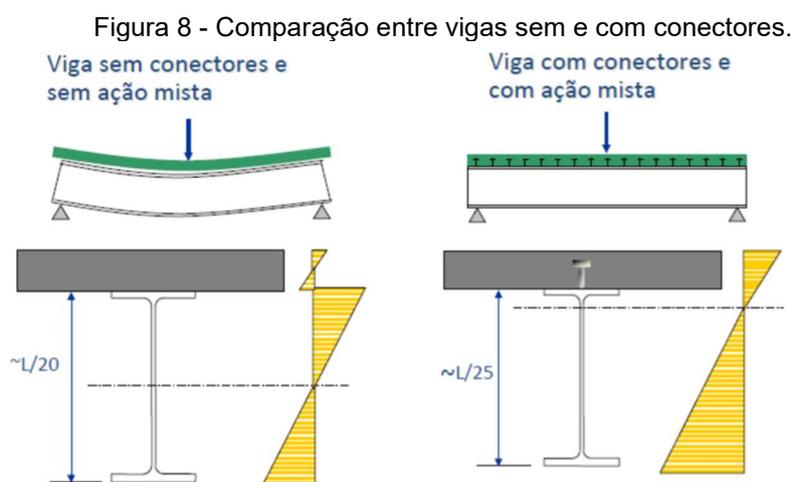
Para assegurar o funcionamento da viga mista é necessário o uso dos conectores de cisalhamento. Com a ausência dos conectores, não haverá ligação entre a laje de concreto e o perfil de aço, ou seja, ao ser aplicado um carregamento nessa estrutura, a laje e o perfil metálico fletem independentemente, ocasionando um deslizamento relativo na superfície de contato entre eles (FAKURY, SILVA e CALDAS, 2016).

As vigas mistas podem ser construídas com escoramento ou sem. Se as vigas possuírem escoramento, a seção de aço na fase de endurecimento do concreto não é solicitada. Somente após atingir a resistência necessária do concreto e ser retirado o

escoramento, as solicitações recorrentes do peso próprio e outras cargas passam a atuar sobre a seção mista (PFEIL, 2008)

Escolher o tipo de conector de cisalhamento e seu dimensionamento correto é de suma importância, uma vez que, são eles que irão indicar o grau de interação entre os materiais (aço e concreto), e como os esforços serão transmitidos de um elemento para o outro (CAVALCANTE, 2010)

Pfeil (2008) explica que os dispositivos mecânicos conhecidos como conectores de cisalhamento têm o intuito de garantir que a seção de aço e a laje de concreto trabalhem conjuntamente. Ainda em PFEIL (2008, p. 265), ele diz que “o conector absorve os esforços cisalhantes horizontais que se desenvolvem na direção longitudinal na interface da laje com a mesa superior da seção de aço e ainda impede a separação física desses componentes”. A figura 8 faz uma comparação de vigas com e sem conectores de cisalhamento

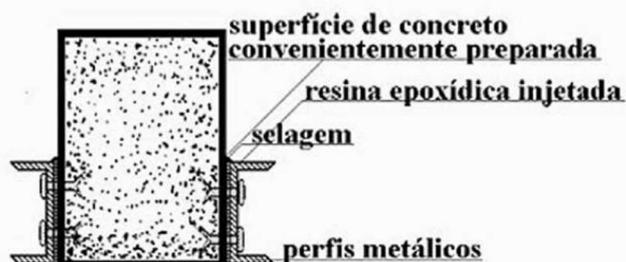


Fonte: Souza, 2014 *apud* Ghedini, 2017.

Para situações emergenciais de reforço estrutural, um dos métodos mais utilizados, como já citado, são com perfil metálico, principalmente por essa técnica se destacar positivamente em questão de não geração de grandes alterações geométricas originais da peça. Esses perfis são inseridos através de chumbamento com buchas expansivas e preenchidas com resinas por injeção (REIS, 2001 *apud* WEIMER, THOMAS e DRESCH 2018).

O uso de chumbamento com perfis metálicos e com a ajuda de resinas injetadas (representado na figura 9), é uma das alternativas bem eficazes para reforço de estruturas, no que se refere a acrescentar capacidade resistente e rapidez na execução. O processo para preparação da superfície de concreto armado para colocação dos perfis metálicos, é semelhante ao processo de colagem de chapas metálicas. O que se diferencia nos processos é que nos perfis são utilizados chumbadores, e que somente após o aperto deles, será inserida a resina para enchimento dos vazios entre a superfície de concreto e aço (SOUZA E RIPPER, 1998).

Figura 9 - Reforço por chumbamento de perfis metálicos.



Fonte: Souza e Ripper, 1998.

Contudo, embora o uso de estruturas mistas seja bem grande em países mais desenvolvidos, no Brasil este método tem sido bem menos explorado por diversas questões. Como exemplo podemos citar: o pouco conhecimento de alternativas em elementos mistos, o custo dos componentes metálicos, e até mesmo o conservadorismo dos agentes responsáveis pelas construções civis, entre outros fatores (SERAFIM, 2013).

## **METODOLOGIA**

Para realização deste trabalho uma série de atividades foram adotadas, que transitaram pela visita ao local, levantamento das informações com os usuários da construção, análise histórica e contextual, investigação das estruturas, observação do projeto e execução e comparação entre o pretendido em projeto e o obtido pós execução, apontado as possíveis falhas que colaboraram nos resultados.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **Concepção e propósito da construção**

A igreja adventista do sétimo dia, adquiriu um terreno para que pudessem se reunir e fosse construído um templo religioso. Todavia, no início eles não possuíam o montante necessário para a construção de um templo de alvenaria, e se reuniam em uma tenda, semelhante as utilizadas em circos.

Com o passar do tempo a lona já não atendia mais as necessidades da congregação, por isso, intensificaram seus esforços para a construção de um templo de alvenaria. Foi organizado um mutirão, onde cada um ajudava como podia para concretizar o objetivo. Além da mão de obra dos próprios fiéis que se ofereceram, houve a contratação de alguns pedreiros. Sobre a qualificação técnica dos profissionais, os perguntados não souberam informar, apenas disseram que eles foram contratados por indicação.

Sobre a existência de projetos para a construção do templo, ninguém possui certeza, mas a grande maioria compartilha a opinião de que não houve nenhum projeto formal, apenas um planejamento baseado na soma das experiências empíricas, em construção, dos envolvidos.

### **Mudança de finalidade**

Após alguns anos depois da construção do primeiro templo, houve a construção de um novo templo, que possuía uma arquitetura diferenciada e comportava mais pessoas. Fazendo com que a primeira edificação, antigo templo, se tornasse um salão de eventos e atividades.

## Patologias e situação estrutural

O início das manifestações patológicas, se deu por uma pequena deformação na laje. Era tão sutil que aqueles que utilizavam o salão, não percebiam e não sabem datar com precisão o momento em que a laje começou a deformar.

Com o passar do tempo a gravidade foi aumentando e surgindo novas manifestações, como manchas de infiltrações, pequenas fissuras e bolor. Na figura 10 demonstra a infiltração e bolor manifestados no salão, em estado mais avançado.

Figura 1 - Infiltração e bolor.



Fonte: Autores, 2021.

No momento em que as infiltrações pioraram, houve uma investigação para descobrir o motivo, quando foi observado que havia uma deformação da laje, e que provavelmente as infiltrações eram em decorrência disso. Na figura 11, as setas azuis indicam rachaduras, e a seta vermelha indica uma área que tentaram reparar superficialmente com aplicação de massa corrida.

Figura 2 - Rachaduras na laje do salão.



Fonte: Autores, 2021.

## Deformação da laje

Após alguns meses, as patologias agravaram consideravelmente, a deformação que era percebida por poucos, se tornou nítida mesmo a olho nu.

Junto com a deformação, as patologias pioraram significativamente, culminando na interdição de uso do salão, e se fazendo necessário uma intervenção em caráter de urgência. A figura 12 ilustra bem a situação do salão, um pouco antes de ser interditado.

Figura 3 - Salão antes do reforço.



Fonte: Autores, 2021.

## Investigação da estrutura existente

Arquiteta e engenheiro civil foram até o local, avaliaram a situação, e confirmaram a necessidade de uma intervenção para possibilitar a retomada da utilização do salão. Importante frisar que já havia décadas que não se fazia nenhuma manutenção preventiva, apenas pequenas manutenções corretivas de umidade nas paredes e infiltração na laje.

Após a visita de avaliação, o engenheiro civil retornou ao local para obter mais informações sobre a edificação, uma vez que ela não possuía o registro dos projetos utilizados em sua construção.

Muitas questões fundamentais eram completamente desconhecidas. Para os membros da denominação local, o salão não possuía vigas e nem pilares, por não serem aparentes, e várias outras informações relacionadas aos elementos estruturais eram completamente desconhecidas, fazendo assim, necessário investigar sobre os elementos e suas características, a fim de encontrar as respostas necessárias para possibilitar o projeto do reforço estrutural e de correção das patologias.

Importante esclarecer que os métodos citados nesse trabalho, foram os métodos adotados pelo engenheiro e encarregado da execução, para investigação da estrutura. Esses métodos foram baseados na experiência do engenheiro civil responsável e encarregado pela execução. Por isso, não apontam resultados precisos, mas estimativas. Com base nesses resultados estimados e arbitrados pelo engenheiro responsável, o projeto foi desenvolvido.

## Investigação de pilares

Foi retirado o embolso da parede externa do salão, a fim de descobrir se havia pilares, e caso houvesse, descobrir as características e condição atual.

Segundo o engenheiro responsável, a aparência dos pilares não era homogênea, a cor não estava na tonalidade típica de cinza, e o material se desprendia com relativa facilidade, já em outras partes, havia bastante brita e a tonalidade era predominantemente cinza, como pode ser visto na figura 13.

Figura 13 - Investigação de pilares.



Fonte: Autores, 2021.

Por fim, o engenheiro responsável, optou por desconsiderar a função estrutural dos pilares já existentes, uma vez que possuíam diversas incógnitas e o contratante não tinha condições de arcar com ensaios para precisar o real estado do pilar e de suas resistências. Sendo assim, no dimensionamento do reforço estrutural, para efeito de projeto, todo o carregamento da laje, vigas invertidas, cobertura e acidental, seriam descarregados sobre a nova estrutura.

### **Investigação de vigas**

Aparentemente, não havia vigas suportando a laje do salão. Com a presença das várias infiltrações, um reparo no telhado da cobertura do salão, foi realizado com urgência.

Durante a manutenção do telhado, descobriu-se elementos de concreto armado na parte superior da laje, não eram visíveis porque estavam cobertos pelas telhas. Não houve confirmação sobre esses elementos e sua função, e também não houve foto para comprovar e representá-las. Segundo Antônio, responsável pelo patrimônio da igreja local que estava no dia e acompanhou a inspeção, e disse que possuíam 6 vigas invertidas no sentido longitudinal (paralelo ao maior vão) que tinha aproximadamente 80 cm de altura, e aproximadamente 30 cm de largura, além de existirem vigas na transversal, semelhantes às citadas anteriormente, o espaço entre elas era de aproximadamente 1,5 a 2 metros, segundo a percepção visual do Antônio. Logo, informações insuficientes para realização de um projeto que ao menos represente esse caso, pois os valores estão baseados na interpretação e estimativas. Ninguém foi até o local para medi-las e averiguar sua situação.

Outro ponto fundamental, é que no dia anterior em que o Antônio subiu no telhado, havia chovido muito, e ao ser retirada as telhas para fazer o reparo, ele descreveu que as vigas formavam uma “piscininha”, por causa do acúmulo de água que havia entre elas, graças a telha rachada que estava sobre o local.

### **Investigação da fundação**

Após as informações relacionadas a pilares e vigas, houve uma investigação em relação a fundação, através de pequenas escavações no interior do salão, junto aos locais que receberiam os novos pilares.

Em todas as escavações, foram encontradas a viga baldrame, não impermeabilizadas, com forma não tão uniforme, mas aparentemente, era robusta, bem sólida e conservada.

Além da viga baldrame, havia sapatas na fundação do salão, que foram feitas bem próximas da superfície. O solo possuía uma tonalidade marrom intenso, semelhante ao pó do cacau torrado, e estava compactado.

Tendo essas informações, o engenheiro civil responsável, partiu para o desenvolvimento do projeto. Boa parte do projeto, segundo ele, foi baseado em sua experiência profissional e nas informações coletadas. Ele mesmo disse que, provavelmente, haveria elementos superdimensionados, mas que não seria um grande problema, uma vez que o excesso estaria a favor da segurança e o impacto financeiro não seria tão grande por se tratar de uma obra relativamente pequena.

## Investigação de laje

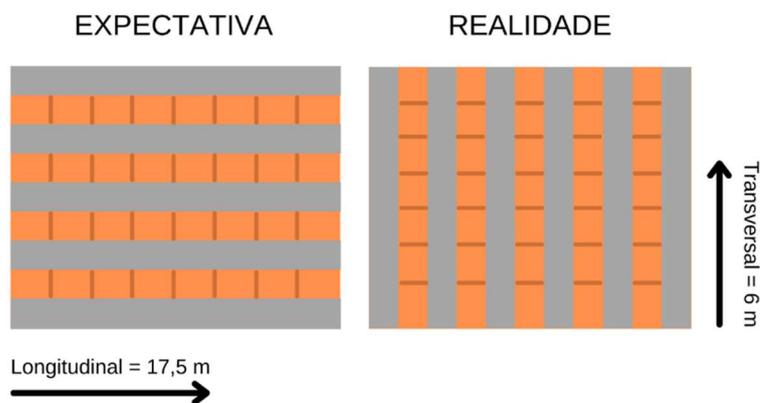
Apesar deste tópico estar presente nesse momento, essa investigação não ocorreu precocemente, na realidade, só ocorreu durante a execução do projeto, depois de algumas etapas.

O que ocorreu é que as etapas de investigação anteriores foram feitas com intervalo pequeno de dias, e o engenheiro esteve presente três vezes nesse período, guiando a investigação. Após obter os dados que julgava necessário, partiu para a elaboração do projeto, ao terminar passou as instruções para o encarregado da execução, e após isso ficou aproximadamente um tempo ausente, acompanhando remotamente o andamento do serviço.

Após a conclusão da fundação, e os primeiros pilares terem sido desformados, ele retornou para ver presencialmente o andamento da execução, e foi nesse momento que de fato ocorreu a investigação da laje, antes havia apenas suposições. Uma de suas considerações de projeto, consistia que a laje era do tipo pré-fabricada nervurada unidirecional, até esse momento a consideração estava correta, mas houve uma divergência na parte da direção em que as vigotas estavam dispostas. Em projeto, ele considerou que elas estavam no sentido paralelo ao maior vão da construção, mas após investigação, constatou-se que as vigotas estavam dispostas de forma paralelas ao eixo de menor vão.

Essa descoberta modificou o projeto original, adicionando uma nova viga que seria soldada nas demais, localizada no centro e perpendicular as vigas já projetadas. Essa viga seria uma W150. A diferença é que o projeto havia enfatizado o reforço para suportar as solicitações das vigotas dispostas no eixo longitudinal, paralelas ao eixo do maior vão, e na realidade, descobriu-se que as vigotas estavam no sentido transversal, estavam paralelas ao eixo de menor vão, conforme figura 14.

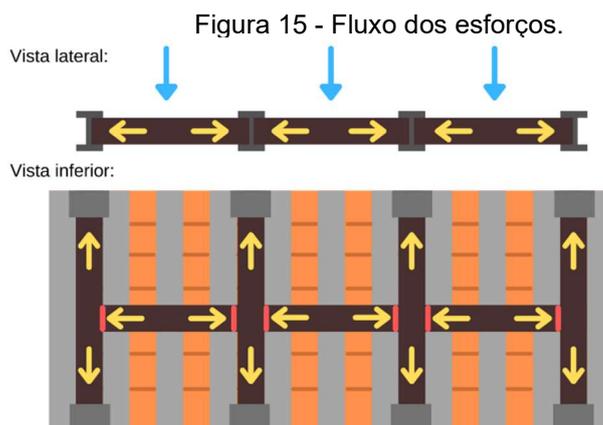
Figura 14 - Direção das vigotas.



Fonte: Autores,2021.

Na prática, ao pular uma etapa no processo de investigação, o projeto foi feito com uma consideração errônea. Segundo o engenheiro, ele já iria colocar uma viga no eixo

longitudinal soldada nas vigas transversais, para conferir maior rigidez ao sistema, o que mudou na situação pós investigação foi a descoberta que as maiores solicitações serão absorvidas pela viga que havia sido idealizada para ser apenas um apoio suplementar e para conferir maior rigidez ao sistema. E as vigas que foram dimensionadas com o intuito de suportarem as maiores solicitações, terão sua utilidade reduzidas a ser o apoio da viga principal, recebendo as solicitações de forma indireta, ao invés de direta. Ilustrando didaticamente na figura 15, as setas azuis são as cargas solicitantes da laje distribuídas diretamente sob a viga principal, e as setas amarelas representam a distribuição dos esforços na estrutura, já as linhas vermelhas, simbolizam os pontos de solda que conectam as vigas.



Fonte: Autores, 2021.

## Relato sobre o projeto do reforço estrutural executado

Ratificando o que havia sido dito, muito do embasamento para o projeto foi fundamentado na experiência profissional do engenheiro responsável, e nos indícios obtidos nas investigações. Importante dizer também que, alguns valores de variáveis desconhecidas foram arbitrados.

Antes de prosseguir é importante ter em mente que esse estudo não tem como objetivo prioritário o dimensionamento do reforço, por esse motivo ele será relatado e abordado, mas não será aprofundado. A proposta primária do trabalho é observar o projeto e execução, correlacionando ambos com os resultados obtidos, dessa forma ser capaz de evidenciar possíveis falhas durante o processo, tendo como argumento tanto o referencial teórico, como os resultados obtidos, a fim de salientar a importância de práticas indicadas por normas e pelo material científico-acadêmico, e sugerir ações para evitar e/ou corrigir resultados indesejados.

Todo material contido nessa seção, foram baseados no projeto feito pelo engenheiro responsável pela obra, que aprovou o desenvolvimento do estudo de caso sobre o reforço estrutural executado no salão.

## Considerações adotadas em projeto

O engenheiro responsável pelo projeto, utilizou como base para arbitrar valores os Art. 7º e 1º da Resolução nº 218/73, do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), no Art 1º diz que “Atividade 06 - Vistoria, perícia, avaliação, arbitramento, laudo e parecer técnico”.

## Carregamentos

Para efeito de cálculo, a laje pré-fabricada, foi considerada como laje maciça. Com o objetivo de facilitar o cálculo e obter um valor de carregamento superior ao real, a fim de favorecer a segurança e permitir a desconsideração do carregamento de alguns materiais.

O peso próprio das telhas de fibrocimento que cobrem a laje, foram desconsiderados.

A carga accidental foi considerada como 10% do valor obtido do peso próprio da laje, considerando que ela fosse maciça.

As vigas utilizadas, foram vigas metálicas W200 com peso próprio de 15 kg/m, tendo 6 metros de comprimento.

Os pilares são de concreto armado, com seção de 30x30 cm e altura de 3,73 metros, com a massa específica de 2500 kg/m<sup>3</sup>.

## Objetivo do projeto

Reabilitação do salão, para o retorno de sua utilização. Reabilitação ocorrerá por meio de reforço com estrutural de elementos mistos, visando corrigir a deformação excessiva da laje e as patologias decorrentes do problema estrutural.

## Descritivo do projeto

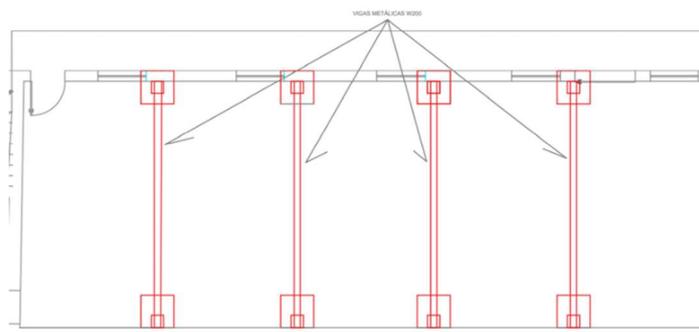
O projeto que foi disponibilizado aos contratantes deste trabalho, ao encarregado da execução e aos membros da denominação, foi apenas uma planta baixa com vistas que demonstram os elementos implementados na edificação, mas não é rico em informações.

Não foi apresentado memorial de cálculo, mas ao conversar com o engenheiro responsável, ele disse que havia feito o dimensionamento utilizando 3 meios para gerá-lo: Planilhas automatizadas no *software* Excel, gráficos e reações observadas no *software* Ftool e a modelagem e detalhamento gerada no *software* CypeCAD.

## Viga projetada

A viga escolhida para compor o reforço estrutural, foi um perfil I metálico w200, com 15kg a cada metro, no comprimento total de 6 metros. A laje irá apoiar-se sobre 4 vigas. A imagem 16 consegue representar como as vigas serão distribuídas.

Figura 16 - Vigas perfil metálico.



Fonte: Karoliny de A. Passos, 2021.

Apesar de não haver a distância entre as vigas apontada em projeto, conferindo no local, foi constatado que a distância entre eixos das vigas se aproxima de 3,5 metros, tendo uma margem de erro, para mais ou para menos de 12 cm, uma vez que as distâncias não são todas iguais.

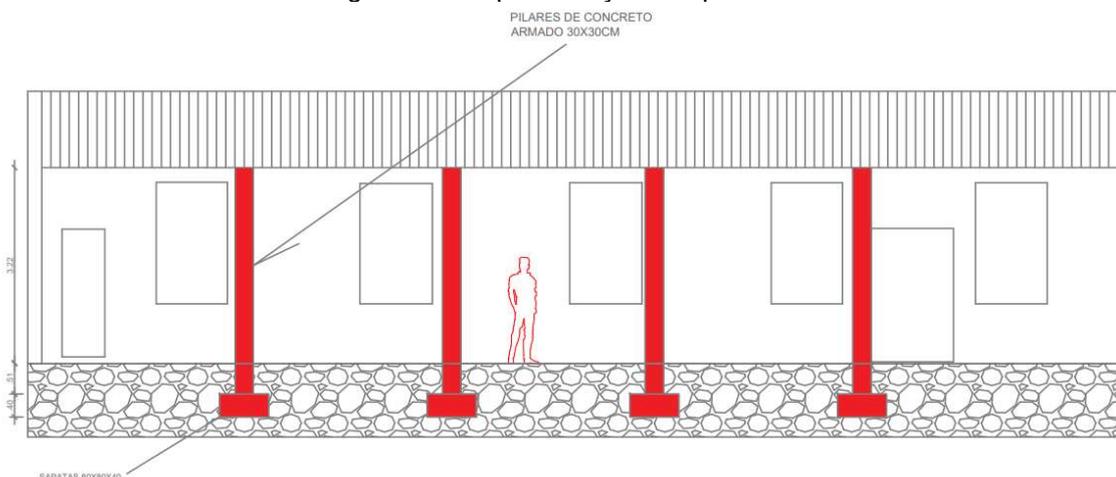
A escolha do perfil metálico, segundo o projetista foi para diminuir o peso próprio da estrutura e ocupar uma área menor, influenciando o menos possível na área útil do salão

### Pilar projetado

Os pilares de concreto armado foram escolhidos para suportar o carregamento das vigas e laje, não foi relatado o motivo, mas tem-se a suposição de ter sido uma escolha influenciada pelo fator financeiro.

No total, serão 8 pilares, com seção igual a 30x30 cm, e altura de 3,73 metros, desde o contato com a fundação até seu topo. Na imagem 17, ilustra o descritivo do pilar.

Figura 17 - Representação dos pilares.



Fonte: Karoliny de A. Passos, 2021.

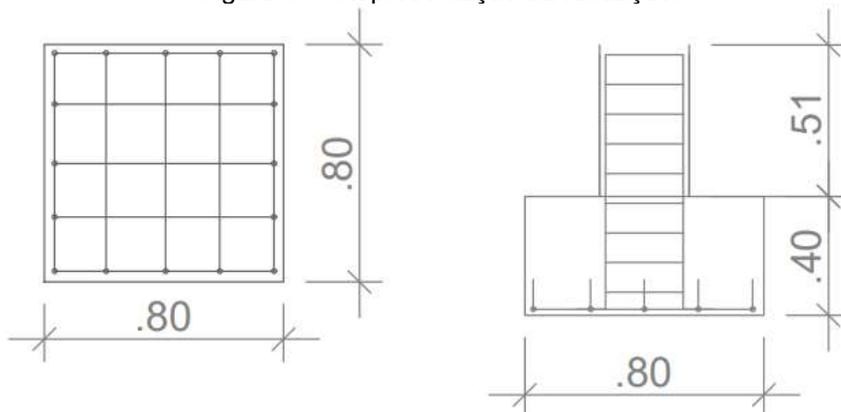
Os valores de cota provavelmente não sejam bem visíveis, mas lá diz que a altura aparente do pilar é de 3,22 metros e 51 cm ficam enterrados, sendo concretado no mesmo momentos que as sapatas.

## Fundação projetada

A fundação escolhida para esse reforço, foi uma fundação rasa, onde a distância entre sua base e o nível do solo é de 91 cm. Não houve análise fina do solo e suas características mecânicas, mas por existir fundações rasas no mesmo terreno, e o solo ser aparentemente, bem compactado, o engenheiro arbitrou que essa fundação atenderia as solicitações do projeto.

A figura 18 apresenta o descritivo das sapatas, todas tendo dimensões iguais.

Figura 18 - Representação da fundação.



Fonte: Karoliny de A. Passos, 2021.

Possuindo apenas uma pequena diferença no local de apoio dos pilares, no lado do salão onde ficam as portas e janelas, o pilar será apoiado no centro da peça, já no lado oposto, a sapata ficará um pouco mais localizada para dentro do salão, para não interferir na edificação vizinha, e o pilar será apoiada mais na extremidade da peça, como pode ser visto na figura 16, que demonstra a vista superior do reforço estrutural proposto.

De acordo com o responsável pela execução, os vergalhões utilizados para a montagem da armadura na sapata possuem bitola de 8 mm.

## Planejamento de execução

O planejamento da execução ficou apenas no trato verbal, entre o engenheiro responsável e a mão de obra contratada, não houve um documento descritivo do planejamento, nem cronograma. Provavelmente o acordado foi que ao longo da obra, o engenheiro visitaria o local, analisaria o progresso e daria recomendações.

## Hipótese autoral sobre a investigação e o dimensionamento

Nessa seção do trabalho, será proposto pelos autores, um processo de dimensionamento alternativo, do que foi relatado no item ao visto no estudo de caso que está sendo feito. Com a finalidade de obter um paralelo entre ambos e ressaltar pontos divergentes e seus possíveis resultados. Assunto relacionado com a obtenção de informações da estrutura também será abordado aqui.

Não será um dimensionamento em si, pela falta de dados. Caso os valores fossem arbitrados pelos autores, provavelmente não seriam os mesmos arbitrados pelo engenheiro, logo fugiria da proposta de realizarmos um comparativo no final, pois se os valores e considerações estivessem divergentes, estariam sendo feito um estudo de cenário de um outro cenário, sem condições de comparação de resultados, pois ambos não

teriam sido baseados nos mesmos fundamentos. Logo, os autores optaram por basear a comparação em conceitos, uma vez que os conceitos se aplicam a ambos os casos.

### **Proposta dos autores para investigação de situação estrutural**

Analisando as circunstâncias de viabilidade financeira do contratante e do grau de complexidade da intervenção estrutural, os autores também não solicitariam a realização de ensaios a compressão, a flexão e a cisalhamento, pois o reforço estrutural não visa receber novos carregamentos e nem ajustar a estrutura para desempenhar outra função, mas sim corrigir a deformação e conferir aumento de resistência a flexão e compressão para a laje. Logo, a carga que será solicitada do reforço estrutural, não é a carga de toda a estrutura preexistente, mas apenas a parcela que a mesma não está resistindo sem se deformar. Entretanto, por saber dos eventos de empoçamento que ocorriam na laje, os autores iriam dimensionar o reforço estrutural para suportar a laje e o peso próprio das vigas investidas, a fim de favorecer a segurança e prevenir qualquer sinistro.

A investigação ocorreria no local, com objetivo de fazer um levantamento de informações mais simples, mas que impactam na confecção do projeto, e consequentemente na execução. A primeira etapa seria o levantamento e registro de todas as dimensões dos elementos estruturais, dessa forma o mínimo para o projeto seria obtido. Com todas as dimensões, é possível obter facilmente a área da seção analisada e o volume do elemento analisado.

A etapa seguinte seria o levantamento e registro das características dos elementos estruturais, por exemplo: O tipo de laje e suas características, estado de conservação de vigas e pilares, tipo de fundação, presença de patologias que ameacem as estruturas. Caso um pilar, ou outra estrutura demonstrasse elevado grau de deterioração, investigações mais minuciosas como ensaios de compressão e/ou flexão seriam feitas, a armadura do elemento seria examinada para saber se houve perda de seção, e com isso conseguir determinar o que seria considerado nos cálculos, o que está cumprindo sua função e o que não está. Também seria indicado nessa fase, uma pesquisa sobre a existência de oxidação nas armaduras dos elementos que tiveram maior exposição ao ambiente agressivo, por exemplo a laje e vigas. Com essas informações, seria possível obter a massa específica, o carregamento local ou distribuído. A partir do momento que se tem as informações sobre os carregamentos e se sabe do estado de deterioração dos elementos, o reforço já poderia ser dimensionado.

Os autores concordam que ensaios a compressão, a flexão e a cisalhamento, seriam bons, pois trariam informações pertinentes para realizar um dimensionamento de uma estrutura suplementar, que apenas auxilie a resistência que a estrutura preexistente já não consegue. Mas considerando o custo e tempo que seriam empregados nesse processo, e considerando também que há detalhes sobre a estrutura que são desconhecidos, os autores não se sentiriam confortáveis dimensionando de forma próxima do limite, pois qualquer evento inesperado poderia comprometer a estrutura como um todo. Então, foi considerado gastar a mais com o material extra, para dimensionar o reforço estrutural mais forte que o necessário, considerando para efeito de cálculo que as vigas invertidas não apresentam resistência alguma, apenas a somam a carga do peso próprio no carregamento que a nova estrutura terá de resistir. Não gastaria com o os ensaios para obtenção de informações refinadas, devido ao baixo grau de complexidade da intervenção, e empregaria o valor no extra de materiais, no final o resultado do custo seria semelhante, mas teria uma estrutura nova mais resistente, a favor da segurança.

## **Proposta dos autores para o dimensionamento**

Os autores optariam pelo método de reforço com estrutura metálica, tanto pilar quanto viga, e a escolha seria pela praticidade, velocidade de execução, pequena área de ocupação pelo reforço, execução limpa e possibilidade de reuso do material.

Após as informações obtidas na investigação, os objetivos definidos e a escolha do método, o dimensionamento começaria, e contaria com o auxílio do *software* Metálicas 3D, Ftool e recomendações da norma NBR 8800 de 2008. Gerando um memorial de cálculo com o método.

Após dimensionamento e memorial de cálculo, seria feito um descritivo do projeto, contendo todas as informações coletadas e os detalhes dos projetos, a fim de simplificar a implementação e a manutenção posterior a ele. Dentro desse descritivo, seria colocado uma seção com foco na parte executiva, minimizando a chance de falhas de execução, por possuir uma referência apresentada em projeto.

## **Relato sobre a execução**

As primeiras atividades de fato, ocorreu antes de haver qualquer projeto, na verdade, foram essas atividades que possibilitaram a elaboração de um projeto, através das informações obtidas.

Nesta seção, será relatado os acontecimentos e passos sequenciais observados.

## **Confecção da fundação**

Entre as primeiras atividades, pode se destacar a escavação nas 8 regiões que iriam receber as sapatas. Como a parede do salão possui 25 cm de espessura, foi definido embutir parte do pilar na parede para não perder muita área útil no interior do salão, por isso parte da parede foi quebrada nessa fase, no formato do pilar, com o auxílio de marteletes.

Após a quebra e escavação, as armaduras da fundação formam montadas e colocadas no local de destino. Foram montadas as formas das sapatas e colocado as armaduras no local, após isso, foi feita a mistura do concreto no local, seguindo as proporções de 3:3:1, 3 partes de areia, 3 partes de brita e 1 parte de cimento. Não foram feitos corpos de prova.

## **Confecção dos pilares**

A armadura do pilar foi montada no local. A caixaria foi montada ao redor da armadura. Após 3 dias de concretar a fundação, foram concretar dos pilares.

O processo de concretagem não foi acompanhado, entretanto, sabe-se que não foram feitos corpos de provas, o traço de concreto utilizado é semelhante ao utilizado para concretagem das sapatas, segundo o encarregado pela execução. A concretagem dos pilares durou pouco mais de 7 dias, devido a um pequeno problema logístico.

Concretaram 2 pilares por vez, após passar 3 dias era realizada a desforma, e a forma era reaproveitada na concretagem dos próximos pilares. Após a retirada da forma dos dois primeiros pilares, foi feita a investigação na laje relatada anteriormente no item 4.2.2.4 desse trabalho. O engenheiro fez alterações no projeto para assegurar a efetividade do reforço estrutural.

Foram concretados os outros pilares, seguindo a descrição do projeto, entretanto, algumas informações não estavam detalhadas no projeto que foi apresentado, como o detalhamento e o cobrimento da armadura. Ao perguntar para o responsável pela

execução, ele disse que a cobertura foi estabelecida como 2 cm, a armadura do pilar é formada por 4 barras de aço de 8 mm, distribuídos nos cantos do pilar, já os estribos, são feitos com vergalhão com bitola de 4,2 mm e tem 25 cm de espaçamento entre si, segundo o responsável pela execução.

### **Instalação das vigas**

Após a desforma dos últimos pilares, as vigas de perfil metálico iriam ser colocadas sobre os pilares, mas quando os colaboradores tentaram pô-la, não conseguiram, e viram que havia uma diferença expressiva entre o espaço que havia no centro, com o espaço que havia nas extremidades. Nas extremidades, sobrava espaço para a viga, mas no centro do vão transversal ela não passava. Para solucionar isso, o responsável pela execução, não estando supervisionado, decidiu criar “valetas” na laje, de modo que a viga pudesse ser encaixada.

Após criarem profundidades na laje, por volta de 2 a 3 cm, para encaixar as vigas, elas foram colocadas no local e apoiadas nos pilares. Quando todas já estavam apoiadas, o soldador começou realizar a soldagem entre a viga que passaria no centro do salão, paralela ao maior vão, com as que estavam apoiadas nos pilares e perpendiculares ao eixo de maior vão.

Em uma visita, Aparecida Guimarães, tesoureira da igreja local, que estava tratando a parte financeira com os contratados, tirou algumas fotos do andamento, uma delas retrata a execução dessa etapa. Na imagem 19, vemos a última etapa da soldagem sendo realizada.

Figura 19 - Montagem das vigas.



Fonte: Autores, 2021.

Algumas semanas depois dessa foto, os responsáveis pela execução da obra concretaram a viga nessa mesma posição para conectar a viga ao pilar, e embolsaram todas as partes da laje que haviam sido danificadas. Após isso, começaram serviços relacionados ao acabamento, mas a entrega do trabalho se deu antes do término total da execução da obra. A imagem 26 demonstra a última etapa fotografada, antes da entrega do trabalho.

### **Observações sobre projeto, execução e resultados**

Nesta seção do trabalho serão levantados alguns tópicos que foram abordados anteriormente, mas com outro foco, pois até aqui o objetivo esteve em relatar os fatos ocorridos, agora o tomará um caminho direcionado para a observação e comparação dos fatos, segundo a visão dos autores, com fundamentos nas normas regulamentadoras e no conhecimento teórico abordado no capítulo 2 deste trabalho.

## Comparação entre objetivo desejado e objetivo obtido

O objetivo era trazer segurança, conforto e eficiência para os usuários.

No aspecto da segurança, o reforço trará uma sensação positiva para o usuário final, já a efetividade do reforço estrutural, foi seriamente comprometido por uma série de falhas durante os processos, desde a concepção do projeto, até a finalização da execução. Para precisar a função estrutural presente do reforço, os autores não se consideraram qualificados para tal e indicam a contratação de um perito. Entretanto, existem indícios de que esse reforço estrutural não irá impedir um aumento da deformação da laje, pois não há nenhum elemento que crie vínculo entre a laje com a nova estrutura, no momento, são dois elementos estruturais (laje e vigas) que estão apenas em contato entre si, não estão solidarizadas. E mesmo o contato que há entre os dois elementos, não possui uniformidade ao longo do comprimento da viga, o maior contato entre laje e viga se dá no centro, local de maior deformação da laje, e conforme vai caminhando para as extremidades, os elementos perdem completamente o contato, como pode ser visto na imagem 20.

Figura 4 - Distância entre vigas e laje.



Fonte: Autores, 2021.

Se fosse traçado um gráfico dos esforços distribuídos ao longo da viga, seria semelhante a uma carga distribuída triangular, onde o centro receberia as maiores solicitações. No fim, a visão dos autores sobre o reforço feito, é de algo paliativo, que irá apresentar uma aparência para quem utilizar o ambiente e até mesmo, alguma resistência ao processo de deformação da laje, mas que será necessária uma outra intervenção posteriormente, tanto para corrigir as patologias existentes, como o reforço estrutural executado. Tendo em vista as considerações, o quesito de segurança não foi totalmente atendido.

No aspecto de conforto, não foi atendido, pois não houve correção da deformação, as rachaduras foram apenas tapadas com emboço e massa corrida, para resolver a infiltração, foi aplicada manta acrílica flexível vulcanizada a frio (Tecryl-D3). As patologias foram tratadas de forma superficial, mas a causa continua presente.

No aspecto de eficiência, não foi atendido, pois além de não ter solucionado os problemas citados anteriormente, os pilares de concreto, tomaram área útil da construção.

### Pontos críticos

Os pontos que mais influenciaram para o projeto ter esse resultado, estão relacionados ao projeto e a execução.

## Projeto incompleto com considerações falhas

O projeto começou a ser desenvolvido, antes mesmo de haver obtido as informações fundamentais para seu desenvolvimento. Resultando na necessidade por adequação, conforme foi obtendo novas informações sobre a estrutura.

Além disso, o projeto também não contemplou as especificidades do caso, a maioria do projeto foi baseado em suposições.

O projeto apresentou de forma superficial os elementos constituintes, não apresentou o detalhamento.

Parte da execução falha, se deve a falha de direcionamento dado pelo projeto. Em alguns momentos percebia-se que os trabalhadores desorientados, gerando seu próprio direcionamento, baseado nos próprios conhecimentos e não no aconselhamento técnico contido no projeto.

### *Mão de obra não qualificada*

Apesar de apresentarem boa vontade e esforço, a mão de obra não possuía experiência com o reforço estrutural proposto, resultando em ações inadequadas e resultados não satisfatórios.

O principal erro da mão de obra, foi o de não buscar aconselhamento. Uma vez que não se domina o serviço, a atitude esperada pelo encarregado, era buscar auxílio e aconselhamento com o responsável técnico da obra, e não tentar fazer do próprio jeito.

## Pouca fiscalização

Fiscalização é fundamental, principalmente quando tem que responder pela responsabilidade técnica da intervenção. Essa necessidade se torna um pouco mais urgente quando a equipe de execução não é conhecida e a mão de obra não possui experiência na realização de um serviço onde erros podem comprometer sua efetividade.

Uma boa fiscalização, pode evitar erros, evitando que ele se propague e vire resultados indesejáveis e/ou alguma situação mais complexa.

## Ausência de escoramento e macaqueamento para correção da deflexão

O escoramento era o básico para a realização desse serviço, garantindo segurança para os trabalhadores e possibilitando um macaqueamento mais seguro.

O erro crítico do projeto foi não prever o macaqueamento da laje para zerar a deformação, e o erro crítico da execução, foi não ter macaqueado a laje para que as vigas pudessem ser encaixadas, ao invés disso, preferiram danificar a laje até a viga encaixar. O resultado pode ser visto nas imagens 21 e 22.

Figura 5 - Distância final entre as extremidades da viga e a laje.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 6 - Vigas sem contato com a laje.



Fonte: Autores, 2021.

### Ausência de solidariedade entre as estruturas novas e já existentes

Na figura 23, pode ser vista que a nova estrutura não está nem em contato com a laje, que dirá solidarizar resistência com ela. Além das falhas da ligação soldada.

### Não ter o cobrimento mínimo das armaduras do pilar

No momento em que os profissionais encarregados da execução montaram as formas e as armaduras, não colocaram espaçadores para garantir o cobrimento mínimo da armadura de aço. De acordo com a NBR 6118 de 2014, consultando a tabela 6.1, considerando as observações “a” e “b”, tem-se que o cobrimento mínimo para esses pilares é de 25 mm, por ser um pilar em ambiente urbano, mas estar localizado no interior seco da construção, como consta na tabela, demonstrada na figura 21.

Figura 23 - Classes de agressividade ambiental.

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
	I	Fraca	Rural Submersa
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup> Industrial <sup>a, b</sup>	Grande
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup> Respingos de maré	Elevado

<sup>a</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

<sup>b</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: Associação Brasileira de normas técnicas – ABNT NBR 6118, 2014.

## **Falha no processo de investigação da estrutura existente**

Esse erro certamente prejudicou tanto na concepção do projeto, quanto na execução, pois a ausência de conhecimento sobre o real estado da estrutura existente, impossibilitou um reforço estrutural ideal para a real necessidade da edificação em questão. Antes de propor uma solução, é preciso conhecer bem o problema.

Na forma em que foi feita, foi um projeto baseado em muitas suposições, mas em poucas evidências.

## **Proposta de solução sugerida pelos autores**

As ações que deveriam ser tomadas para possível correção da intervenção estrutural:

O primeiro passo para a correção da implementação do reforço estrutural, seria o escoramento de toda a estrutura, ação fundamental para esse caso, pois atuaria tanto na prevenção contra reações indesejadas da estrutura quando submetida aos esforços do macaqueamento, com finalidade de corrigir a deformação, como também, proporcionaria segurança aos trabalhadores no local, uma vez que se estão realizando um reforço estrutural na edificação, é porque ela apresenta alguma fragilidade e/ou perda de eficiência estrutural, criando um cenário de possível risco aos que estiverem trabalhando/transitando no local. Segurança deve ser uma das prioridades na execução desse serviço.

O segundo passo, seria a correção da deformação da laje, através do macaqueamento da estrutura deformada, até que sua flecha estivesse zerada. Importante alertar que o macaqueamento não poderia ocorrer de forma abrupta, mas realizando deslocamentos pequenos e sucessivos, respeitando um período de tempo, em que a estrutura deveria ser avaliada, caso houvesse alguma manifestação patológica estrutural, o procedimento deveria parar imediatamente e haver uma reavaliação no cenário.

O terceiro passo, conta com a suspensão da viga, após a laje já ter sido suspensa e a deformação corrigida, a fim de que a viga esteja em pleno contato com a laje, pois a área de contato entre a estrutura existente e os elementos de reforço estrutural, está diretamente ligada a efetividade do reforço.

O quarto passo, seria a solidarização das estruturas, para que ambas estejam interligadas e trabalhem em conjunto para suportar as solicitações. Caso contrário, sem essa união entre elementos, o resultado são duas estruturas independentes que suportam e propagam os esforços solicitados, tendo suas deformações de acordo com a característica do material que compõe o elemento, mas sem haver um trabalho em conjunto entre os elementos estruturais. Pinos de cisalhamento são uma opção para solidarizar as vigas na laje, apesar de ser laje nervurada pré-fabricada e não uma laje maciça de concreto armado, os pinos poderiam ser conectados nos locais onde houvesse contato entre o concreto da vigota da laje com a viga de perfil metálico, para de fato, haver solidarização entre esses elementos.

Não menos importante, o quinto passo, consiste em ligar a viga no pilar utilizando graute, a fim de conectá-las, solidarizando viga e pilar. Essa ligação ocorreria depois que a viga já estivesse conectada com a laje, e a laje já estivesse sem a deformação inicial, motivadora da implementação da intervenção de reforço estrutural.

Esses cinco passos, visam modificar os resultados obtidos, para alcançar o resultado desejado.

## CONCLUSÃO

Este trabalho realizou uma revisão bibliográfica contendo temas relacionados a estruturas de concreto armado e aço, patologia, reforço e reabilitação estrutural.

Foi realizado também, um estudo de caso sobre implementação de um reforço estrutural, com elementos mistos de concreto armado e perfil metálico, a fim de reabilitar uma estrutura antiga, e poder desempenhar novamente sua função, um salão de eventos e atividades sociais. A intenção inicial do trabalho era propor um dimensionamento para solução da deformação excessiva da laje, entretanto, o objetivo mudou por não haver informações o suficiente para realizar um dimensionamento.

A partir do momento que uma equipe foi contratada para executar o reforço, e o projeto foi feito por um engenheiro, o novo objetivo passou a ser relatar o projeto, a execução e os resultados. Mediante esses três relatos, haveria uma relação entre causa e efeito, caso houvesse algum resultado indesejado, de forma nenhuma para criticar o trabalho de algum profissional, mas com o objetivo de gerar aprendizado e lições preciosas para a vivência profissional.

O projeto, a execução e os resultados foram abordados no desenvolvimento desse trabalho, e as lições aprendidas foram:

Informações confiáveis sobre a real situação da estrutura são indispensáveis, pois elas fundamentarão todo o projeto e impactarão significativamente a execução de uma intervenção estrutural.

O projeto deve ser baseado em informações e não em especulações. O risco de realizar um projeto que não é efetivo, aumenta a medida em que as informações fogem da realidade e partem para o campo imaginário.

O projeto deve detalhar o objetivo e as atividades pretendidas para alcançá-lo. Dessa forma, erros de interpretação e falta de direcionamento na parte executiva serão evitados.

O projeto deverá conter os elementos críticos evidenciados, aqueles que precisam ser bem executados, para alcançar os objetivos propostos.

A equipe de execução, preferivelmente, deve ter experiência no serviço que será executado, assim a chance de erro é consideravelmente reduzida.

A equipe de execução deve ser supervisionada sempre que um serviço importante for executado, a fim de minimizar a chance de erros.

Saber o que não fazer, é tão importante quanto saber o que fazer.

Sugestão de temas para trabalhos futuros, com relação ao conteúdo visto nesse estudo:

- Análise de estruturas - ensaios de compressão, flexão e cisalhamento;
- Processo de recuperação estrutural de vigas invertidas;
- Suspensão de elementos estruturais por meio de macaco hidráulico – principais cuidados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADORNO, F.V. DIAS, F.O. SILVEIRA, J.C.O. 2015. **Recuperação e reforço de vigas de concreto armado**. 70p. Monografia (graduação). Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2015.

ANDRADE, Sebastião. VELLASCO, Pedro. **Comportamento e projeto de estruturas de aço**. 1ª. ed. - Rio de Janeiro: Puc Rio, 2016.

ANDRINI, Douglas *et al.* **Teoria das estruturas**. Porto Alegre: SAGAH, 2018

ANDRINI, Douglas Edmundo. **Resistencia dos materiais aplicada**. Porto Alegre: SAGAH, 2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: **Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão da manutenção**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: **Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7480: **Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificações**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800. **Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14037. **Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações –Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931. **Execução de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1. **Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-2. **Edificações habitacionais — Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15696. **Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos**. Rio de Janeiro, 2009.

BASTOS, P. **Flexão Composta E Pilares De Concreto Armado**. 184 f. Apostila do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia, da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Bauru/SP, Versão de Setembro de 2020. Disponível em: <[https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/pag\\_concreto2.htm](https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/pag_concreto2.htm)>. Acesso em: 15 Abril. 2021.

BASTOS, P. **Fundamentos do Concreto Armado**. 89 f. Apostila do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia, da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Bauru/SP, Abril de 2019. Disponível em: <[https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/pag\\_concreto1.htm](https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/pag_concreto1.htm)>. Acesso em: 15 Abril. 2021.

BECK, André T. **Confiabilidade e Segurança das Estruturas**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

BOLINA, Fabricio L.; TUTIKIAN, Bernardo F.; HELENE, Paulo R. L. **Patologia de Estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

BOTELHO, Manuel Henrique Campos, MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto Armado Eu Te Amo: volume 1**. 5ª. ed. São Paulo: Blucher, 2008.

BRONZE, R. A. **Estudo comparativo: Uso do sistema de fibras de carbono e sistema convencional para reforço de estruturas de concreto**. 93 f. Monografia (Graduação de Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro 2016. Disponível em: <<http://repositório.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10017651.pdf>>. Acesso em: 15 de Março. 2021.

CAVALCANTE, O. R. O. **Estudo de conectores de cisalhamento do tipo 'V' em viga mista**. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.TD – 006/10, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, DF, p. 192. 2010.

CLÍMACO, João Carlos Teatini de Souza. **Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; Brasília, DF: Ed. UnB, 2016.

FAKURY, Ricardo h.; SILVA, Ana Lydia R. Castro; CALDAS, Rodrigo B. **Dimensionamento de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

FUSCO, Péricles Brasiliense. MINORU, Onishi. **Introdução à engenharia de estruturas de concreto**. São Paulo: Cengage, 2017.

GARRISON, Philip. **Fundamentos de estruturas**. 3ª. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

GHEDINI, L. B. **Desenvolvimento de aplicativo em vba para dimensionamento e verificação de vigas mistas de aço e concreto de alma cheia**. 97 f. Monografia. Universidade de Brasília. Brasília/DF, 2017. Disponível em: <[https://bdm.unb.br/bitstream/10483/20479/1/2017\\_LucasBorchardtGhedini\\_tcc.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/20479/1/2017_LucasBorchardtGhedini_tcc.pdf)>. Acesso em: 09 de Abril de 2021.

KUSZKOWSKI, H. **Tomada de decisão entre sistemas de reforço de estruturas em concreto armado: uma aplicação do método analytic hierarchy process (ahp)**. 2017. 113 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

LEET, Kenneth M; UANG, Chia-Ming; GILBERT, Anne M. **Fundamentos da análise estrutural**. 3ª. ed. Porto Alegre: AMGH, 2009.

MARIANO, J. R. **Recuperação estrutural com ênfase no método da protensão externa**. 50 f. Monografia apresentada no Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte, Agosto de 2015.

MOLINA, Anderson Rincon. **Patologia da construção: conceitos básicos**. Publicação independente na plataforma do *Kindle*, 2021.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do concreto**. 5ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

PARIZOTTO, Liana. **Concreto armado**. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

PASSOS, Karoliny A. **Projeto de reforço estrutural para igreja do cachambi**. Rio de Janeiro, 2021.

PFEIL, Walter. PFEIL, Michèle. **Estruturas de aço: dimensionamento prático de acordo com a NBR 8800:2008**. 8ª.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca. **Estruturas metálicas: cálculos, detalhes, exercícios e projetos**. 2ª. Ed. São Paulo: Blucher, 2005.

PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança. CRIVELARO, Marcos. **Materiais de construção**. 2ª. ed. São Paulo: Érica, 2016.

PINHEIRO, Antônio Carlos da Fonseca Bragança; CRIVELARO, Marcos. **Fundamentos de resistência dos materiais**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

ROLIM, ANTONIO C. **Estruturas de Concreto Armado para Edificações: com roteiros práticos para o dimensionamento dos elementos estruturais**. 1ª. ed. São Paulo: Acrolim; 2020.

SALGADO, Júlio César Pereira. **Estruturas na construção civil**. 1ª. ed. São Paulo: Érica, 2014.

SALGADO, Júlio César Pereira. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. 4ª. ed. São Paulo: Érica, 2018.

SERAFIM, Jorge Augusto. **Pilares mistos de aço e concreto parcialmente revestidos: comportamento isolado, aplicação em galpões industriais e comparativos com pilares de sistemas estruturais usuais**. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, p. 118. 2013.

SILVER, Pete. MCLEAN, Will. EVANS, Peter. **Sistemas estruturais**. São Paulo: Blucher, 2013.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira. RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

SOUZA, D. A. D. **Estruturas Mistas de Aço e Concreto**. Gerdau aços Brasil. 56º Congresso Brasileiro do Concreto, Natal, outubro 2014. <[http://www.ibracon.org.br/eventos/56cbc/Djaniro\\_Alvaro.pdf](http://www.ibracon.org.br/eventos/56cbc/Djaniro_Alvaro.pdf)>. Acesso em: 15 de Abril. 2021.

TEOBALDO, I. N. C. **Estudo do aço como objeto de reforço estrutural em edificações antigas**. 148 f. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, Abril de 2004. Disponível em: <<http://pos.dees.ufmg.br/defesas/179M.PDF>>. Acesso em: 17 de Março. 2021.

VELLASCO *et al.* **Modelagem de Estruturas de Aço e Mistas**. 1ª. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

WEIMER, Bianca Funk; THOMAS, Mauricio; DRESCH, Fernanda. **Patologia das estruturas**. Porto Alegre: Sagah, 2018.

ZUCCHI, F. L. **Técnicas para o reforço de elementos estruturais**. 50 f. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Santa Maria. Rio grande do Sul, 2015. Disponível em: <[http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2\\_2015/TCC\\_FERNANDO%20LUIZ%20ZUCCHI.pdf](http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_FERNANDO%20LUIZ%20ZUCCHI.pdf)>. Acesso em: 15 de Março. 2021.

**Felipe Cardoso de Luna**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Fabricio Barbosa Freitas**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

A construção civil é responsável por grande parte dos impactos ambientais devido aos processos utilizados para construção. Diante das mudanças climáticas e aquecimento global, passou-se a dar mais atenção ao crescente aumento do consumo e no custo dos recursos naturais como energia, água, madeira e minérios. Como contribuição ao assunto, este trabalho vem apresentar um estudo de caso, que irá observar alternativas utilizadas no setor da construção civil relacionadas aos sistemas sustentáveis de construção, com o objetivo de minimizar o impacto ambiental durante as novas construções, principalmente na conservação dos recursos naturais. Será exposto que, para um canteiro de obras sustentável, de baixo consumo de recursos naturais, é preciso garantir uma produção eficiente desde sua construção, na escolha dos materiais e concepção do canteiro de obras, aliados à preservação ambiental e ao consumo responsável de recursos naturais. Assim busca-se com esse tema, apresentar informações que possam ser debatidas, a fim de contribuir para melhores desempenhos durante o processo de construção em busca de um processo produtivo mais sustentável.

**Palavras-chave:** Construção civil; impacto ambiental; sustentabilidade; recursos naturais; canteiro de obras; eficiência.

## INTRODUÇÃO

A construção civil, em seu conjunto de processos e atividades, é um dos setores que possui os mais elevados índices de impacto ambiental e social no mundo (Souza et al, 2004), por tal razão, vêm-se pensando cada vez mais na adequação dos empreendimentos para que atinjam a melhor integração possível com o meio no qual estão inseridos. A partir deste pensamento surge o conceito de sustentabilidade na construção, visando otimizar as quatro principais etapas de uma edificação: o projeto, a execução, o uso e a manutenção.

Uma das maneiras de minimizar os impactos causados pela construção civil ao meio ambiente é a utilização de métodos e materiais sustentáveis nas obras, o que acarreta a diminuição de resíduos durante a execução e após a conclusão da mesma.

A busca pela redução do consumo e utilização consciente dos recursos naturais devem ser focadas nos projetos, a fim de se tornarem mais eficientes desde o início.

A prática sustentável na construção civil está crescendo, com isso, é possível ver cada vez mais obras executadas e planejadas visando a sustentabilidade: contribuindo com uma menor geração de resíduos durante sua execução; permitindo que a edificação tenha um bom desempenho; equilibrando o volume necessário de água e energia; preservando o máximo possível de área verde.

O canteiro de obras, local onde as atividades de execução de um projeto são realizadas, e o armazenamento e descarte dos materiais acontecem, é um dos grandes contribuintes para os impactos negativos ao meio ambiente. Assim, esse estudo apresenta as ações sustentáveis implantadas em um canteiro de obras que visa a redução do consumo de materiais de origem natural e industrial, assim como energia e água.

Segundo Gehlen (2009 p. 3) canteiro de obras é onde as pessoas e instalações (recursos transformadores) processam a matéria-prima (recursos a serem transformados) em bens e serviços (produtos). Porém, esse processo de transformação gera impactos ambientais, sociais e educacionais.

Também na execução das obras de construção civil vários impactos são provocados, como os consequentes da perda de materiais, os referentes à interferência no entorno da obra e nos meios biótico, físico e antrópico do local da edificação (Cardoso; Araújo, 2004). Segundo a Seplan (2007), nesta fase é possível observar que o ar é afetado pelas partículas em suspensão, pelos ruídos e gases emitidos por máquinas, veículos e equipamentos; o solo e subsolo são atingidos pela retirada de vegetação, cortes e escavações do terreno, aterros e terraplanagem; e as águas são contaminadas pelo lixo, dejetos humanos e petróleo utilizado na operação de máquinas.

A escolha deste tema consiste em abordar a importância de os canteiros de obras terem medidas sustentáveis e, até eficientes a fim de diminuir cada vez mais os impactos causados pela construção civil ao meio ambiente, sem que isso prejudique a qualidade da obra.

O tema proposto contribuirá positivamente para o conhecimento sobre sustentabilidade aplicada em canteiros de obras, reunindo estudos existentes e promovendo oportunidades de inovações tecnológicas para o setor.

Todo e qualquer empreendimento causa impactos ambientais durante as diversas fases de sua vida (realização, uso e operação, modificação ou demolição) por consumirem recursos, por seus efluentes ou por resíduos.

Deve-se lembrar que alguns dos materiais que são extraídos da natureza e utilizados na construção civil já estão escassos devido ao grande consumo, e a melhor maneira de combater a sua falta é, além da preservação, a utilização de métodos sustentáveis principalmente no canteiro de obras, diminuindo o desperdício de materiais gerado na etapa de construção da obra (GEHLEN, 2008, p. 43).

Com a escassez os produtos tendem a ficar cada vez mais caros, o que acrescenta mais uma razão pela qual devemos buscar utilizar os recursos de forma racional ou recursos alternativos, mas garantindo a mesma qualidade. Assim como utilizar métodos de produção enxuta, entre outras possibilidades, de modo a impactar menos no ambiente e garantir os recursos que hoje nos são disponíveis também os sejam para as gerações futuras.

Atualmente, a população vem sendo conscientizada a “reduzir, reciclar e reutilizar”, porém ainda existe um longo caminho pela frente antes de atingir o que se entende por sustentabilidade. O consumo de recursos naturais ainda é considerado muito elevado, no sentido que muito desses recursos são finitos.

Em se tratando de uma construção civil, já é amplamente debatido o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), porém pouco se fala em canteiro de obras sustentáveis.

A resolução Conama 307/02 estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil; classifica os resíduos da construção civil; estabelece que os geradores devam ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e em sequência a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final; determina que o instrumento para a gestão dos resíduos da construção civil, o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, seja elaborado pelos municípios e pelo Distrito Federal e este plano deve conter diretrizes, técnicas e procedimentos para o Programa de Gerenciamento e Projetos de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), e define formas de disposição dos resíduos segundo sua classificação.

Dentro do processo de construção civil, o canteiro de obras possui o maior impacto ambiental negativo, sendo assim é necessário implantar medidas sustentáveis para minimizar esses efeitos. Dessa forma, a implantação de medidas sustentáveis no canteiro de obras se torna um grande aliado na luta contra a degradação ambiental, buscando diminuir os desperdícios, aumentando o reaproveitamento de recursos naturais e, até mesmo, gerando recursos e se tornando eficiente, colaborando assim com a sociedade no âmbito sustentável.

Assim, para solucionarmos o problema levantado, o estudo propõe apresentar medidas tecnológicas para implantação de canteiros de obras para atingir a sustentabilidade, e mostrar através de um estudo de cenário, que com a associação de tecnologias de tratamentos, reutilização e geração, devidamente aplicadas, podemos ter resultados favoráveis ao empreendimento.

O trabalho em referência será de caráter investigativo, feito através de pesquisa em estudos disponíveis sobre o assunto. A revisão bibliográfica inicial apresentada nesse pré-projeto é de origem acadêmica, presente em livros, em materiais didáticos de aulas EAD da Universidade Estácio de Sá e em revistas eletrônicas disponíveis em plataformas online de sites de maior relevância acadêmica.

A motivação para realizar o trabalho, explorando os impactos ambientais gerados por canteiro de obras, com a exposição de intervenções para minimizar tal efeito, integrando conceitos de construções sustentáveis, surgiu após a experiência profissional em execução de obras e gerenciamento das atividades de canteiro. O método utilizado foi um estudo de caso de um canteiro de obras de uma construção de um edifício residencial contendo 2 blocos com 7 pavimentos, situado na cidade do Rio de Janeiro, gerando um comparativo de soluções eficientes para canteiros de obras sustentáveis.

O objetivo geral deste estudo é o de apresentar soluções sustentáveis que contribuam para o melhor desempenho de canteiros de obras, no consumo de recursos naturais e reaproveitamento de resíduos.

Especificamente, conceituar o tema de sistemas sustentáveis que podem ser aplicados a canteiros de obras na construção civil e identificar as alternativas mais adequadas para a aplicação em canteiros.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

Os impactos gerados por uma obra estão presentes desde a fase de serviços preliminares como a supressão vegetal, que no movimento da terra que gera material particulado, na instalação das fundações que geram vibrações que afetam os vizinhos e o próprio colaborador, até a sua fase final, podendo provocar na vizinhança algum impacto visual. Dessa forma, o processo de reduzir, reutilizar e reciclar (3R's) deve permear todas as fases do empreendimento, e todos os serviços executados, contribuindo assim para minimizar os impactos ambientais negativos de qualquer natureza.

O tema "sustentabilidade" já é essencial em qualquer atividade, e o setor da construção civil também não deveria ficar de fora. Hoje, os consumidores estão mais

exigentes, principalmente porque empreendimentos sustentáveis podem significar redução de despesas básicas como água e energia. Por outro lado, os empreendedores veem, além da possibilidade de terem seus empreendimentos ecologicamente corretos, a possibilidade de agregar valor às suas construções por utilizarem tecnologias sustentáveis.

Vale destacar a Lei 10.257, de 10 de julho de 2001, denominada Estatuto da Cidade, que estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.

Essa política urbana tem como objetivos a garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações, assim como planejamento e desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente, além da ordenação e controle do uso do solo de forma a evitar poluição e degradação ambiental e a adoção de padrões de produção e consumo de bens e 13 serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência.

Dentre os instrumentos da política urbana encontram-se o estudo prévio de impacto ambiental (EIA) e estudo prévio de impacto de vizinhança (EIV). A lei municipal definirá os empreendimentos e atividades privados ou públicos em área urbana que dependerão de elaboração de estudo prévio de impacto de vizinhança (EIV) para obter as licenças ou autorizações de construção, ampliação ou funcionamento a cargo do Poder Público municipal. O EIV será executado de forma a contemplar os efeitos positivos e negativos do empreendimento ou atividade quanto à qualidade de vida da população residente na área e suas proximidades, incluindo a análise, no mínimo, das seguintes questões: adensamento populacional; equipamentos urbanos e comunitários; uso e ocupação do solo; valorização imobiliária; geração de tráfego e demanda por transporte público; ventilação e iluminação; paisagem urbana e patrimônio natural e cultural.

## Conceito do canteiro de obras

De acordo com a NR 18 (atualizada em 2020), canteiro de obras é uma área de trabalho fixa e temporária, onde se desenvolvem as operações de apoio e execução de uma obra, ou seja, é um conjunto de áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em: áreas operacionais e áreas de vivência.

O processo de planejamento do canteiro de obras visa à obtenção da melhor utilização do espaço físico disponível, de forma a possibilitar a boa interação entre homens e máquinas no mesmo espaço, trabalhando em segurança e com eficiência, principalmente, nas movimentações de componentes, materiais e mão de obra.

## Tipologia de Canteiros de obras

Os canteiros de obra podem ser classificados em três tipos: restritos, amplos e longos e estreitos, (ILLINGWORTH, 1993) (Quadro 1).

Quadro 1 – Tipologia de canteiros de obras

Tipologia	Descrição
Restrito	A construção ocupa uma grande parte do terreno ou a totalidade do mesmo;

	Possui acessos restritos.
<b>Amplio</b>	A construção ocupa uma pequena parte do terreno. Possui acesso de forma fácil para veículos e espaço para áreas operacionais e áreas de vivência.
<b>Longo e estreito</b>	Possui acesso restrito em apenas uma das dimensões. Possui acesso em poucos pontos do canteiro.

Fonte: Adaptado de Illingworth, 1993.

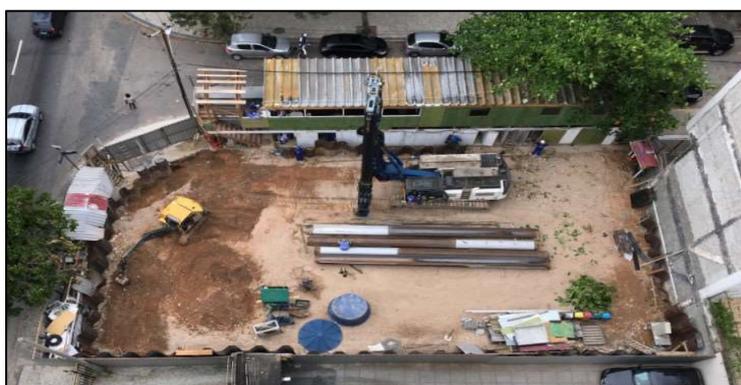
## Canteiros de obras, tipo Restrito

Os canteiros de obras do tipo restritos são encontrados com mais frequência nos grandes centros das cidades ou onde o custo por área construída é mais elevado. As edificações, geralmente, costumam ter o formato retangular e ocupam o terreno total, na tentativa de maximizar o lucro (Figura 1).

Caracteriza-se principalmente pela delimitação de uma área cercada por tapumes ou muros, com um portão que dá acesso ao local. A obra se realiza dentro do limite do canteiro e, por ser uma região restrita, o planejamento da logística é fundamental para não tumultuar a área de produção.

Dois regras fundamentais que sempre devem ser seguidas no planejamento de canteiros restritos: a primeira é a de sempre atacar primeiro a fronteira mais difícil, essa regra tem como principal objetivo evitar que se tenha de fazer serviços nas divisas nas fases posteriores da execução, quando a construção de outras partes da edificação dificulta o acesso a este local, os motivos que podem determinar a criticalidade de uma divisa são vários, tais como a existência de um muro de arrimo, vegetação de grande porte ou um desnível acentuado, a segunda regra é a de criar espaços utilizáveis no nível do térreo tão cedo quanto possível, essa regra aplica-se especialmente a obras nas quais o subsolo ocupa quase a totalidade do terreno, dificultando, na fase inicial da construção, a existência de um layout permanente. Exige-se, assim, a conclusão, tão cedo quanto possível, de espaços utilizáveis ao nível do térreo, os quais possam ser aproveitados para locação de instalações provisórias e de armazenamento, com a finalidade de facilitar os acessos de veículos e pessoas, além de propiciar um caráter de longo prazo de existência para as referidas instalações, conforme destaca (ILLINGWORTH,1993).

Figura 2 – Canteiro de obra Condomínio Borges 3647



Fonte: Construtora Performance, 2018.

A figura 2 apresenta a vista externa do referido canteiro de obras onde foi necessário, devido ao restrito canteiro de obras, realizar um avanço sobre a calçada para abrigar as áreas de vivência e áreas de apoio.

Figura 2 – Canteiro de obra Condomínio Borges 3647



Fonte: Construtora Performance, 2018.

### Canteiros de obras, tipo Amplo

São aqueles em que a edificação ocupa uma pequena parte do terreno completo, contribuindo com espaços significantes para o fluxo de materiais e pessoas, disponibilização de áreas para estocagem e recebimento (Figura 3).

Em geral, esses canteiros apresentam grandes máquinas e, durante vários momentos, há a necessidade de interagir com outras pessoas e entidades que não participam diretamente da obra, como prefeituras, polícia e cidadãos comuns.

Figura 3 – Canteiro de obra Parque Olímpico - Rio de Janeiro



Fonte: Google Maps, 2014.

A figura 4 exemplifica um canteiro de obras do tipo amplo onde a construção ocupa uma pequena parte do terreno.

Figura 4 – Canteiro de obra Estádio Nilton Santos - Rio de Janeiro



Fonte: Google Maps, 2005.

## Canteiros de obras, tipo Longo e estreito

Possuem poucas vias de acesso ao canteiro, impossibilitando o fluxo ideal de materiais e trabalhadores necessários no decorrer da execução da obra. A diferenciação ocorre na complexidade da organização física, pois a movimentação no canteiro é mais difícil e as distâncias de percursos ficam maiores (Figura 5).

Figura 5 – Canteiro de obra duplicação BR-364 – Mato Grosso



Fonte: Google Maps, 2020.

## Instalações provisórias: áreas operacionais e áreas de vivência

De acordo com a definição da NR-18 (2020), as áreas de vivência (refeitório, vestiário, área de lazer, alojamentos e banheiros) são áreas destinadas a suprir as necessidades básicas humanas de alimentação, higiene, descanso, lazer e convivência, devendo ficar fisicamente separadas das áreas laborais. Esta norma também exige, tendo em vista as condições de higiene e salubridade, que estas áreas não sejam localizadas em subsolos ou porões de edificações.

Já as áreas de apoio (almoxarifado, escritório, guarita ou portaria e plantão de vendas) compreendem aquelas instalações que desempenham funções de apoio à produção, abrigando funcionário(s) durante a maior parte ou durante todo o período da jornada diária de trabalho, ao contrário do que ocorre nas áreas de vivência, as quais só são ocupadas em horários específicos (Quadros 2 e 3).

Quadro 2 – Particularidades da área de apoio

Área de apoio	
Portaria	Normalmente é junto à porta de acesso do pessoal, suficientemente ampla para manter um estoque de EPI, a ser fornecido aos visitantes, e deve ser localizada de modo que o vigia possa controlar os acessos da obra. O encarregado da portaria deve: anotar o nome e a identidade dos visitantes; não permitir a entrada de visitantes sem os EPIs determinados pelas normas da empresa; consultar a administração ou gerência da obra, para autorização do acesso aos visitantes.
	Compõe-se, geralmente, de dependências para os seguintes elementos da administração da obra:

Escritório	engenheiros, estagiários e técnicos, mestre de obras, auxiliares de escritório, segurança do trabalho, ambulatório, sanitários e encarregados. É comum prever-se uma sala de reuniões, e é aconselhável os escritórios do engenheiro e mestre de obras terem visão para o canteiro de obras. Além disso, um auxiliar de escritório deve ficar com uma relação de telefones de emergência.
Almoxarifado	Deve ficar separado dos escritórios, mas perto. Deve ser mantido limpo e arrumado, próximo das entradas e localizado de modo a permitir uma fácil distribuição dos materiais pelo canteiro.
Depósito	São locais destinados a estocagem de materiais volumosos ou de uso corrente. Podem ser a céu aberto ou cercados, para possibilitar o controle. Por exemplo, é necessário saber se a argamassa e o concreto serão feitos na obra ou se serão industrializados para providenciar local de armazenamento.
Central de argamassa	Deve ser localizada nas proximidades do estoque de areia e também perto do equipamento para transporte vertical, de preferência em local coberto (para viabilizar trabalho mesmo com chuva). Além disso, deve-se tomar cuidado com interferências com outros fluxos de material; o número de betoneiras será definido em função da demanda da obra por argamassas (mesmo que a obra só demande uma, é conveniente ter uma menor para caso de emergência); e deve-se prever tablado para estoque dos sacos de aglomerante necessários para o dia de trabalho.
Central de armação	Está associada ao processamento do aço (corte/dobra/pré-montagem) e deve ser localizada nas proximidades do estoque de aço e facilmente acessível quanto ao transporte vertical.

Fonte: Adaptado de NR-18 / NBR-12.284/91 / NBR-1367.

Quadro 3 – Particularidades da área de vivência

Área de vivência	
Vestiário	Todo canteiro de obras deve possuir vestiário para troca de roupa dos trabalhadores que não residam no local. Os vestiários devem ser equipados com armários individuais dotados de fechadura ou dispositivo com cadeado e bancos, com largura mínima de 30cm.
Instalações sanitárias	Devem estar em locais de fácil e seguro acesso e no máximo a 150m de distância do posto de trabalho, ter portas de acesso que impeçam o seu devassamento e ser construídas de modo a manter o resguardo conveniente. Além disso, deve ser previsto: um conjunto composto de lavatório, vaso sanitário e mictório, para cada grupo de 20 trabalhadores ou fração; e um chuveiro, para cada grupo de 10 trabalhadores ou fração. Outras particularidades da área necessária para as instalações sanitárias que devem levar em consideração o número máximo de trabalhadores na obra: vaso sanitário: 1,00 m; chuveiro: 0,80 m; lavatório, espaçamento: 0,60 m; mictório, espaçamento: 0,60 m.
Alojamentos	Devem ser planejados pé-direito de: 2,50m para cama simples; e 3,00m para beliches, mas sua instalação em subsolo ou porão é proibida. A área mínima de 3,00 m por módulo cama/armário, incluindo a circulação, com, no máximo, duas camas na vertical (beliche).
Refeitórios	Devem garantir o atendimento de todos os trabalhadores no horário das refeições, com assentos em número suficiente para atender aos usuários e lavatório instalado em suas proximidades ou no seu interior. Independentemente do número de trabalhadores e da

	<p>existência ou não da cozinha, deve haver local exclusivo para o aquecimento das refeições.</p> <p>O refeitório não pode estar situado em subsolos ou porões, nem ter comunicação direta com as instalações sanitárias.</p> <p>Além disso, o pé-direito deve ter no mínimo 2,80m (conforme o código de obras do município da obra).</p>
Cozinha	<p>Deve possuir pia para lavar os alimentos e utensílios, instalações sanitárias de uso exclusivo dos encarregados de manipular gêneros alimentícios, refeições e utensílios (que não se comuniquem diretamente com a cozinha), e equipamentos de refrigeração para preservação dos alimentos.</p>
Recreação	<p>Devem ser previstos locais para recreação dos trabalhadores alojados e o local de refeições pode ser usado para este fim.</p>
Ambulatório	<p>Frentes de trabalho com 50 ou mais trabalhadores devem ter um ambulatório. Deve haver o material necessário à prestação de primeiros socorros, conforme as características da atividade desenvolvida. Este material deve ser mantido guardado e aos cuidados de pessoa treinada para esse fim.</p>

Fonte: Adaptado de NR-18 / NBR-12.284/91 / NBR-1367.

## Certificações voltadas para avaliação da Sustentabilidade

As certificações ambientais para a construção civil são cada vez mais procuradas por empreendedores. Isso se deve aos benefícios ao meio ambiente, o empreendedor e também as pessoas que irão usufruir da estrutura construída.

Os selos mais usados no Brasil atualmente são o LEED (Leadership & Energy Environmental Design), fornecido pelo Green Building Council (GBC) e o AQUA (Alta Qualidade Ambiental), disponibilizado pela Fundação Vanzolini. A diferença entre os dois selos é que o LEED é um selo americano adaptado a realidade brasileira. Já o selo AQUA tem origem francesa do selo HQE, foi criado para atender as características das construções brasileiras como a realidade social, econômica, condições climáticas entre outras.

### LEED – Leadership in Energy & Environmental Design

LEED, ou Liderança em Energia e Design Ambiental é um sistema de certificação de construção verde conhecido internacionalmente. Foi criado em março de 2000 pela U.S. Green Building Council (USGBC). Sendo o mais aplicado no Brasil.

O LEED aborda as seguintes categorias: Sítios sustentáveis; eficiência da água; energia e atmosfera; materiais e recursos; qualidade ambiental em interiores; ligações locais; conscientização e educação; inovação em design; prioridade regional.

A metodologia é avaliada através de soma de pontos, com um máximo de 110, sendo 100 pontos básicos e um adicional de 10 pontos, sendo que 6 para Inovação e Design e 4 para Prioridade Regional. Existem 4 níveis de classificação: o nível mínimo de certificação certified (40 - 49 pontos), o nível máximo platinum (maior ou igual a 80 pontos), e dois níveis intermediários prata (50 - 59 pontos), e ouro (60 - 79 pontos).

“Duas exigências são feitas referentes ao canteiro de obras: controle de erosão e de assoreamento e gestão dos resíduos do canteiro”. A primeira é obrigatória e não acrescenta pontos, enquanto a segunda pode render até dois pontos, ou seja, 3% do total possível.

A exigência “Controle de erosão e assoreamento” tem por objetivo o monitoramento da erosão, visando à redução dos possíveis impactos negativos na qualidade da água e do

ar. É necessária a elaboração de um “plano do controle de assoreamento e de erosão” específico para cada obra, de modo a prevenir a perda do solo durante a construção por águas de chuvas ou erosões, assim como evitar a poluição do ar pela poeira ou material particulado.

Com relação à gestão dos resíduos do canteiro, o objetivo é direcionar os resíduos de construção e demolição e a terra escavada para outros destinos que não a 15 disposição em aterros; os recursos recuperados recicláveis de volta para os responsáveis pela sua produção industrial (logística reversa); os materiais reutilizáveis para as destinações apropriadas. Exige-se o desenvolvimento e a implantação de um plano de gestão dos resíduos do canteiro. (Araújo, 2009, pg.203).

## AQUA - HQE – Alta Qualidade Ambiental

O processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental) é um processo de gestão do projeto visando obter a qualidade ambiental de um empreendimento de construção ou de reabilitação. Tem origem na França com a certificação (Dérache HQE), mas foi adaptado para atender à realidade do Brasil (Processo AQUA-HQE).

A certificadora no Brasil é a Fundação Vanzolini que foi formada e é mantida por professores de Engenharia de Produção (Escola Politécnica/USP) em 1967. Desde 2008 certifica Sistema de Gestão (Qualidade, Meio Ambiente, Segurança e Saúde Ocupacional, Responsabilidade Social) e produtos da Construção Civil.

A Fundação Vanzolini é o único membro pleno Brasileiro da IQNet (responsável por mais de 1/3 do mercado de certificação de Sistemas de Gestão do mundo). Em 2008 foi membro fundador da SBAlliance, rede internacional de Sustentabilidade, tendo assento no seu Conselho de Administração. Além de manter convênio de cooperação técnica para a construção sustentável com o CSTB/ Certivéa e QUALITEL/CERQUAL da França desde 2007.

A avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício é feita para cada uma das 14 categorias de preocupação ambiental e as classifica nos níveis Base, Boas práticas ou melhores praticas.

Para um empreendimento ser certificado AQUA-HQE, o empreendedor deve alcançar no mínimo um perfil de desempenho com 3 categorias no nível Melhores práticas, 4 categorias no nível Boas práticas e 7 categorias no nível Base (Figura 6).

Figura 6 – Perfil mínimo de desempenho para certificação

### **Perfil Mínimo de desempenho para certificação**



**Base (B):** Prática corrente ou regulamentar

**Boas Práticas (BP):** Boas Práticas

**Melhores Práticas (MP):** Desempenho calibrado conforme o desempenho máximo constatado recentemente nas operações de Alta Qualidade Ambiental.

Fonte: Fundação Vanzolini, 2021.

Dentre as diversas categorias de preocupações ambientais o AQUA apresenta a categoria 3 “Canteiro de Obra com Baixo Impacto Ambiental” é subdividido em 6 categorias: Disposições básicas para obtenção de um canteiro de obras com baixo impacto ambiental; limitação dos incômodos; limitação dos riscos de poluição podendo afetar o terreno, os trabalhadores e a vizinhança; gestão dos resíduos do canteiro de obras; controle dos recursos água e energia; balanço do canteiro de obras.

Quanto às “Disposições básicas para obtenção de um canteiro de obras com baixo impacto ambiental” é definida pelo o empreendedor as condições exigidas para contratação de empresas que trabalham no canteiro de obras, além da designação de um profissional para fornecer informações ambientais relativos aos canteiros de obras.

Em relação a “Limitação dos incômodos” as exigências englobam vias de circulação, vagas para veículos, estacionamentos e entregas, limpeza do entorno do canteiro de obras, informação à vizinhança e tratamento de eventuais reclamações e incômodos sonoros.

Quanto a “Limitação dos riscos de poluição podendo afetar o terreno, os trabalhadores e a vizinhança” relatam o respeito à legislação e aos regulamentos, e as preocupações com produtos perigosos.

Já quanto a “Gestão dos resíduos do canteiro de obras” concerne sobre as preocupações com a valorização dos resíduos de construção e demolição, e com a desconstrução seletiva nas situações em que ocorre demolição.

No que diz respeito a “Controle dos recursos água e energia” integram exigências que levem a redução dos consumos de água e de energia e a implementação de um controle dos consumos de água e energia no canteiro de obras.

Por último “O balanço do canteiro de obras” que é um balanço com a finalidade de medir os esforços e os efeitos das disposições ambientais implementadas.

## **Aspectos e impactos ambientais em canteiros de obras**

Pela NBR 14001 (ABNT, 2004), aspecto ambiental “é o elemento das atividades ou produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”, e sua significância é dada pela possibilidade de poder gerar um impacto ambiental significativo.

Impacto ambiental “é qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização” (ABNT ISO NBR 14001, 2004).

Já a Resolução CONAMA nº1, de 23 de janeiro de 1986, define impacto ambiental da seguinte maneira:

Art. 1º Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: (RESOLUÇÃO CONAMA 1, 1986)

- I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II – as atividades sociais e econômicas;
- III – a biota;
- IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V – a qualidade dos recursos ambientais.

Canteiro de obras segundo a NR-18 é a área de trabalho fixa e temporária, onde se desenvolvem operações de apoio e execução de uma obra.

Já segundo a NBR-12264, 1991 é o conjunto de áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência.

Os canteiros de obras são responsáveis por causar impactos significativos como incômodos à vizinhança (sonoros e visuais, etc.) e poluição (solo, água e ar), impactos ao local da obra (aos ecossistemas, erosão, assoreamentos, trânsito, etc.) e consumo de recursos (principalmente água e energia).

Quando se fala em sustentabilidade três pilares devem ser abordados: aspectos ambientais, social e econômico. Porém este trabalho abordará apenas os aspectos ambientais.

Como o estudo visa minimizar de tais impactos, que são os aspectos ambientais que estes resultam das atividades dos canteiros de obras.

O foco do trabalho é o aspecto ambiental que será tratado em 4 temas fazendo a correlação entre atividades do canteiro e aspectos ambientais, são eles: infraestrutura do canteiro de obras, recursos, resíduos, e incômodos e poluição.

A Infraestrutura do canteiro de obras refere-se as construções provisórias (áreas de produção, apoio, vivência, equipamentos, proteções coletivas) de modo que a sua construção e funcionamento minimizem os impactos ambientais. Os recursos tratam do consumo de recursos naturais e manufaturados, do consumo e desperdício de água, energia elétrica e gás no canteiro de obra.

## **METODOLOGIA**

Para o desenvolvimento do trabalho, primeiramente foi necessário definir o conceito de para implantação de canteiros de obras e suas regulamentações, seguindo pelo conceito de sustentabilidade na construção civil, os principais aspectos e sistemas envolvidos. O estudo foi feito a partir de publicações à esse respeito, manuais das certificações LEED e AQUA HQE, e referências de soluções sustentáveis já executadas no setor, buscando parâmetros, exemplos e normatizações que se apliquem a canteiros de obras e construções sustentáveis.

A leitura dos referenciais técnicos das certificações mencionadas, assim como das normas técnicas visou balizar a análise final deste trabalho através do estabelecimento de soluções sustentáveis aplicáveis em canteiros de obras.

Após a capacitação teórica, foram estudados projetos sustentáveis aplicados em canteiros de obras, para a identificação dos conceitos aplicados em relação à gestão da água, à gestão da energia, à gestão dos materiais e à gestão de resíduos. Por fim, foi feito um estudo de caso comparativo entre os conceitos e soluções técnicas identificadas nos canteiros de obras estudados no âmbito da sustentabilidade, parâmetros estabelecidos segundo os referenciais técnicos e teóricos e um canteiro de obras real, para que se pudesse definir os sistemas, soluções ou conceitos mais adequados para se atingir o maior nível possível de sustentabilidade no canteiro de obras.

## **Descrição da empresa**

A construção deste empreendimento foi realizada pela *MULTINCORP Empreendimentos Imobiliários*, uma empresa que está no mercado desde 2012. Com sua sede localizada na Barra da Tijuca, no Rio de Janeiro.

Seus diretores possuem uma grande preocupação com a qualidade dos seus serviços e atualmente passa pelo processo de certificação ISO 9001:2008 (International Organization for Standardization - Organismo Internacional de Padronização).

Além das certificações de qualidade, a empresa também está envolvida com questão de preservações ambiental. Para isso está implantando em suas obras estratégias de sustentabilidade.

## Descrição do Projeto

O projeto trata de um empreendimento multifamiliar composto por dois blocos com 7 pavimento e oito unidades por pavimento, totalizando 112 unidades. Foram estabelecidas estratégias durante o processo de planejamento visando atingir uma certa sustentabilidade no canteiro de obras.

O empreendimento se localiza na Rua Edgard Werneck, no bairro do Pechincha em Jacarepaguá - Rio de Janeiro RJ (Figura 7).

Figura 7 – Terreno onde será construído o empreendimento



Fonte: Google Maps, 2021.

O empreendimento encontra-se em fase de construção com os seguintes serviços em andamento: terraplanagem, fundações e contenções.

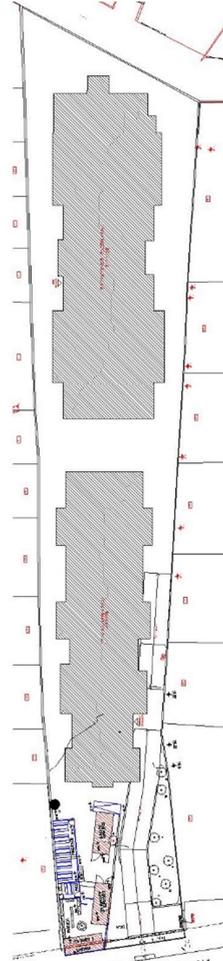
## Descrição do canteiro da implantação do canteiro de obra

Pare o estudo da implantação do canteiro de obras foram levantadas as interferências causadas pela execução da obra, foi levado em consideração as exigências descritas na NR-18 e NBR-12.284 no que se diz respeito a implantação de áreas de apoio e áreas de vivência.

O referido terreno possui um alto nível de aclividade, onde possui uma cota de soleira de 12,19 metros e tem como ponto mais alto a cota de 28,93 metros totalizando assim um desnível de 16,74 metros em 127 metros de comprimento (Figura 8). A implantação da construção ocupa cerca de 86% da área do terreno restando assim 14% para a implantação do canteiro de obra, sendo ainda necessário viabilizar vias de circulação de caminhões e pessoas, o terreno possui uma área total de 2.673m<sup>2</sup>, como particularidade nesta implantação temos diversas árvores que serão preservadas havendo assim a necessidade de ter um canteiro de obras que respeite a sua preservação (Figura 9 e 10).

Com relação a tipologia do canteiro de obras, levando em consideração o exposto acima, este canteiro de obra pode ser classificado como restrito devido as grandes dificuldades em sua implantação.

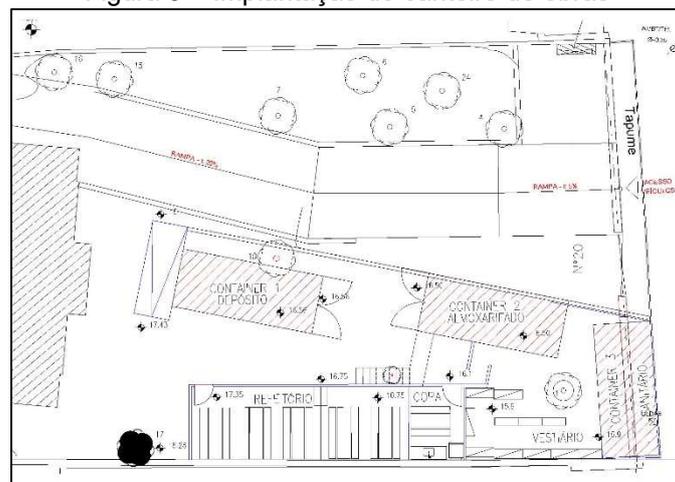
Figura 8 – Implantação do canteiro de obras x implantação da construção



Fonte: O autor, 2019.

A Figura 9 demonstra o projeto de implantação do primeiro pavimento do canteiro de obras, localizado na parte frontal do terreno. Neste nível estão dispostos o depósito, almoxarifado, refeitório, copa, vestiário e sanitário.

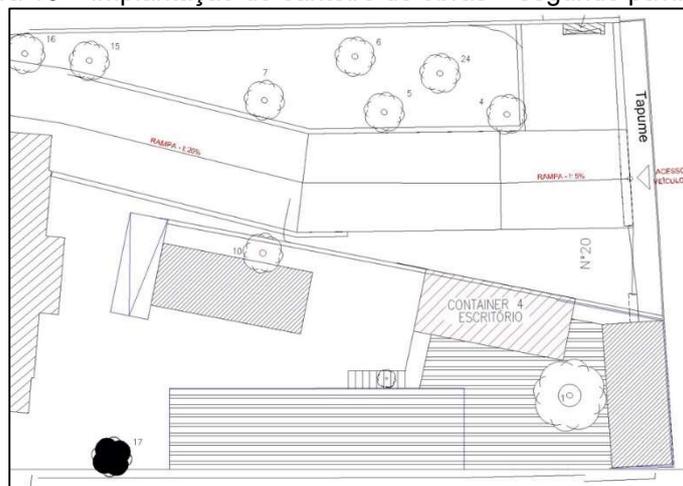
Figura 9 – Implantação do canteiro de obras



Fonte: O autor, 2019.

Já a figura 10 demonstra a implantação do segundo pavimento do canteiro de obras onde está localizado o escritório administrativo.

Figura 10 – Implantação do canteiro de obras – segundo pavimento



Fonte: O autor, 2019.

## Descrição dos parâmetros de sustentabilidade adotados

Quanto aos requisitos de sustentabilidade que foram estabelecidos para o canteiro de obras, estão itens como: redução do consumo de água, reutilização de materiais, criação de áreas de vivência com boa iluminação e ventilação, uso de containers.

## Reutilização de materiais e construções existentes

Uma das fases que compõem o processo de incorporação imobiliária é a fase de venda de unidades, esta fase prevê a construção de stand de vendas e na maioria dos casos um apartamento modelo para viabilizar e facilitar o processo de vendas e consequente captação de recursos para a incorporação.

Neste caso optou-se pelo reaproveitamento de uma construção existente no terreno, adaptando-a para ser utilizada como stand de vendas. Esta solução além de ser uma boa solução sustentável, tendo em vista que não é gerado resíduo de demolição neste momento, também se torna economicamente favorável devido ao baixo custo na relação de construção de um novo ambiente contra a adaptação de uma construção já existente (Figura 11 a 14).

Já para o apartamento modelo optou-se pela construção do mesmo devido a necessidade de técnica envolvida onde o apartamento modelo deve representar fielmente as mesmas dimensões da unidade escolhida do projeto. Porém para a construção foi planejado o uso de materiais que possibilitariam a desmontagem, e não a demolição, para uma futura reutilização. Soluções como uso de paredes de mista com drywall, OSB e placa cimentícia, uso de telhas galvanizadas para o telhado e a criação de tesouras de estrutura metálica para o telhado de forma que as mesmas pudessem ser desmontadas e reutilizadas nas áreas de vivência.

Figura 11 – Reutilização de construção existente como Stand de vendas



Fonte: O autor, 2019.

A figura 12 exemplifica a reutilização e adaptação de uma construção existente no terreno como stand de vendas.

Figura 12 – Reutilização de construção existente como Stand de vendas



Fonte: O autor, 2019.

Já a figura 13 exemplifica o aproveitamento de esquadrias de madeira existente na construção, onde foi executado a reforma e pintura dessas esquadrias.

Figura 13 – Reutilização de construção existente como Stand de vendas



Fonte: O autor, 2019.

Figura 14 – Reutilização de construção existente como Stand de vendas



Fonte: O autor, 2019.

## Criação de área de vivência com boa iluminação e ventilação

Durante o processo de planejamento para a implantação do canteiro um dos maiores cuidados foi em conseguir uma solução que gerasse conforto aos trabalhadores e economia a construtora, optando-se assim por refeitórios com grandes vãos abertos garantido uma boa ventilação e iluminação natural.

Devido a restrição do canteiro de obra, optou-se pelo uso de um telhado misto no vestiário contendo telhas galvanizadas e telhas translúcidas garantindo uma excelente iluminação natural.

## Uso de containers em nas áreas de apoio

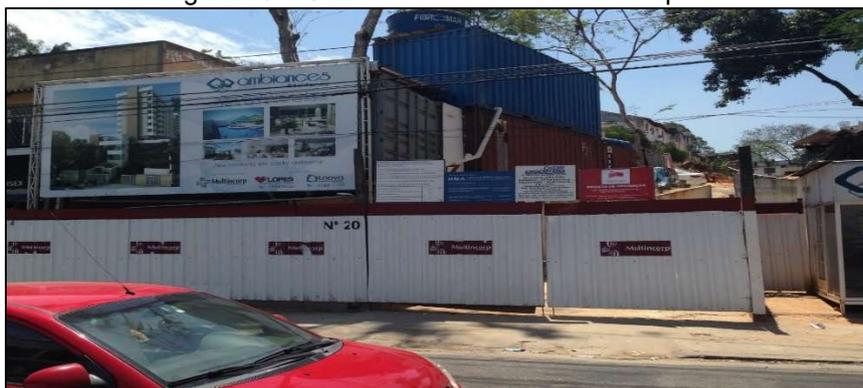
Para as áreas de apoio foi utilizado container alugados, o uso dos mesmos permitiu o melhor aproveitamento dos espaços, economia e velocidade na implantação e em especial contribui com a sustentabilidade pois reduz o consumo de materiais e recursos naturais, devido a necessidade de somente se preparar uma pequena infraestrutura para receber os containers (Figuras 15 e 16).

Figura 15 – Uso de container na área de apoio



Fonte: O autor, 2019.

Figura 16 – Uso de container na área de apoio



Fonte: O autor, 2019.

## Descrição dos parâmetros de sustentabilidade sugeridos

Quando se fala em planejamento de obra muito se fala em prazo de execução e resultados, porém o planejamento bem executado vai muito além dessas duas questões, é possível executar um planejamento de excelência considerando a aplicação de soluções visando a sustentabilidade na execução da obra.

## Água – Reaproveitamento

O reaproveitamento de água pluvial pode ser feito pela criação de um sistema para captar essa água, armazenado a em reservatórios e reutilizando para fins menos nobres no canteiro como nas descargas de sanitários, lavagem de carros, limpeza de obra, limpeza de refeitório e áreas de vivência do canteiro de obras (Figura 17).

Figura 17 – Sistema de coleta e reaproveitamento de águas pluviais



Fonte: MRV.com.br, 2018.

Para realizar a limpeza da betoneira ou caminhão betoneira deve-se utilizar um sistema de decantação da água, ou seja, o veículo que leva concreto ou argamassa para as obras, é lavado em um espaço específico, e a água utilizada no processo escorre para as caixas de decantação. Geralmente, três caixas incorporam o sistema, onde a última caixa faz o armazenamento dessa água que já foi decantada, ou seja, a água que ao final desse processo já está mais clara pode ser reutilizada para lavar ferramentas e molhar o canteiro, ajudando a minimizar a poeira (Figura 18).

Figura 18 – Sistema de decantação de água de lavagem de betoneiras



Fonte: MRV.com.br, 2017.

A figura 19 exemplifica um sistema simples de captação de água de lavagem de caminhão betoneira que pode ser implantado em diversos canteiros de obras.

Figura 19 – Sistema de captação de água de lavagem de betoneiras



Fonte: MRV.com.br, 2017.

## Proteção e controle da erosão e sedimentação do solo

A erosão de taludes e sedimentação do solo pode causar a contaminação das águas dos rios devido ao carregamento dos materiais pela água da chuva chegando a galeria de águas pluviais e conseqüentemente aos rios.

Como destaca Lal (1988 apud VITTE e MELLO, 2007) a energia cinética da chuva é um dos agentes fundamentais do início da erosão. O impacto das gotas de chuva e conseqüente desprendimento de material compõem as principais causas da erosão pluvial (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990 apud NETO et al, 2007).

Como solução para proteção superficial e temporária de taludes temos o plantio de vegetação, a instalação de telas plásticas ou lonas combinadas com telas de aço (Figuras 20 e 21).

Figura 20 – Talude provisório protegido por lona plástica



Fonte: POZZER, 2010.

Figura 21 – Escavação em andamento protegido por lona plástica



Fonte: O autor, 2019.

Já para sistemas de proteção de taludes de longa permanência a solução é a instalação de tela metálica com aplicação de chapisco de cimento e areia (Figura 22).

Figura 22 – Talude provisório de longa permanência protegido por tela e chapisco.



Fonte: POZZER, 2011.

## Lava Rodas

É sabido que qualquer obra de construção ou reforma gera incômodos aos vizinhos e transeuntes, não só pelo alto ruído gerado, mas também pela poluição. Costumeiramente caminhões saem das obras com suas rodas impregnadas de lamas e outros resíduos que acabam grudando nos pneus durante a circulação dentro do canteiro, durante a rodagem nas ruas esses resíduos se desprendem deixando um rastro de sujeira que mais tarde pode ser conduzido às galerias de água pluvial e gerando grande incômodo aos vizinhos.

Uma solução muito útil para esse tipo de problema é a criação de lava-rodas dentro do canteiro de obras, este lava-rodas é composto por uma baia rebaixada cerca de 15 cm do nível de rodagem dos carros e caminhões e essa baia é cheia com água de forma que quando um veículo passa por ela a limpeza de seus pneus é realizada de forma natural. Recomenda-se o uso de água proveniente de rebaixamento de lençol freático ou de reaproveitamento de captação de água pluvial (Figuras 23 e 24).

Figura 23 – Exemplo de modelo de Lava-rodas



Fonte: POZZER, 2011.

Figura 24 – Exemplo de modelo de Lava-rodas



Fonte: MARTINS, 2011.

### **Sistema de iluminação econômico**

Durante a execução de uma obra existem diversos imprevistos e estes imprevistos podem ocasionar a necessidade de prolongamento de uma atividade ou serviço até um período noturno, como a fase de concretagem de estruturas onde é aconselhável a conclusão da concretagem de uma laje em uma única etapa e existem também obras que operam em dois turnos devido ao prazo de execução, em ambos os casos se faz necessário o uso de uma forte iluminação durante os trabalhos noturnos tendo em vista a segurança dos profissionais e a garantia da qualidade na execução dos serviços.

Para melhor desempenho na relação custo-benefício deve-se usar refletores e lâmpadas de led pois possuem um consumo de energia muito menor e maior vida útil.

### **Energia solar**

Implantar um sistema de energia solar gera diversos impactos positivos para a construtora, tendo como principal impacto positivo gerado a redução das despesas com energia elétrica convencional, que beneficia tanto o orçamento da obra quanto as receitas da construtora. Esta redução das despesas é que justifica, ao longo do tempo, o investimento feito nos painéis solares. Nos canteiros, eles podem ser instalados no teto dos vestiários, refeitórios, almoxarifados e escritórios ou nos terrenos vazios localizados ao redor deles.

A energia solar gerada pode ser utilizada para acender as luminárias de LED dos ambientes, aquecer a água que sai dos chuveiros nos vestiários e garantir a iluminação do canteiro, caso o fornecimento de energia convencional seja interrompido.

A utilização da energia solar no canteiro de obras pode, inclusive, ajudar o empreendimento a obter a Certificação LEED, que assegura o seu comprometimento com a preservação ambiental (Figura 25).

Figura 25 – Placas solares instaladas nos telhados das áreas de apoio e vivência de canteiro de obra



Fonte: BLID Desenvolvimento Imob., 2018.

## Energia eólica

Seguindo o mesmo conceito básico de sustentabilidade empregado na energia solar a energia gerada por aerogeradores é uma opção para canteiro de obras localizados em regiões com ventos constantes (Figura 26).

Figura 26 – Projeto do Edifício Bossa Nova construído em Fortaleza - CE



Fonte: <https://archtrends.com>, 2013.

## Gestão de resíduos sólidos

A geração de resíduos num canteiro de obra é inevitável, no entanto, segunda a resolução CONAMA nº 307/2002, a prioridade deve ser a não geração de resíduos, e secundariamente, a redução, reutilização, reciclagem e destinação final.

As perdas por entulho além de representar um elevado custo para a construtora, também impactam duplamente ao meio ambiente, uma vez que leva ao aumento do consumo dos recursos naturais e ao aumento do volume enviado as áreas de destinação final, como os aterros.

O manejo de resíduos sólidos inclui as atividades de caracterização, triagem, acondicionamento e transporte. Sabe-se que estas atividades são fundamentais no gerenciamento de resíduos, possibilitando a valorização dos mesmos para serem realizados e reciclados. Porém, o manejo inadequado gera diversos impactos como o aumento de aterros, alteração da qualidade das águas superficiais e aumento na quantidade de sólidos nos corpos hídricos por causa do carregamento dos sólidos armazenados incorretamente pela água de chuva, alteração nas condições de saúde do trabalhador ocasionado pela exposição a poeira pelo acondicionamento incorreto (Figura 27).

Medidas para aumentar a eficiência na gestão de resíduos sólidos, de acordo com BARROS, (2012)

- a) Garantir a correta caracterização e triagem dos resíduos sólidos.
- b) Acondicionar de forma correta os resíduos de acordo com sua classe.
- c) Reduzir os desperdícios e os volumes gerados;
- d) Reutilizar materiais, elementos e equipamentos que não requeiram transformações;
- e) Reciclar os resíduos, transformando-os em matéria-prima para a produção de novos produtos.

Figura 27 – Exemplo de baias para separação de resíduos



Fonte: Meio ambiente & construção, 2019.

## Descrição de soluções para sustentabilidade aplicáveis em outros canteiros

Existem características físicas diferenciadas na implantação de cada canteiro de obras fazendo com que nem todas as soluções no que se refere a sustentabilidade possam ser aplicadas na sua totalidade em todos os casos.

## Reaproveitamento de água de rebaixamento de lençol freático

É comum durante a fase de construção de um empreendimento a realização de rebaixamento de lençol freático do terreno para possibilitar a escavação e execução das fundações. Muitos construtores despejam essa água removida do lençol freático diretamente na galeria de águas pluviais sem realizar nenhum tipo de reaproveitamento desta água, água esta que não é própria para consumo humano sem passar pelos devidos tratamentos.

Existem diversas utilizações para o reaproveitamento da água do lençol freático como o armazenamento em reservatórios para se possam ser utilizadas nas descargas dos vasos sanitários, para limpeza do canteiro de obras e áreas de vivência, para limpeza de veículos, para encher sistema lava-rodas e até mesmo para execução de alguns serviços na obra como o processo de perfuração para execução de estaca raiz (Figuras 28 e 29).

Figura 28 – Exemplo de sistema de rebaixamento de lençol freático



Fonte: Privilégio Locações, 2019.

Figura 29 – Utilização de água de rebaixamento de lençol freático na execução de estaca raiz



Fonte: O autor, 2014.

### Reaproveitamento do material de escavação

Durante a execução de serviços de terraplanagem e de fundação são extraídos materiais naturais do solo e esses materiais devido ao normalmente restrito espaço no canteiro de obra é removido através de bota-fora efetuado por caminhões basculantes. Mais a frente conforme andamento da obra existe, dependendo do projeto, a necessidade de se executar aterramentos para nivelar terrenos e atender as demandas do projeto executivo.

A prática de estocagem de material de escavação visa não só a sustentabilidade uma vez que parte do material removido não é descartado em bota-fora e sim reutilizado na própria construção, mas também visa gerar economia e melhorar o resultado da obra não empregando o custo de remoção e posterior compra de material para reaterro (Figura 30).

Figura 30 – Material escavado e armazenado para utilização em aterro



Fonte: MARTINS, 2010.

### Reaproveitamento da sobra de concreto

O serviço de concretagem de peças estruturais de uma construção sempre gera resíduos pois existem sobras de concreto devido a erros no cálculo do volume necessário de concreto, abertura de tubulação durante a concretagem, elevado percentual de perda e o concreto que sobra nas tubulações e cocho da bomba de concreto. Normalmente esse concreto é descartado tornando-se um resíduo da construção civil, porem uma solução para essa sobra é a de se identificar as necessidades atuais e futuras de peças de concreto pré-moldadas que serão utilizadas durante a execução da obra, como por exemplo tampas de caixas de inspeção, chapins de muros, e outros elementos arquitetônicos que podem ser moldados in-loco aproveitando um concreto de alta qualidade e resistência estrutural (Figuras 31 e 32).

Figura 31 – Aproveitamento de sobra de concreto com concretagem de tampas



Fonte: MARTINS, 2010.

Figura 32 – Aproveitamento de sobra de concreto com concretagem de elementos arquitetônicos



Fonte: MSD Equipamentos, 2018.

Medidas simples de reaproveitamento de materiais geram menos resíduos nos canteiros, melhor resultado na sustentabilidade e retorno financeiro ao empreendimento.

## CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento do presente trabalho, pode-se perceber que, atualmente, existe uma grande preocupação na área da engenharia civil com relação aos impactos ambientais negativos que são gerados no canteiro de obras. A maior parte desses impactos negativos ocorrem devido aos desperdícios de materiais, aos diferentes tipos de poluição gerados (sonora, do ar, do solo) e o consumo excessivo de água e energia.

É necessário estudar, planejar e executar as orientações propostas para que sejam minimizados os impactos ambientais negativos, bem como é necessária a elaboração do PGRCC, antes do início da construção.

A diminuição do consumo de água e energia resulta não apenas na economia financeira, mas também na redução do uso dos recursos hídricos - um dos recursos naturais que mais é utilizado na construção civil - e o que mais precisa reduzir o desperdício.

A contaminação do solo por produtos perigosos é um dos agravantes que podem ocorrer em um canteiro, e para que isso não ocorra é necessário que esses produtos sejam manuseados, armazenados e transportados da maneira correta evitando qualquer tipo de vazamento, rompimento ou algo do tipo, que contamine o solo que, posteriormente, pode contaminar o subsolo, lençóis freáticos ou até mesmo a água corrente.

Implantar medidas sustentáveis em um canteiro de obras não traz benefícios apenas ao empreendimento, é uma prática que beneficia a sociedade como um todo e, a longo (e até curto) prazo, faz diferença positiva para o meio ambiente.

Dessa forma, é de grande importância a colaboração de todos que trabalham no canteiro de obra para que as medidas sustentáveis propostas funcionem corretamente, economizando os recursos, minimizando os desperdícios e incômodos que são gerados durante a obra, e que as informações recebidas sobre sustentabilidade sejam levadas a sério e colocadas em prática também fora dos canteiros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10520: **Informação e Documentação: Citações em Documentos: Apresentação**. Rio de Janeiro, 2002.

ABNT. **NBR 12264 – Áreas de vivência em canteiros de obras**. Rio de Janeiro: ABNT, 1999

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei Nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 275**, de 25 de abril de 2001. Estabelece o código das cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Brasil, 2001.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 307**, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasil, 2002

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 348**, de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Brasil, 2004.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 431**, de 24 de maio de 2011. Altera o artigo 3º da Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, estabelecendo nova classificação para o gesso. Brasil, 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 448**, de 18 de janeiro de 2012. Altera os artigos 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º da Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Brasil, 2012.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 469**, de 29 de Julho de 2015. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de Julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasil, 2015.

BRASIL, Ministério do Trabalho. **NR 18: Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR18/NR18atualizada2015.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2021

FERREIRA, E. A. M.; FRANCO, L. S. **Metodologia para elaboração do projeto do canteiro de obras de edifício**. Boletim Técnico — Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP - BT/PCC/210. São Paulo, 1998. 21 p.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Referencial Técnico de certificação: Edifícios habitacionais**. 2010. 99p. Disponível em:

<<http://www.processoaqua.com.br/pdf/RTEdif%C3%ADcios%20habitacionais-V1-fevereiro2010.pdf>>. Acesso em 20 março.2021.

ILLINGWORTH, J.R. **Construction: methods and planning**. London: E&FN Spon, 1993.

SOUZA, U. E. L. **Projeto e implantação do canteiro**. 3. ed. São Paulo: O Nome da rosa, 2000.

SANTOS, B. **Tempos de escassez: diminuição de uso de água potável e aproveitamento de água de chuva são os passos iniciais e mais eficientes para economia de água em canteiros**. Revista Técnica: a revista do engenheiro civil, São Paulo, ed. 216, p. 16-18, mar. 2015.

SAURIN, Tarcísio Abreu; FORMOSO, Carlos Torres. **Planejamento de Canteiro de Obra e Gestão de Processos** – Porto Alegre: ANTAC, 2006. (Recomendações Técnicas HABITARE, v.3)

SOUZA, U. E. L. **Projeto e implantação do canteiro**. 3. ed. São Paulo: O Nome da rosa, 2000.

**Igor Viegas Monteiro da Silva**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Mischelle Paiva dos Santos**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

O presente trabalho trata do dimensionamento de uma instalação de captação de água da chuva de uma residência unifamiliar localizada na cidade do Rio de Janeiro, por meio de critérios normativos abordados, principalmente, na norma ABNT NBR 15527:2007 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. É apresentado, primeiramente, uma revisão bibliográfica sobre o sistema de reuso, ressaltando as exigências impostas pela norma e suas vantagens de utilização. Após isso, são apresentadas as características arquitetônicas da edificação e a sua localização, a fim de definir os parâmetros iniciais de projeto, como materiais serem utilizados. Em seguida, é elaborado o projeto de instalação detalhando toda a infraestrutura do sistema de captação. Ao final desse trabalho, é realizado uma comparação com um sistema padrão, verificando o desperdício encontrado em projetos tradicionais.

**Palavras-chave:** Captação de água; Reuso; Desperdício.

## INTRODUÇÃO

No Brasil sempre houve determinadas épocas do ano em que o fornecimento de água para a população era feito em menor quantidade, devido aos períodos de poucas chuvas em que o nível dos reservatórios ficava abaixo da média. Mas o ano de 2014 representou um marco para o Brasil, que se viu diante de uma crise da água resultando na queda dos níveis dos reservatórios de abastecimento de grandes centros, como foi o caso da cidade de São Paulo, noticiada nos mais diversos veículos de comunicação. (PORTO et al, 2014).

Há muitos benefícios e vantagens com a captação e aproveitamento da água da chuva, pois reduzirá significativamente o consumo e desperdício de água potável, além de reduzir também os custos com o fornecimento da mesma, e tendo em vista o aspecto social e sustentável, preserva o meio ambiente diminuindo a carência de recursos hídricos. (MAY, 2004).

Não é de hoje que o mundo chama a atenção para a importância da gestão racional da água, o debate é antigo e vem sendo reforçado ao longo da história com marcos como o Dia Mundial da Água, decretado em 1992, pela Organização das Nações Unidas, ou o Ano Internacional de Cooperação pela Água, que em 2013 foi dedicado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura para reflexão sobre o tema.

No entanto, mesmo com tantos reforços para lembrar sobre a importância dos recursos hídricos do planeta, as pessoas ainda não aprenderam a gerir de forma adequada a água. No Brasil, algumas cidades já percebem este impacto em seus cotidianos, a história continuará se repetindo se não houver mais conscientização. Este ano regiões Nordeste e Centro-Oeste são as mais afetadas, mas há um ano São Paulo, por exemplo superou a maior crise hídrica de sua história, que teve início em janeiro de 2014 (AGÊNCIA BRASIL, 2017).

A região Nordeste também enfrenta a crise hídrica, inclusive, há mais tempo do que os estados da região Sudeste e que dura até o momento.

Enquanto a região Sudeste recuperou os níveis de água de seus reservatórios, o Nordeste é afetado pela pior seca do século. Essa situação levou várias cidades nordestinas a declarar estado de emergência ou calamidade pública entre 2015 a 2017 (AGÊNCIA BRASIL, 2017).

O elevado desenvolvimento demográfico e a disposição inadequada de efluentes líquidos refletem notavelmente no uso dos recursos hídricos, causando escassez de água: recurso natural limitado e essencial. Com isso, tornou-se fundamental reduzir o seu consumo, utilizando racionalmente e priorizando formas sustentáveis (CARVALHO et. al., 2014).

O aproveitamento da água da chuva é uma prática que vem sendo realizada há anos em muitas residências brasileiras como alternativa para redução de custos, pelo fato de minimizar significativamente o consumo evitando desperdícios (SANT'ANA, MADEIROS e ALVARES, 2017).

Diante dessas perspectivas, o uso racional e sustentável da água, assim como a preservação de sua qualidade e práticas de reaproveitamento, torna necessário a elaboração de sistemas de captação, armazenamento e reuso da água, a fim de expandir os conceitos teóricos e alcançar uma visão mais realista dessa inovação fundamental (CABRAL et al., 2015).

A captação direta de águas pluviais nas edificações pode ser considerada como uma fonte alternativa, reduzindo a demanda dos sistemas públicos de abastecimento. Porém, sua utilização necessita de estudos acerca da viabilidade e eficiência no atendimento dos usos a que será destinada, avaliação dos possíveis riscos sanitários, adequação das instalações hidráulicas prediais, dimensionamento do sistema de captação, coleta e armazenamento, observando as características locais, evitando a implantação de projetos inadequados que comprometam os aspectos positivos da alternativa (COHIM, GARCIA e KIPERSTOK, s.d.).

Normalmente, a área de captação são os telhados, projetados para uma coleta eficiente, direcionando a água através de condutores a um reservatório com tratamento adequado. A escolha do nível tecnológico para o tratamento dessa água está diretamente ligada ao seu destino sendo um fator determinante o custo-benefício. O sistema de reuso de água deverá ser planejado de forma segura e funcional, minimizando seus custos de implantação e operação, para atingir o grau de eficiência desejado (WURMBAUER, 2014).

O atual modelo de saneamento caracteriza-se pelo uso perdulário dos recursos água e energia, levando à escassez de água e poluição dos recursos hídricos, o que representa um problema de saúde pública, limitando o desenvolvimento econômico e os recursos naturais (COHIM e KIPERSTOCK, 2008).

No século XXI, o crescimento populacional, a falta de água nos grandes centros, o desenvolvimento sustentável e a busca cada vez maior por soluções sustentáveis que tragam um retorno financeiro, aliado a tecnologias e materiais modernos tem permitido uma abordagem atualizada na construção de tanques de armazenamento, aumento nas áreas de captação e tubulações inteligentes, levando a uma nova expansão dos sistemas para captação de águas pluviais, principalmente para fins não potáveis (GNADLINGER, 2000).

De acordo com relatórios da Organização das Nações Unidas, a população mundial em 2020 é estimada em aproximadamente 7,8 bilhões de pessoas, tendendo a alcançar a marca de 10 bilhões em 2050, sobrecarregando ainda mais os sistemas de abastecimento de água. Com isso, cresce a necessidade da utilização de novas técnicas visando um melhor aproveitamento de água (LUCAS, 2016).

Diante disso, com a escassez de água e a economia brasileira em plena crise, faz-se necessário que o setor industrial brasileiro se adeque a esse novo cenário e tenha como objetivo contribuir para a diminuição desse problema que, além do desenvolvimento sustentável, trará benefícios financeiros para o negócio (LUCAS, 2016).

Em países desenvolvidos, através de uma maior conscientização ecológica e pelo surgimento do valor econômico da água, uma das tendências é o tratamento simplificado da água para seu reaproveitamento. Essa tecnologia surge como uma opção economicamente viável e ecologicamente correta, denominada “substituição de fontes”, que procura ao máximo reduzir o consumo das águas de mananciais e aproveita as águas de origem pluvial para atividades de uso de qualidade inferior (WURMBAUER, 2014).

Dessa forma, as águas pluviais podem ser manejadas como uma das soluções para o abastecimento descentralizado. Porém, o manejo dessas deve buscar aproveitar a água precipitada antes que ela entre em contato com substâncias contaminantes, armazenando-a para uso doméstico e criando condições de infiltração do excedente; com isso, disponibiliza mais uma alternativa para abastecimento de água local e descentralizado (LISBOA, 2011).

O presente projeto caracteriza-se como um estudo de cenário com uma pesquisa de abordagem qualitativa. Foi primordial, para a realização deste trabalho, um estudo sobre projetos de instalações pluviais. Sendo assim, fez-se necessário uma revisão bibliográfica com foco nos critérios de instalação, respeitando as exigências estabelecidas pelas normas técnicas, principalmente a ABNT NBR 15527:2007 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. A partir de um projeto arquitetônico simples de uma residência unifamiliar, determinou-se os materiais a serem utilizados e o quantitativo necessário. Dando continuidade ao estudo, foram apresentadas algumas maneiras de reutilização dos recursos hídricos a fim de viabilizar o custo total da obra. Após isso, foi realizado uma análise dos resultados, comparando o desperdício encontrado em projetos tradicionais, minimizados pela utilização de recursos de reuso de águas pluviais.

O objetivo geral é elaborar um projeto de captação de águas pluviais de uma edificação, locada no município do Rio de Janeiro.

Definiu-se como seus objetivos específicos conceituar e caracterizar o método de reutilização de águas pluviais, projetar os elementos irão compor o sistema de captação e verificar os resultados obtidos realizando uma comparação com o sistema tradicional.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A água é um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Devido a exagerada demanda por água em algumas regiões, mesmo com abundantes recursos hídricos, a falta de água atinge o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida da população. Por isso, a substituição de fontes é a melhor alternativa para suprir às demandas mais flexíveis no que se refere ao uso sem prejuízo de águas com menor qualidade (AUGUSTO et al., 2014).

### **Água: uma riqueza limitada**

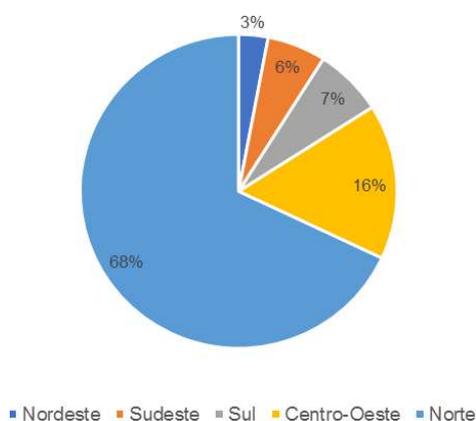
A água é um recurso natural de valor inestimável e vital para manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos, que mantêm em equilíbrio os ecossistemas (GOMES et al., s.d).

Segundo Follmann e Foletto (2010), é um elemento natural essencial à vida no planeta, e seu uso inadequado interfere na qualidade da água em diferentes escalas e acarretam a diminuição da sua quantidade em termos de qualidade. Além de ser um recurso limitado e dotado de valor econômico, conforme Política Nacional de Recursos Hídricos (1997), ela é também um bem de domínio público e, assim sendo, todos têm o direito ao seu uso.

Estima-se que, das águas existentes no nosso planeta, 99% não estão disponíveis para uso, pois 97% são salgadas e estão nos oceanos e 2% nas geleiras; a água doce representa apenas 1% dos recursos hídricos. No Brasil encontramos cerca de 8% de toda a água doce da superfície da Terra, estando 80% deste volume na região amazônica, o que mostra a importância do nosso país na questão hídrica, ainda mais se lembrarmos de que a escassez de água atinge 40% da população mundial (GOMES et al.,s.d).

No Brasil os recursos hídricos superficiais representam 50% do total dos recursos da América do Sul e 11% dos recursos mundiais (TUCCI, 2001). Apesar da grande disponibilidade, a água no Brasil é mal distribuída, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Disponibilidade hídrica no Brasil por região



Fonte: Ana, 2010 – Adaptado pelo Autor, 2021

## Reutilização de águas residuárias: conceitos fundamentais

As águas chamadas residuárias são aquelas resultantes do descarte em esgoto, efluentes líquidos das edificações e indústrias. E apresentam enorme possibilidade de reutilização em vários processos (SILVA e SANTANA, 2014).

Para Cunha (2011) fazer reuso de água trata-se da implantação de uma pequena estação de tratamento de água de uso 'nobre' (banho e pias) para reutilização em fins 'menos nobres', como descargas, lavagens de piso e outros.

No entanto, segundo a Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), o reuso de água constitui-se em prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos, conforme princípios estabelecidos na Agenda 21.

Tal prática reduz a descarga de poluentes em corpos receptores, conservando os recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos mais exigentes quanto à qualidade; reduz os custos associados à poluição e contribui para a proteção do meio ambiente e da saúde pública (CUNHA, 2011).

Figura 2 - Disponibilidade hídrica no Brasil por região



Fonte: Okamura, 2006 – Adaptado pelo Autor, 2019

Em média, 40% do total de água consumida em uma residência é destinado ao uso não potável, conforme mostra a Figura 2. Desta forma, estabelecendo um modelo de abastecimento de rede dupla de água, sendo uma rede de água potável e outra de água de reuso, a conservação da água, através da redução do consumo de água potável, seria garantida (GONÇALVES, 2009).

Gonçalves (2006) afirma que o uso de fontes alternativas de suprimento para o abastecimento dos pontos de consumo de água não potável é uma importante prática na busca da sustentabilidade hídrica. Dentre as fontes alternativas pode-se citar o aproveitamento da água da chuva, o reuso de águas servidas e a dessalinização da água do mar.

Segundo Tomaz (2011), há um desequilíbrio entre oferta e necessidade. Observe-se, conforme a Tabela 1, que a região Sudeste possui maior população e o problema é acentuado pela poluição dos rios, em consequência da atividade industrial, utilização dos insumos agrícolas, poluentes e despejos urbanos.

Tabela 1 - Regiões do Brasil e população

Região	Área (km <sup>2</sup> )	População 2004	Porcentagem da População (%)
Norte	3.869.637	14.373.260	7,92%
Nordeste	1.561.177	50.427.274	27,77%
Sudeste	927.286	77.374.720	42,61%
Sul	577.214	26.635.629	14,67%
Centro Oeste	1.612.077	12.770.141	7,03%
Total	8.547.391	181.581.024	100,00%

Fonte: Tomaz, 2011 – Adaptado pelo Autor, 2019

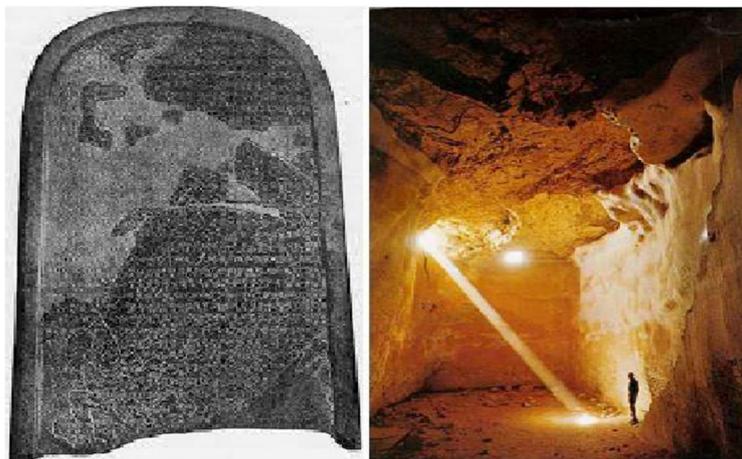
## Breve histórico

Segundo Cunha (2011), um dos principais marcos de que a água deve ser gerenciada é a criação da Lei Federal 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos

Hídricos. No entanto, dados históricos comprovam que, há muito tempo, técnicas de captação e o aproveitamento de águas pluviais em sistemas particulares vêm sendo empregados pela humanidade.

Segundo Tomaz (2010) existem reservatórios escavados há mais de 3.000 a.C. que aproveitavam a água de chuva para consumo humano, como por exemplo, a fortaleza de Masada, em Israel (Figura 3b), que possui dez reservatórios cavados nas rochas com capacidade total de 40 milhões de litros. Além disso, a Pedra Moabita (Figura 3a), uma das inscrições mais antigas do mundo, encontrada no Oriente Médio e datada de 850 a.C., sugere que as casas tenham reservatórios para captação de água de chuva.

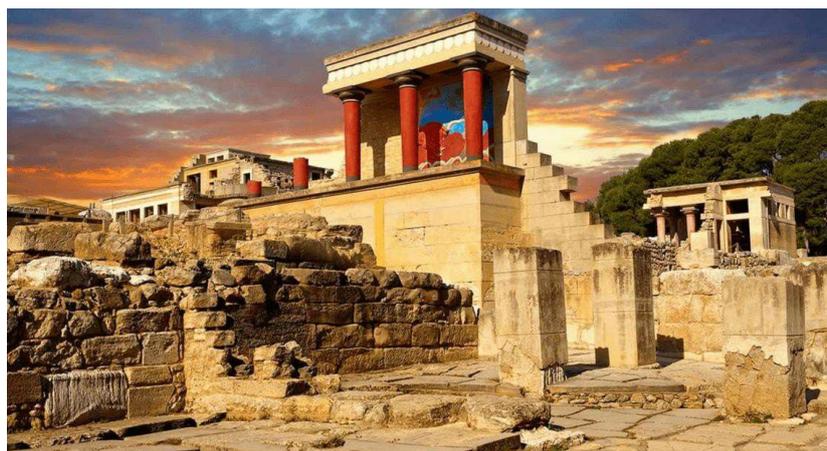
Figura 3 - Pedra Moabita (a) e Cisterna em Masada (b)



Fonte: (a) e (b) Tomaz, 2010.

Outro aspecto histórico é o palácio de Knossos (Figura 4), na Ilha de Creta, onde em aproximadamente 2000 a.C., a água da chuva era aproveitada para descarga em bacias sanitárias (TOMAZ, 2005).

Figura 4 - Palácio de Knossos



Fonte: Camargo, 2019.

Nos dias de hoje, inúmeros modelos de aplicação de novas técnicas de captação e aproveitamento de água pluvial podem ser encontrados (COLLA, 2008). No ano de 2003, por exemplo, o projeto “Gol Verde” divulgado pela Alemanha, anfitriã da Copa Mundial de Futebol em 2006, resultou em grandes esforços e investimentos para minimizar ao máximo os impactos sobre o meio ambiente. (CARLÓN, 2005).

No Brasil, o Nordeste conta com programas governamentais para a construção de cisternas rurais, como é o caso do estado de Pernambuco. Trata-se do Programa Convivência com a Seca, prevendo entre diversas ações de infraestrutura hídrica, a construção de 13.000 cisternas, localizadas nas Regiões do Sertão e Agreste do Estado (LIBERAL e PORTO, 1999).

### **Vantagens e desvantagens**

O uso de sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais propicia, além de benefícios de conservação de água e de educação ambiental, a redução do escoamento superficial e a conseqüente redução da carga nos sistemas urbanos de coleta de águas pluviais e o amortecimento dos picos de enchentes, contribuindo para a redução de inundações (SINDUSCON-SP, 2005).

Coletar água de chuva, afirma Gonçalves (2006), não é apenas conservar a água, mas também a energia, considerando o consumo necessário para a operação de uma estação de tratamento de água, o bombeamento e as operações correlatas de distribuição entre reservatórios.

Dentre suas desvantagens, uma em especial, que tende a deixar de ser considerada com o passar dos anos devido às novas tecnologias inovadas, é o alto custo inicial para o investimento (KOBAYAMA, CHECCHIA e SILVA, 2005).

### **Projeto de captação e reuso da água**

A chuva, devidamente acumulada e tratada em regiões com grande índice pluviométrico, poderia suprir perto de 100% da água de um lar. No entanto, essa forma de aproveitamento não tem aplicação imediata, pois existe a falta de espaço para instalação de cisternas e o alto custo de todas as instalações necessárias (FILHO et. al., 2007).

Segundo a FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente), o sistema de aproveitamento de água de chuva para consumo não potável consiste de um conjunto de elementos, de tecnologia relativamente simples e econômica, que objetiva captar e armazenar a água de chuva para uso futuro.

### **Legislação e normatização**

As diretrizes de projeto e dimensionamento dos sistemas de aproveitamento da água da chuva estão prescritas na ABNT NBR 15527:2007 – Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Tal norma apresenta os requisitos para o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis, após tratamento adequado. Já a concepção do projeto do sistema de coleta da água de chuva, deve atender à ABNT NBR 5626:1998 – Instalação predial de água fria e NBR 10844. Ainda deve constar o alcance do projeto, a população a ser atendida, a determinação da demanda, bem como os estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região (ABNT, 2007).

Com respeito à legislação, destaca-se a Lei 10.785/03 do Município de Curitiba que instituiu o PURAE (Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações), programa que prevê a adoção de medidas que visam induzir a conservação da água através do uso racional, e de fontes alternativas de abastecimento de água nas novas edificações. Criado com o intuito de sensibilizar os usuários sobre a importância da conservação dos recursos hídricos, a regulamentação da referida Lei ocorreu através da aprovação do Decreto 293, o qual manteve a obrigatoriedade para todas as novas

edificações, da captação, armazenamento e utilização das águas pluviais oriundas da cobertura da edificação (MAZER, 2010).

Outra legislação, que trata sobre reuso da água, é a ABNT NBR 13969:1997 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação, norma a qual afirma que o reuso deve ser planejado de modo a permitir seu uso seguro e racional, definindo parâmetros, a fim de minimizar o custo de implantação e de operação (ABNT, 1997).

## **Leis e decretos atuantes no Rio de Janeiro**

Há um decreto municipal - Decreto Municipal RJ - n. 23940/2004 - Captação de Água da Chuva - que trata do assunto com um foco maior no problema das enchentes, mas já é uma iniciativa que posteriormente poderá motivar a utilização deste recurso, tendo em vista que já existirá uma infraestrutura e a disponibilidade da água armazenada (SILVA, 2014).

No estado do Rio de Janeiro há a lei 4248 que institui O Programa de Captação de Águas Pluviais, que tem como finalidade oferecer, aos habitantes das cidades do Estado do Rio de Janeiro, educação e treinamento visando à captação de águas pluviais, permitindo que as pessoas se conscientizem da importância do ciclo das águas (SILVA, 2014).

## **Etapas**

Segundo o SindusCon-SP, (2005), a metodologia básica para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial envolve a determinação da precipitação média local (mm/mês), da área de coleta, do coeficiente de escoamento superficial e da caracterização da qualidade da água pluvial. Além de

May (2009), salienta que a análise das características do efluente, juntamente com os requisitos de qualidade requeridos para a aplicação de reuso desejada, geralmente define o tipo de tratamento a ser adotado. Quanto ao uso de cloro, May (2009) afirma que uma cloração constante pode causar problemas por excesso (odor de desinfetante e desperdício de produto) ou falta (armazenamento de águas cinzas não desinfetadas por mais de 24 horas podem resultar em odores ofensivos). Por isso é de extrema importância o controle da dosagem de cloro no sistema de tratamento de águas cinzas. Cloro residual é a quantidade de cloro que deve permanecer na água até a sua utilização final de modo a prevenir problemas patogênicos, porém em excesso pode ser prejudicial a algumas espécies de plantas. (CUNHA, 2008)

O abastecimento de água deve ser projetado com rede dupla, uma de água potável, atendendo pias, chuveiros, e outra de água de reuso, atendendo vasos sanitários e mictórios. As tubulações devem possuir cores distintas e nenhuma interligação entre elas (GONÇALVES, 2006).

## **PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO**

O projeto de um sistema de captação de águas pluviais tem diversas variáveis definidoras. É de extrema importância que todas sejam levantadas com a maior confiabilidade possível, pois influenciam diretamente no custo e na segurança do projeto (LUCAS, 2016).

No Brasil, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) fornece os requisitos para a implementação tanto do sistema de captação quanto de distribuição de águas pluviais

por meio de diversas normas que, entre outros objetivos, fixam as exigências e os critérios necessários aos projetos das instalações de águas pluviais (ABNT NBR 15527, 2007).

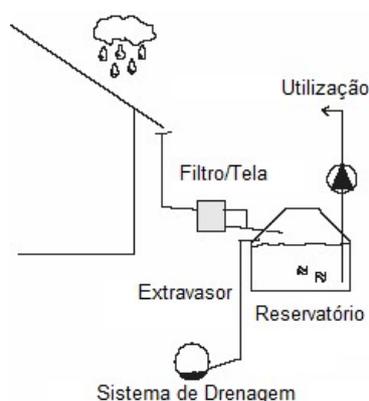
## Sistemas para coleta

De acordo com várias literaturas, tem-se diversos tipos de sistemas para coleta de água da chuva. Segundo Anecchini (2005), quatro formas construtivas de sistemas de aproveitamento da água da chuva destacam-se: sistema de fluxo total, sistema com derivação, sistema com volume adicional de retenção e sistema com infiltração no solo.

### Sistema de fluxo total

Nesse sistema, toda a chuva coletada pela superfície de captação é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. A chuva que extravasa o reservatório é direcionada ao sistema de drenagem, conforme a Figura 5 (LUCAS, 2016).

Figura 5 - Esquema do sistema de fluxo total

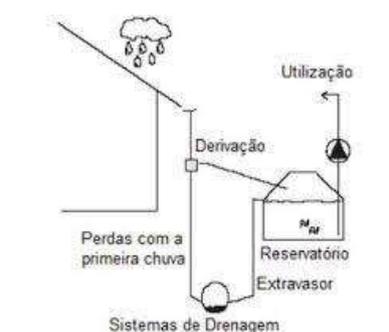


Fonte: ANNECCHINI, 2005.

### Sistema com derivação

Segundo Lucas (2016), neste sistema, uma derivação é instalada na tubulação vertical de descida da água da chuva, com o objetivo de descartar a primeira chuva, direcionando-a ao sistema de drenagem. Em alguns casos, instala-se um filtro ou uma tela na derivação. A chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem, conforme Figura 6.

Figura 6 - Esquema com o sistema com derivação



Fonte: ANNECCHINI, 2005.

## Sistema com volume adicional de retenção

Sistema no qual constrói-se um reservatório maior, capaz de armazenar o volume de chuva necessário para o suprimento da demanda e capaz de armazenar um volume adicional com o objetivo de evitar inundações. Neste sistema uma válvula regula a saída de água correspondente ao volume adicional de retenção para o sistema de drenagem como mostrado na Figura 7 (LUCAS, 2016).

Figura 7 - Esquema com o sistema com volume adicional de retenção



Fonte: ANNECCHINI, 2005.

## Sistema com infiltração no solo

Neste sistema toda a água da chuva coletada é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou uma tela. O volume de chuva que extravasa do reservatório é direcionado a um sistema de infiltração de água no solo conforme Figura 8 (LUCAS, 2016).

Figura 8 - Esquema do sistema com infiltração no solo



Fonte: ANNECCHINI, 2005.

## Componentes de condução e coleta d' água

No sistema tem-se componentes que captam e conduzem a água para os reservatórios de armazenamento. Tais componentes são as calhas e os condutores que devem atender a ABNT NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais e a ABNT NBR 15527:2007.

## Telhado

O material do telhado influencia na qualidade da água captada e no coeficiente de escoamento, como apresentado na Tabela 2. Os valores de coeficiente de escoamento

mais próximos de 1 são mais indicados para a captação de água de chuva, pois indicam uma perda menor de água na captação.

Tabela 2 - Coeficiente de escoamento

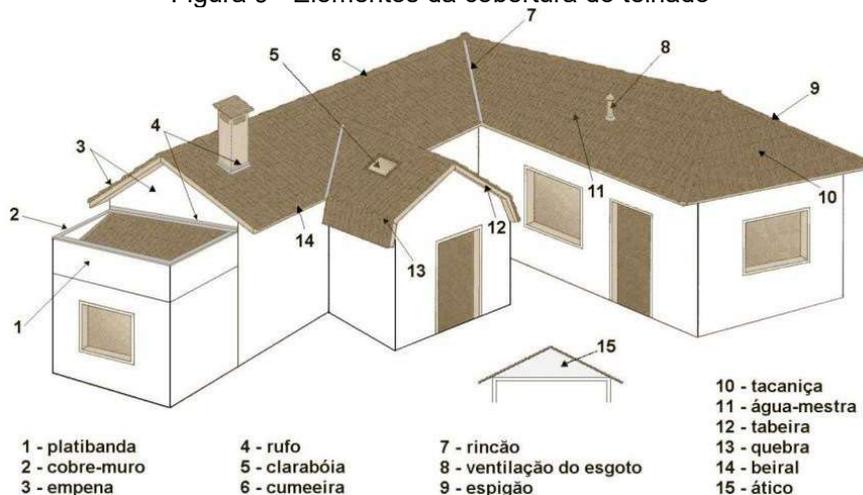
Material	Coeficiente de Escoamento
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
Plástico, PVC	0,90 a 0,95

Fonte: TOMAZ, 2007.

## Elementos dos telhados

As terminologias adotadas quanto aos elementos da cobertura de telhado são descritas segundo ABNT NBR 15575-5:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho – 5ª Parte: Requisitos para sistema de cobertura, e, estão demonstradas na Figura 9, destacando que também é utilizado a denominação oitão para empena (BORGES, 2009).

Figura 9 - Elementos da cobertura do telhado



Fonte: ABNT NBR 15575-5, 2013.

## Forma dos telhados

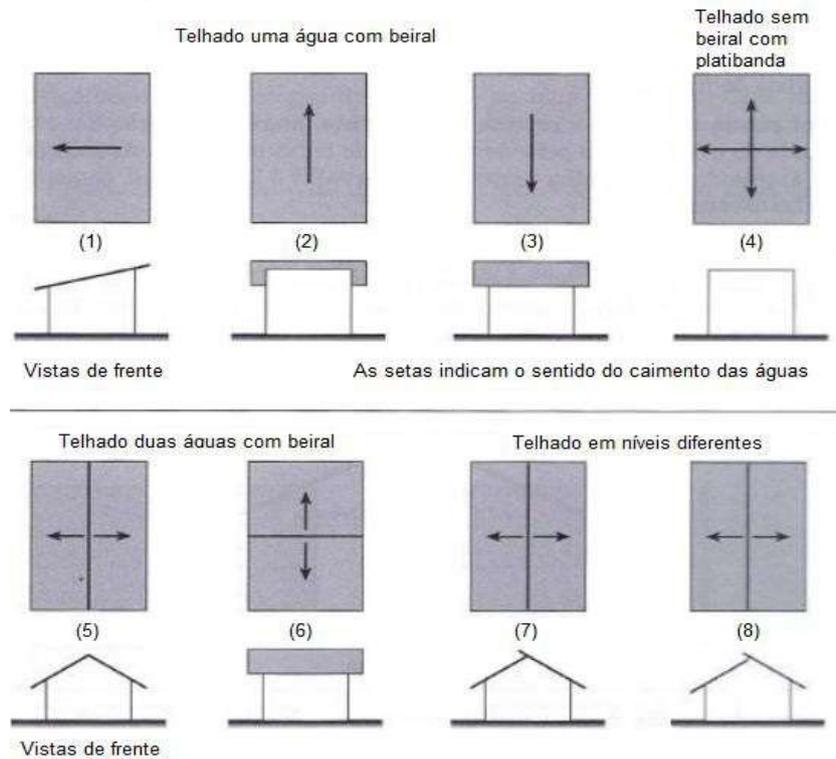
Segundo Guerra et. al. (2010), os telhados podem ser classificados em:

- Simple ou de uma água: essas coberturas possuem um só pendente, ou vertente (água), que cobre uma pequena área edificada, ou estendendo-se para proteger entradas, formando um plano inclinado, que encaminha a água para uma das fachadas;
- Duas águas: composta por duas superfícies planas, com declividades iguais ou distintas, unidas por uma linha central denominada cumeeira ou distanciadas por uma elevação (tipo americano);
- Quadro águas: caracterizada por coberturas de edificações quadriláteras, de formas regulares ou irregulares, cujas vertentes se intersectam definindo uma cumeeira e quatro rincões;

- d) Múltiplas águas: são determinadas por superfícies poligonais, onde a determinação do número de águas é definida pelo processo do triângulo auxiliar;
- e) Pavilhão: forma particular da cobertura de quatro águas, em que as vertentes se intersectam definindo apenas quatro rincões que concorrem num ponto.

Na figura 10, podem-se observar as principais configurações dos telhados de uma e duas águas, que geralmente são soluções mais adotadas, pois necessitam de estruturas de apoio mais simples, do ponto de vista construtivo e de projeto (FLACH, 2012).

Figura 10 - Formas de telhados em vista e em planta

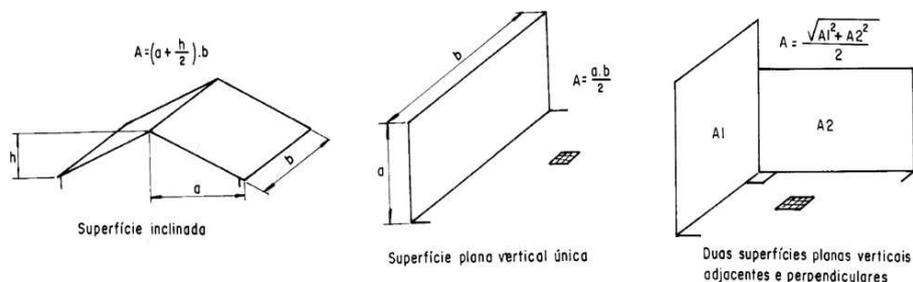


Fonte: Borges, 2009 – Adaptada pelo Autor, 2019.

## Área da superfície de coleta

Para o cálculo da área da superfície de coleta de água pluvial, é levado em consideração as fórmulas apresentadas na norma ABNT NBR 10844:1989, conforme mostra a Figura 11.

Figura 11 - Fórmulas para cálculo das áreas de contribuição

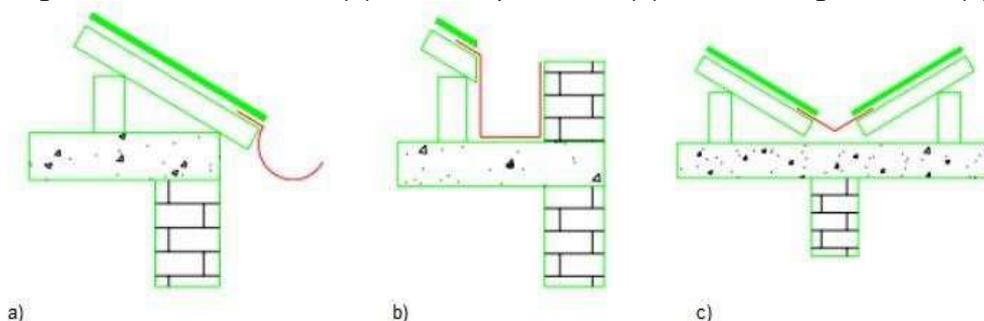


Fonte: ABNT NBR 10844, 1989 – Adaptada pelo Autor, 2019.

## Calhas

Segundo Lucas (2016), a água captada pela cobertura dirige-se para o ponto mais baixo, seja o beiral, o encontro com outros planos inclinados ou ralos, nestes devem ser instaladas as calhas que conduzem a água para as tubulações coletoras. A Figura 12 ilustra os tipos de calhas mais usuais.

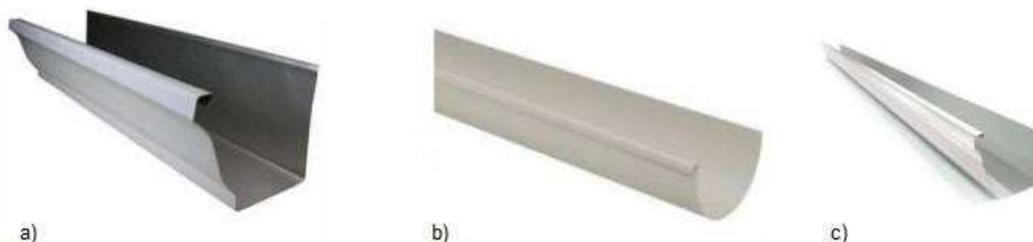
Figura 12 - Calha de beiral (a), calha de platibanda (b) e calha de água-furtada (c)



Fonte: (a), (b) e (c) Lucas, 2016. Adaptada pelo Autor, 2019.

Segundo a ABNT NBR 10844:1989, as calhas devem ser feitas de chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria. No entanto, Doca (2014) relata que os materiais mais utilizados são o aço galvanizado, PVC rígido e o alumínio – representados na Figura 13 –, pois são rígidos e bons condutores, além possuírem custo médio.

Figura 13 - Calhas de alumínio (a), PVC rígido (b) e aço galvanizado (c)



Fonte: (a), (b) e (c) Lucas, 2016. Adaptada pelo Autor, 2019.

As áreas de captação quando planas devem ser capazes de conduzir as águas para um ponto em comum, normalmente um ralo, esse direcionamento é feito a partir do caimento. Para evitar que os detritos sólidos presentes nos telhados, como folhas e objetos, entrem nas tubulações e conseqüentemente nos reservatórios, é colocada uma proteção do sistema na conexão entre a calha e a tubulação, sendo que essa proteção pode ser um ralo hemisférico (LUCAS, 2016).

Para o dimensionamento das calhas deve-se verificar a ABNT NBR 10.844:1989, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade  $n = 0,011$  (vazão em L/min)

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,50%	1,00%	2,00%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: ABNT NBR, 1989 – Adaptada pelo Autor, 2019.

Esta tabela determina o diâmetro das calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade de  $n = 0,011$  a partir da equação de Manning (Equação 1), a qual considera a vazão (Q), o coeficiente de rugosidade do material da calha (n), o raio hidráulico (RH), a declividade (I) e a área molhada da seção (S).

$$Q = K \cdot S/n \cdot RH^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (1)$$

## Condutores

Segundo a ABNT NBR 10844:1989, nos condutores verticais, devem ser empregados tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cobre, chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro. Já nos horizontais, devem ser empregados tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cerâmica vidrada, concreto, cobre, canais de concreto ou alvenaria.

Para seleção dos materiais tanto dos tubos condutores quanto das calhas, deverá ser levado em conta diversos fatores, entre eles: o fluido que será conduzido, condições de serviço, nível de tensões do material, natureza dos esforços mecânicos, disponibilidade dos materiais, sistema de ligações, custo dos materiais, segurança, facilidade de fabricação e montagem, experiência prévia e tempo de vida previsto. Para a aplicação do sistema de captação de águas pluviais, o material mais utilizado para os tubos condutores é o PVC rígido, pois tem baixo custo, são leves, resistentes à corrosão e indicados para condução de águas não potáveis (LUCAS, 2016).

Para que não ocorra transbordamento de água é necessário que seja feito o correto dimensionamento das calhas e a especificação de um número adequado de coletores verticais, para que o sistema opere com a eficiência esperada e não traga problemas tanto à estrutura quanto aqueles que dependerão desse sistema (GHISI, 2005).

## Condutor vertical

Segundo a ABNT NBR 10.844:1989, os condutores verticais podem ser dimensionados através de ábacos. Para determinação do diâmetro, com base na vazão de projeto obtida, traça-se uma reta vertical até interceptar a curva que condiz com o comprimento da tubulação, a partir deste ponto traça-se uma reta horizontal até interceptar o eixo das ordenadas, o qual apresenta o diâmetro do condutor. Destacando que, segundo a norma em questão, o valor mínimo para a tubulação de condutores verticais é 70mm.

## Condutor horizontal

Os condutores horizontais devem ser projetados, segundo a ABNT NBR 10.844:1989, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%. Para seu dimensionamento, é considerado a Tabela 4.

Tabela 4 - Diâmetro do condutor horizontal

Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011			
	0,50%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90
75	95	133	188	267
100	204	287	405	575
125	370	521	735	1040
150	602	847	1190	1690
200	1300	1820	2570	3650
250	2350	3310	4660	6620
300	3820	5380	7590	10800

Fonte: ABNT NBR, 1989

## Base para cálculo

A partir de uma estimativa obtida através da determinação do consumo mensal de água pluvial nos aparelhos que passarão a utilizá-la após implantação do sistema nos fornecera a demanda de água pluvial desta edificação (HEBERSON, MARCÓRIO e RIBEIRO, 2009).

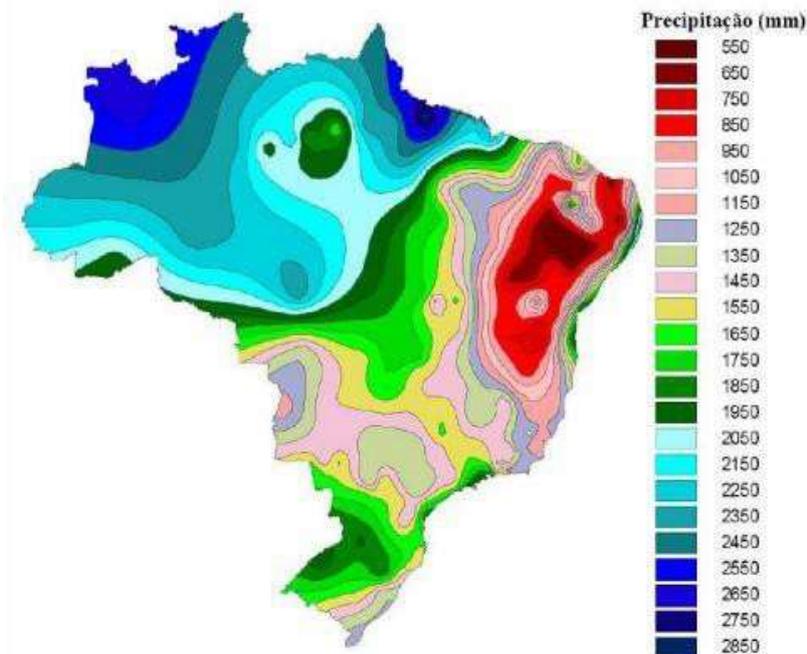
## Precipitação

A distribuição da precipitação pluviométrica e a quantidade de chuva precipitada são de extrema importância no dimensionamento do reservatório de armazenagem de água de chuva. Quanto mais homogêneas forem as chuvas, menor será o volume do reservatório. Reservatório de volume pequeno possui vantagens como a fácil integração com a estrutura da edificação, o menor custo de implantação e a retenção da água por pouco tempo no reservatório de armazenamento (FEWKES; BUTLER, 1999).

A maioria dos métodos de dimensionamento de reservatórios para fins de aproveitamento de água pluvial considera, separadamente ou em conjunto, a duração de períodos chuvosos, de períodos secos e a quantidade da precipitação pluviométrica ao longo de séries históricas. Os dados de entrada utilizados nas análises são baseados em intervalos de tempo horário, diário ou mensal, em função de sua disponibilidade e do processo de cálculo de cada método (ROCHA, 2009).

A Figura 14 mostra a precipitação média anual no Brasil no período de 1961 a 1990 de acordo com dados da Agência Nacional de Águas (ANA) de 2007.

Figura 14 - Precipitação anual média no Brasil no período de 1961 a 1990

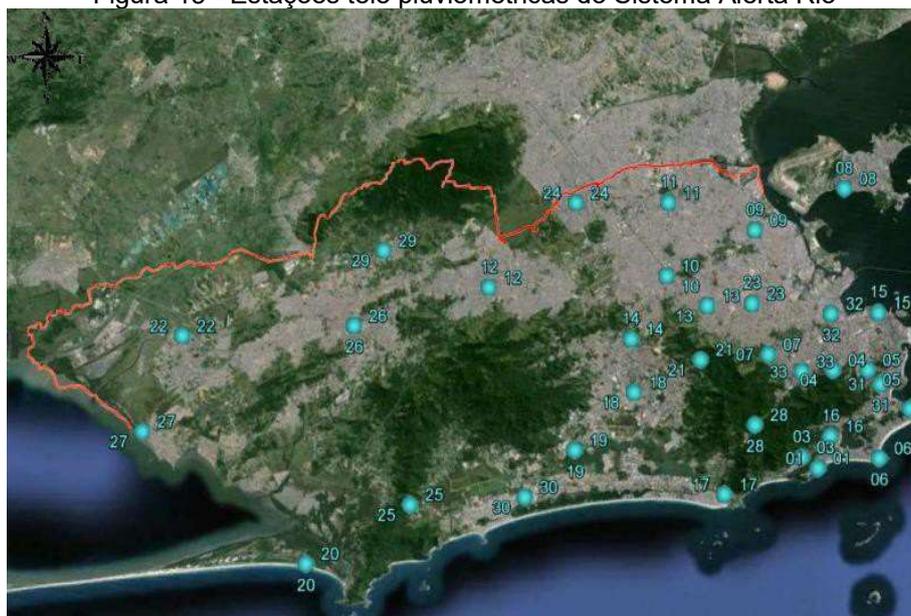


Fonte: ANA, 2007.

Orsi et. al., da Diretoria de Estudos e Projetos, com apoio da Prefeitura do Rio de Janeiro, publicou, no ano de 2015, um relatório apresentando um resumo da pluviometria para o Município do Rio de Janeiro ao longo do ano de 2015. As informações foram obtidas com base nos registros coletados pela rede tele pluviométrica do Sistema Alerta Rio, o qual é composto por um conjunto de estações remotas automáticas que realizam a medição dos índices pluviométricos e o envio dos dados coletados em intervalos regulares de 15 minutos para uma Estação Central.

A localização das 33 estações tele pluviométricas do Sistema Alerta Rio, no município do Rio de Janeiro, estão distribuídas e demonstradas conforme Figura 15.

Figura 15 - Estações tele pluviométricas do Sistema Alerta Rio



Fonte: Orsi et. al., 2015.

O INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) relaciona a precipitação pluviométrica de 4 estações (Alto da Boa Vista, Bangu, Realengo e Santa Cruz), conforme mostra na Tabela 5.

Tabela 5 - Precipitação pluviométrica mensal

Precipitação Pluviométrica do Município do Rio de Janeiro (1981 - 2010)												
Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Alto da Boa Vista	209,1	174,8	215,7	203,3	188,5	132,7	182,3	141,9	223,0	203,7	217,0	273,8
Bangu	204,9	148,7	155,7	108,7	74,8	56,4	43,5	38,8	81,2	80,9	105,0	152,4
Realengo	169,4	113,4	137,8	92,4	52,8	32,8	43,7	26,6	48,1	82,2	111,7	163,9
Cruz	143,8	100,1	110,6	101,3	67,7	48,0	52,2	36,7	71,4	76,7	92,8	138,9

Fonte: INMET, 2010 – Elaborado pelo Autor, 2021.

## Volume de água pluvial

Para a definição do volume de água pluvial que realmente será aproveitado é necessário considerar perdas que ocorrem no processo de captação e reservação da água, oriundas do contato da a água a ser captada com a área de captação, seja por evaporação ou por absorção. Outro fator a ser observado é o volume de água que deve ser descartado no início de cada precipitação, para que ocorra a retirada de matéria orgânica ou resíduos sólidos. (HEBERSON, MARCÓRIO e RIBEIRO, 2009)

Segundo a ABNT NBR 15527:2007, há fatores que reduzem o volume de água aproveitável e por isso é necessário calcular um coeficiente redutor para o volume aproveitado, o qual é calculado através da Equação 2, onde o volume aproveitável de água pluvial em determinado intervalo de tempo ( $V_{ap}$ ) é obtido em função do valor de precipitação pluviométrica da localidade ( $P$ ), da área de captação ( $A$ ) e do coeficiente de aproveitamento ( $C_p$ ), mencionado anteriormente.

$$V_{ap} = P \times A \times C_p \quad (2)$$

O coeficiente de aproveitamento de água pluvial ( $C_p$ ) pode ser definido em função do coeficiente de escoamento superficial da área de captação ( $C$ ), do material da área de captação e da eficiência do sistema de captação ( $\eta_{fc}$ ), como indica a Equação 3 (ABNT NBR 15527, 2007).

$$C_p = C \times \eta_{fc} \quad (3)$$

O coeficiente de escoamento superficial pode variar não só de acordo com o material que é utilizado na cobertura, mas também de acordo com as considerações que são realizadas por alguns autores, quanto ao valor utilizado. Autores como Haught e Wyckoff (2009) consideram para a telha cerâmica um coeficiente de 0,60, outros autores como Frasier (1975) consideram um coeficiente para um mesmo tipo de cobertura de 0,80 a 0,90. Mas em muitas vezes o coeficiente de escoamento superficial é simplesmente adotado, utilizando 0,80 a 0,90, sem considerar o tipo de material utilizado na cobertura ou mesmo o tipo de dimensionamento a ser adotado.

## Vazão

Quanto às vazões de projeto, a partir das recomendações da norma ABNT NBR 10.844:1989 – Instalação Predial de Águas Pluviais, foram determinadas através da Equação 4, a qual considera a intensidade pluviométrica (I) e a área de contribuição.

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad (4)$$

## Dimensionamento do reservatório

Para o sistema de captação de água pluvial, o reservatório não pode permanecer ocioso por um longo período, como também não pode provocar desperdício da água armazenada. O dimensionamento pode variar de acordo com cada região, em função da variação dos dados pluviométricos e também dos objetivos finais de implantação do sistema (AMORIM; PEREIRA, 2008).

De acordo com o volume obtido no dimensionamento, o sistema pode ser utilizado para atender à demanda local por alguns dias, meses ou até por todo o ano. É importante saber que um reservatório para esse sistema não pode permanecer por um longo período ocioso e seu dimensionamento pode variar de região para região, em função dos objetivos finais de implantação do sistema e principalmente em função da variação dos dados pluviométricos (HEBERSON, MARCÓRIO e RIBEIRO, 2009).

## Métodos de dimensionamento

Segundo a ABNT NBR 15527:2007, há seis diferentes métodos para o dimensionamento do reservatório para armazenamento e aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis. No entanto, Heberson, Marcório e Ribeiro (2009) afirmam que três destes métodos são considerados os mais utilizados e ressalta a importância de saber que um reservatório para esse sistema não pode permanecer por um longo período ocioso e seu dimensionamento pode variar de região para região, em função dos objetivos finais de implantação do sistema e principalmente em função da variação dos dados pluviométricos.

## Método de Rippl

Conhecido como Diagrama de Massas, é o método mais utilizado, especialmente por sua fácil aplicação. Entretanto, há várias críticas sobre sua utilização principalmente por esse método ser desenvolvido, a princípio, para grandes reservatórios, o que acarretaria numa superestimava do volume a ser reservado (CAMPOS et al. 2007).

De acordo com Campos (2004), o método determina o volume com base na área de captação e na precipitação registrada, correlacionando tal volume ao consumo mensal da edificação, que pode ser constante ou variável. No entanto, Rocha (2006) afirma que esse método só se aplica quando o volume total demandado num determinado período é menor ou igual ao volume captado neste período, suprimindo assim 100% da demanda de água pluvial durante a estiagem. Caso contrário, os valores do volume total demandado e do volume total captado são igualados, calculando-se, portanto, um novo percentual de suprimento da demanda para o período de estiagem.

Existem duas maneiras de se verificar o volume calculado por este método: graficamente ou analiticamente, para demanda constante ou variável do reservatório. O método gráfico não é mais utilizado, sendo o método analítico responsável por realizar o

cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado.

O período de coleta dos dados da pluviometria local é de extrema importância para a precisão no dimensionamento, pois, quanto mais prolongado o período analisado, mais eficiente é o dimensionamento. Sendo a ABNT NBR 15527, o volume do reservatório ( $S(t)$ ) é calculado pela diferença entre a demanda ou consumo ( $D(t)$ ) e volume de chuva aproveitável ( $Q(t)$ ), como indicado na Equação 5.

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (5)$$

O volume de chuva aproveitável ( $Q(t)$ ) é calculado, conforme ABNT NBR 15527, com base no coeficiente de escoamento superficial ( $C$ ), na área de captação e precipitação, conforme mostra a Equação 6.

$$Q(t) = C \times I \times A \quad (6)$$

Por fim, o cálculo do volume do reservatório ( $V$ ) é dado pelo somatório dos volumes de água no reservatório em determinado intervalo de tempo, conforme mostra a Equação 6.

$$V = \sum S(t) \quad (7)$$

### **Método Azevedo Neto**

De acordo com a ABNT NBR 15527, este método é utilizado a Equação 7 para o dimensionamento do reservatório do sistema para aproveitamento e armazenamento da água da chuva para fins não potáveis, a qual considera 4,2% do produto entre os valores da precipitação média anual ( $P$ ), da área de captação e do número de meses de pouca chuva ou seca ( $T$ ).

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (8)$$

### **Método prático alemão**

Segundo a ABNT NBR 15527, trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório: 6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável, conforme mostra a Equação 8.

$$V_{\text{adotado}} = \min (V; D) \times 0,06 \quad (9)$$

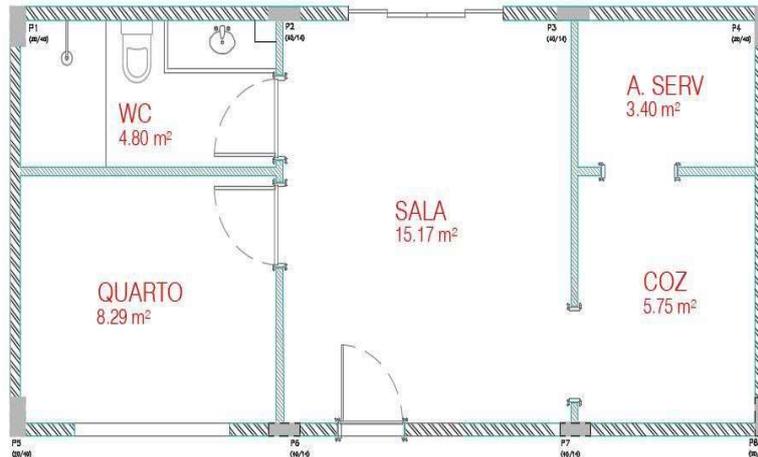
## **DESENVOLVIMENTO**

Nesse capítulo será desenvolvido o projeto de captação de água pluvial de uma residência, descrevendo cada etapa, desde a determinação dos materiais utilizados até a dimensionamento.

### **Projeto arquitetônico**

Será utilizado para a realização deste trabalho o projeto residencial, localizado na zona norte do Rio de Janeiro, demonstrado nas Figuras 16.

Figura 16 - Planta arquitetônica



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2019

## Descrição do edifício

A construção possui apenas um pavimento, o qual possui hall de entrada, sala de estar, sala de jantar, cozinha, área de serviço e sanitário, que totalizam 37,41 m<sup>2</sup> de área de cômodos. Além disso, possui pé-direito de 2,75 m, paredes de vedação externas serão construídas com tijolo cerâmico de oito furos, com dimensões iguais a 11,5 x 19 x 29 cm. Depois de aplicados os revestimentos às paredes, todas apresentarão espessura de 15 cm.

Sua instalação consta com um reservatório superior e uma cisterna, além de contar com um reservatório de águas pluviais: um sistema de reuso destinado a fins não potáveis, como limpeza da área de serviço e descarga de vaso sanitário.

O sistema de captação de águas pluviais será proveniente dos telhados e da área externa, que será conduzida para reservatórios de reuso, no subsolo da edificação.

## Localização

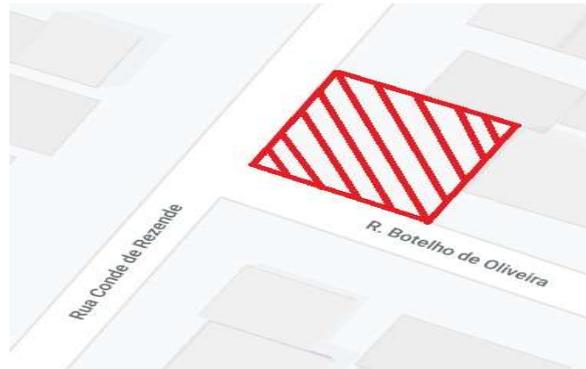
O terreno (Figura 17) em que será projetado o agrupamento se encontra na Rua Conde de Rezende, no bairro de Marechal Hermes, no município do Rio de Janeiro. A localização do mesmo está demarcada na Figura 18.

Figura 17 - Terreno



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2019.

Figura 18 - Localização do terreno



Fonte: Google Maps, 2019 - Elaborada pelo Autor, 2019.

## Critérios do projeto

Antes da elaboração do projeto, há critérios a serem estudados e considerações a serem feitas para seu correto dimensionamento.

## Sistema de coleta

Neste projeto será utilizado o sistema de fluxo total, onde a chuva coletada será direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por filtros e telas. Haverá também um sistema de drenagem para onde a chuva que extravasa o reservatório será direcionada.

## Precipitação

De acordo com os dados contidos na tabela 5, foi considerado, para esse projeto, uma precipitação anual média de 1432,95 mm/ano.

O gráfico da Figura 19 mostra as médias mensais do Rio de Janeiro para o mesmo período de 1981 a 2010 de acordo com os dados da mesma fonte do quadro mencionado. Neste gráfico, constata-se uma situação preocupante quanto ao dimensionamento do reservatório, pois o compreendido de maio a agosto há uma redução drástica na quantidade de chuva na região, que poderá ocasionar falhas na oferta de água em sistemas com suprimento exclusivo de água de chuva e levando ao aumento das dimensões do reservatório.

Figura 19 - Gráfico da precipitação média  
Precipitação pluviométrica do município do Rio de Janeiro  
(1981 - 2010)



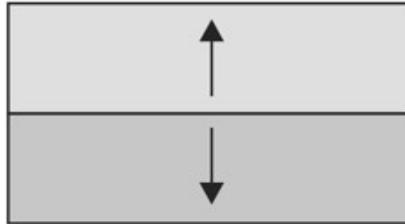
Fonte: INMET, 2010 - Elaborada pelo Autor, 2021.

## Dimensionamento

### Área da superfície de captação

O telhado adotado nesse projeto é duas águas, demonstrado na Figura 20, o qual coleta as águas pluviais e direciona para uma calha com inclinação de 30%, onde é escoada por dois tubos condutores em seus extremos.

Figura 20 - Telhado duas águas



Fonte: Pereira, 2016.

Neste projeto, para tornar mais prático os cálculos, foram considerados quatro trechos (dois para cada calha), todos simétricos, possuindo a mesma área de contribuição. Seu cálculo é detalhado abaixo, com base em suas plantas baixas (Anexo I).

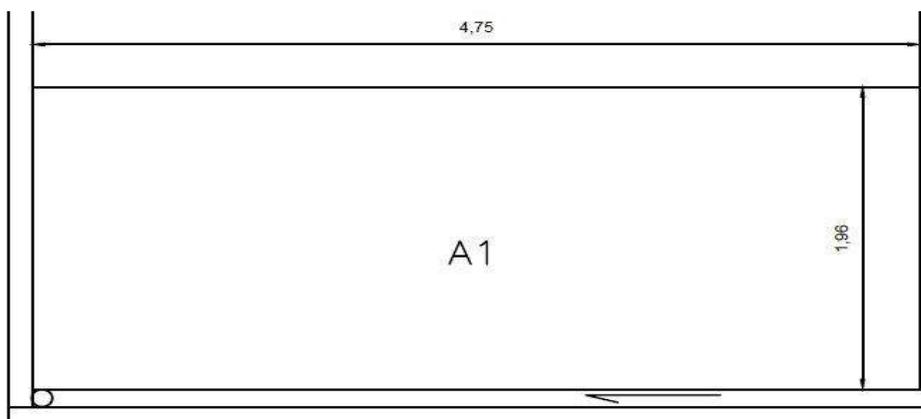
### Calha 1

Para cálculo da área de contribuição da calha é necessário analisar as áreas de influência. Nesse caso, a calha 1 sofre influência das áreas A1, A5 e A7, calculados nos itens abaixo.

### Área A1

A área A1 compreende a uma área inclinada, demonstrada pela Figura 21, calculada pela Equação 10, conforme havia sido ilustrada na Figura 11 (Item 3.2.1.3).

Figura 21 - Área A1



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2019

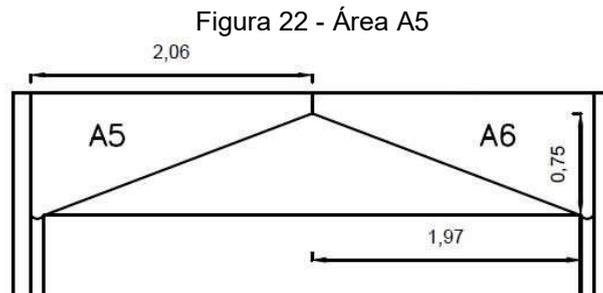
$$A = ( a + h/2 ) \cdot b \quad (10)$$

$$A1 = (1,97 + 0,75/2) \cdot 4,75$$

$$A1 = 11,14 \text{ m}^2$$

### Área A5

A área A5 compreende a área de um trapézio, demonstrada pela Figura 22, calculada pela Equação 11, conforme havia sido ilustrada na Figura 11 (Item 3.2.1.3).



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2019

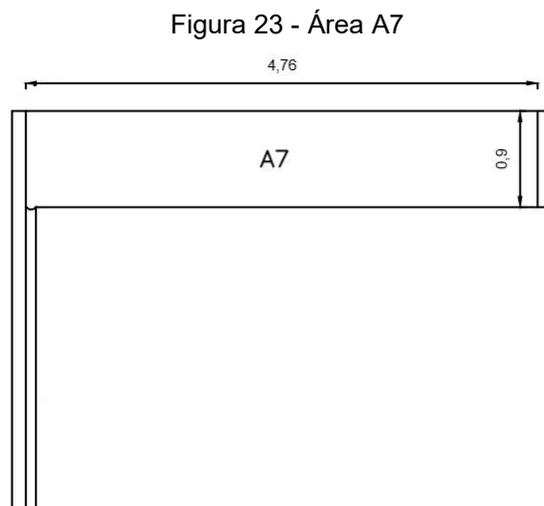
$$A = (B + b) \cdot h / 2 \quad (11)$$

$$A5 = (0,15 + 0,9) \cdot 2,06 / 2$$

$$A5 = 1,08 \text{ m}^2$$

### Área A7

A área A7 compreende a área de um retângulo, demonstrada pela Figura 23, calculada pela Equação 12, conforme havia sido ilustrada na Figura 11 (Item 3.2.1.3).



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2019

$$A = a \cdot b \quad (12)$$

$$A7 = 4,76 \cdot 0,9$$

$$\mathbf{A7 = 4,28 \text{ m}^2}$$

## Área total

A área total é compreendida pela soma da área inclinada e da área adjacente, calculadas pelas Equações 13, 14 e 15, respectivamente, demonstradas abaixo.

$$A = \text{Área Inclinada} + \text{Área Adjacente} \quad (13)$$

$$\text{Área Inclinada} = A1 \quad (14)$$

$$\text{Área Adjacente} = \frac{\sqrt{A5^2 + A7^2}}{2} \quad (13)$$

Foi obtido o resultado de 13,34 m<sup>2</sup>, demonstrado pelos cálculos abaixo.

$$A = 11,14 + \frac{\sqrt{1,08^2 + 4,28^2}}{2} \quad (13)$$

$$A = 13,34 \text{ m}^2$$

Com base nos cálculos, foi obtido para cada trecho da calha 1, área de contribuição de 13,33m<sup>2</sup>. Sendo assim:

$$\mathbf{\text{Calha 1 : Trecho 1} = 13,34\text{m}^2}$$

$$\mathbf{\text{Calha 1 : Trecho 2} = 13,34\text{m}^2}$$

## Calha 2

Visto que as calhas 1 e 2 sofrem influência de áreas de captação simétricas, em ambos os trechos da calha 2, o valor é o mesmo, ou seja:

$$\mathbf{\text{Calha 2 : Trecho 1} = 13,34\text{m}^2}$$

$$\mathbf{\text{Calha 2 : Trecho 2} = 13,34\text{m}^2}$$

## Vazão

A partir da intensidade pluviométrica e das áreas de contribuição é possível calcular a vazão de projeto de cada calha.

Neste projeto, será adotado, com base na ABNT NBT 10844:1989, o valor mínimo de 150 mm/h para o índice pluviométrico e as vazões de projeto serão determinadas através da Equação 4 (Item 3.3.3). Seu cálculo é descrito abaixo.

## Calha 1

$$Q = \frac{I \cdot A}{60}$$

$$Q = \frac{150 \cdot 13,34}{60}$$

$$Q = 33,37 \text{ L/min}$$

Com base no cálculo acima, foi obtido para cada trecho da calha 1, vazão de 33,37 L/min. Sendo assim:

$$\text{Calha 1: Trecho 1} = 33,37\text{m}^2$$

$$\text{Calha 1: Trecho 2} = 33,37\text{m}^2$$

## Calha 2

Visto que as calhas 1 e 2 sofrem influência de áreas de captação simétricas, em ambos os trechos da calha 2, o valor da vazão é o mesmo, ou seja:

$$\text{Calha 2: Trecho 1} = 33,37\text{m}^2$$

$$\text{Calha 2: Trecho 2} = 33,37\text{m}^2$$

## Calhas e condutores

A calha e os condutores serão de PVC rígido. O primeiro direciona as águas para os condutores verticais (tubo de queda), que conduzem a água da calha da cobertura até o pavimento térreo, onde é direcionado para a caixa de passagem, a qual agrega a água pluvial do jardim envolta da residência juntamente com a água do telhado.

O coeficiente de rugosidade (n) varia de acordo com o material utilizado para a confecção da calha, para este projeto será adotado o PVC, cujo coeficiente de rugosidade é  $n = 0,011$ .

A declividade diz respeito à inclinação em que serão dispostas as calhas. Neste caso, a inclinação deve ser uniforme e com valor mínimo de 0,5% que corresponde a 0,005 m/m e a declividade adotada neste projeto.

O condutor vertical será definido através do ábaco para calhas com saída em aresta viva da ABNT NBR 10.844:1989, norma a qual servirá de base para determinação do condutor horizontal.

## Calha

Conforme Tabela 3 (Item 3.1.2.2), tendo ciência da vazão do projeto, é possível dimensionar o diâmetro interno da calha.

Neste projeto, cada trecho da sua calha possui vazão de 33,37 L/min, sendo assim, conforme a tabela em questão, o diâmetro das calhas desse projeto é de 100mm, conforme mostra a Figura 24.

Figura 24 - Diâmetro da Calha

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,50%	1,00%	2,00%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: ABNT NBR, 1989 – Adaptada pelo Autor, 2019.

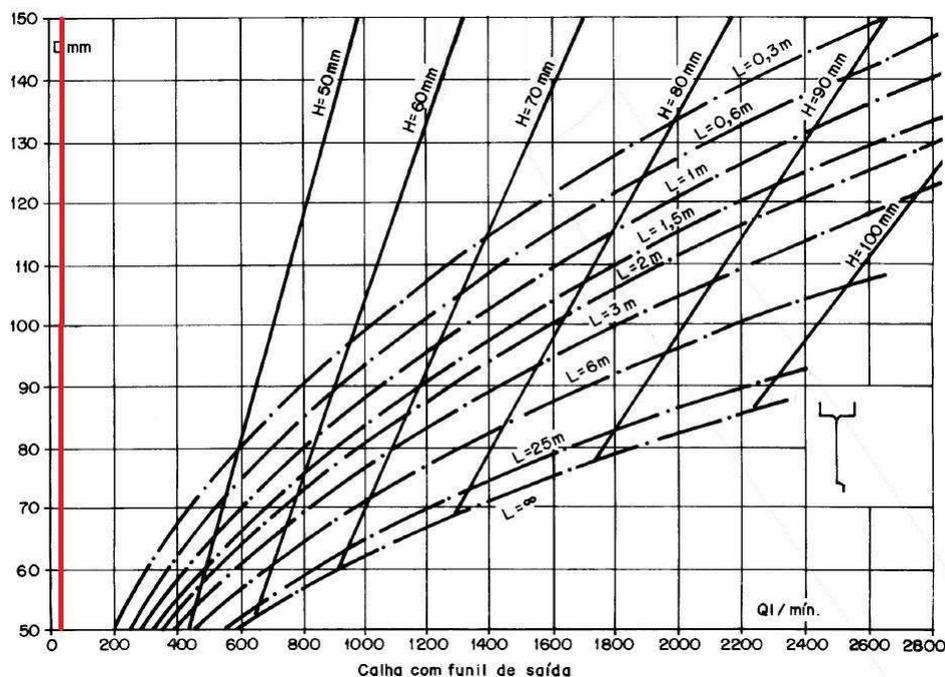
### Condutor vertical

Para o dimensionamento dos condutores verticais, é preciso ter ciência da vazão de saída, que nada mais é do que a vazão nos trechos das calhas, já calculados anteriormente.

**Calha 1: Trecho 1 = 33,37m<sup>2</sup>**  
**Calha 1: Trecho 2 = 33,37m<sup>2</sup>**  
**Calha 2: Trecho 1 = 33,37m<sup>2</sup>**  
**Calha 2: Trecho 2 = 33,37m<sup>2</sup>**

Será utilizado, para este projeto, o ábaco saída em funil, determinado pela ABNT NBR 10844:1989 e demonstrado abaixo, com a linha traçada conforme determina o item 4.3.3.

Figura 24 - Ábaco saída com funil



Fonte: ABNT NBR, 1989 – Adaptada pelo Autor, 2019.

De posse dessas informações, é observado que para nenhuma das vazões ocorre interseção entre as linhas L e H. Desse modo, o diâmetro dos 4 condutores verticais terá o valor mínimo e igual a 70mm, determinado pela ABNT NBR 10844: 1989.

## Condutor horizontal

Assim como o dimensionamento dos condutores verticais, para ser dimensionado os horizontais, é necessário ter ciência da vazão de saída, que nada mais é do que a vazão nos trechos.

$$\begin{aligned} \text{CH1} &= \text{Calha 1: Trecho 1} = 33,37\text{m}^2 \\ \text{CH2} &= \text{Calha 1: Trecho 2} = 33,37\text{m}^2 \\ \text{CH3} &= \text{Calha 2: Trecho 1} = 33,37\text{m}^2 \\ \text{CH4} &= \text{Calha 2: Trecho 2} = 33,37\text{m}^2 \\ \text{CH5} &= \text{CH1} + \text{CH3} = 66,74 \text{ L/min} \\ \text{CH6} &= \text{CH2} + \text{CH4} + \text{CH5} = 100,11 \text{ L/min} \end{aligned}$$

De posse das vazões de projeto e considerando, para este projeto, coeficiente de rugosidade igual a 0,011 e a declividade de 0,5% deve-se, por fim, encontrar o diâmetro por meio da Tabela 4, apresentada no Item 3.1.2.3.2.

Sendo assim o diâmetro dos condutores horizontais 1, 2, 3 e 4 é de 75mm, já dos condutores 5 e 6 é de 100mm, sendo sua seleção demonstrada na Figura 25.

Figura 25 - Dimensionamento dos condutores horizontais

Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011			
	0,50%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90
75	95	133	188	267
100	204	287	405	575
125	370	521	735	1040
150	602	847	1190	1690
200	1300	1820	2570	3650
250	2350	3310	4660	6620
300	3820	5380	7590	10800

Fonte: ABNT NBR, 1989 – Adaptada pelo Autor, 2019.

## Resultado – Captação anual

Conforme pode ser visto na Tabela 1, o coeficiente de escoamento para telhas cerâmicas deve ser de 0,80 à 0,90. Portanto, optou-se por utilizar um valor médio entre 0,8 e 0,9, ou seja,  $C_p = 0,85$ , desta maneira o cálculo estará a favor da segurança. Para tal cálculo, é utilizado como base a Equação 2 (Item 3.1.3.2).

Multiplicado a área útil do telhado ( $37,34 \text{ m}^2$ ) pelo índice pluviométrico anual do município do Rio de Janeiro de  $1.432,95 \text{ mm}$  e o coeficiente mencionado, chega-se ao resultado de  $45,6 \text{ m}^3$  ou  $45.566 \text{ L}$  de água pluvial captadas por ano.

$$V_{ap} = P \times A \times C_p$$

$$V_{ap} = 1.432,95 \times 37,34 \times 0,85$$

$$V_{ap} = 45,48 \text{ m}^3$$

## Reservatório

Para esse projeto, foi utilizado o método prático alemão para dimensionamento do reservatório de água de reuso. Conforme Equação 9, para tal dimensionamento, é considerado 6% do valor anual de precipitação aproveitável. Sendo assim, foi obtido o volume de 2.734 L de reservatório, conforme demonstrado abaixo.

$$\text{Vadotado} = \text{mín} (V;D) \times 0,06$$

$$\text{Vadotado} = 45.556 \times 0,06$$

$$\text{Vadotado} = 2.734 \text{ L}$$

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da realização desse trabalho, foi possível observar a importância da preservação de um dos recursos ambientais mais essenciais ao homem: a água.

Graças a esse trabalho, foi possível visualizar de maneira satisfatória a disposição de todos os elementos que contemplam o sistema de reuso (telhado, calhas e condutores), uma vez que essas foram apresentadas em plantas baixas pelo software AutoCAD, facilitando, dessa forma, o entendimento.

De início, houve certa dúvida sobre a eficiência do sistema de reuso: se realmente valeria a pena economicamente. Porém, após finalizar o projeto, pode-se dizer que o projeto de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, proposto neste trabalho, demonstrou ser tecnicamente e economicamente aplicável.

Frente à escassez de recursos hídricos, tal projeto é de suma importância, devido a gama de aplicações possíveis para a água de chuva, podendo ser utilizada na rega de jardins, lavagem de carros, limpeza de garagens e áreas descobertas, lavagem de sanitários, entre outras.

Dessa forma, a aplicação de técnicas de reaproveitamento de água da chuva no âmbito doméstico configura uma alternativa eficaz na redução de consumo de água potável e, portanto, opção aliada no combate à crise hídrica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2005. Disponível em: <[http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese\\_6582\\_VERS%C3O%20final%20-20Karla%20Ponzo.PRN.pdf](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6582_VERS%C3O%20final%20-20Karla%20Ponzo.PRN.pdf)>."

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: **Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: **Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-5: **Edificações habitacionais – Desempenho – 5ª Parte: Requisitos para sistema de cobertura**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: **Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

AUGUSTO et. al. **Projeto técnico de captação e reuso da água**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2014. Disponível em: < <http://cursos.ufrrj.br/grad/admpublica/files/2014/08/Capta%C3%A7%C3%A3o-e-Reuso-da-%C3%81gua.pdf>>.

CABRAL, et. al. **Sustentabilidade aplicada a partir do reaproveitamento de água de condicionadores de ar**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza. 2015. Disponível em: < [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_216\\_277\\_27473.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_216_277_27473.pdf)>.

CARLON, M.R. **Percepção dos atores sociais quanto às alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville – SC**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Meio Ambiente). Universidade do Vale do Itajaí, Joinville, 2005.

CARVALHO et. al. **Reutilização de águas residuárias**. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM. 2016. Disponível em: < <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/12585>>.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOCK, A. **Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios**. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. s.d. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/6316105-Captacao-e-aproveitamento-de-agua-de-chuva-dimensionamento-de-reservatorios.html>>.

COHIM, E.; KIPERSTOK, A. **Racionalização e reuso de água intradomiciliar. Produção limpa e eco-saneamento**. In: KIPERSTOK, Asher (Org.) Prata da casa: construindo produção limpa na Bahia, Salvador, 2008.

COLLA, L. L. **Sistema de captação e aproveitamento de águas da chuva**. Universidade Estadual Paulista - UNESP. 2008. Disponível em: < [https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariadeControleeAutomacao/galdenoro1906/galdenorotg-lizzi-2008\\_pdf.pdf](https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariadeControleeAutomacao/galdenoro1906/galdenorotg-lizzi-2008_pdf.pdf)>.

FILHO, et. al. **Reuso da água**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2007. Disponível em: < [www.pha.poli.usp.br](http://www.pha.poli.usp.br) >

FOLLMANN, F. M.; FOLETO, E. M. **Recarga de aquífero em Santa Maria/RS: a importância desta área protegida**. Universidade Federal de Santa Maria. 2010. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/22858580-Recarga-de-aquifero-em-santa-maria-rs-a-importancia-desta-area-protegida.html>>.

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R.V. **Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas**. Florianópolis: UFSC/CTC/ENS, 2005. 110p. (Apostila para Curso de Especialização em gestão de Recursos Hídricos). Disponível em: < <http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/TAAA.pdf>>

LIBERAL, G. S. e PORTO, E. R. **A situação atual de cisternas rurais construídas por programas governamentais**. I Simpósio sobre Captação de Água da Chuva no Semi-Arido Brasileiro. Petrolina, PE. 1999.

LISBOA, M. B. **Proposição e avaliação de tecnologias para sistemas de**

**aproveitamento de água da chuva.** 2011. Universidade Federal de Santa Catarina. 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/95591/298392.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>."

LUCAS, F. V. **Sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais em indústrias de alimentos.** Faculdade de Tecnologia do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília. 2016. Disponível em: <[http://bdm.unb.br/bitstream/10483/16648/1/2016\\_FelipeVitorianoLucas\\_tcc.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/16648/1/2016_FelipeVitorianoLucas_tcc.pdf)>.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2004. Disponível em: <<http://observatorio.faculdadeguanambi.edu.br/wp-content/uploads/2015/07/May-2004.pdf>>.

MAZER, G. **Aproveitamento de águas pluviais em escola da rede estadual de ensino no município de Curitiba.** Universidade Federal do Paraná. 2010. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34335/MAZER%2C%20GUSTAVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

SANT'ANA, D. R.; MEDEIROS, L. B. P.; ALVARES, K. C. F. **Aproveitamento de Águas Pluviais e Reuso de Águas Cinzas em Edificações: Princípios de políticas tarifárias baseados em uma análise de viabilidade técnica, ambiental e econômica.** 2017. Disponível em: <[http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area\\_de\\_atuacao/abastecimento\\_agua\\_e\\_sgotamento\\_sanitario/regulacao/reuso\\_aguas\\_cinza\\_aproveitamento\\_aguas\\_pluviais/reusodf\\_1\\_politicas\\_tarifarias.pdf](http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/abastecimento_agua_e_sgotamento_sanitario/regulacao/reuso_aguas_cinza_aproveitamento_aguas_pluviais/reusodf_1_politicas_tarifarias.pdf)>.

SILVA, M. A.; SANTANA, C. G. **Reuso de água: possibilidades de redução do desperdício nas atividades domésticas.** Periódico do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB. 2014. Disponível em: <<http://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/05/REUSO-DE-%C3%81GUA-possibilidades-de-redu%C3%A7%C3%A3o-do-desperd%C3%ADcio-nas-atividades-dom%C3%A9sticas.pdf>>.

WUEMBAUER, F. C. A. **Avaliação do custo-benefício de tecnologias existentes para reuso de águas pluviais em casas populares.** Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas - FATECS. 2014. Disponível em: <<https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/6402/1/21015886.pdf>>.

**Luiz Gonzaga da Rocha Netto**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Valéria Vitorio de Souza**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Bruno Matos de Farias**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

A alta demanda por habitação no país vem levando a rápida introdução do sistema de paredes de concreto na construção de edifícios destinados às habitações uni familiares. Por se tratar de um sistema mecanizado, envolve a sistematização do processo construtivo, de forma que essas habitações sejam construídas em massa, e com design repetido, que garante grande produtividade e economia ao método construtivo. Devendo ser utilizado com auxílio técnico e científico, para evitar futuras falhas de desempenho. O objetivo do trabalho é identificar as principais manifestações patológicas, após a execução da obra, fazendo uma análise de acordo com um estudo de caso de um setor de assistência técnica que atende o item paredes de concreto de uma construtora de grande porte na cidade do Rio de Janeiro. Os dados foram coletados em duas etapas. Primeiramente, a partir de relatórios fornecidos pelo setor de assistência técnica da construtora, foram levantadas as patologias relatadas pelos usuários, na segunda etapa realizou-se duas vistorias em cada obra, utilizando como amostra três empreendimentos. Foi desenvolvido um mapeamento e catalogação das principais manifestações patológicas após a execução, com identificação e registro dos principais chamados feitos pelos usuários, identificando seu grau de incidência, suas características, localização e aprofundamento desses chamados, assim como suas prováveis causas; gerando um modelo de identificação dessas anomalias, das possíveis causas desencadeadoras do processo de degradação e recomendações de ações que visem reduzir a ocorrência dessas patologias. Por fim, o estudo faz uma proposta de uma retroalimentação ao setor de qualidade da empresa, para o desenvolvimento de novos procedimentos a serem adotados; tendo por finalidade a eliminação ou redução de processos que gerem retrabalho desperdício e custos elevados, proporcionando assim, maior qualificação da edificação e, conseqüentemente, maior satisfação dos futuros usuários, assim como garantir boas perspectivas para o futuro do método construtivo.

**Palavras-chave:** Paredes de concreto; Patologias; Avaliação pós-obra.

## INTRODUÇÃO

Para se adaptar às altas necessidades econômicas do início do século XXI, as empresas abriram as portas para modelos que trarão vantagens necessárias como racionalização de horas de trabalho, rapidez na construção, redução de perdas e qualidade alta do produto finalizado e boa competitividade em relação aos outros métodos

construtivos. Para atender a esses requisitos, teve o aparecimento do método construtivo de paredes de concreto moldadas in loco, que foi sendo adotado aos poucos pelas empresas com intuito de aumentar os lucros e mantê-los nas disputas comerciais (SANTOS, 2013).

De acordo com Costa (2013), no Brasil, o uso desse método começou na década de 1970, para atender a necessidade de entrega rápida dos empreendimentos incentivados pelo governo brasileiro. Mas, o uso de paredes de concreto teve certa queda com o passar dos anos, sendo retomado com força por meio do programa “Minha Casa, Minha Vida”, em 2009.

O método construtivo é composto por paredes estruturais solidas de concreto moldadas no local, com espessura de 10 cm, armadas com telas metálicas eletrossoldadas posicionadas no centro das paredes. As lajes são solidas, de concreto armado; também moldadas no local, com 10 cm de espessura. A fundação é definida considerando cada local de implantação das unidades habitacionais. No método, as paredes são executadas na espessura final, eliminando-se o reboco (SILVA, 2011)

Segundo Piancastelli, (2017), o concreto, por ser um material constituído de vários elementos que interagem uns com os outros (cimento, areia, brita, água, aditivos e adições) e com o meio externo (ácidos, bases, sais, gases, micro-organismos, etc.), sofre alterações ao longo do tempo. Destas interações podem surgir anomalias que prejudicam a estrutura ou causam desconforto ao usuário.

Qualquer edificação tem uma determinada vida útil que pode ser maior ou menor, dependendo de vários fatores como, por exemplo, a qualidade dos materiais empregados na construção, as condições a que essas estão expostas e a existência de manutenção periódica. (ANTONIAZZI,2009). Ou seja, é necessário verificar e interpretar as manifestações patológicas, os vícios construtivos, as origens dos problemas, os agentes causadores dos problemas, o prognóstico para a terapia e os erros de projeto (MIOTTO, DANIELA, 2010).

A origem das patologias relaciona-se com as fases ou as etapas da vida da estrutura em que ela se originou, e sua incidência está diretamente relacionada ao controle de qualidade que foi empregado em cada etapa, quando mais precoce for o defeito, maior será a dificuldade de reparação. (Lichtenstein,1986).

Como qualquer método construtivo, do tradicional ao inovador, o método de paredes de concreto também está sujeito a manifestações patológicas, que podem ser causadas por comportamentos inadequados relacionados ao projeto e durante a execução. (HELENE, 1992).

As manifestações dessas anomalias se manifestam somente após o início da obra, ocorrendo geralmente com maior frequência durante as fases de uso e ocupação do edifício, mas um diagnóstico adequado das manifestações patológicas pode indicar em que fase do processo de construção está a origem do fenômeno. (HELENE, 1992).

Observa-se a importância de identificar e atuar diretamente nas falhas de execução dos métodos construtivos deste tipo de empreendimento. A correção de problemas em nível de projeto e procedimento construtivo tem grande impacto nas unidades produzidas dali em diante. Problemas identificados e não corrigidos são replicados em todas as unidades produzidas. Por se tratar de produções em larga escala, o nível de incidência de prestação de serviço por parte da empresa no que diz respeito a reparos e assistência técnica ao consumidor pode se tornar altíssimo, acarretando aumento de custos indesejáveis, bem como insatisfação do usuário com o produto final.

As manifestações patológicas no método construtivo paredes de concreto não só geram transtorno aos seus usuários, como também geram um retrabalho e maior custo final para a construtora. Essas manifestações patológicas poderiam ser evitadas na etapa de execução, identificando vícios construtivos, suas origens e agentes causadores dos

problemas, diminuindo assim os chamados da assistência técnica da construtora e insatisfação dos usuários. Nosso objetivo é um aprofundamento nesses chamados identificando o seu grau de incidência, assim como suas prováveis causas e recomendações de ações que visem reduzir a ocorrência dessas manifestações patológicas com a finalidade de eliminar processos que gerem retrabalhos e aumentem o custo final da obra, garantindo maior qualificação das edificações e consecutivamente maior satisfação dos usuários.

Avaliação das principais manifestações patológicas após a execução do método paredes de concreto em edifícios de habitações populares na cidade do Rio de Janeiro.

Observado o alto nível de incidência de prestação de serviços por parte da assistência técnica da empresa aos seus usuários, notou-se a importância de identificar e atuar diretamente nas falhas de execução do método construtivo deste tipo de empreendimento. Visto que as anomalias só se manifestam após o início da execução e tem maior incidência na etapa de uso da edificação, um estudo adequado verificando e interpretando essas manifestações patológicas pode indicar em qual etapa do processo construtivo teve origem essas anomalias, identificando vícios construtivos, possíveis erros de execução, a origem dos problemas e ações para tratativa dos problemas encontrados, diminuindo a prestação de serviço por parte da assistência técnica, evitando gastos com retrabalhos e garantindo maior satisfação final dos seus clientes.

Para desenvolver este trabalho, inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica, onde foram pesquisados monografias, artigos, dissertações e sites que tratam sobre o tema.

Posteriormente foi realizado um estudo de caso, foram feitas visitas técnicas aos empreendimentos, registros fotográficos das anomalias identificadas e um levantamento de dados com os principais chamados para assistência técnica no período de um ano. Todos os dados foram estudados a fim de tratar a problemática proposta e atingir o objetivo da pesquisa.

Esse trabalho tem por objetivo geral avaliar as manifestações patológicas do método construtivo paredes de concreto moldado no local, através de dados fornecidos pelo setor de assistência técnica de uma construtora de grande porte, classificando e quantificando as manifestações patológicas em cinco empreendimentos na cidade do Rio de Janeiro- RJ.

Como objetivo específico deste trabalho: levantar os chamados realizados a assistência técnica da construtora, juntamente com visitas técnicas para coleta de dados. Caracterizar as manifestações patológicas encontradas, definindo seu grau de incidência e riscos para o uso da habitação, identificando possíveis causas dessas anomalias, por fim verificar os resultados e propor novos procedimentos a serem adotados pela empresa, visando reduzir a ocorrência dos chamados para assistência técnica.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

Segundo Takata (2009), com o surgimento do método construtivo de paredes de concreto e suas vantagens sobre outros métodos construtivos, logo foi visto uma repentina aceleração do uso dessa tecnologia. Sob esse ponto de vista, também surgiram manifestações patológicas, que podem ser ocasionadas por trabalho precipitado, falta de controle de qualidade dos materiais empregados, falhas na concretagem, erros na execução do projeto, mão de obra não qualificada ou até mesmo desconhecimento dos métodos corretos de uso.

Segundo o estudo de Helene (1992), o estudo das patologias construtivas assemelha-se à medicina porque trata dos sintomas, manifestações, etiologia e causas de avarias que ocorrem em edifícios. Esses sintomas, também são chamados de

manifestações patológicas e podem ser analisados e classificados com base em observações visuais detalhadas para orientar o primeiro diagnóstico.

### **Características do método construtivo paredes de concreto**

O método construtivo de parede de concreto é um método que utiliza formas que são montadas no local da obra e depois preenchidas com concreto, já com as instalações hidráulicas e elétricas podendo ou não estar embutidas. A principal característica do sistema é que a vedação e estrutura constituem um único elemento. Esse sistema foi normalizado no Brasil a partir de 2012 pela NBR 16055:2012 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Segundo Goes (2013), o conjunto final de componentes posteriormente a concretagem, é uma estrutura regular, sem juntas, que pode distribuir os esforços por toda a área de aplicação, e é caracterizada por uma estrutura de concreto que se comporta como um conjunto rígido, indivisível.

As Paredes e lajes são concretadas no mesmo momento, indicando o período de construção, e após a retirada da forma, o resultado é uma parede pronta para iniciar o acabamento final. Isto quer dizer que, os tubos, eletrodutos e elementos específicos necessários foram embutidos na estrutura, além das aberturas de portas e janelas já executadas como previsto. Vale destacar que os equipamentos com tubos de grande diâmetro não são instalados dentro da parede, mas sim instalados em shafts, previstos nas paredes, possuindo abertura retrateis e bem-feitas (NBR 16055, 2012). A Figura 1 representa um modelo de edifício construído nesse método.

Figura 1 - Exemplo de edifício construído no método parede de concreto



Fonte: O autor

Este sistema é aconselhável para projetos que se repete por muitas vezes, como apartamentos e edifícios residenciais, e que necessitam de prazos curtos para entrega, que tem orçamento apertado e que precisam da otimização do trabalho no canteiro para execução da obra (ABCP, 2008, p.175).

Segundo ABCP (2008, p.11), o método é caracterizado como sendo muito seguro aos seus operários, pois ao fato de ser racionalizado, utiliza equipamentos que privilegiam a segurança, como andaimes e guarda-corpos incorporados aos painéis de forma. Se referindo ainda à mão de obra, Misurelli e massuda (2009, p. 75) declaram que o método paredes de concreto potencializa a produtividade da mão de obra em treinamento direcionado ao método. Como não existe necessidade de mão de obra especializada, os operários, após treinamento, passam a atuar como montadores e executam todas as tarefas necessárias do método, armação, instalações, montagem de formas, concretagem e desforma.

## Método construtivo de paredes de concreto

O método construtivo de paredes de concreto consiste resumidamente por três elementos básicos: concreto, forma e armação. De acordo com a NBR 16055:2012, esses conjuntos de elementos devem produzir um produto final para resistir a todas as ações que tenham impacto significativo na estrutura e na vida útil.

## CONCRETO

O concreto é o principal componente do método construtivo parede de concreto, a fim de evitar segregações é fundamental que possua boa trabalhabilidade para o total preenchimento da forma e garantir um bom acabamento na superfície. (ABCP, 2009/2010, p.147).

A Tabela 1 apresenta um resumo das tipologias para a utilização de cada tipo de concreto. (ABCP, 2010, p.192).

Tabela 1 – Resumo das tipologias.

TABELA RESUMO DAS TIPOLOGIAS DE CONCRETO				
Tipo	Concreto	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	Resistência mínima à compressão (MPa)	Tipologia usualmente utilizada
L1	Celular	1500 - 1600	4	Casa até 2 pavimentos
L2	Com agregado leve	1500 - 1800	20	Qualquer tipologia
M	Com alto teor de ar incorporado	1900 - 2000	6	Casa até 2 pavimentos
N	Convencional ou Auto-adensável	2000 - 2800	20	Qualquer tipologia

Fonte: ABCP, 2010.

Mediante a NBR 16055 (2012), o concreto utilizado para a parede de concreto pode ser preparado por usina de concreto, ou pela própria construtora, mas, ambas devem atender as especificações do projeto e assumir as responsabilidades pelo serviço.

Após uma média de 12 a 14 horas, a resistência do concreto é de 3 Mpa e pode começar a deformar. Também deve ser lembrado que impactos ou tensões no concreto devem ser evitados durante o processo de deformação para proteger a estrutura de fissuras precoces. (Venturini, 2011).

## Fôrmas

As fôrmas utilizadas na obra para a moldagem do concreto devem ter como especificações básicas a resistência necessária para as ações que será submetida no processo de construção, assim como a rigidez, assegurando as tolerâncias geométrica impostas pela Norma e estanqueidade e conformidade para com a geometria das peças a serem implantadas. (NBR 16055).

Segundo Tecnosil (2019) para escolher o sistema de fôrmas, devem ser levados em consideração alguns fatores importantes: número de reutilização, durabilidade da estrutura, modulação dos painéis, durabilidade da chapa, flexibilidade diante das opções de projeto e adequação a fixação de embutidos.

Para o método construtivo de paredes de concreto moldadas in loco utiliza, normalmente, três tipos de matérias de fôrmas para a montagem. Segundo ABCP (2008, p. 13) lista para o método paredes de concreto os principais tipos de fôrmas:

- Fôrmas metálicas (quadros e chapas em alumínio ou aço);
- Fôrmas plásticas (quadros e chapas de plástico reciclável);
- Fôrmas metálicas + compensado (quadros em alumínio ou aço e chapas de madeira compensada ou material sintético).

### Fôrma metálica

Segundo Nakamura (2013), em apartamentos repetidos e produzidos em série, são exigidas formas de uso contínuo, sendo que, quando se utilizam métodos construtivos, a forma que melhor apresenta e fornece características para o método construtivo parede de concreto é a forma metálica.

Segundo Nakamura (2013), a fôrma metálica é confeccionada em alumínio ou chapa de aço, e o sistema geralmente não deixa furos na superfície do concreto para a passagem de ancoragens, rebites ou marcas no concreto, garantindo assim um melhor acabamento superficial da parede. A figura 2 ilustra um exemplo de fôrma metálica.

Figura 2 – Exemplo de fôrma metálica



Fonte: O autor.

### Fôrmas plásticas

Para Nemer (2016), os moldes plásticos consistem em molduras e placas de plástico reciclável com altos ciclos de reciclagem. Segundo informações do fornecedor dos moldes plásticos, a quantidade reutilizável de moldes plásticos pode variar de 50 a 200 vezes (SILVA, 2010).

E também possui um peso reduzido se comparado com outros materiais resultando em maior facilidade de transporte dos componentes no canteiro de obra (NAKAMURA, 2014). A figura 3 ilustra um exemplo de forma de plástico.

Figura 3 – Exemplo de fôrma plástica



## Fôrma de madeira com estrutura metálica

Segundo Nakamura (2014), para a moldagem de paredes de concreto, a fôrma de madeira é feita de compensado, cujas dimensões são de 2,20x1,10m e 2,44x1,22m, e a espessura varia entre 6 a 21mm. São versáteis e relativamente fáceis de manusear e transportar no canteiro de obras. Elementos de metal (aço ou alumínio) são usados para estruturar a fôrma, e madeira compensada é usada como superfície do concreto, este tipo de fôrma pode durar até 30 usos se for bem conservada. Na figura 4 representa a aplicação de fôrma de madeira com estrutura metálica.

Figura 4 – Fôrma de madeira com estrutura metálica.



Fonte: Nakamura (2014).

## Armação

A armadura do método de parede de concreto segundo Misurelli e Massuda (2009, p.77) caracteriza como sendo a tela soldada posicionada no eixo vertical da parede, vãos de portas e janelas devem receber reforços de telas ou barras de armaduras convencionais, as armaduras devem atender a três requisitos básicos:

- Estruturar e fixar dutos elétricos;
- Resista ao efeito de flexo-torção na parede;
- Controlar o encolhimento do concreto.

Para Nemer (2016, p. 28):

Outros tipos de armaduras como as em formatos treliçados também podem ser utilizadas na execução do sistema, sendo estas também posicionadas centralmente ao eixo dos painéis e possuem mesma necessidade de reforços em vãos de portas e janelas (NEMER, 2016).

Segundo a NBR 16055 (2012) é necessário que as armaduras estejam limpas, seu posicionamento e seu cobrimento sejam conferidos. Para o projeto, deve atentar-se aos detalhamentos necessários no espaçamento entre os elementos para a execução da concretagem. Quando estiver interferência na armadura com outros objetos construtivos só deve ser cortado após autorização do projetista estrutural. A Figura 5 ilustra o posicionamento da armadura no método construtivo de paredes de concreto.

Figura 5 – Posicionamento da armadura



Fonte: O autor.

A execução do método de parede de concreto pode variar de acordo com o processo construtivo adotado pelas diferentes construtoras. O material da forma, o seu fechamento, e o tipo de concreto utilizado, são elementos que podem variar de construtora para construtora. (VENTURINI, 2011).

## Fundação

Para o método construtivo de paredes de concreto moldada no local, qualquer tipo de fundação pode ser utilizado, como a sapata corrida, radier, blocos de coroamento para tubulões, sapatas (COMUNIDADE DO CONCRETO, 2017).

Segundo Massuda (2013), uma fundação muito adequada ao método construtivo em questão é o radier, que é uma fundação rasa, que cobre toda a área da edificação e atua como uma laje para distribuir uniformemente a carga estrutural para o solo.

Após a fundação executada iniciam-se as etapas do processo construtivo para do método paredes de concreto. A figura 6 ilustra as principais etapas desse processo.

Figura 6 – Processo construtivo



Fonte: O autor.

De acordo com Missureli e Massuda (2009), após a desforma, as paredes que devem estar niveladas e apuradas, exibir uma textura regular, apresentar apenas os sinais superficiais das junções entre painéis e furos das ancoragens. As rebarbas decorrentes das junções de painéis devem ser removidas logo após a desforma, os furos de ancoragem devem ser preenchidos com argamassa de cimento e areia. A Figura 7 representa o interior da estrutura após desforma.

Figura 7 – Interior da estrutura após desforma



Fonte: O autor.

Desse modo, a estrutura da parede de concreto foi concluída, e começa a iniciar as etapas da instalação dos revestimentos, instalação das esquadrias, impermeabilização, e os demais processos para a finalização da construção (SILVA, 2010).

### Manifestações patológicas em paredes de concreto

Helene (1992), diz que todo sistema construtivo, desde o convencional até os inovadores, o método de Paredes de Concreto também está propenso ao surgimento de manifestações patológicas, que podem ser frutos das condutas inadequadas frente aos projetos e na hora da execução.

Segundo Takata (2009, p. 83-84), o aparecimento de manifestações patológicas do concreto geralmente vem da fase de execução estrutural. Devido à falha de execução, vários fatores podem causar problemas com o seu aspecto. Mão de obra não qualificada, falta de controle de qualidade dos materiais, falta de atenção nos processos e aos detalhes construtivos podem resultar em manifestações patológicas que podem ser observadas imediatamente ou ao longo do tempo da vida útil da habitação. Exemplos podem ser tais como escoramento, fôrmas, travamento, posicionamento das armaduras e sistemas embutidos. A Tabela 2 mostra a fase de ocorrência das manifestações patológicas na construção civil.

Tabela 2 – Fase de ocorrência das manifestações patológicas

Fase de edificação	Ocorrência de Patologias
Projeto	18%
Materiais	6%
Execução	52%
Utilização	14%
Outros	10%

Fonte: Souza, 2019.

### Principais Manifestações patológicas

#### Fissuras

Segundo Silva (2011), as fissuras são consideradas as características patológicas das estruturas de concreto armado, o dano mais comum, e aquele que chama a atenção de não profissionais, proprietários e usuários. Ainda segundo o autor, as fissuras são

aberturas que afetam a superfície dos elementos estruturais de concreto armado e constituem um caminho rápido para a entrada de agentes corrosivos na estrutura.

De acordo com Oliveira (2012), as fissuras geralmente são causadas por tensões dos materiais. Se os materiais forem solicitados com um esforço maior que sua resistência acontece a falha provocando uma abertura, e conforme espessura será classificada como fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha. Na figura 8 pode ser visto um exemplo de fissura encontrada no método paredes de concreto.

Figura 8 - Fissura no vão da janela



Fonte: O autor.

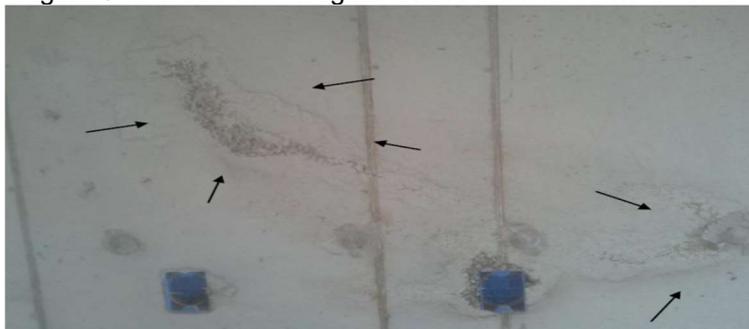
Para Nunes (2007), as fissuras podem ser classificadas de acordo com a sua origem, sendo:

- Deformação: A tensão atua sobre a estrutura, logo se ela for submetida a compressão, cisalhamento ou flexão, a força é maior do que o concreto venha suportar e ocorre a fissuração.
- Retração Hidráulica: Quando o concreto ainda está fresco, a retração hidráulica causará trincas, que são causadas pela perda de água que escapa para a superfície ao mesmo tempo por sua evaporação. (Falta de cura).
- Retração Térmica: à medida que a temperatura muda, o volume do concreto endurecido muda, causando a fissuração no mesmo, efeito mais sensível às peças com mais tempo de vida.
- Expansão Hidráulica: As fissuras são causadas pela ampliação do volume de água nos poros do concreto, o que gera muita pressão.

## Defeitos superficiais

Segundo Corrêa (2012), um dos problemas mais comuns no método construtivo são as bolhas superficiais no concreto. Essa patologia aparece na superfície do concreto devido ao processo de mistura e lançamento do concreto. Uma parcela do ar fica presa no concreto durante a cura, a água e o ar tendem a concentrar-se próximo a parede, causando esses defeitos superficiais. A Figura 9 retrata um exemplo de defeito superficial na parede, contendo irregularidades e afloramento de brita.

Figura 9 - Parede com irregularidades e afloramento de brita.



Fonte: O autor.

## Falhas de concretagem

De acordo com Takata (2019, p.104) A maioria dos erros e descuidos no concreto correspondem à etapa de uso e cura do concreto, ou seja, a moldagem e posterior cura do concreto devem ter muito cuidado para evitar manifestações.

No lançamento do concreto, cuidados especiais devem ser tomados quando a altura de concretagem for superior a 2 metros (ABNT NBR 16055, 2012). Isso pode causar segregação do concreto e criação de bicheiras.

Falhas como vazamentos ou posicionamento incorreto da forma de concreto e fixação das barras de aço na parede, são exemplos de erros que precisam ser reduzidos para diminuir a ocorrência de anomalias na estrutura (MITIDIARI, SOUZA E BARREIROS, 2012, p.4). A Figura 10 retrata um exemplo de falha de concretagem.

Figura 10 – Falha de concretagem



Fonte: O autor.

## Juntas frias

Segundo Medeiros (2010), quando acontece interrupção do concreto na hora da concretagem, se forma as juntas frias de concretagem, o processo de pega se inicia antes da continuidade do lançamento do concreto. Caso esta situação não esteja prevista no projeto, poderá causar grandes problemas para a estrutura de concreto. A consistência entre o concreto novo e o concreto existente deve ser garantida.

Para tal conjuntura, o concreto existente, deve ser submetido a alguns tratamentos: apicoamento, escovagem com escovas de aço, jateamento de areia ou outros processos para formar uma superfície de aderência; limpeza da superfície para remoção de materiais pulverulentos, nata de cimento; a área aonde se encontra o concreto novo com o existente deve ser feito o adensamento rigoroso. Adesivos estruturais também podem ser usados no encontro do concreto novo com o já existente ao ser lançado, para garantir a adesão (MEDEIROS, 2010).

## Nichos e vazios

Também chamadas de bicheiras, afetam a durabilidade e a resistência do concreto. Esses vazios devem ser totalmente preenchidos com graute ou concreto, dependendo do tamanho dos vazios. O revestimento de argamassa por si só não garante a reparação dos vazios e pode encobrir problemas futuros, como corrosão da armadura (FIGUEROLA,2006).

Ainda de acordo com Figuerola (2006), a utilização de concreto auto adensável auxilia na eliminação de bicheiras na estrutura e auxilia no correto lançamento do concreto. A figura 11 retrata um exemplo de bicheira.

Figura 11 – Bicheira na estrutura



Fonte: O autor.

Para melhor entendimento do surgimento das manifestações patológicas no método construtivo foi feita uma análise de acordo com dados fornecidos pelo setor de assistência técnica que atende o item paredes de concreto de uma construtora de grande porte na cidade do Rio de Janeiro, para se ter um melhor entendimento do que ocorreu no método adotado de paredes de concreto.

## METODOLOGIA

O método de pesquisa utilizado consistiu em três fundamentais etapas, inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica de natureza exploratória e qualitativa, onde foram consultadas monografias de cursos de especialização, dissertações, artigos técnicos encontrados através de pesquisas feitas no Google acadêmico, e em sites especializados que abordam os aspectos relacionados ao tema que é objeto do presente estudo.

Ainda na etapa inicial buscou-se analisar o que já foi abordado em trabalhos anteriores no que diz respeito às manifestações patológicas no método construtivo paredes de concreto, mais precisamente as principais anomalias do método.

A segunda etapa consiste na realização de um levantamento de dados do setor de assistência técnica da construtora, onde foram disponibilizados relatórios internos com os chamados realizados pelos seus usuários.

No relatório de patologias foram observados que o setor de assistência técnica no momento do estudo estava atendendo 38 empreendimentos que se encontram no período de garantia. Para análise do estudo em questão separamos 5 empreendimentos, onde foram analisados os chamados realizados por seus clientes, no período de 1 ano após sua entrega.

A coleta de dados ocorreu no período entre os meses de fevereiro/2020 a fevereiro/2021, foi possível identificar as anomalias com maior incidência e investigar suas possíveis causas.

A terceira etapa consistiu em uma análise prática, que se deu através da realização do estudo de caso em três empreendimentos residenciais construídos com o método de paredes de concreto no município do Rio de Janeiro. Foi feita a apresentação dos empreendimentos, o método construtivo adotado pela construtora e o levantamento das manifestações patológicas, realizado através de 2 visitas técnicas em cada empreendimento. Foram realizados registros fotográficos, levantamento da quantidade de ocorrências para cada anomalia, por todo empreendimento. Com os dados coletados, as ocorrências foram analisadas qualitativamente e quantitativamente, caracterizando em relação aos seus sintomas, causas e origens.

Por fim será apresentado o resultado consolidado das manifestações patológicas encontradas nos três empreendimentos, relacionando as anomalias com possíveis falhas de execução que poderiam ser evitadas, além disso, foram sugeridas a adoção de medidas de controle de qualidade e novos procedimentos, a fim de evitar ou eliminar essas anomalias ainda na execução, buscando maior qualificação da edificação, melhores resultados e satisfação dos seus clientes, assim como garantir boas perspectivas para o futuro do método construtivo.

## ESTUDO DE CASO

O estudo de caso ocorreu em três empreendimentos mostrados nas figuras 12, 13 e 14, executados com método construtivo parede de concreto moldadas no local com formas metálicas, por uma construtora que atua em diversos estados do Brasil, especializada na execução de conjuntos habitacionais enquadrados no programa Minha Casa Minha Vida.

A empresa já atua no Rio de Janeiro há mais de 20 anos, porém apenas a partir 2017 vem aplicando exclusivamente o método de paredes de concreto em seus empreendimentos.

Foram vistoriados, visualmente, três conjuntos residenciais na cidade do Rio de Janeiro, ambos em fase de acabamento final, denominados de X, Y e Z.

O conjunto residencial X com 499 unidades, o conjunto residencial Y com 500 unidades e o conjunto residencial Z com 240 unidades, possuindo torres com cinco pavimentos e em cada pavimento quatro apartamentos, com área interna de 41 m<sup>2</sup> cada unidade.

Figura 12- Conjunto Residencial do empreendimento X



Fonte: O autor.

Os três empreendimentos foram executados integralmente pelo método construtivo paredes de concreto moldadas no local, com exceção do depósito de lixo e das casas de comando das bombas que foram executados no sistema construtivo em alvenaria convencional.

Nos canteiros de obra, a padronização e industrialização podem ser notadas pela repetição e modulação dos layouts das unidades e torres construídas. O uso do método

construtivo paredes de concreto moldadas no local facilitam esse processo e agilizam a construção do projeto.

Figura 13 - Conjunto residencial do empreendimento Y



Fonte: O autor.

Figura 14 - Conjunto residencial do empreendimento Z



Fonte: O autor.

## **Método construtivo utilizado pela construtora**

As informações a seguir foram obtidas através dos manuais técnicos, conversas com os gestores de obra da construtora em questão, durante vistorias técnicas para coleta de dados das anomalias.

### **Fundação**

As condições locais de cada empreendimento influenciam na definição do tipo de fundação, considerando o aspecto de segurança, estabilidade e durabilidade. Para as obras em questão foi definido a utilização do radier, sendo alguns estaqueados, isso devido a sondagem realizada em cada terreno.

### **Jogo de fôrmas**

É utilizado um jogo de fôrmas metálicas modulares, para concretagem diária. Elas são reutilizadas em todas as obras da construtora, havendo necessidade são feitos reparos pontuais. Quando finalizada a estrutura de concreto do empreendimento, as fôrmas são alocadas para a próxima obra que iniciara a execução da estrutura. As paredes ficam com 10cm de espessura.

## Armação

São utilizadas telas soldadas de aço CA-60. Para a garantia da centralidade das telas são colocados espaçadores.

## Concreto

É utilizado o concreto usinado preparado pela usina responsável, não é autoadensável, com as seguintes especificações:

- Resistência: 25 MPa com a idade de 28 dias;
- Módulo de elasticidade: 24 GPa;
- Slump teste:  $22 \pm 3$  cm;
- Utilizam como aditivo um superplastificante.

## Sistema de embutido

É utilizado nas paredes de concreto os embutidos elétricos, utilizando eletrodutos corrugados, caixas elétricas e quadros de distribuição, todos em PVC. Sua fixação é efetuada por fixadores entrelaçados na armação e espaçadores garantindo a centralidade dos elementos e o espaçamento das caixas à face oposta das paredes.

## Concretagem

A concretagem é realizada seis dias da semana (segunda a sábado). Com período de um dia. Quando o caminhão betoneira chega na obra é realizado moldes de corpos de provas, sendo moldados sete corpos por caminhão. Desses sete corpos de provas, três serão rompidos depois de 14 horas, dois depois de sete dias e dois com vinte e oito dias. Já para determinar o seu módulo de elasticidade molda-se um corpo de prova que será feito a ruptura com vinte e oito dias.

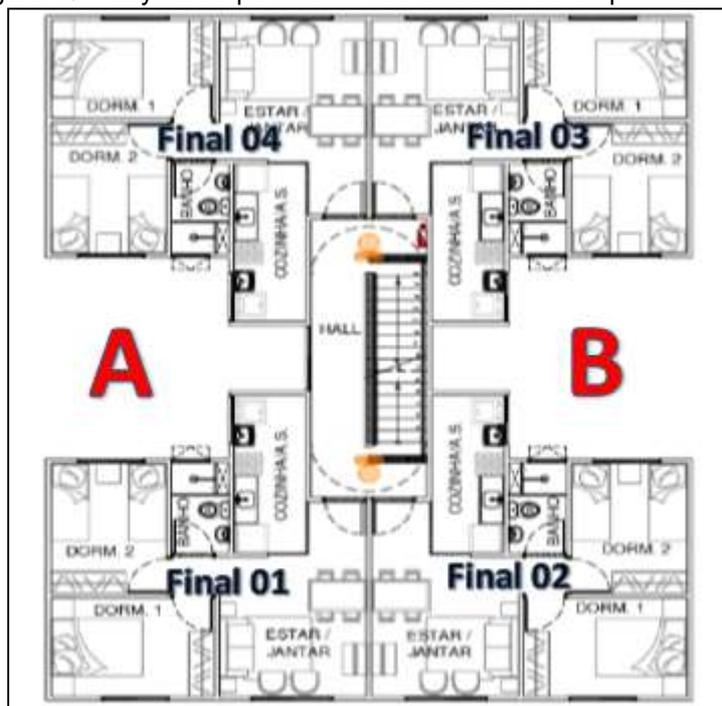
No período de quatorze horas, após o ensaio realizado pode-se ter a confirmação que o concreto está com resistência de superior ou de 3 MPa, a desforma poderá ser efetuada e iniciar a montagem para a próxima concretagem.

Por dia é realizado a concretagem de dois apartamentos. Na figura é mostrado o layout dos blocos, são quatro unidades por pavimento. Sendo térreo mais quatro pavimentos. Para cada pavimento são considerados dois lados de concretagem, o lado A e o lado B, com uma junta de dilatação. A estrutura de uma torre é erguida em dez dias.

O lado A é composto pelos apartamentos com numeração final 1 e 4.

O lado B é composto pelos apartamentos com numeração final 2 e 3, hall e escada.

Figura 15 – Layout do pavimento das unidades do empreendimento



Fonte: Acervo da construtora.

O concreto não é autoadensável, portanto, após o lançamento completo do concreto é realizada a vibração. A vibração das paredes não é realizada por camada, ou seja, o mangote de vibração é inserido até o pé da parede e retirado em movimento lento até a superfície. Este processo é repetido a cada 60 cm, em média, pela extensão da parede.

O concreto chega, normalmente, ao canteiro com Slump de 18 cm e o aditivo superplastificante é adicionado até obter-se o valor de  $22 \pm 3$  cm.

O escoramento é retirado parcialmente depois de três dias de concretagem e retirado totalmente após a estrutura da torre estar finalizada.

### Levantamento das manifestações patológicas

Com ajuda da área de assistência técnica da empresa, que faz o recebimento dos empreendimentos antes da entrega final de chaves e que também atendem os chamados de reclamações e solicitações de reparos dos clientes durante o período de garantia de cinco anos após o recebimento foi analisado um relatório de serviços prestados fornecidos pela construtora. Estes relatórios consideram as ocorrências e necessidades de reparos em 12 categorias, sendo elas: Caixas de esgoto; Equipamentos; Esquadrias; Estrutura; Impermeabilização; Instalações elétricas; Instalações hidráulicas; Muros; Pintura; Revestimento cerâmico; Telhados; Forro de gesso.

Dessas 12 categorias dos chamados para assistência técnica, separamos apenas as categorias das anomalias que estão relacionadas com o método construtivo em paredes de concreto. Sendo elas:

- Esquadrias: Janelas (alumínio), em casos de infiltração no contramarco;
- Estrutura: ocorrência de trincas, fissuras na estrutura das paredes;

- Instalações elétricas: Em casos de eletrodutos obstruídos por entrada de nata de concreto;
- Revestimento parede: descolamento, manchas ou emboloramento dos revestimentos das paredes;

A seguir será apresentado detalhadamente cada anomalia relacionada com o método construtivo em paredes de concreto.

### **Tubulação obstruída**

Causada pela entrada de concreto nos eletrodutos, pelo rompimento ou por falta da atenção da equipe durante o método de concretagem, esta patologia causa um grande prejuízo para a obra devido ao fato que se faz necessário a correção para a obstrução.

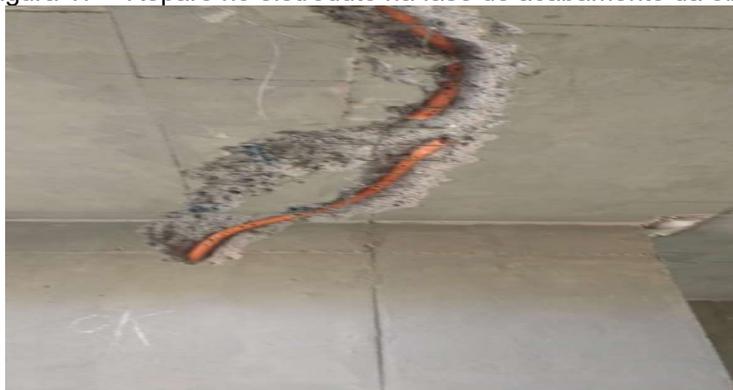
O método de correção é com um auxílio de um cabo guia descobrir onde apresenta o entupimento no eletroduto. Em seguida, o local onde o eletroduto estava entupido era quebrado para a substituição somente da área obstruído. A figura 16 mostra em detalhes o eletroduto rompido durante a concretagem, e a figura 17 mostra o reparo para o eletroduto obstruído ainda na fase de acabamento da obra.

Figura 16 – Eletroduto rompido durante a concretagem.



Fonte: O autor.

Figura 17 – Reparo no eletroduto na fase de acabamento da obra



Fonte: O autor.

### **Descolamento do revestimento cerâmico**

O Descolamento do revestimento cerâmico na parede de concreto como mostrado na figura 18, é considerado uma das patologias mais comuns e mais serias. Geralmente, podem ser observadas quando a adesão entre os elementos do sistema não ocorre como o necessário, nesse caso, entre as placas cerâmicas, a argamassa e a parede. Como em

outros aspectos construtivos, essa patologia pode estar relacionada a um ou mais tipos de causas.

Figura 18 – Deslocamento do revestimento cerâmico na parede do banheiro



Fonte: O autor.

Manifestações patológicas originadas pelo revestimento das paredes é a segregação do concreto. O concreto acaba ficando com duas áreas distintas em sua superfície, uma área é porosa devido ao excesso de agregado e falta de nata, enquanto a outra é lisa, quase impenetrável e tem muita superfície com nata, para que a área tenha boa aderência. Para materiais usados em revestimentos e outras áreas, isso não exibe boas propriedades. Porém, o concreto próximo às juntas de fôrma não é uniforme, o que também ajuda a causar pequena segregação nesta área e ajuda a formar uma superfície que seja menos propícia para uma boa aderência para os revestimentos. A figura 19 mostra mais um exemplo de deslocamento cerâmico.

Figura 19 – Deslocamento do revestimento cerâmico na parede da cozinha



Fonte: O autor.

Para a correta aplicação das cerâmicas, tanto na superfície quanto no revestimento cerâmico e no preparo da argamassa, a fim de eliminar o risco de deslocamento, devem ser seguidas as seguintes orientações.

## **Parede**

A parede que irá receber os revestimentos cerâmicos deve estar limpa, livres de qualquer material estranho (óleo, tinta, poeira etc.), sem qualquer composição que possa impedir a boa aderência da argamassa. Na base é preciso ter atenção antes que comece a concretar a parede, no momento da montagem das formas, ao aplicar o desmoldante o montador não pode aplicar quantidade exagerada do produto para mais nem para menos.

## Revestimento cerâmico

As placas cerâmicas devem estar limpas, e sem qualquer composição que possa impedir a boa aderência da argamassa. As placas cerâmicas só devem ser desembaladas momentos antes da sua utilização. Não retirar da embalagem e não deixar nas intemperes é uma providência importante para o bom adensamento da placa na parede de concreto.

## Fissuras

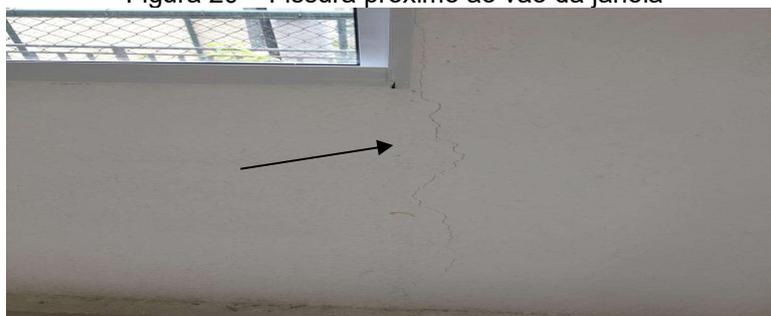
Segundo dados da assistência técnica as fissuras em paredes de concreto internas e externa é algo recorrente e identificado por muitos usuários em suas habitações.

Foi possível identificar fissuras próximas ao vão das janelas, fissuras próximas ao vão do ar-condicionado, fissuras no meio da parede, fissuras partindo da abertura de pontos elétricos, fissuras de 45° localizadas na parte inferior das paredes, como exemplos típicos de fissuração nas unidades, pode-se notar que as fissuras que aparecem na estrutura das paredes de concreto têm suas causas variadas, mas que de certa forma ocorrem concomitantemente.

### Fissuras vão de janelas e ar-condicionado

A fissuração em vãos de janelas, portas e ar-condicionado são decorrentes dos esforços que estão sendo submetidos, em função da solicitação ao redor dos vãos, ocorre uma distribuição não uniforme de cargas que leva a esforços superiores a capacidade resistente do concreto. Segundo a NBR 16055-Parede de Concreto Moldada no local, este tipo de solicitação é absorvido por armadura de reforço posicionada ao redor do vão. Erros de execução, no posicionamento dos reforços estabelecidos no projeto, ou até mesmo erro no dimensionamento fazem com que apareça esse tipo de anomalia. As figuras 20 e 21 retratam a fissuração em vão de janelas e ar-condicionado.

Figura 20 – Fissura próximo ao vão da janela



Fonte: O autor.

Figura 21 – Fissura próximo ao vão do ar-condicionado



Fonte: O autor.

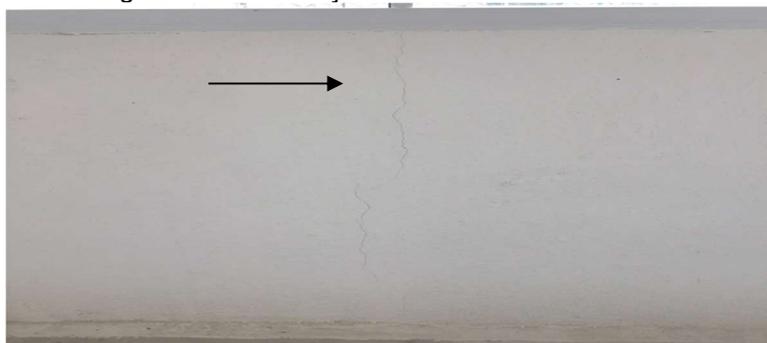
## Fissuras no meio da parede

Conforme mostrado na figura 22, as fissuras ao longo das paredes são causadas pela retração hidráulica precoce do concreto, sendo que a umidade na superfície do concreto é perdida para o meio ambiente, causando retração e quebra das peças.

A perda da água de amassamento do concreto é uma falha grave, e como uma parte da água usada para hidratação do concreto evaporou, causara a perda de resistência do elemento de concreto.

Cuidados extras devem ser tomados para assegurar a cura correta das peças de concreto, a cura por umidade e cura química podem ser usadas de acordo com as dificuldades e necessidades da área.

Figura 22 – Fissuração no meio do vão da Janela



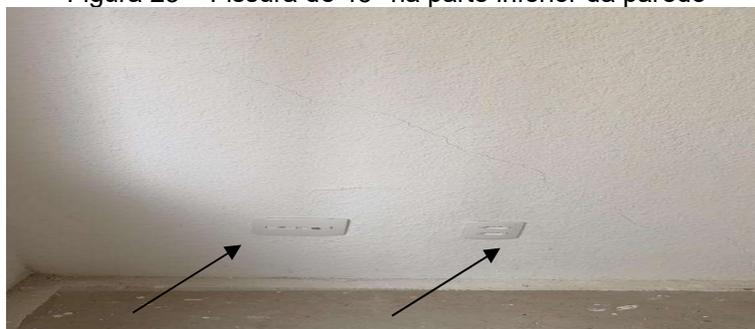
Fonte: O autor.

## Fissuras de 45° localizadas na parte inferior das paredes

A fissuração de 45° na parte inferior das paredes, principalmente nos pavimentos térreos, é uma fissuração característica de recalque diferencial da fundação. Essa situação precisa ser monitorada, para que em caso de situações críticas, o projetista seja consultado de forma a apresentar uma solução para o recalque na fundação.

De acordo com a NBR 6122 (1996) O recalque é definido pelo movimento vertical descendente de elementos estruturais. A relação entre a diferença entre o assentamento de dois apoios e a distância entre eles. A figura 23 retrata uma Fissura de 45° na parte inferior da parede.

Figura 23 – Fissura de 45° na parte inferior da parede



Fonte: O autor.

Quando a situação é mais amena, pode-se realizar um tratamento local, considerando o uso de selante poliuretano para calafetagem e o tratamento superficial com resina acrílica flexível com manta impermeabilizante, o que foi executado na situação relatada.

## Fissuras partindo de pontos elétricos

Nos locais com sistemas de embutidos nas paredes, como eletrodutos e caixas, são mais propensas ao surgimento de fissuras. A fim de evitar essas anomalias devem ser colocados seus espaçadores bem posicionados, para não ter regiões sem seu devido cobrimento de concreto, que podem ocasionar as fissuras paralelas a esses sistemas. Na figura 24 mostra uma fissura partindo do ponto elétrico.

Figura 24 – Fissura na parede partindo do ponto elétrico



Fonte: O autor.

## Esquadrias

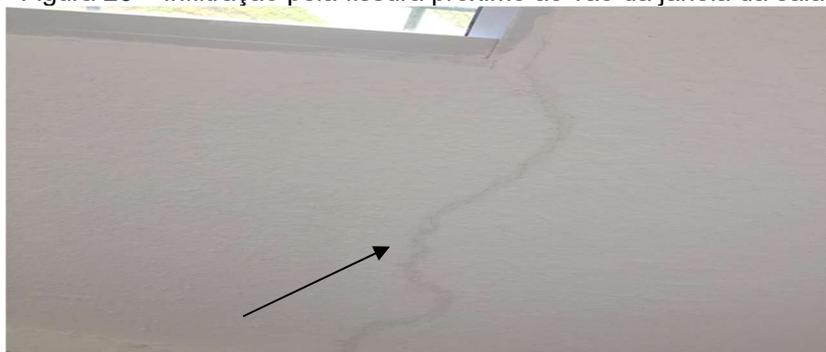
Foi observado que alguns chamados de ocorrência na categoria esquadrias estão relacionados com a má execução do vão de janela, principalmente em casos de infiltração no contramarco, as figuras 25 e 26 mostram casos em que a infiltração ocorre por falhas na execução do vão das esquadrias, pelo aparecimento de fissuras causadas pela não uniformidade do concreto ou pela geometria não regularizada do vão, atrelas a uma vedação falha na colocação da esquadria.

Figura 25 – Infiltração na esquadria da sala



Fonte: Acervo da construtora.

Figura 26 – Infiltração pela fissura próximo ao vão da janela da sala



Fonte: O autor.

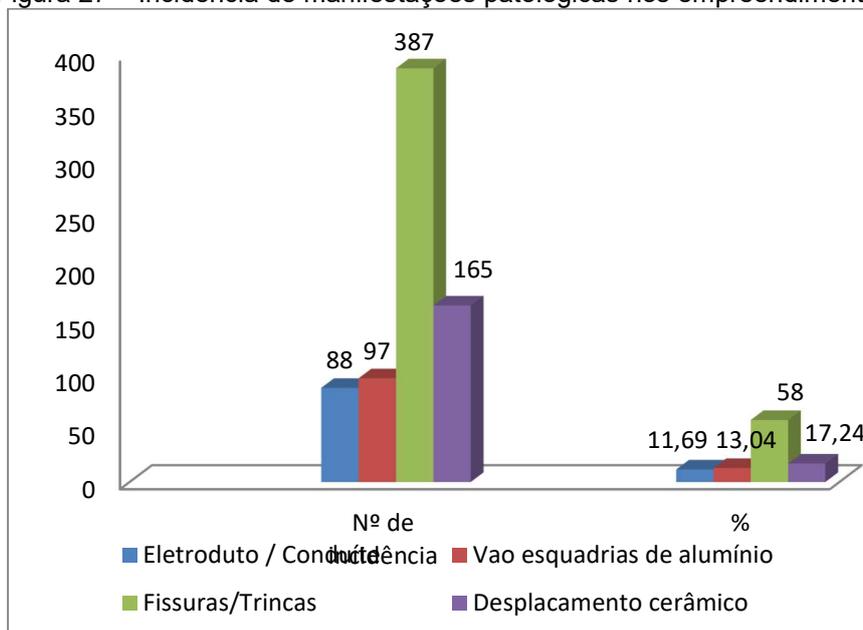
Foram analisados relatórios internos de cinco empreendimentos no período de um ano e os resumos apresentados na tabela 3 e na figura 27 mostram a incidência de ocorrência relacionada às paredes de concreto dos empreendimentos.

Tabela 3 – Incidência de manifestações patológicas nos empreendimentos

Incidência de manifestações patológicas dos empreendimentos			
Patologias	Causa	Nº de incidência	%
Tubulação obstruída	Eletroduto / Conduíte	88	11,69
Infiltração contramarco	Vao esquadrias de alumínio	97	13,04
Fissuras/Trincas	Parede de concreto	387	58
Desplacamento cerâmico	Parede de concreto	165	17,24
Total		737	100

Fonte: O autor.

Figura 27 – Incidência de manifestações patológicas nos empreendimentos



Fonte: O autor.

A seguir serão mostrados três empreendimentos vistoriados em que foi realizado o levantamento das manifestações patológicas encontradas.

Os empreendimentos encontravam-se em fase final, já vistoriado pela assistência técnica da empresa, aguardando liberação de AGI.

## Empreendimento 1- Conjunto residencial X

O empreendimento denominado de conjunto residencial X localiza-se no bairro Bangu na cidade do Rio de Janeiro. O condomínio é composto por com 500 unidades distribuídas em 13 torres, sendo 12 torres germinadas com 40 unidades e 1 torre isolada com 20 unidades. A figura 28 ilustra o empreendimento citado.

Figura 28 – Planta de implantação do empreendimento 1- Conjunto residencial X



Fonte: Acervo da construtora.

A tabela 4 destaca a incidência de manifestações patológicas analisadas em 50 unidades, com relação ao seu método construtivo paredes de concreto no empreendimento em questão, através de vistoria técnica realizada no local.

Tabela 4 – Incidência de manifestações patológicas no Empreendimento 1

Empreendimento 1 - Conjunto residencial X		
	Nº de unidades	500
	Nº de unidades entregues	398
Item	OCORRÊNCIAS	Nº ocorrências
1	Paredes de concreto	29
1.1	Fissuras	
2	Esquadrias	11
2.2	Defeitos vão / Infiltração	
3	Instalações elétricas	3
3.1	Defeitos eletrodutos	
4	Revestimento	12
4.1	Revestimento parede	
	Total	55

Fonte: O autor.

## Empreendimento 2 - Conjunto residencial Y

O empreendimento denominado de conjunto residencial Y localiza-se no bairro Paciência, na cidade do Rio de Janeiro. O condomínio é composto por com 500 unidades distribuídas em 14 torres, sendo 11 torres germinadas com 40 unidades e 3 torres isoladas com 20 unidades. A figura 29 ilustra o empreendimento citado.

Figura 29 – Planta de implantação do empreendimento Y



Fonte: Acervo da construtora.

A tabela 5 destaca a incidência de manifestações patológicas analisadas em 35 unidades, com relação ao seu método construtivo paredes de concreto no empreendimento em questão, através de vistoria técnica realizada no local.

Tabela 5 – Incidência de manifestações patológicas no Empreendimento 2

Empreendimento 2 - Conjunto residencial Y		
Nº de unidades		500
Nº de unidades entregues		461
Item	OCORRÊNCIAS	Nº ocorrências
1	Paredes de concreto	19
1.1	Fissuras	
2	Esquadrias	8
2.2	Defeitos vão / Infiltração	
3	Instalações elétricas	0
3.1	Defeitos eletrodutos	
4	Revestimento	9
4.1	Revestimento parede deslocamento	
Total		36

Fonte: O autor.

### Empreendimento 3 - Conjunto residencial Z

O empreendimento denominado de conjunto residencial Z localiza-se no bairro Cascadura, na cidade do Rio de Janeiro. O condomínio é composto por 240 unidades distribuídas em 8 torres, sendo 4 torres germinadas com 40 unidades e 4 torres isoladas com 20 unidades. A figura 30 ilustra o empreendimento citado.

Figura 30 – Planta de implantação do empreendimento Z



Fonte: Acervo da construtora.

A tabela 6 destaca a incidência de manifestações patológicas analisadas em 30 unidades, com relação ao seu método construtivo paredes de concreto no empreendimento em questão, através de vistoria técnica realizada no local.

Tabela 6 – Incidência de manifestações patológicas no Empreendimento 3  
Empreendimento 3 - Conjunto residencial Z

Nº de unidades		240
Nº de unidades entregues		200
Item	OCORRÊNCIAS	Nº ocorrências
1	Paredes de concreto	25
1.1	Fissuras	
2	Esquadrias	5
2.2	Defeitos vão / Infiltração	
3	Instalações elétricas	1
3.1	Defeitos eletrodutos	
4	Revestimento	2
4.1	Revestimento parede deslocamento	
Total		33

Fonte: O autor.

## RESULTADOS

Na tabela 7 e na figura 31 é mostrado o resultado do somatório das ocorrências dos empreendimentos mostrados anteriormente, consolidando o resultado total das manifestações patológicas. É possível constatar os seguintes valores em relação ao total de manifestações patológicas identificadas:

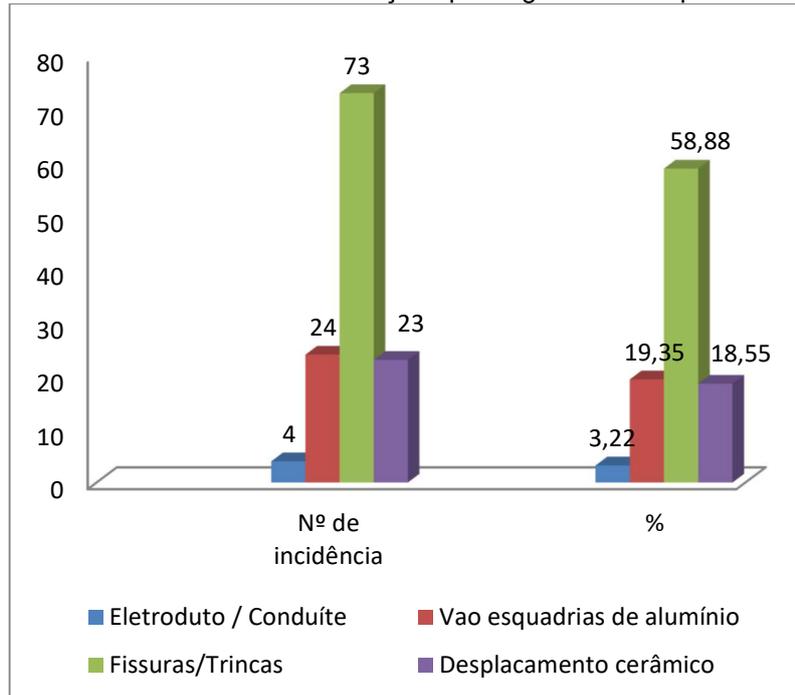
- 24 (19,35%) foram referentes a defeitos nos vãos das esquadrias, ocasionando infiltrações;
- 73 (58,88%) foram por defeitos na estrutura das paredes, a fissuras;
- 4 (apenas 3,22%) são de eletrodutos entupidos;
- 23 (18,55%) referentes a defeitos nos revestimentos das paredes, comodescolamento das placas cerâmicas.

Tabela 7 – Resultados consolidados das manifestações patológicas

RESULTADO CONSOLIDADO			
Nº de unidades		1240	
Nº de unidades entregues		1059	
Nº de unidades vistoriadas		115	
Item	OCORRÊNCIAS	Nº ocorrências	%
1	Paredes de concreto	73	58,88 %
1.2	Fissuras		
2	Esquadrias	24	19,35%
2.1	Defeitos vão / Infiltração		
3	Instalações elétricas	4	3,22 %
3.1	Defeitos eletrodutos		
4	Revestimento	23	18,55%
4.1	Revestimento parede - Desplacamento		
Total		124	

Fonte: O autor.

Figura 31 – Incidência de manifestações patológicas nos empreendimentos



Fonte: O autor.

## RELAÇÃO ENTRE AS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E FALHAS NA EXECUÇÃO

Foi possível observar mesmo com as obras estando em fase final de acabamento, as manifestações patológicas apresentadas anteriormente poderiam ter sido evitadas na execução, logo as falhas de execução do método construtivo contribuem em grande parte para o surgimento das anomalias citadas.

Pretende-se, nesta etapa, relacionar as manifestações patológicas relatadas por seus usuários e encontradas em vistoria técnica de três empreendimentos com falhas de execução citadas na etapa 2.3.

### Falha nos vãos das esquadrias

Os usuários relatam defeitos nos vãos das esquadrias, que em sua maioria apresenta infiltração na área inferior do vão. A falha observada foi na concretagem do contramarco, mau adensamento do concreto e com porosidade são uma das principais causas das manifestações patológicas. Na etapa de vibração do concreto pode acontecer a movimentação nos reforços usados nos vãos, o que gera uma deficiência na armadura, propiciando o aparecimento de fissuras, formando assim a área de infiltração de água, e como o processo construtivo se repete, é comum encontrar essas anomalias em muitos apartamentos entregues pela construtora.

### Falha na estrutura

Existem muitas razões para fissuras em estruturas de parede de concreto, mas elas ocorrem simultaneamente até certo ponto. Os defeitos superficiais são causados pela vibração de elementos altos e pela dificuldade de escoamento das bolhas de ar causadas pela segregação do concreto durante a concretagem, merecendo maior atenção. Portanto, tem-se um concreto de menor qualidade e não uniforme em boa parte da estrutura. Somam-se a isto alguns outros erros de execução, como a falta de cura do concreto, má fixação

das placas das fôrmas e juntas frias de concretagem, e se obtêm as condições para aparição das fissuras e outras falhas na estrutura.

### **Falha nos revestimentos cerâmicos**

Uma das principais causas das manifestações patológicas causadas pelos revestimentos de parede é a segregação do concreto. Quando isolado, o concreto fica com duas áreas distintas em sua superfície: uma porosa, com muito agregado e falta de nata, e a outra lisa, quase impermeável e muita nata. Desta forma, uma área exibe boa adesão ao material usado para revestimento, enquanto a outra área não apresenta boas propriedades. Da mesma forma, o concreto próximo às juntas da fôrma não é uniforme, causando pequena segregação nesta área e resultando em uma superfície pobre, o que impossibilita uma boa aderência aos revestimentos.

### **CONCLUSÃO**

Ao tentar compreender as principais manifestações no pós-obra do método construtivo de paredes de concreto moldados no local, com uso de formas metálicas, em conjuntos habitacionais, percebemos que o principal problema está na execução, no lançamento e adensamento do concreto.

Alterando ou adicionando alguns procedimentos de execução e controle de qualidade, poderá evitar a maioria das anomalias relatadas pelos usuários finais. Por exemplo: substituição concreto convencional pelo autoadensável pode prevenir direta ou indiretamente o aparecimento das manifestações patológicas, como infiltração pela esquadria, deslocamento cerâmico e fissuras na estrutura. Obtendo também um lançamento e adensamento mais uniforme do concreto, eliminando a vibração, ganhando na produtividade e evitando o deslocamento das armaduras e embutidos. Além de tornar o lançamento e adensamento do concreto mais uniforme, também elimina a vibração, o que representa aumento de produtividade e evita o deslocamento das armaduras e sistemas embutidos.

O aumento final dos custos com a utilização do concreto autoadensável pode não só valorizar a imagem da empresa e do método construtivo no mercado, mas também comprovar a sua racionalidade, reduzindo efetivamente as manifestações patológicas, os retrabalhos e os custos de assistência técnica.

Da mesma forma, caso seja economicamente inviável a utilização do concreto autoadensável, o lançamento do concreto convencional em camadas é outra opção para amenizar as manifestações patológicas relatadas. Da mesma forma, o aumento do custo é razoável porque o retrabalho e os custos com assistência técnica serão reduzidos.

A falta de cura do concreto é algo preocupante, pois no final temos um produto poroso, sujeito à percolação de água, que pode ocasionar males à armadura e posteriormente corrosão dela.

Por fim, não menos importante, a limpeza e manutenção das fôrmas, devem ser realizadas regularmente. Evitando o aparecimento de defeitos geométricos, ajudando a vedar as formas, impedindo a fuga da nata do concreto e abertura entre as peças da forma.

Por se tratar de um método que replica de forma industrial as unidades, é de extrema importância que as falhas de execução sejam identificadas desde o início, evitando retrabalho e possíveis serviços de assistência técnica para milhares de unidades que são reproduzidas repetitivamente com reutilização das formas.

Para desfrutar das vantagens proporcionadas pelo método construtivo paredes de concreto, não deve haver retrabalho e anomalias. É imprescindível ter mão de obra treinada

e qualificada para todas as etapas construtivas do método, execução, acompanhamento e verificação dos serviços.

O objetivo da adoção dessas medidas de controle é eliminar ou, até certo ponto, amenizar a ocorrência dos chamados que possuem relação com as paredes de concreto, realizados para assistência técnica nas obras entregues, e que requerem correção posterior. Isso reduz custos imprevistos.

Quantificar a diferença entre o custo da utilização do concreto convencional e do concreto autoadensável, bem como seus respectivos custos de retrabalho e posterior correção, exigirá pesquisas futuras, ficando a deixa para novas investigações.

Para buscar melhores resultados para seus clientes, a adoção de medidas de controle de qualidade também pode reduzir gastos. Além disso, a boa imagem entregue pela construtora pode fortalecer o relacionamento com o cliente e trazer benefícios para a empresa ao fornecer o produto final com qualidade e vida útil que atenda ao desempenho exigido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARÊAS, Daniel Moraes. Descrição do processo construtivo de parede de concreto para obra de baixo padrão. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM. Parede de concreto: coletânea de ativos 2007-2008. São Paulo: Comunidade da Construção, 2009. 216 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM. Parede de concreto: coletânea de ativos 2008-2009. São Paulo: Comunidade da Construção, 2010. 162 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16055: parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). Parede de concreto - Coletânea de ativos 2007/2008. São Paulo, 2007.

CORRÊA, Júlio Marcelino. Considerações sobre projeto e execução de edifícios em paredes de concreto moldados in loco. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

GÓES, B. P. Paredes de Concreto Moldadas “in loco”, Estudo do Sistema Adotado em Habitações Populares. 2013. 47 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

HELENE, Paulo R.L. Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1992. 119 p.

NAKAMURA, Juliana. Escolha de fôrmas para paredes de concreto deve considerar critérios técnicos e econômicos. Revista Técnica, São Paulo: Pini, n. 202, janeiro 2014

NEMER, Pedro Curvello da Costa. Avaliação do sistema construtivo paredes de concreto moldado no local a luz das normas técnicas vigentes. 2016. 106f. Dissertação (Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

NEVILLE, Adam M; BROOKS, J.J. Tecnologia do concreto. 3 ed. Bookman Editora, 2013.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. Paredes de Concreto. Revista Técnica, São Paulo: Pini, n. 147, p. 74-78, jun. 2009

MITIDIERI, C, V; SOUZA, J, C, S; BARREIROS, T, S. Sistema construtivo de paredes de concreto moldadas no local: aspectos do controle de execução.

PIANCASTELLI, Élvio Mosci. Patologias do concreto. 2017.

SANTOS, Everton de Britto. Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares. 2013.

SILVA, Fernando Benigno. Sistema de fôrmas plásticas para paredes de concreto. Revista Técnica, São Paulo: Pini, n. 165, dezembro 2011.

TAKATA, Leandro Teixeira. Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado: estudo de caso. 2009. 152 f.

TECNOSIL. Paredes de Concreto Moldadas In Loco: O que são e por que usá-las na sua obra, 2019.

**Bruno Polycarpo Palmerim Dias**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Praça XI)

**Miguel Henrique de Oliveira Costa**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Praça XI)

## RESUMO

As fatalidades decorrentes de colapsos prematuros de edificações em situação de incêndio revelam a necessidade de garantir que os elementos estruturais resistam a um tempo mínimo que permita a saída das pessoas e o acesso do Corpo de Bombeiros para as operações de combate e salvamento, denominado Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF). Neste contexto, foi apresentado o método simplificado de dimensionamento em situação de incêndio aplicado a pilares de aço submetidos a compressão simples. Complementarmente, adotou-se um perfil de pilar interno de uma edificação hipotética como exemplo de dimensionamento, seguindo os requisitos da ABNT NBR 8800:2008 (em temperatura ambiente), bem como da NT 2-19 do CBMERJ e da ABNT NBR 14323:2013 (em situação de incêndio). Na verificação realizada, constatou-se que a temperatura do pilar no TRRF (30 minutos) superava a temperatura crítica, sendo necessária sua proteção. Apresentou-se duas soluções, sendo uma proteção do tipo contorno por tinta intumescente, onde foi necessária a cobertura de 0,35 mm para proteger o elemento estrutural no TRRF; e uma proteção do tipo caixa por placa rígida de lã mineral de 20 mm, que conferiu ao pilar um tempo de resistência ao fogo de quase 90 minutos.

**Palavras-chave:** dimensionamento; aço; incêndio.

## INTRODUÇÃO

Ao contrário dos elementos de concreto armado, os elementos estruturais de aço, em virtude de suas propriedades geométricas (FRANSSEN; REAL, 2010), comumente não atendem aos tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF) previstos na Nota Técnica (NT) 2-19 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio (CBMERJ), sendo necessária sua proteção por materiais de revestimento contra fogo a fim de que seja evitado o colapso estrutural prematuro em situação de incêndio. Para tanto, há várias técnicas e materiais que podem ser empregados, exigindo um correto dimensionamento.

Além das exigências da NT 2-19 do CBMERJ, a NBR 14323: Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio – Procedimento estabelece requisitos para o dimensionamento de elementos estruturais de aço em situação de incêndio, tanto dos perfis quanto das ligações. Ademais, é fundamental conhecer a espessura necessária para o material de proteção escolhido, em função do fator de massividade e do TRRF, através das cartas de cobertura disponibilizadas pelo fabricante

ou compiladas em catálogos como o *ASFP Yellow Book: Fire Protection for Structural Steel in Buildings*.

Desta forma, adotando como exemplo um pilar interno, será dimensionada a espessura dos materiais de revestimento contra fogo para a situação incêndio. Para tanto, serão adotados conceitos da ABNT NBR 14323:2013 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio e da ABNT NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.

Os colapsos prematuros de estruturas em situação de incêndio, como os ocorridos no Edifício Plasco em 2017 (Figura 1) e no Edifício Wilton Paes de Almeida (Figura 2), revelam a necessidade de que os elementos estruturais das edificações resistam a um tempo mínimo a fim de que sejam asseguradas a saída das pessoas e o acesso do Corpo de Bombeiros para as operações de combate e salvamento (CBMERJ, 2019).

Figura 1: Edifício Plasco (Irã, 2017) – 30 bombeiros mortos



Fonte: NBC (2020)

Figura 2: Edifício Wilton Paes de Almeida (São Paulo, 2018) – 07 ocupantes mortos



Fonte: Estadão (2020).

A escolha dos pilares se deu em razão das falhas nesses elementos estruturais serem a principal causa do desabamento de edifícios (informação verbal)<sup>1</sup>. Tal assertiva, é corroborada por laudos periciais, como, por exemplo, do Edifício Palace II, que desabou no ano de 1998 no Rio de Janeiro (FOLHA DE SÃO PAULO, 2021).

Neste contexto, o atual Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico do Estado do Rio de Janeiro (COSCIP), aprovado através do Decreto Estadual nº 42/2018, estabelece

---

<sup>1</sup> Informação fornecida durante a capacitação em Inspeção e patologia de estruturas de concreto armado realizada no SENGE-RJ em março de 2019.

uma série de exigências preventivas para as edificações, dentre elas, a proteção contra incêndio e pânico dos elementos estruturais (RIO DE JANEIRO, 2018).

O objetivo geral do presente trabalho é apresentar o método simplificado de dimensionamento em situação de incêndio aplicado a pilares de aço submetidos a compressão simples, conferindo ao elemento estrutural a proteção necessária no TRRF previsto na Nota Técnica 2-19 do CBMERJ.

Para tanto, será necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- (i) apresentar o processo de transferência de calor em ambientes compartimentados;
- (ii) apresentar o comportamento dos elementos estruturais sob altas temperaturas, com especial enfoque aos elementos de aço;
- (iii) apresentar os conceitos de carga de incêndio, resistência ao fogo, tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) e incêndio-padrão;
- (iv) apresentar o conceito de fator de massividade;
- (v) apresentar as principais técnicas (tipo de material e forma de aplicação) para proteção de estruturas de aço contra incêndio;
- (vi) apresentar algumas cartas de cobertura de materiais de revestimento;
- (vii) apresentar os diferentes tipos de pilares quanto à solicitação;
- (viii) descrever o método simplificado de dimensionamento de estruturas de aço em situação de incêndio;
- (ix) apresentar um exemplo de edificação, definindo as ações e condições de contorno de um pilar submetido à compressão simples;
- (x) definir um perfil para o pilar submetido à compressão simples e realizar o dimensionamento à temperatura ambiente;
- (xi) verificar se o pilar atinge/supera a temperatura crítica no TRRF;
- (xi) dimensionar as espessuras dos materiais de revestimento contra fogo selecionados, se necessário.

## **METODOLOGIA**

A presente pesquisa investigará, inicialmente, (i) os principais conceitos relacionados à elevação da temperatura em elementos estruturais de aço em situação de incêndio e (ii) os respectivos métodos de proteção, através de uma revisão bibliográfica.

Dando prosseguimento, através de um exemplo, um pilar de aço submetido à compressão simples será dimensionado à temperatura ambiente conforme ABNT NBR 8800:2008. Adotando o preconizado na NT 2-19 do CBMERJ, serão definidos o TRRF do pilar bem como a temperatura crítica do aço e, através da ABNT NBR 14323:2013, será calculada temperatura do aço no TRRF.

Por fim, caso a temperatura do aço no TRRF definido atinja/exceda a temperatura crítica do aço (CBCA, 2020), serão dimensionadas as espessuras dos materiais de revestimento contra fogo do elemento estrutural utilizando o referencial das cartas de cobertura.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

### **Processo de transferência de calor em incêndios**

Há três processos de transferência de calor num ambiente compartimentado em situação de incêndio: a condução, a irradiação e a convecção, sendo esta última a mais relevante, em virtude dos gases quentes não se dissiparem no ambiente, diferente do que ocorre em ambientes abertos. Em um ambiente compartimentado, a fumaça do incêndio se movimenta de forma radial e ascendente. Ao entrar em contato com a laje de teto, passa a

movimentar-se lateralmente, até encontrar as vedações, onde começa a aumentar sua concentração, formando uma zona quente na porção superior e uma fria, na inferior, como apresentado na Figura 3 (DeHaan, 2007).

Figura 3: Propagação da fumaça em ambientes compartimentados

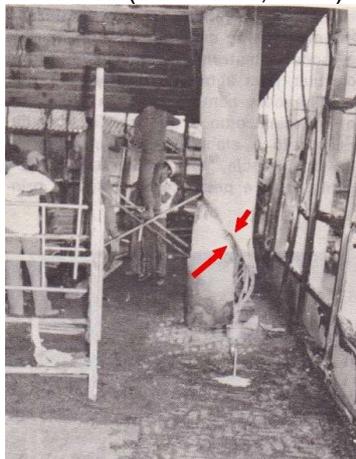


Fonte: CBCA (2020).

#### Comportamento dos elementos estruturais sob altas temperaturas

Em virtude das maiores temperaturas presentes na camada superior do ambiente compartimentado, são justamente as porções de elementos estruturais mais altas que sofrerão mais intensamente com os efeitos do calor. As deformações provocadas pelo aumento da temperatura, provocam tensões nos elementos estruturais, podendo levar à abertura de trincas e, até mesmo, à sua ruptura, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4: Deformação da viga levando à ruptura por cisalhamento de pilar – Incêndio do Edifício do Grande Avenida (São Paulo, 1981)



Fonte: Zona de Risco (2020).

Para agravar a situação, a ação do calor nas estruturas provoca a perda de resistência à tração do aço bem como a redução de seu módulo de elasticidade, como pode ser verificado Figura 5 (ABNT, 2013).

Figura 5: Redução da resistência à tração do aço e do módulo de elasticidade em função aumento da temperatura

Temperatura do aço $\theta_a$ °C	Fator de redução da resistência ao escoamento <sup>a</sup> $k_{y,\theta}$	Fator de redução do módulo de elasticidade <sup>a</sup> $k_{E,\theta}$
20	1,000	1,000
100	1,000	1,000
200	1,000	0,900
300	1,000	0,800
400	1,000	0,700
500	0,780	0,600
600	0,470	0,310
700	0,230	0,130
800	0,110	0,090
900	0,060	0,068
1 000	0,040	0,045
1 100	0,020	0,023
1 200	0,000	0,000

<sup>a</sup> Para valores intermediários da temperatura do aço, pode ser feita interpolação linear.

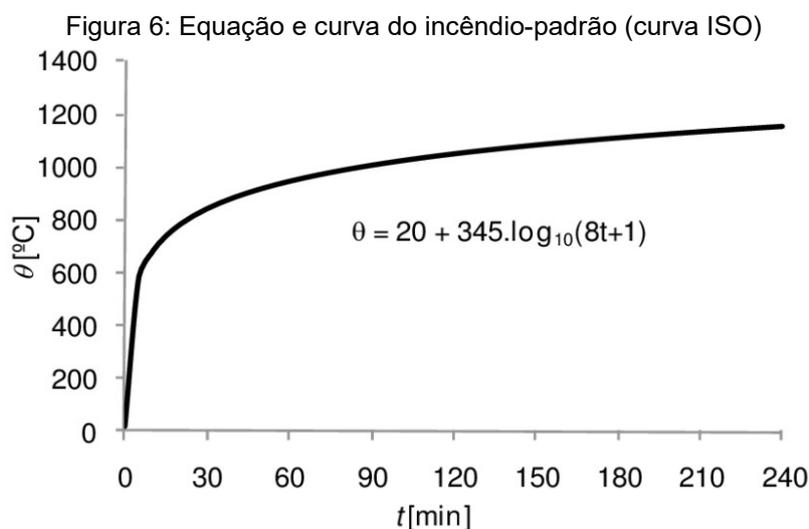
Fonte: ABNT NBR 14323:1999.

## Elevação de temperatura do aço

O aumento da temperatura nas seções de aço depende (i) da temperatura dos gases do ambiente, (ii) do índice de massividade e (iii) do revestimento contra fogo aplicado ao aço (FRANSSEN; REAL, 2010). Cada um desses elementos será analisado a seguir.

## Elevação da temperatura de gases no ambiente

Há diversos modelos para estimar a temperatura dos gases num ambiente compartimentado. A opção mencionada na NT 2-19 do CBMERJ é a curva do incêndio-padrão (CBMERJ, 2019). Esta curva (Figura 6), também denominada curva ISO, representa a temperatura no ambiente em função da variável tempo e é considerada uma curva nominal, por ser apenas um referencial normativo e não representar um incêndio real (FRANSSEN; REAL, 2010).



Fonte: Klein Junior e Silva (2010)

## Revestimento contra fogo

A proteção das estruturas em situação de incêndio se dá por material de revestimento contra fogo. Trata-se de material que retarda a elevação da temperatura do elemento estrutural quando em situação de incêndio (ABNT, 2013).

Os revestimentos podem ser classificados quanto à forma e quanto ao tipo de material (FRANSSEN; REAL, 2010). Quando contornam o perímetro da seção transversal do elemento, são chamados de tipo contorno. Por outro lado, quando envolvem como caixa a seção, são denominados tipo caixa (ABNT, 2013).

Quanto ao tipo, os materiais de revestimento ao fogo podem ser agrupados em (i) materiais projetados, (ii) materiais rígidos ou semirrígidos e (iii) as tintas intumescentes e (iv) o próprio concreto (CBCA, 2020).

Os materiais projetados possuem base de gesso ou cimentícia, sendo sua aplicação realizada em campo na condição seca - fibras projetadas ou úmida (Figura 7).

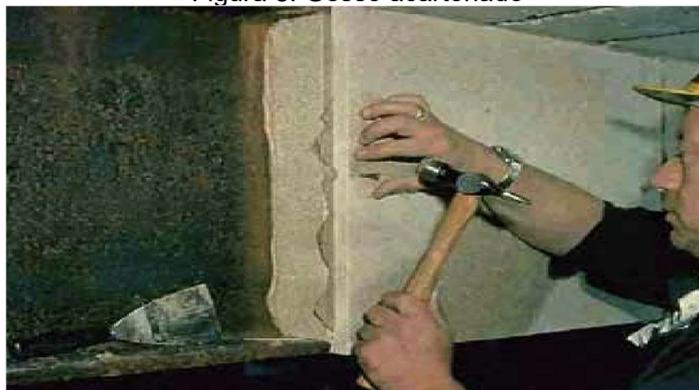
Figura 7: Argamassa projetada



Fonte: CBCA (2020)

Já os materiais rígidos ou semirrígidos incluem as fibras cerâmicas, a lã de rocha basáltica, o silicato de cálcio, o gesso (Figura 8) e a vermiculita, aplicados através de fôrmas tanto tipo caixa quanto tipo contorno.

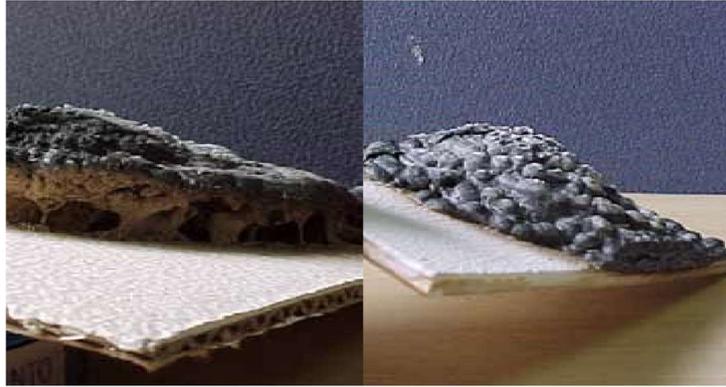
Figura 8: Gesso acartonado



Fonte: CBCA (2020)

As tintas intumescentes são aplicadas tipo contorno nos elementos e possuem a capacidade de reagir sob altas temperaturas, liberando vapores que promovem a expansão do material (Figura 9).

Figura 9: Tinta intumescente – pós-expansão



Fonte: CBCA (2020)

### Índice de massividade

A rápida propagação de temperatura nas seções transversais de aço (se comparado ao concreto) geralmente é atribuída à sua elevada condutibilidade térmica. Entretanto, o fator que realmente governa a taxa de aumento da temperatura do aço está associado à espessura relativa das seções, e se chama índice (ou fator) de massividade (FRANSSEN; REAL, 2010).

O fator de massividade de um elemento é a razão entre a área superficial exposta ao fogo e o volume do elemento. Para elementos prismáticos, é a razão entre o perímetro exposto ao incêndio ( $u$ ) e a área bruta da seção transversal do elemento estrutural ( $A_g$ ) (FRANSSEN; REAL, 2010).

A

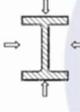
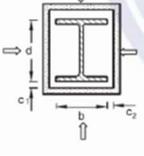
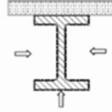
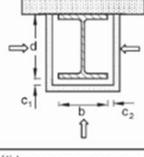
Figura 10 e a Figura 11 apresentam os fatores de massividade para alguns elementos sem e com revestimento, respectivamente.

Figura 10: Fator de Massividade – elementos sem revestimento

<p>Seção aberta exposta ao incêndio por todos os lados:</p> $\frac{u}{A_g} = \frac{\text{perímetro}}{\text{área da seção transversal}}$ 	<p>Seção tubular de forma circular exposta ao incêndio por todos os lados:</p> $\frac{u}{A_g} = \frac{d}{t(d-t)}$ 
<p>Seção aberta exposta ao incêndio por três lados:</p> $\frac{u}{A_g} = \frac{\text{perímetro exposto ao incêndio}}{\text{área da seção transversal}}$ 	<p>Seção tubular de forma retangular (ou seção-caixão soldada de espessura uniforme) exposta ao incêndio por todos os lados:</p> $\frac{u}{A_g} = \frac{b+d}{t(b+d-2t)}$ 
<p>Mesa de seção I ou H exposta ao incêndio por três lados:</p> $\frac{u}{A_g} = \frac{b+2t_f}{b t_f}$ 	<p>Seção-caixão soldada exposta ao incêndio por todos os lados:</p> $\frac{u}{A_g} = \frac{2(b+d)}{\text{área da seção transversal}}$ 
<p>Cantoneira exposta ao incêndio por todos os lados:</p> $\frac{u}{A_g} = \frac{2}{t}$ 	<p>Seção I ou H com reforço em caixão exposta ao incêndio por todos os lados:</p> $\frac{u}{A_g} = \frac{2(b+d)}{\text{área da seção transversal}}$ 
<p>Chapa exposta ao incêndio por todos os lados:</p> $\frac{u}{A_g} = \frac{2(b+t)}{b t}$ 	<p>Chapa exposta ao incêndio por três lados:</p> $\frac{u}{A_g} = \frac{b+2t}{b t}$ 

Fonte: ABNT NBR 14323 (1999).

Figura 11: Fator de Massividade – elementos com revestimento

Situação	Descrição	Fator de massividade ( $u_m/A_g$ )
	Seção com revestimento tipo contorno, de espessura uniforme, exposta ao incêndio por todos os lados	$\frac{\text{perímetro da seção da peça de aço}}{\text{área da seção da peça de aço}}$
	Seção com revestimento tipo caixa <sup>a)</sup> , de espessura uniforme, exposta ao incêndio por todos os lados	$\frac{2(b+d)}{\text{área da seção da peça de aço}}$
	Seção com revestimento tipo contorno de espessura uniforme, exposta ao incêndio por três lados	$\frac{\text{perímetro da seção da peça de aço} - b}{\text{área da seção da peça de aço}}$
	Seção com revestimento tipo caixa <sup>a)</sup> de espessura uniforme, exposta ao incêndio por três lados	$\frac{2d+b}{\text{área da seção da peça de aço}}$

<sup>a)</sup> Válido apenas para  $c_1$  e  $c_2$  inferiores ou iguais a  $d/4$ .

Fonte: ABNT NBR 14323 (1999).

## Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF)

A resistência ao fogo de um elemento estrutural é a propriedade de um material manter três condições enquanto submetido ao fogo: resistência mecânica, estanqueidade e isolamento térmico. O TRRF nada mais é que o tempo no qual o elemento estrutural deve

manter sua resistência ao fogo enquanto submetido a um aumento teórico de temperatura pela curva de incêndio-padrão (CBMERJ, 2019).

O Anexo A da NT2-19 do CBMERJ apresenta os valores de TRRF para cada ocupação / uso, como pode ser verificado na Figura 12.

Figura 12: Tempos Requeridos de Resistência ao Fogo

Grupo	Ocupação/Uso	Divisão	Profundidade do Subsolo (hs)		Altura da edificação (h)							
			Classe S <sub>2</sub> hs>10m	Classe S <sub>1</sub> hs≤10m	Classe P <sub>1</sub> h≤6m	Classe P <sub>2</sub> 6m<h≤12m	Classe P <sub>3</sub> 12m<h≤23m	Classe P <sub>4</sub> 23m<h≤30m	Classe P <sub>5</sub> 30m<h≤60m	Classe P <sub>6</sub> 60m<h≤120m	Classe P <sub>7</sub> 120<h≤150 m	Classe P <sub>8</sub> 150m<h≤250 m
A	Residencial	A-2, A-3 e A-6	90	60	30	30	60	90	120	120	150	180
B	Serviços de hospedagem	B-1 e B-2	90	60	30	60 (30)	60	90	120	150	180	180
C	Comercial varejista	C-1	90	60	60 (30)	60	60	90	120	150	150	180
		C-2 e C-3	90	60	60	60	60	90	120	150	150	180
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	90	60	30	60 (30)	60	90	120	120	150	180
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	90	60	30	30	60	90	120	120	150	180
F	Locais de reunião de público	F-1, F-2, F-5, F-6, F-8 e F-10	90	60	60 (30)	60	60	90	120	150	180	-
		F-3, F-4 e F-7	90	60	ver item 5.3.3	30	60	60	90	120	-	-
		F-9	90	60	30	60	60	90	120	-	-	-
		G-1 e G-2 não abertos lateralmente e G-3 a G-5	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120	120	150	180
G	Serviços automotivos	G-1 e G-2 Abertos lateralmente	90	60 (30)	30	30	30	30	60	120	120	150
		H-1 e H-4	90	60	30	60	60	90	120	150	180	180
H	Serviços de saúde e institucionais	H-2, H-3 e H5	90	60	30	60	60	90	120	150	180	180
		I-1	90 (60)	60 (30)	30	30	30	60	120	-	-	-
I	Industrial	I-2	120	90	30	30	60 (30)	90	120	-	-	-
		I-3	120	90	60 (30)	60 (30)	90 (60)	120 (90)	120	-	-	-
		J-1	60	30	ver item 5.3.4	30	30	60	120	-	-	-
J	Depósitos	J-2	90	60 (30)	60	60	60	60	60	-	-	-
		J-3	90	60 (30)	60	60	60	120 (90)	120	-	-	-
		J-4	120	90	60	60	90 (60)	120 (90)	120	-	-	-
		L	Explosivos	L-1, L-2 e L-3	120	120	120	-	-	-	-	-
M	Especial	M-1	150	150	150	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	-	-	120	120	-	-	-	-	-	-
		M-5	120	90	60	60	90	120	-	-	-	-
		M-3	120	90	90	90	120	120	120	120	150	-

**OBSERVAÇÕES:**

1. Para os casos não enquadrados na Tabela A, deverá ser solicitado Parecer Técnico junto ao Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro.
2. Para a classificação detalhada das ocupações (Ocupação/Uso) consultar o Anexo A da NT 1-04 - Classificação das edificações quanto à ocupação e ao risco de incêndio.
3. Os tempos entre parênteses podem ser usados nas edificações nas quais cada pavimento tenha área menor ou igual a 900 m<sup>2</sup>, desde que haja compartimentação vertical entre os pavimentos.
4. O TRRF dos subsolos não podem ser inferiores ao TRRF dos pavimentos situados acima do solo (ver item 6.9).
5. Para edificações em madeira, verificar item 6.12.
6. Para indústria ou depósito com inflamáveis, considerar I-3 e J-4, respectivamente.

Fonte: CBMERJ (2019 apud SILVA, 2004).

## Temperatura crítica

A temperatura crítica, também chamada de temperatura de colapso, ocorre quando o valor de projeto das ações em situação de incêndio se iguala à resistência de projeto do elemento estrutural em situação de incêndio num determinado intervalo de tempo (FRANSSSEN; REAL, 2010).

De acordo com CBMERJ (2019), o valor da temperatura crítica será tomado como um valor máximo de 550° C para os aços utilizados em perfis cujo Estado Limite Último (ELU) não seja o de instabilidade local elástica ou calculado conforme a ABNT NBR 14323.

## Cartas de cobertura

As cartas de cobertura são documentos que especificam a espessura de cada material de revestimento contra fogo em função do fator de massividade e do TRRF (CBMERJ, 2019). Geralmente, as cartas de cobertura são fornecidas pelos fabricantes de revestimentos contra fogo ou então obtidas através de catálogos, como o “Yellow Book” (Association for Specialist Fire Protection, 2002).

A Figura 13 apresenta um exemplo de carta de cobertura, onde fica evidente que (i) quanto maior for o valor do fator de massividade (F), maior será a espessura requerida do revestimento e (ii) quanto maior o TRRF (período de resistência ao fogo), também deverá ser maior a espessura da proteção.

Figura 13: Carta de cobertura da tinta intumescente (Nullifire S-605) para vigas e pilares de aço com 4 faces expostas ao incêndio, segundo ASFP (2004).

F (m <sup>-1</sup> )	Espessura requerida (mm) para o período de resistência ao fogo (min)			
	30	60	90	120
20	0,35	0,80	1,30	1,30
30	0,35	0,80	1,30	1,60
40	0,35	0,80	1,35	1,85
50	0,35	0,80	1,40	2,10
60	0,35	0,80	1,45	2,35
70	0,35	0,80	1,55	2,65
80	0,35	0,80	1,60	2,90
90	0,35	0,80	1,65	3,15
100	0,35	0,85	1,80	3,60
110	0,35	0,90	1,90	4,20
120	0,35	0,95	1,95	4,60
130	0,35	1,00	2,05	4,75
140	0,45	1,05	2,10	4,90
150	0,50	1,25	2,15	5,05
160	0,55	1,40	2,25	5,20
170	0,65	1,45	2,30	5,35
180	0,70	1,55	2,35	5,50
190	0,75	1,60	2,40	5,60
200	0,80	1,65	2,65	6,25
210	0,80	1,75	3,15	
220	0,85	1,80	3,70	
230	0,85	1,90	4,20	
240	0,90	1,95	4,70	
250	0,90	2,05	5,20	
260	0,95	2,10	5,70	
270	0,95	2,20	6,25	
280	1,00	2,25		
290	1,00	2,35		
300	1,05	2,40		
310	1,15	2,50		
320	1,20	2,70		

Deve ser considerado 0,1 mm para a tinta de fundo e tinta de acabamento

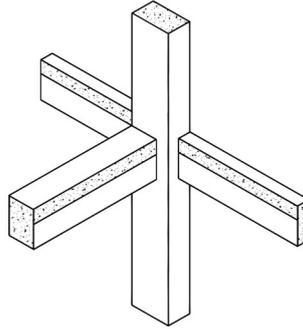
Fonte: Guimarães (2007).

### Classificação dos pilares quanto à solicitação inicial

Segundo Scadelai e Pinheiro (2005), os pilares podem ser classificados, quanto à solicitação inicial, em pilares de canto, pilares de borda e pilares internos.

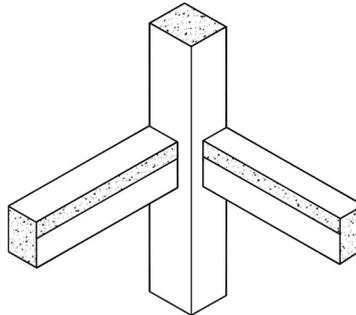
Os pilares de borda (Figura 14) são aqueles submetidos à flexão composta normal, i. e., admite-se excentricidade em uma direção. Já nos pilares de canto (Figura 15), as excentricidades iniciais ocorrem na direção das bordas, ou seja, são submetidos à flexão oblíqua. Por fim, apresentamos os pilares internos (Figura 16), que serão objeto do presente estudo por apresentarem excentricidades iniciais desprezíveis, onde se pode admitir a compressão simples.

Figura 14: Pilar de borda



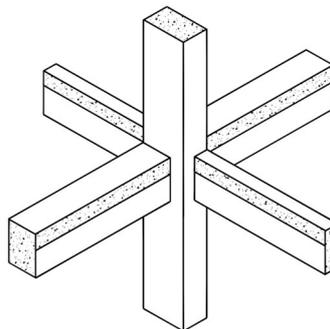
Fonte: Scadelai e Pinheiro (2005)

Figura 15: Pilar de canto



Fonte: Scadelai e Pinheiro (2005)

Figura 16: Pilar interno



Fonte: Scadelai e Pinheiro (2005)

## DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL PELO MÉTODO SIMPLIFICADO

A ABNT NBR 14323 divide os métodos de dimensionamento estrutural em simplificado e avançados. Em breve descrição (por não se tratar do objeto do presente estudo), os métodos avançados são aqueles que promovem uma análise realística da estrutura e do cenário do incêndio, podendo ser aplicados para elementos estruturais singulares com qualquer tipo de seção transversal, levando a uma aproximação confiável do comportamento dos componentes da estrutura em situação de incêndio através de modelos para o (i) desenvolvimento e distribuição da temperatura (análise térmica) e/ou (ii) o comportamento mecânico dos elementos estruturais (análise estrutural) (ABNT, 2013).

Já o método simplificado, segundo Martins (2000) é de fácil utilização e comumente leva a resultados conservativos podendo ser aplicado à maior parte dos elementos estruturais de aço constituídos por perfis laminados, perfis soldados e às ligações.

Neste método, as seguintes simplificações são adotadas:

- somente os efeitos das deformações térmicas resultantes dos gradientes térmicos ao longo da altura da seção transversal das barras precisam ser considerados (os efeitos das expansões térmicas podem ser desprezados);
- no caso de vigas em perfil I com laje de concreto sobreposta, o gradiente térmico pode ser obtido considerando-se que a mesa superior tem um aquecimento independente da mesa inferior, cada uma dessas mesas considerada com seu próprio fator de massividade, e que a temperatura ao longo da altura da alma varia linearmente entre as temperaturas das duas mesas;
- em elementos estruturais com proteção tipo caixa, o gradiente térmico pode ser desprezado;
- pode-se efetuar a análise estrutural (determinação dos esforços solicitantes) tomando o módulo de elasticidade do aço constante e igual ao seu valor em temperatura elevada em todos os elementos afetados pelo incêndio. (MARTINS, 2000).

Basicamente, o método consiste na verificação se a temperatura atingida pelo elemento estrutural no tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) ultrapassa sua temperatura crítica. Caso seja ultrapassado, será necessária proteger o elemento estrutural (MARTINS, 2000).

Neste sentido, passamos a apresentar o método de cálculo da temperatura crítica das barras comprimidas em situação de incêndio e, em seguida, o cálculo da elevação da temperatura no aço.

### Barras comprimidas em situação de incêndio

De acordo com a ABNT NBR 14323:2013, a resistência de cálculo de uma barra axialmente comprimida em situação de incêndio é igual a:

$$N_{fi,Rd} = \phi_{fi,a} \frac{\rho_{fi} k_{y,\theta} A_g f_y}{k_a} \quad (1)$$

Onde,  $\rho_{fi}$  é um fator de redução da resistência à compressão em situação de incêndio, obtido através da ABNT NBR 8800, mas aplicando sempre a curva c (independentemente do tipo de seção transversal, do modo de instabilidade e do eixo em relação ao qual esta instabilidade ocorre) e o índice de esbeltez reduzido em situação de incêndio ( $\bar{\lambda}_\theta$ ) dado por:

$$\bar{\lambda}_\theta = \bar{\lambda} \sqrt{k_{y,\theta}} / k_{E,\theta} \quad (2)$$

Por sua vez, o fator de correção  $k_a$  tem os seguintes valores:

$$k_a = 1,0 + \lambda_\theta \quad (0 \leq \lambda_\theta \leq 0,2) \quad (3)$$

$$k_a = 1,2 \quad (\lambda_\theta > 0,2) \quad (4)$$

Entretanto, para a aplicação do método simplificado de cálculo, deve-se garantir que os elementos componentes da seção transversal das barras axialmente comprimidas não sofram flambagem local considerando a aplicação dos fatores de redução em temperatura elevada do limite de escoamento e do módulo de elasticidade do aço.

Tendo esse cálculo sido superado e recordando do conceito apresentado por Franssen e Real (2010), temos que a temperatura crítica de uma barra comprimida é a temperatura na qual a resistência de cálculo ( $N_{fi,Rd}$ ) e a solicitação de cálculo em situação de incêndio ( $N_{fi,Sd}$ ), se igualam num determinado intervalo de tempo (MARTINS, 2000), ou seja:

$$N_{fi,Sd} = N_{fi,Rd} = \phi_{fi,a} \frac{\rho_{fi} k_{y,\theta} A_g f_y}{k_a} \quad (5)$$

## Elevação da temperatura no aço

Segundo a ABNT NBR 14323 (2013), para uma distribuição uniforme da temperatura na seção transversal, a elevação da temperatura de um elemento estrutural de aço sem revestimento contra fogo pode ser obtida pela seguinte equação:

$$\Delta\theta_{a,t} = K_{sh} \frac{u/Ag}{c_a \rho_a} \varphi \Delta t \quad (6)$$

Onde:

$K_{sh}$  é um fator de correção para o efeito de sombreamento que pode ser tomado como 1;

$u/Ag$  é o fator de massividade [m<sup>-1</sup>];

$\rho_a$  é a massa específica do aço = 7.850 kg/m<sup>3</sup>;

$c_a$  é o calor específico do aço = 600 J/kg.°C;

$\varphi$  é o valor do fluxo de calor por unidade de área [W/m<sup>2</sup>];

$\Delta t$  é o intervalo de tempo [s].

Para determinar  $\varphi$ , temos:

$$\varphi = \varphi_c + \varphi_r \quad (7)$$

Com:

$$\varphi_c = \alpha_c (\theta_g - \theta_a) \quad (8)$$

$$\varphi_r = 5,67 \times 10^{-8} \varepsilon_{res} [(\theta_g + 273)^4 - (\theta_a + 273)^4] \quad (9)$$

Onde:

$\varphi_c$  é o componente do fluxo de calor devido à convecção [W/m<sup>2</sup>];

$\varphi_r$  é o componente do fluxo de calor devido à radiação [W/m<sup>2</sup>];

$\alpha_c$  é o coeficiente de transferência de calor por convecção, igual a 25 W/m<sup>2</sup>.°C;

$\theta_g$  é a temperatura dos gases [°C];

$\theta_a$  é a temperatura na superfície do aço [°C];

$\varepsilon_{res}$  é a emissividade resultante, podendo ser tomada igual a 0,5.

## EXEMPLO

O presente capítulo tem por objetivo apresentar um exemplo de proteção contra incêndio de um pilar submetido à compressão simples. Para tanto, iremos propor uma edificação hipotética com as seguintes características:

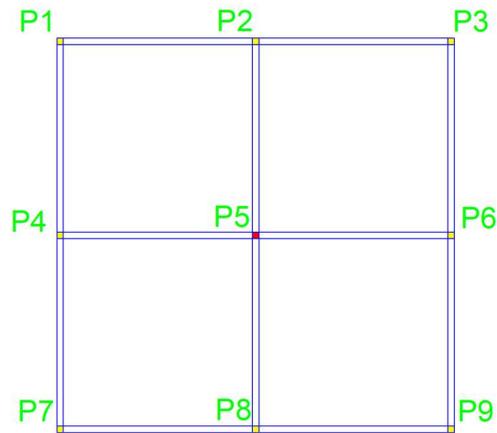
(i) Ocupação: serviços profissionais

(ii) Pé-direito: 3 metros

(iii) Pavimentos-tipo: 02

Além disso, os pilares do pavimento-tipo serão concebidos conforme Figura 17.

Figura 17: Concepção dos pilares



Fonte: Autor

Desconsiderando os esforços horizontais produzidos pelo vento, temos que o pilar o P5 (pilar interno) está submetido à compressão simples. Desta forma e de maneira ilustrativa, definimos ações permanentes e variáveis as quais o elemento estrutural estará submetido, bem como suas condições de contorno:

- (i) Ação permanente: 1000 kN
- (ii) Ação variável: 1000 kN
- (iii) A ligação da viga que une os pilares é rígida
- (iv) O pilar é rotulado na base

Como apresentado na metodologia, inicialmente será realizado o dimensionamento do pilar P5 à temperatura ambiente, seguindo os requisitos da ABNT NBR 8800:2008.

### Cálculo à temperatura ambiente (ABNT NBR 8800)

Como ensina Rebello (2005), o dimensionamento de peças comprimidas é feito por tentativa, i. e., não é realizado um dimensionamento propriamente dito, mas sim uma verificação.

O aço escolhido foi o ASTM A36 enquanto o perfil adotado foi o CS 300x122, cujas propriedades geométricas e mecânicas estão apresentadas na Figura 18 e na Figura 19, respectivamente.

Figura 18: Propriedades geométricas

DESIGNAÇÃO	Massa Linear [Kg/m]	Área A [cm <sup>2</sup> ]	DIMENSÕES						EIXO X - X				EIXO Y - Y				Propried. torção		Esbeltez local			$f_y=25kN/cm^2$ $\lambda_r$ [cm]	$f_y=30kN/cm^2$ $\lambda_r$ [cm]
			d [mm]	t <sub>w</sub> [mm]	h [mm]	t <sub>f</sub> [mm]	b <sub>f</sub> [mm]	$I_x$ [cm <sup>4</sup> ]	$W_x$ [cm <sup>3</sup> ]	$r_x$ [cm]	$Z_x$ [cm <sup>3</sup> ]	$I_y$ [cm <sup>4</sup> ]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$r_y$ [cm]	$Z_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$I_t$ [cm <sup>4</sup> ]	$C_w$ [cm <sup>6</sup> ]	h/t <sub>w</sub> [-]	b <sub>f</sub> /2t <sub>f</sub> [-]	r <sub>t</sub> [cm]			
300 x 122	122,4	155,9	300	16	262	19,0	300	24936	1662	12,65	1876	8559	571	7,41	872	176	1687791	16	7,9	8,18	231	193	

Fonte: USP (2021)

Figura 19: Propriedades mecânicas

Limite de Escoamento (LE)	250 MPa
Limite de Ruptura (LR)	400 - 550 MPa
Alongamento	23%

Allgayer (2017).

Fonte:

**a) Verificação do índice de esbeltez:**

Como a condição de contorno do pilar indica uma base engastada e um topo rotulado, temos que os índices de esbeltez nas duas direções, de acordo com a ABNT NBR 8800, são calculados através das equações abaixo:

$$\lambda_x = \frac{l_f}{r_x} = \frac{0,7 \cdot l}{r_x} = \frac{0,7 \cdot 300}{12,65} = 16,61 \quad (10)$$

$$\lambda_y = \frac{l_f}{r_y} = \frac{0,7 \cdot l}{r_y} = \frac{0,7 \cdot 300}{7,41} = 28,34 \quad (11)$$

Desta forma, verifica-se que os índices de esbeltez atendem aos limites da norma, pois são inferiores a 200 em ambas as direções.

**b) Cálculo da força normal resistente de projeto:**

De acordo com a NBR 8880:2008, a força normal resistente de projeto ( $N_{Rd}$ ), associada aos estados-limites últimos de instabilidade por flexão, por torção ou flexo-torção e de flambagem local, deve ser calculada através da equação abaixo:

$$N_{Rd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A \cdot f_y}{\gamma_a} \quad (12)$$

Onde: A é a área bruta da seção transversal da barra

$$Q = 1 \text{ (na ausência de instabilidade local)} \quad (13)$$

$$\gamma_a = 1,1 \quad (14)$$

$$\chi = 0,658^{\lambda_o^2} \text{ (para } \lambda_o \leq 1,5) \quad (15)$$

$$\chi = \frac{0,877}{\lambda_o^2} \text{ (para } \lambda_o > 1,5) \quad (16)$$

A NBR 8800:2008 nos fornece a seguinte equação para cálculo do  $\lambda_o$  (índice de esbeltez reduzido):

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{Q \cdot A \cdot f_y}{N_e}} \quad (17)$$

Por sua vez, como pelo anexo E da norma:

$$N_e = \frac{\pi^2 EI}{kl^2} \quad (18)$$

Temos que:

$$\begin{aligned} \lambda_o &= \frac{l_f/r}{\sqrt{\pi^2 \cdot E/f_y}} \\ \lambda_o &= \frac{0,7 \cdot 300/7,41}{\sqrt{\pi^2 \cdot 20000/25}} \\ \lambda_o &= 0,32 \end{aligned} \quad (19)$$

Em seguida, calcula-se o valor de  $\chi$  em função do  $\lambda_o$ . Como  $\lambda_o \leq 1,5$ :

$$\begin{aligned} \chi &= 0,658^{\lambda_o^2} \\ \chi &= 0,658^{0,32^2} \\ \chi &= 0,958 \end{aligned} \quad (20)$$

Tal resultado também poderia ser fornecido através da Figura 20.

Figura 20: Valor de  $\chi$  em função do índice de esbeltez reduzido

$\lambda_0$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	$\lambda_0$
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998	0,998	0,997	0,997	0,0
0,1	0,996	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,989	0,988	0,987	0,985	0,1
0,2	0,983	0,982	0,980	0,978	0,976	0,974	0,972	0,970	0,968	0,965	0,2
0,3	0,963	0,961	0,958	0,955	0,953	0,950	0,947	0,944	0,941	0,938	0,3
0,4	0,935	0,932	0,929	0,926	0,922	0,919	0,915	0,912	0,908	0,904	0,4
0,5	0,901	0,897	0,893	0,889	0,885	0,881	0,877	0,873	0,869	0,864	0,5
0,6	0,860	0,856	0,851	0,847	0,842	0,838	0,833	0,829	0,824	0,819	0,6
0,7	0,815	0,810	0,805	0,800	0,795	0,790	0,785	0,780	0,775	0,770	0,7
0,8	0,765	0,760	0,755	0,750	0,744	0,739	0,734	0,728	0,723	0,718	0,8
0,9	0,712	0,707	0,702	0,696	0,691	0,685	0,680	0,674	0,669	0,664	0,9
1,0	0,658	0,652	0,647	0,641	0,636	0,630	0,625	0,619	0,614	0,608	1,0
1,1	0,603	0,597	0,592	0,586	0,580	0,575	0,569	0,564	0,558	0,553	1,1
1,2	0,547	0,542	0,536	0,531	0,525	0,520	0,515	0,509	0,504	0,498	1,2
1,3	0,493	0,488	0,482	0,477	0,472	0,466	0,461	0,456	0,451	0,445	1,3
1,4	0,440	0,435	0,430	0,425	0,420	0,415	0,410	0,405	0,400	0,395	1,4
1,5	0,390	0,385	0,380	0,375	0,370	0,365	0,360	0,356	0,351	0,347	1,5
1,6	0,343	0,338	0,334	0,330	0,326	0,322	0,318	0,314	0,311	0,307	1,6
1,7	0,303	0,300	0,296	0,293	0,290	0,286	0,283	0,280	0,277	0,274	1,7
1,8	0,271	0,268	0,265	0,262	0,259	0,256	0,253	0,251	0,248	0,246	1,8
1,9	0,243	0,240	0,238	0,235	0,233	0,231	0,228	0,226	0,224	0,221	1,9
2,0	0,219	0,217	0,215	0,213	0,211	0,209	0,207	0,205	0,203	0,201	2,0
2,1	0,199	0,197	0,195	0,193	0,192	0,190	0,188	0,186	0,185	0,183	2,1
2,2	0,181	0,180	0,178	0,176	0,175	0,173	0,172	0,170	0,169	0,167	2,2
2,3	0,166	0,164	0,163	0,162	0,160	0,159	0,157	0,156	0,155	0,154	2,3
2,4	0,152	0,151	0,150	0,149	0,147	0,146	0,145	0,144	0,143	0,141	2,4
2,5	0,140	0,139	0,138	0,137	0,136	0,135	0,134	0,133	0,132	0,131	2,5
2,6	0,130	0,129	0,128	0,127	0,126	0,125	0,124	0,123	0,122	0,121	2,6
2,7	0,120	0,119	0,119	0,118	0,117	0,116	0,115	0,114	0,113	0,113	2,7
2,8	0,112	0,111	0,110	0,110	0,109	0,108	0,107	0,106	0,106	0,105	2,8
2,9	0,104	0,104	0,103	0,102	0,101	0,101	0,100	0,100	0,099	0,098	2,9
3,0	0,097	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0

Fonte: Silva et al (2021)

Dando prosseguimento, verificamos se o perfil do aço escolhido está sujeito a instabilidade local, calculando o  $b/t$  e o  $(b/t)_{lim}$  como apresentado na Figura 21.

Figura 21: Valores  $b/t$  para evitar a instabilidade local

Elementos	Grupo	Descrição dos elementos	Alguns exemplos com indicação de $b$ e $t$	$(b/t)_{lim}$
AA	1	— Mesas ou almas de seções tubulares retangulares. — Lamelas e chapas de diafragmas entre linhas de parafusos ou soldas		$1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
	2	— Almas de seções I, H ou U — Mesas ou almas de seção-caixão — Todos os demais elementos que não integram o Grupo 1		$1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
AL	3	— Abas de cantoneiras simples ou múltiplas providas de chapas de travessamento		$0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
	4	— Mesas de seções I, H, T ou U laminadas — Abas de cantoneiras ligadas continuamente ou projetadas de seções I, H, T ou U laminadas ou soldadas — Chapas projetadas de seções I, H, T ou U laminadas ou soldadas		$0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
	5	— Mesas de seções I, H, T ou U soldadas*		$0,64 \sqrt{\frac{E}{(f_y / k_c)}}$
	6	— Almas de seções T		$0,75 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Fonte: NBR 8880 (2008)

Logo:

$$(b/t)_{lim} = 1,49 \sqrt{\frac{20000}{25}} = 42,14 \quad (21)$$

$$b/t = \frac{262}{16} = 16,38 \quad (22)$$

Como  $b/t \leq (b/t)_{lim}$ , temos que o perfil não está sujeito à instabilidade local. Portanto, temos que  $Q=1$ .

Desta forma, finalmente obtemos todos os parâmetros para cálculo de  $N_{Rd}$ .

$$N_{Rd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A \cdot f_y}{\gamma_a}$$
$$N_{Rd} = \frac{0,958 \cdot 1 \cdot 155,9 \cdot 25}{1,1}$$
$$N_{Rd} = 3394,37 \text{ kN} \quad (23)$$

### c) Cálculo da força normal solicitante de projeto:

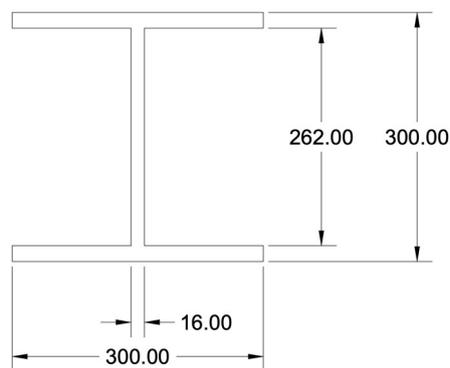
De acordo com a NBR 8880:2008, a força normal solicitante de projeto ( $N_{Sd}$ ) é calculada através da equação abaixo:

$$N_{Sd} = g \cdot \gamma_g + q \cdot \gamma_q$$
$$N_{Sd} = 1000 \cdot 1,4 + 1000 \cdot 1,4$$
$$N_{Sd} = 1.400 + 1.400$$
$$N_{Sd} = 2.800 \text{ kN} \quad (24)$$

### d) Verificação se o perfil do pilar escolhido foi aprovado

Confrontando a força normal solicitante de projeto com a força normal resistente de projeto, verificamos que a força resistente é maior, i.e.,  $N_{Rd} > N_{Sd}$ . Sendo assim, como os índices de esbeltez em ambas as direções são inferiores a 200, temos que o perfil selecionado do aço ASTM A36 atende à norma (Figura 22).

Figura 22: Geometria do perfil selecionado



Fonte: Autor

### Verificação em situação de incêndio sem proteção

A verificação em situação de incêndio seguirá os requisitos da NT 2-19 do CBMERJ e da ABNT NBR 14323 e compreenderá (i) o cálculo do TRRF da edificação, (ii) o cálculo

do índice de massividade, (iii) o cálculo da temperatura do pilar no TRRF, (iv) a determinação da temperatura crítica e (v) a verificação se temperatura do elemento estrutural no TRRF atinge / excede a temperatura crítica.

### a) Cálculo do TRRF

De acordo com a tabela apresentada no subcapítulo 0, obtida da NT 2-19 do CBMERJ, temos que o TRRF da ocupação do exemplo é de 30 min (Figura 23).

Figura 23: TRRF

Grupo	Ocupação/Use	Divisão	Profundidade do Subsolo (hs)		Altura da edificação (h)							
			Classe S <sub>2</sub> hs>10m	Classe S <sub>1</sub> hs≤10m	Classe P <sub>1</sub> h >6m	Classe P <sub>2</sub> 6m<h≤12m	Classe P <sub>3</sub> 12m<h≤23m	Classe P <sub>4</sub> 23m<h≤30m	Classe P <sub>5</sub> 30m<h≤ 80m	Classe P <sub>6</sub> 80m<h≤120m	Classe P <sub>7</sub> 120<h≤150 m	Classe P <sub>8</sub> 150m<h≤250 m
A	Residencial	A-2, A-3 e A-6	90	60	30	30	60	90	120	120	150	180
B	Serviços de hospedagem	B-1 e B-2	90	60	30	60 (30)	60	90	120	150	180	180
		C-1	90	60	60 (30)	60	60	90	120	150	150	180
C	Comercial varejista	C-2 e C-3	90	60	60	60	60	90	120	150	150	180
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	90	60	30	60 (30)	60	90	120	120	150	180
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	90	60	30	30	60	90	120	120	150	180
F	Locais de reunião de público	F-1, F-2, F-5, F-6, F-8 e F-10	90	60	60 (30)	60	60	90	120	150	180	-
		F-3, F-4 e F-7	90	60	ver item 5.3.3		30	60	60	90	120	-
		F-9	90	60	30	60	60	90	120	-	-	-
G	Serviços automotivos	G-1 e G-2 não abertos lateralmente e G-3 a G-5	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120	120	150	180
		G-1 e G-2 Abertos lateralmente	90	60 (30)	30	30	30	30	60	120	120	150
H	Serviços de saúde e institucionais	H-1 e H-4	90	60	30	60	60	90	120	150	180	180
		H-2, H-3 e H5	90	60	30	60	60	90	120	150	180	180
I	Industrial	I-1	90 (60)	60 (30)	30	30	30	60	120	-	-	-
		I-2	120	90	30	30	60 (30)	90	120	-	-	-
		I-3	120	90	60 (30)	60 (30)	90 (60)	120 (90)	120	-	-	-
J	Depósitos	J-1	60	30	ver item 5.3.4		30	30	60	-	-	-
		J-2	90	60 (30)	60	60	60	60	60	-	-	-
		J-3	90	60 (30)	60	60	60	120 (90)	120	-	-	-
		J-4	120	90	60	60	90 (60)	120 (90)	120	-	-	-
L	Explosivos	L-1, L-2 e L-3	120	120	120	-	-	-	-	-	-	-
M	Especial	M-1	150	150	150	-	-	-	-	-	-	-
		M-2	-	-	120	120	-	-	-	-	-	-
		M-5	120	90	60	60	90	120	120	-	-	-
		M-3	120	90	90	90	120	120	120	120	150	-

**OBSERVAÇÕES:**

1. Para os casos não enquadrados na Tabela A, deverá ser solicitado Parecer Técnico junto ao Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro.
2. Para a classificação detalhada das ocupações (Ocupação/Use) consultar o Anexo A da NT 1-04 - Classificação das edificações quanto à ocupação e ao risco de incêndio.
3. Os tempos entre parênteses podem ser usados nas edificações nas quais cada pavimento tenha área menor ou igual a 900 m<sup>2</sup>, desde que haja compartimentação vertical entre os pavimentos.
4. O TRRF dos subsolos não podem ser inferiores ao TRRF dos pavimentos situados acima do solo (ver item 6.9).
5. Para edificações em madeira, verificar item 6.12.
6. Para indústria ou depósito com inflamáveis, considerar I-3 e J-4, respectivamente.

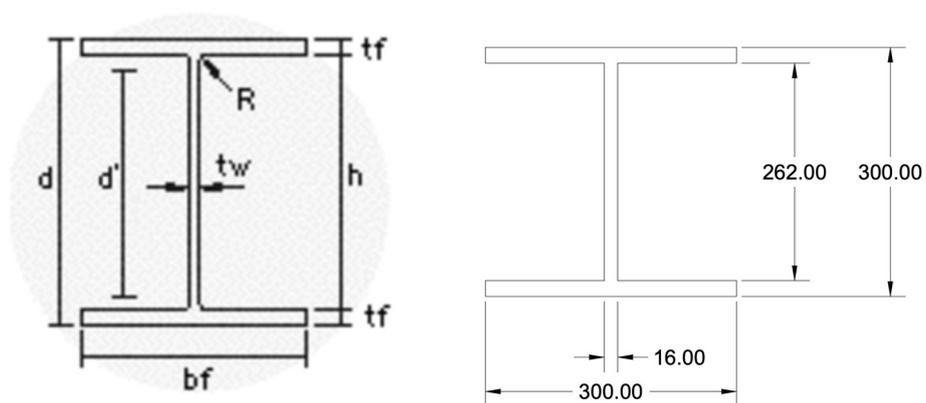
Fonte: CBMERJ (2018)

### b) Cálculo do índice de massividade

O índice de massividade ( $u/Ag$ ) de seção I sem revestimento exposta ao fogo por todos os lados, como apresentado na

Figura 10, é igual a  $u/Ag$ . Iniciamos o cálculo determinando o valor de  $u$  (perímetro exposto ao fogo), conforme Figura 24.

Figura 24: Cálculo de u aplicado ao caso concreto



Fonte: Divicom (2021)

$$u = 2b_f + 2h + 2(b_f - t_w) + 4t_f$$

$$u = 2(300) + 2(262) + 2(300-16) + 4(19) = 1768 \text{ mm} = 176,8 \text{ cm} \quad (25)$$

Logo, o fator de massividade do elemento não protegido é igual a:

$$u / Ag = 176,8 / 155,9 = 1,134 \text{ cm}^{-1} = 113,4 \text{ m}^{-1} \quad (26)$$

### c) Cálculo da temperatura do pilar no TRRF

Inicialmente, adotou-se o intervalo de tempo até a chegada ao TRRF ( $\Delta t$ ) igual a 180 s, seguindo a restrição prevista por Martins (2000) e abaixo demonstrada.

$$\Delta t \leq \frac{25000}{u / Ag [m^{-1}]}$$

$$\Delta t \leq \frac{25000}{113,4}$$

$$\Delta t \leq 220,46 \text{ s} \quad (27)$$

Sendo assim, empregando as equações apresentadas no subcapítulo 0 para cálculo da elevação da temperatura do aço e a marcha de cálculo proposta por Martins (2000), calculamos a evolução da temperatura até as temperaturas no TRRF (30 min) do gás ( $\theta_{g\text{TRRF}}$ ) e do aço ( $\theta_{a\text{TRRF}}$ ), como apresentado na Tabela 1, sendo iguais, respectivamente, a 841,80°C e a 835,92°C.

Tabela 1: Elevação de temperatura no gás e no aço

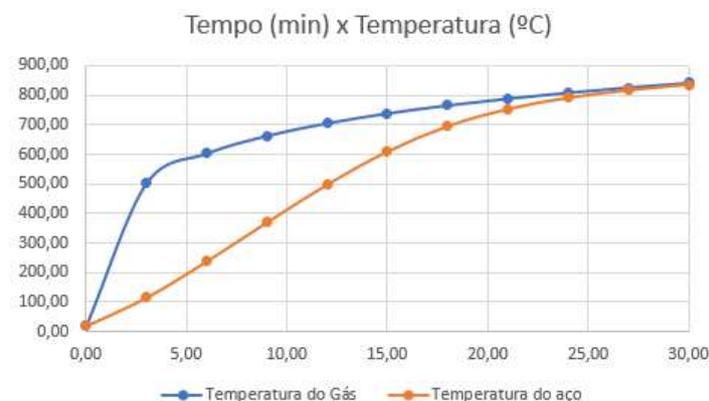
Tempo (min)	Tempo (s)	$\theta_g$ [°C]	$\varphi_c$ (W/m <sup>2</sup> )	$\varphi_r$ (W/m <sup>2</sup> )	$\varphi$ (W/m <sup>2</sup> )	$\Delta\theta_a$ [°C]	$\theta_a$ [°C]
0,00	0,00	20,00	0,00	-	-	-	20,00
3,00	180,00	502,29	12.057,23	10.033,61	22.090,84	95,74	115,74
6,00	360,00	603,12	12.184,53	16.055,92	28.240,45	122,39	238,12
9,00	540,00	662,85	10.618,07	19.810,70	30.428,77	131,87	369,99
12,00	720,00	705,44	8.386,04	21.136,65	29.522,69	127,94	497,94
15,00	900,00	738,56	6.015,55	19.669,35	25.684,90	111,31	609,25
18,00	1.080,00	765,67	3.910,53	15.820,43	19.730,96	85,51	694,76
21,00	1.260,00	788,62	2.346,52	11.143,62	13.490,14	58,46	753,22
24,00	1.440,00	808,52	1.382,35	7.344,34	8.726,69	37,82	791,04
27,00	1.620,00	826,08	875,90	5.028,01	5.903,91	25,59	816,63
30,00	1.800,00	841,80	629,18	3.822,10	4.451,28	19,29	835,92

Fonte: Autor

Por sua vez, o gráfico da

Figura 25 apresenta as curvas Tempo (min) x Temperatura (°C) do gás e do aço.

Figura 25: Curvas Tempo (min) x Temperatura (°C) do gás e do aço



### d) Verificação se a temperatura do aço no TRRF é superior à temperatura crítica

Martins (2000) ratifica que, para que um elemento estrutural tenha resistência adequada em situação de incêndio, a temperatura atingida pelo mesmo no tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) não pode ultrapassar sua temperatura crítica.

Como verificado no subcapítulo 4.1, o ELU do perfil adotado não é de instabilidade local elástica à temperatura ambiente. Portanto, poderá ser adotada a temperatura crítica igual a 550° C (CBMERJ, 2019), não sendo necessário o cálculo apresentado no subcapítulo 0.

Desta forma, em razão da temperatura do aço no TRRF (835,92° C) ser superior à temperatura crítica (550° C), verifica-se a necessidade de proteção do elemento estrutural.

## Dimensionamento da proteção

Tendo sido configurada a necessidade de proteção do elemento estrutural contra incêndio, passamos à seleção da proteção e, em seguida, à sua verificação. No presente trabalho, optamos por verificar tanto uma proteção tipo contorno quanto uma proteção tipo caixa.

### a) Proteção tipo contorno

A proteção tipo contorno escolhida foi a tinta intumescente, por ser um material de aplicação razoavelmente simples mesmo em edificações já existentes, i. e., cuja obra já foi concluída. Selecionou-se o fabricante *Nullifire Limited* modelo S-605. Trata-se de uma formulação multicamada à base de solvente (Figura 26), certificada segundo a norma britânica de BS 476<sup>2</sup> e cuja aplicação pode ser feita por pistola pulverizadora ou rolo de pintura (NULLIFIRE, 2021).

Figura 26: Tinta intumescente do fabricante Nullifire Limited modelo S-605

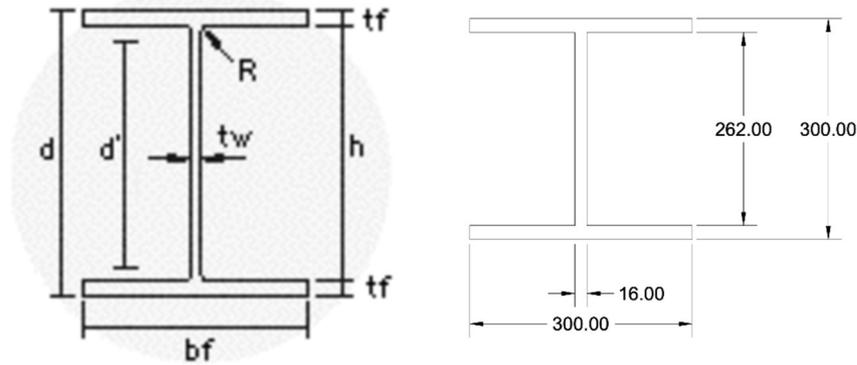


Fonte: Nullifire (2021)

Antes de apresentarmos a carta de cobertura, é necessário o cálculo do fator de massividade do elemento protegido, que será realizada de acordo com o primeiro caso da Figura 11, i. e., seção com revestimento tipo contorno, de espessura uniforme e exposta ao incêndio por todos os lados, sendo equivalente a  $u/Ag$ , onde  $u$  é o perímetro exposto ao fogo.

<sup>2</sup> *Flammability Test for Thin Flexible Materials.*

Figura 27: Cálculo de u aplicado ao caso concreto



Fonte: Divicom (2021)

$$u = 2b_f + 2h + 2(b_f - t_w) + 4t_f$$

$$u = 2(300) + 2(262) + 2(300-16) + 4(19) = 1768 \text{ mm} = 176,8 \text{ cm} \quad (28)$$

$$u / A_g = 176,8 / 155,9 = 1,134 \text{ cm}^{-1} = 113,4 \text{ m}^{-1} \quad (29)$$

A carta de cobertura do material selecionado consta no *Yellow Book* (GUIMARÃES, 2007 *apud* ASFP, 2004) e indica as espessuras para vigas e pilares de aço com as 4 faces expostas ao fogo e temperatura crítica bem próxima à adotada no trabalho (544 ° C), sendo, portanto, apropriada ao exemplo proposto. A tabela da Figura 28 revela que **a cobertura de 0,35 mm** (mínima) atende aos requisitos de proteção do elemento estrutural para fins de atendimento à norma.

Figura 28: Carta de cobertura da tinta intumescente (Nullifire S-605) para vigas e pilares de aço com 4 faces expostas ao incêndio, segundo ASFP (2004).

F (m <sup>-1</sup> )	Espessura requerida (mm) para o período de resistência ao fogo (min)			
	30	60	90	120
20	0,35	0,80	1,30	1,30
30	0,35	0,80	1,30	1,60
40	0,35	0,80	1,35	1,85
50	0,35	0,80	1,40	2,10
60	0,35	0,80	1,45	2,35
70	0,35	0,80	1,55	2,65
80	0,35	0,80	1,60	2,90
90	0,35	0,80	1,65	3,15
100	0,35	0,85	1,80	3,60
110	0,35	0,90	1,90	4,20
120	0,35	0,95	1,95	4,60
130	0,35	1,00	2,05	4,75
140	0,45	1,05	2,10	4,90
150	0,50	1,25	2,15	5,05
160	0,55	1,40	2,25	5,20
170	0,65	1,45	2,30	5,35
180	0,70	1,55	2,35	5,50
190	0,75	1,60	2,40	5,60
200	0,80	1,65	2,65	6,25
210	0,80	1,75	3,15	
220	0,85	1,80	3,70	
230	0,85	1,90	4,20	
240	0,90	1,95	4,70	
250	0,90	2,05	5,20	
260	0,95	2,10	5,70	
270	0,95	2,20	6,25	
280	1,00	2,25		
290	1,00	2,35		
300	1,05	2,40		
310	1,15	2,50		
320	1,20	2,70		

Deve ser considerado 0,1 mm para a tinta de fundo e tinta de acabamento

Fonte: Guimarães (2007).

## b) Proteção tipo caixa

A proteção tipo caixa escolhida foi a placa rígida, por ser um material que se enquadra numa condição oposta à tinta intumescente quanto à facilidade de emprego em edificações já construídas. Dentre as opções do mercado, selecionou-se a placa rígida de lã mineral comprimida do fabricante *Cafco International* modelo *Cafco-Board*. Trata-se de um material que combina proteção ao fogo e isolamento termoacústico (Figura 29). Além disso, é um material classificado como classe A, a melhor classificação segundo a norma de reação ao fogo ASTM E84<sup>3</sup> (ISOLATEK, 2021).

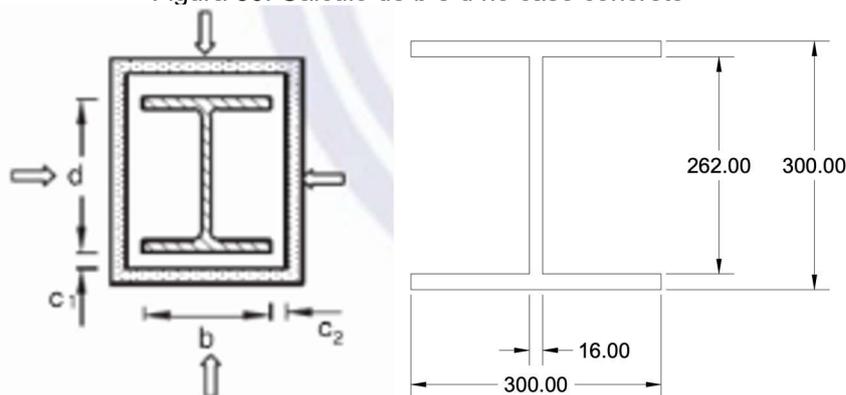
Figura 29: Operário instalando o Cafco-Board® em viga metálica



Fonte: Firestop Contractors International Association (2021)

Novamente, antes de apresentarmos a espessura de proteção, é necessário o cálculo do fator de massividade do elemento protegido, que será realizada de acordo com o segundo caso da Figura 11, i. e., seção com revestimento tipo caixa, de espessura uniforme e exposta ao incêndio por todos os lados, sendo equivalente a:  $2(b + d) / A_g$

Figura 30: Cálculo de b e d no caso concreto



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 14323 (1999)

$$\begin{aligned} u / A_g &= 2 (b + d) / A_g \\ u / A_g &= 2 (30 + 30) / 155,9 \\ u / A_g &= 0,770 \text{ cm}^{-1} = 77,0 \text{ m}^{-1} \end{aligned} \quad (30)$$

<sup>3</sup> Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials.

A Figura 31 consta no *Yellow Book* (ASSOCIATION FOR SPECIALIST FIRE PROTECTION *et al.*, 2002) e indica as espessuras para proteção tipo caixa de pilares utilizando o material selecionado. Analisando a tabela, verificamos que a espessura a ser aplicada ao elemento estrutural para fins de atendimento à norma **será a espessura mínima recomendada pelo fabricante, que é igual a 20 mm** (Figura 29).

Figura 31: Espessura do CAFCO® BOARD para pilares

		COLUMNS					Product thickness	
		Fire resistance period (minutes)						
Section factor A/V (Hp/A)		30	60	90	120	180	240	
		260	185	74	46			20mm
			250	96	59			25mm
			260	119	73	41		30mm
				143	86	48		35mm
				169	101	56	38	40mm
				196	116	63	43	45mm
				226	131	71	49	50mm
				260	164	87	59	60mm
					200	104	70	70mm
					239	122	82	80mm
					260	141	94	90mm
						160	106	100mm
					181	118	110mm	

Fonte: Association for Specialist Fire Protection (2002)

### Considerações sobre as soluções (proteções) adotadas

Analisando o exemplo de dimensionamento proposto e confrontando as soluções apresentadas, a saber: proteção tipo caixa *Cafco-Board* e a tinta intumescente Nullifire S-605, foi possível constatar:

- Que, inicialmente, a temperatura do aço sem proteção no TRRF (
- (i) Tabela 1), foi calculada em 835,92°C. Nesta temperatura, a resistência ao escoamento e o módulo de elasticidade do aço são reduzidos em aproximadamente 90% em relação à temperatura ambiente (Figura 32), sendo latente a necessidade de proteção.

Figura 32: Redução da resistência à tração do aço e do módulo de elasticidade em função aumento da temperatura

Temperatura do aço $\theta_a$ °C	Fator de redução da resistência ao escoamento <sup>a</sup> $k_{y,\theta}$	Fator de redução do módulo de elasticidade <sup>a</sup> $k_{E,\theta}$
20	1,000	1,000
100	1,000	1,000
200	1,000	0,900
300	1,000	0,800
400	1,000	0,700
500	0,780	0,600
600	0,470	0,310
700	0,230	0,130
800	0,110	0,090
900	0,060	0,068
1 000	0,040	0,045
1 100	0,020	0,023
1 200	0,000	0,000

<sup>a</sup> Para valores intermediários da temperatura do aço, pode ser feita interpolação linear.

Fonte: ABNT NBR 14323:1999.

- (ii) Que a cobertura mínima por tinta intumescente Nullifire S-605 (0,35 mm) irá conferir ao pilar o TRRF previsto na NT 2-19 do CBMERJ, i. e., 30 minutos.
- (iii) Que, através da proteção tipo caixa, que conferiu ao elemento um fator de massividade de  $77 \text{ m}^{-1}$ , a espessura mínima da placa *Cafco-Board* (20 mm) garantirá ao elemento estrutural um tempo de resistência ao fogo de quase 90 minutos, ou seja, superior ao TRRF previsto na NT 2-19 do CBMERJ, como indicado no retângulo azul da Figura 30.

Neste exemplo específico e diante das soluções apresentadas, verifica-se que ambas as proteções atenderiam à norma. No entanto, a proteção tipo caixa de lã mineral, por conferir um tempo de resistência ao fogo superior à estrutura, garantirá um tempo maior para que as pessoas evacuem a edificação e para que o Corpo de Bombeiros realize as ações de busca, salvamento e combate a incêndio, sem que ocorra o colapso da edificação.

## CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por objetivo apresentar o método simplificado de dimensionamento em situação de incêndio aplicado a pilares de aço submetidos a compressão simples, conferindo ao elemento estrutural a proteção necessária no TRRF. Para tanto, utilizou-se um perfil de pilar interno de uma edificação hipotética como exemplo de dimensionamento, seguindo os requisitos da ABNT NBR 8800:2008 (em temperatura ambiente), bem como da NT 2-19 do CBMERJ e da ABNT NBR 14323:2013 (em situação de incêndio). Como o ELU do perfil adotado não era o de instabilidade local elástica, não foi necessário o cálculo da temperatura crítica segundo a norma da ABNT.

Na verificação realizada, constatou-se que a temperatura do pilar no TRRF (30 minutos) superava a temperatura crítica, sendo necessária sua proteção. Utilizou-se, para fins didáticos, primeiramente uma proteção do tipo contorno por tinta intumescente, sendo necessária uma cobertura de 0,35 mm para proteger o elemento estrutural e, num segundo momento, uma proteção do tipo caixa por placa rígida de lã mineral comprimida de 20 mm, que conferiu ao pilar um TRRF de quase 90 minutos.

Diante do apresentado, verifica-se que o projetista, além de compreender a NT 2-19 do Corpo de Bombeiros e o método de dimensionamento simplificado em situação de

incêndio, na seleção da forma e do tipo de material de revestimento contra fogo dos elementos estruturais, precisa analisar as diversas opções presentes nas cartas de coberturas fornecidas pelos fabricantes e em catálogos (como o *Yellow Book*), a fim de que adote a alternativa que atenda aos requisitos normativos e seja econômica ao cliente. Trata-se de mais um dos desafios que o novo COSCIP (2018) trouxe aos profissionais de SCI.

Por fim, ratificando o previsto no art. 8º da Lei Federal nº 13.425, de 30 de março de 2017, entende-se que os tópicos apresentados no presente trabalho deveriam ser parte do currículo de todos os cursos de engenharia civil. Afinal, é bem razoável que o processo construtivo, desde sua fase de dimensionamento estrutural, seja realizado visando à não ocorrência de colapsos prematuros das edificações em situação de incêndio, assegurando a saída das pessoas e o acesso do Corpo de Bombeiros para as operações de combate e salvamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLGAYER, A. A. **Caracterização das propriedades mecânicas e metalúrgicas de uma junta de aço ASTM A36 soldado pelo processo de arco submerso (SAW) com diferentes aportes térmicos**. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica). Escola Politécnica. UNIVATES. Lajeado, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8800** - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14323** - Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6120** - Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIATION FOR SPECIALIST FIRE PROTECTION *et al.* **Fire protection for structural steel in buildings** – The yellow book. 3. ed. Farnham: ASFP, 2002.

BRASIL. **Lei Federal nº 13.425**: Estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público; altera as Leis nº s 8.078, de 11 de setembro de 1990, e 10.406, de 10 de janeiro de 2002 – Código Civil; e dá outras providências. Brasília: 2017.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Proteção Estrutural Contra Incêndio**. Disponível em: <[http://cursoscbca.com.br/moodle/arquivos/pdfs/Apostila\\_Sist\\_Estrut\\_peq/Apostila\\_Modulo\\_9\\_Protecao\\_Fogo\\_peq.pdf](http://cursoscbca.com.br/moodle/arquivos/pdfs/Apostila_Sist_Estrut_peq/Apostila_Modulo_9_Protecao_Fogo_peq.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2020.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Nota Técnica 2-19**: Segurança estrutural contra incêndio - Resistência ao fogo dos elementos de construção. Rio de Janeiro, 2019.

DeHAAN, J. **Kirk's Fire Investigation**. 6. ed. New Jersey: Pearson, 2007.

DIVICOM. **Catálogos**. Disponível em: <https://www.mesaninos.com.br/catalogos.html>. Acesso em 10 abr 2021.

ESTADÃO. **Prédio desaba durante incêndio no centro de SP**; há ao menos um desaparecido. Disponível em: <<https://www.estadao.com.br/ao-vivo/predio-desabou>>. Acesso em: 20 nov. 2020.

FIRESTOP CONTRACTORS INTERNATIONAL ASSOCIATION. **Fireproofing for Small Applications**. Disponível em: <https://fcia.org/wp-content/uploads/FCIAFireproofing-PMancusoISOLATEK.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2021.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Laudo aponta erro nos pilares do Palace 2**. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff19059836.htm>. Acesso em 15 mar 2021.

FRANSEN, J. M.; REAL, P. V. **Fire design of steel structures**. 1. ed. Mem Martins: ECCS, 2010.

GUIMARÃES, P. P. O. **Sobre o dimensionamento do revestimento contra fogo de estruturas de aço**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

ISOLATEK. **Cafco-Board®**. Disponível em: <https://www.isolatek.com/rigid-board/cafco-board/>. Acesso em: 20 mai. 2021.

KLEIN JUNIOR, O.; SILVA, V. P. **Ferramenta computacional para o dimensionamento de pilares de concreto armado em situação de incêndio**. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/267865266\\_Ferramenta\\_computacional\\_para\\_o\\_dimensionamento\\_de\\_pilares\\_de\\_concreto\\_armado\\_em\\_situacao\\_de\\_incendio\\_Computational\\_tool\\_for\\_the\\_reinforced\\_concrete\\_columns\\_fire\\_design](https://www.researchgate.net/publication/267865266_Ferramenta_computacional_para_o_dimensionamento_de_pilares_de_concreto_armado_em_situacao_de_incendio_Computational_tool_for_the_reinforced_concrete_columns_fire_design). Acesso em 15 nov. 2020.

MARTINS, M. M. **Dimensionamento de estruturas de aço em situação de incêndio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2000.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **Guide for Fire and Explosion Investigations**. 2011. ed. Quincy: NFPA, 2011.

NBC. **Tehran's Iconic Plasco Building Collapses After Fire; 30 Reportedly Dead**. Disponível em: <https://www.nbcnews.com/news/world/tehran-s-iconic-plasco-building-collapses-after-fire-iran-state-n708721>. Acesso em 20 nov. 2020.

NULLIFIRE. **S605 Intumescent Basecoat**. Disponível em: [https://www.nullifire.com/tr\\_TR/anasayfa/download/1416/download.html](https://www.nullifire.com/tr_TR/anasayfa/download/1416/download.html). Acesso em: 20 mai. 2021.

REBELLO, Y. C. P. **Estruturas de aço, concreto e madeira**: atendimento da expectativa dimensional. São Paulo: Zigurate Editora, 2005.

RIO DE JANEIRO (ESTADO). **Decreto Estadual nº 42**: Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico. Rio de Janeiro, 2018.

SCADELAI, M. A., PINHEIRO, L. M. **Estruturas de concreto – capítulo 16**. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec802/Pilares/16%20Pilares.pdf>. Acesso em 20 mar 2021.

SILVA, V. P. *et al.* **Apostila para a disciplina PEF 2402**: Estruturas metálicas e de madeira. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/110863/mod\\_resource/content/0/apostila2012.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/110863/mod_resource/content/0/apostila2012.pdf). Acesso em: 20 mar 2021.

USP. **Tabela de perfis**. Disponível em:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/555517/mod\\_resource/content/1/tabela\\_perfis\\_2014-2.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/555517/mod_resource/content/1/tabela_perfis_2014-2.pdf). Acesso em 20 mar 2021.

ZONA DE RISCO. **Lembrança: Incêndio do Edifício Grande Avenida**. Disponível em:

<<https://zonaderisco.blogspot.com/2014/04/lembranca-incendio-do-edificio-grande.html> >. Acesso em: 20 nov. 2020.

**Jansen Ferreira da Conceição**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Mischelle Paiva dos Santos**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

Este trabalho discorre sobre o tema de Construções Sustentáveis e descreve as formas de realizar uma Construção Sustentável, a fim de minimizar o impacto ambiental e preservar o meio ambiente e os seus recursos naturais para as próximas gerações. Com o aumento do número de construções nas cidades, a partir da segunda metade do século XVIII, a preservação do meio ambiente ficou comprometida e isso interferiu na integração entre o ser humano e a natureza. A Construção Civil e a sustentabilidade estão integradas, desde a década de 1970, em diversos países com o objetivo de desenvolver obras sustentáveis que contribuam com a preservação do meio ambiente. Neste novo contexto da Engenharia Civil, estão sendo adotados métodos e técnicas voltadas para a utilização de materiais cujos padrões garantam a sustentabilidade do planeta. Diante disto, o objetivo desse trabalho é levantar meios que promovam a Construção Sustentável. Para atingir o objetivo geral do trabalho, foi feito o levantamento de projetos, construções e utilização de materiais que corroboram com o desenvolvimento sustentável e com economia, tanto na sua utilização, quanto na conservação. A pesquisa bibliográfica foi feita buscando aumentar a conscientização da importância da Construção Sustentável, com base na realidade dos fatos, onde a preservação do ambiente, o bem-estar, a economia e a qualidade de vida são muito relevantes. Este estudo foi elaborado a partir de uma pesquisa bibliográfica descritiva.

**Palavras-chave:** Construção Sustentável; Engenharia Civil; Sustentabilidade.

## INTRODUÇÃO

O aumento da devastação ambiental foi constante desde que iniciou a Revolução Industrial inglesa, no século XVIII. Houve intensa exploração dos recursos naturais devido ao crescimento do mercado consumidor e não existiu preocupação com a possibilidade de esgotamento.

Em paralelo às agressões ao meio ambiente, surgiram as consequências, como as mudanças climáticas extremas e os recursos naturais começaram a se esgotar.

Com o intuito de reagir a tempo, o conceito de desenvolvimento sustentável surgiu através de uma comissão da Organização das Nações Unidas (ONU), na década de 1980. Sua proposta era debater sobre uma forma de fortalecer a economia mundial sem danificar o meio ambiente. Ele deveria atender à necessidade da época, mantendo a capacidade de suprir às demandas futuras. O desenvolvimento sustentável corrobora com o desenvolvimento econômico-social, porém respeitando às normas ambientais.

Neste contexto, surgiram as Construções sustentáveis que refletem o resultado de uma abordagem mais equilibrada com o meio ambiente, desde a preparação até o acabamento de um edifício construído. Neste tipo de construção os impactos ambientais são diminuídos e existe o aproveitamento dos recursos naturais com a máxima eficiência. Elas fortalecem os princípios de sustentabilidade defendidos pela sociedade moderna.

Neste tipo de construção predomina o uso racional da água e a eficiência energética na intenção de manter estes recursos para as gerações futuras. Enfim, buscam um equilíbrio entre a natureza e o impactante segmento da construção civil.

Um dos setores que mais agride o meio ambiente é a construção civil. Ele é um dos principais responsáveis pelos impactos ambientais no mundo, consome 75% dos recursos naturais, 20% da água nas cidades, e gera 80 milhões de toneladas/ano de resíduos, segundo dados do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS). Com isso, se caracteriza por ter grande importância em termos econômicos e sociais. Logo, é necessário repensar a forma de construir para trazer à tona os problemas do setor para buscar resolvê-los.

Existem diversas vantagens deste tipo de construção. Dentre elas podemos destacar a diminuição do gasto de água e energia, a diminuição do uso irracional de recursos naturais e da geração de resíduos e a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

A sustentabilidade aplicada à construção civil, visa diminuir os problemas causados pelos métodos arcaicos que ainda predominam no setor.

Face ao exposto, alguns setores da sociedade têm procurado métodos e tecnologias que viabilizem a construção sustentável, tornando-a ecologicamente correta, socialmente justa e economicamente viável. Tais métodos dizem respeito principalmente à gestão da água, à gestão da energia e à gestão dos materiais, itens estes que demonstram a evolução da sustentabilidade no setor da construção civil.

O trabalho busca justamente identificar as formas para se obter uma construção sustentável a partir de uma revisão bibliográfica do assunto.

Cada dia que passa, as questões ambientais têm sido um problema para os países, desenvolvidos ou não, e o volume de resíduos deixados pelas construções, cerca de cinco vezes maior do que de produtos, virou o foco das discussões da sustentabilidade (Revista Conexão Eletrônica, 2017).

Algumas ações, tais como: o uso de materiais menos agressivos de forma geral, diminuição de desperdícios com água e energia, a utilização de energia solar, ações que visem a melhoria da qualidade do ar e do espaço interno podem fazer uma grande diferença e vem sendo implementadas pouco a pouco nas construções sustentáveis.

Existe um aumento de cerca de 5% nos gastos no processo de construção sustentável (OLIVEIRA, 2018). No entanto, a economia a médio e longo prazo, que gira em torno de 30% nos gastos com água e energia, compensa os gastos extras (OLIVEIRA, 2018).

Com isso, percebe-se que uma postura consciente nas fases da construção civil demonstra que uma empresa se preocupa com a sustentabilidade do planeta.

Qual é a importância do desenvolvimento sustentável na Construção Civil e quais os meios para se promover uma construção sustentável?

Uma construção sustentável inicia-se com a concepção do projeto, que busca utilizar os recursos da natureza, procedendo ao estudo da insolação e do clima da região para a otimização da energia elétrica e conforto ambiental da construção.

Além disso, atenção especial deve ser dada à escolha dos materiais, para que sejam de grande durabilidade, pouco agressivos, cuja aquisição provoque impacto mínimo, e que sejam recicláveis ou reaproveitáveis. Deve ser verificado também o ciclo de vida do empreendimento e dos materiais utilizados, realizado o estudo dos impactos ambientais da construção e de como essas matérias poderão ser reaproveitadas posteriormente.

A Construção sustentável, pelas grandes vantagens que oferece, torna-se cada vez mais importante, no decorrer dos dias, devido ao impacto ambiental e à redução de gastos a médio e longo prazo.

Será feita uma pesquisa bibliográfica, com objetivos descritivos e uma abordagem qualitativa através do levantamento de projetos e construções com utilização de materiais que propiciam o desenvolvimento sustentável com economia, tanto na sua utilização, quanto na conservação. Além disso, serão discutidas as técnicas alternativas, para reutilização de água e captação de energia elétrica. O levantamento de informações será realizado a fim de propiciar um aumento da conscientização da importância da Construção Sustentável, através da observação da realidade dos fatos, onde a proteção do ambiente, a economia, o bem-estar e a qualidade de vida são muito importantes. No mundo, cerca de 40% do gás carbônico (CO<sub>2</sub>) é lançado por edifícios, sendo que as construções consomem 44% da energia do país (CBCS, 2010). Segundo este Conselho, a sustentabilidade das construções pode gerar uma economia de 40% de água e 30% de eletricidade.

Sendo assim, a Construção sustentável pode ser utilizada como meio de influenciar a consciência ambiental da população e ajudar a se reaproximar da natureza, considerando a importância das edificações e da Construção Civil na história da humanidade até a atualidade, levando em consideração a magnitude dos impactos por eles causados. A sustentabilidade de uma obra mostra a responsabilidade por tudo que se consome, gera, processa e descarta. Além disso, aumenta a necessidade de planejar e antecipar prováveis impactos que podem ser provocados durante toda a vida útil da construção, mostrando o quanto a Engenharia Civil pode e deve contribuir para um futuro melhor.

O objetivo geral deste trabalho é apresentar as formas de se desenvolver a construção sustentável.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

a) Estudar e compreender os métodos utilizados para realização de construções sustentáveis, os fatores que se relacionam ao mesmo, bem como os materiais, o projeto, sistemas construtivos, etc.; e

b) Mostrar a importância do planejamento de projeto e uso de materiais ecologicamente corretos na Construção Civil.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### História das construções sustentáveis

Na época em que o ser humano era nômade, caçava e coletava apenas o necessário para sobreviver e se procriar, os espaços naturais eram utilizados como fontes de sustento, proteção e refúgio. Uma caverna servia perfeitamente de abrigo contra temporais e nevascas para as pessoas, além de ser o local onde se escondiam de animais perigosos.

Com o passar do tempo, a humanidade sentiu a necessidade de construir um local para se proteger das intempéries. Com isso, os elementos e recursos naturais de cada ambiente foram absorvidos na medida mais eficaz para o abrigo, através do desenvolvimento de técnicas, sempre aproveitando o que o meio lhe proporcionava.

Desde os primórdios, a força da natureza é a maior ameaça para o homem, mas também sua maior aliada. As antigas civilizações não sabiam o real tamanho da Terra, mas respeitavam esse princípio. Os códigos de *Hamurabi*, mais antigo conjunto de leis desenvolvido na Babilônia datado do século 18 A.C., previa severas punições àqueles que prejudicassem o sistema de captação e distribuição de água.

53° - Se alguém é preguiçoso no ter em boa ordem o próprio dique e não o tem em consequência se produz uma fenda no mesmo dique e os campos da aldeia são

inundados d'água, aquele, em cujo dique se produziu a fenda, deverá ressarcir o trigo que ele fez perder. 54° - Se ele não pode ressarcir o trigo, deverá ser vendido por dinheiro juntamente com os seus bens e os agricultores de quem o trigo foi destruído, dividirão entre si. 55° - Se alguém abre o seu reservatório d'água para irrigar, mas é negligente e a água inunda o campo de seu vizinho, ele deverá restituir o trigo conforme o produzido pelo vizinho. 56° - Se alguém deixa passar a água e a água inunda as culturas do vizinho, ele deverá pagar-lhe por cada dez gan dez gur de trigo (*HAMURABI*, SÉCULO XVIII A.C.).

No antigo Egito, as construções preservavam a distância necessária do rio Nilo, em virtude do seu regime de períodos de cheia e vazão bem definidos. O fundo das construções era utilizado para plantio a fim de que quando o rio enchesse, recebesse nutriente e, quando transbordava, o solo estava fertilizado para a agricultura.

Uma das principais características de uma Construção Sustentável que trazemos desde os nossos antepassados é o aproveitamento da natureza, do lugar e o respeito pelos seus limites.

Diversos exemplos podem ser citados, ao longo da história, de como cada povo construiu usando os recursos de que dispunham ao redor de suas ocupações.

Alguns exemplos são a cabana (formada por uma estrutura de suporte feita com ramos e canas, com uma cobertura composta por mistura de folhas com argila, colmo ou peles de animais), a palafita ou habitação lacustre de madeira (elevada sobre pilotis ancorados no fundo dos lagos ou em zonas pantanosas) e os terramares, descobertos em Itália (cabanas de madeira e argila que se encontraram em lugares pantanosos). Em qualquer lugar onde se encontrassem materiais nas proximidades, propícios à construção, eram aproveitados pelas tribos primitivas para serem utilizados na construção e revestimento de abrigos.

Dos abrigos da pré-história aos edifícios de madeira do século XXI, algumas das palafitas (hórreos) mais notáveis encontram-se na Espanha, na região da Galiza (Figura 1). Estas moradias, consideradas como pertencentes à época neolítica, tinham como propósito a defesa contra os animais selvagens e contra os agentes atmosféricos.

Figura 1 – Hórreo em Somiedo, Astúrias, com telhado de palha e estrutura em madeira



Fonte: LOCACINOCA, 2009.

Outro exemplo de construção usufruindo da natureza de forma sustentável são os moinhos que podem ser de água ou de vento. Existiu no mundo romano, onde foram construídos pela primeira vez, os moinhos de vento, criados pelos europeus para o aproveitamento da energia eólica. Eles eram muito utilizados para a moagem de grãos, mas também foram adaptados para movimentar serras, fabricar tecidos, espremer óleo, fazer cerveja, proporcionar força a forjas e esmagar a polpa para produzir papel.

Segue abaixo um modelo de moinho movido por uma roda d'água vertical e providos de um sistema de engrenagens que transforma o vetor da rotação - sua presença em terras

brasileiras só se deu a partir da imigração europeia do século XIX (Figura 2). Foi nomeado de azenha e corresponde ao tipo de moinho mais comum no Sul.

Figura 2 – Azenhas: Moinho d'água



Fonte: MENEZES BORREGO, GARCEZ MARINS, 2015.

## Panorama atual

Após a crise do petróleo, surgiu a ideia de construção sustentável a fim de diminuir a utilização de energia e procurar novas formas de utilizá-la. Assim, os engenheiros tiveram que desenvolver alternativas criativas para continuar trabalhando na área; uma ideia que deveria ser apenas provisória, acabou virando tendência, mesmo depois que a crise acabou estando presente até hoje. A partir de 1990, o conceito de sustentabilidade ganhou mais força junto aos órgãos internacionais. Com isso, a procura por alternativas sustentáveis na construção civil foi se intensificando.

Observou-se que os grandes centros industriais e comerciais eram os grandes responsáveis pelo consumo de materiais como água e energia. Em um futuro próximo, estes grandes centros continuarão a produzir muitos impactos negativos ao meio natural. A maioria destes impactos negativos são gerados pelo setor da construção civil, que corresponde a um terço do consumo mundial de energia e por 12% da água utilizada no mundo, segundo Oliveira (2018). De acordo com dados do *Worldwatch Institute* (2011), a construção de edifícios consome 40% das pedras e areia utilizados no mundo por ano, além de ser responsável por 25% da extração de madeira anualmente. Sendo assim, é de se esperar que a sustentabilidade assuma, gradualmente, uma posição de cada vez mais importância neste cenário.

Neste contexto, surgiu publicamente o conceito de desenvolvimento sustentável no fim da década de oitenta, segundo registro do Relatório de *Brundtland* elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (BRUNDTLAND, 1987), reforçando a necessidade de uma nova relação “ser humano-meio ambiente”.

Durante anos e décadas que se passaram, houve a urgência de se repensar, além das questões energéticas de um edifício, os padrões adequados de consumo de água, gestão de resíduos e, hoje, as emissões de carbono (BUSSOLOTI, 2017).

## Danos ambientais provocados pelas obras de Construção Civil

Segundo a resolução número 001 de 1986, do Conama (Conselho Nacional do meio ambiente), o impacto ambiental é definido como:

Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

O estudo desses impactos é imprescindível para se analisar as consequências e a possibilidade de prevenção, especialmente quando tais impactos acontecem pela execução de determinados projetos e obras da Construção Civil. Devido a esses impactos causados e à necessidade de sua minimização, o setor vem, cada dia mais, buscando o desenvolvimento sustentável na área.

A construção civil é uma atividade econômica com consequências prejudiciais ao meio ambiente por contribuir para o esgotamento dos recursos naturais, o consumo de energia, a poluição do ar, modificação do uso do solo e o consumo de água, além de produzir grande volume de resíduos durante toda a vida útil de uma edificação. Isto faz com que ela seja um dos maiores causadores dos impactos ambientais.

Face ao exposto, fica o seguinte questionamento: quais são os impactos do setor ao meio ambiente? Ceotto (2008) cita alguns destes impactos:

- A operação dos edifícios consome mais de 40% de toda energia produzida no mundo;
- Consome 50% da energia elétrica e 20% do total de energia produzida no Brasil;
- A Construção Civil gera de 35% a 40% de todo resíduo produzido na atividade humana;
- Na construção e reforma dos edifícios se produzem anualmente perto de 400 kg de entulho por habitante, volume quase igual ao do lixo urbano;
- A produção de cimento gera 8% a 9% de todo o CO<sub>2</sub> emitido no Brasil, sendo 6% somente na descarbonatação do calcário;
- Assim como o cimento, a maioria dos insumos usados pela Construção Civil é produzida com alto consumo de energia e grande liberação de CO<sub>2</sub>.

A Cadeia Produtiva da Construção Civil compreende a indústria da construção, indústria de materiais, serviços, comércio de materiais de construção, outros fornecedores, máquinas e equipamentos para construção. Dentro do setor industrial, a cadeia produtiva da construção civil corresponde a 8% das emissões do Brasil, valor estimado gerado pelos fornecedores de materiais utilizados na construção, tais como na produção de cimento e de aço, no transporte, e, por último, na extração madeireira (MCKINSEY apud CAMPOS, 2012). Gasques *et al* (2014) registram que “por consumir cerca de 75% das matérias-primas e emitir 1/3 dos gases de Efeito Estufa, é caracterizada a indústria mais poluente do planeta e todas as etapas do processo produtivo geram impactos [...]”.

Há diversas formas e tecnologias para minimização desses impactos mas, para que uma construção seja sustentável, ela deve conter três requisitos: econômico, social e ambiental (MATEUS, 2004).

O primeiro ato com o objetivo de diminuir o impacto visa a mudança de cultura e modo de agir da sociedade. Para se ter uma Construção Sustentável deve haver uma conscientização, buscando uma redução de perdas, de consumo e de geração de resíduos. Embora pareça ser uma ação simples, não é fácil de ser absorvida pelos envolvidos. Inicialmente, não é necessário investir em novas tecnologias, nem mudar as técnicas usadas atualmente, precisa investir na alteração da cultura dos colaboradores, visando uma minimização das perdas e da geração de entulho (MATEUS, 2004).

Segundo o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS, 2009), algumas soluções adotadas servem para reduzir os impactos ambientais e agem simultaneamente promovendo um ambiente seguro, saudável e confortável. São elas:

- Redução do consumo de energia.
- Redução do consumo de água.
- Aumento da absorção da água de chuva e diminuição do seu envio às redes públicas ou vias públicas.
- Redução do volume de lixo ou possibilidade de facilitar a sua reciclagem.
- Facilidade de limpeza e manutenção.
- Utilização de materiais reciclados.
- Aumento da durabilidade do edifício e a possibilidade de modernização e reuso após o término de sua vida útil.

Diante desse cenário, o setor da construção civil passa por intensa reflexão e mudança de paradigmas, no sentido de buscar o uso mais racional, eficiente e de maior desempenho de materiais e sistemas construtivos, visando reduzir os impactos negativos e potencializar os impactos positivos no meio ambiente e na sociedade, de forma equilibrada com a expectativa de resultados econômicos deste setor (HONDA, 2016). Para isso é necessário seguir algumas diretrizes:

## **Diretrizes Sustentáveis**

### **Planejamento sustentável**

Durante a fase de execução de uma obra em sintonia com a Construção Sustentável, obviamente, o princípio mais importante é o planejamento sustentável. Os objetivos deste princípio são um perfeito planejamento das decisões de intervenção que poderão integrar a construção no meio ambiente ou prever os danos a curto, médio e longo prazo.

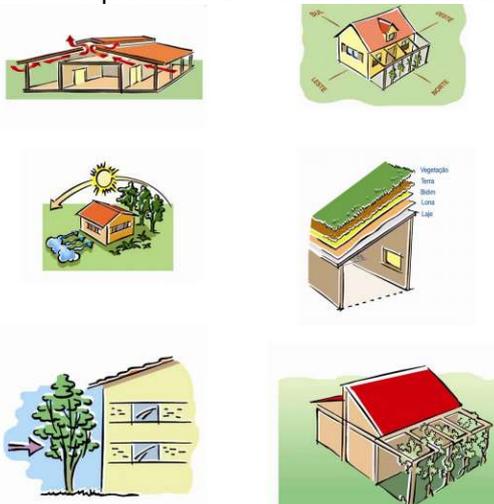
Os pontos essenciais num planejamento sustentável da obra são a análise da obra e do local. A aplicação da Análise do Ciclo de Vida (ACV) para determinação de orientações do projeto e a respectiva escolha de materiais e tecnologia é, um método de avaliação dos sistemas de produtos ou serviços que considera os aspectos ambientais em todas as fases de sua vida, estabelecendo vínculos entre esses aspectos e categorias de impacto potencial, ligados ao consumo de recursos naturais, à saúde humana e à ecologia. Do mesmo modo, os estudos de solo (geotecnia), as recomendações de projeto e intervenções, a recomendação adequada de materiais e tecnologias, o projeto de arquitetura sustentável, o planejamento geral e sustentável de todo um projeto, os estudos de consumo de materiais, de energia dos materiais e de energia da edificação e o planejamento da logística de materiais e recursos em geral, são também pontos a analisar. (PEREIRA, 2009, p. 43)

Dessa forma é imprescindível que seja feita uma análise do ciclo de vida dos materiais e da obra, procurando alternativas saudáveis, como o reaproveitamento, reciclagem etc. As escolhas conscientes e responsáveis dos materiais que entram e saem da obra implicarão em toda a vida útil do empreendimento. Atenção também deve ser dada às condições climáticas, o consumo energético, a gestão de água, o entorno da construção, e a gestão de resíduos, a fim de prever e minimizar os impactos ambientais causados pela construção, antes do início da obra, buscando sempre soluções econômicas que produzem qualidade de vida aos moradores a curto, médio e longo prazo (CREDIDIO, 2008).

## Aproveitamento passivo dos recursos naturais

É extremamente importante, na Construção civil, realizar o aproveitamento passivo dos recursos naturais que agem diretamente sobre a construção de uma edificação, como o sol, o vento e a vegetação (Figura 3).

Figura 3 – Aproveitamento dos recursos naturais



Fonte: IDHEA – INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDIFICAÇÃO ECOLÓGICA, 2021.

A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (ASBEA, 2007) destaca que:

[...] elaborar um projeto de arquitetura com melhor desempenho ambiental é projetar levando-se em conta o uso eficiente da energia, da água, de materiais certificados e renováveis, o aproveitamento de condições naturais locais, qualidade ambiental interna e externa dos edifícios, utilização consciente dos equipamentos e do edifício pelo usuário.

É importante estudar o clima local, utilizando todos seus recursos naturais e locais, para melhor gestão e integração de habitat, efetuando o planejamento do espaço e o layout do ambiente, para aumentar utilização de energias naturais, luz etc (MAUÁ, 2018).

Um exemplo de país privilegiado em relação à localização no que tange à utilização de recursos naturais é Portugal. O uso destes recursos vai garantir uma iluminação natural (radiação solar) e climatização natural (energia solar). O país possui temperaturas médias que coincidem com as que o indivíduo considera confortável em ambientes interiores. O vento na Europa é bem favorável à produção descentralizada de energia (RAMOS, ZÊZERE, MORGADO, 2005).

## Eficiência energética

Um dos indicadores de desempenho e um dos requisitos mais exigidos em construções sustentáveis é a eficiência energética das edificações. Sabe-se que, no Brasil, o consumo de energia elétrica nas edificações corresponde a cerca de 44% do consumo faturado no país, sendo que 22% são utilizados apenas em instalações residenciais, 14% em comerciais e 8% em edificações públicas. A tendência é haver um aumento desse consumo, já que o Brasil é um país em desenvolvimento (SIMÃO, 2014).

A utilização racional de energia, chamada de eficiência energética, consiste em usar menos energia para fornecer a mesma quantidade de valor energético. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO),

uma lâmpada tipo LED (*light emitting diode*) de 7W, tem o mesmo nível de luminosidade que uma lâmpada incandescente de 60 W. ou seja, ela gera uma economia de 53 Watts por hora ou quase 90% de economia.

Para vencer a crise do petróleo na década de 1970, uma das alternativas encontradas por muitos países foi a conservação de energia e o uso responsável das fontes energéticas. As fontes disponíveis na época ficaram com custos mais elevados e com períodos longos para implantação, devido à crise citada anteriormente. Com isso, o uso racional de energia passou a ser uma opção vantajosa, devido ao fato de que, reduzindo o consumo de energia elétrica, não haveria necessidade de realizar novas instalações de fontes de energia (BALESTIERE, 2002).

Para alcançar-se tal eficiência, segundo Moura e Motta (2013), existem:

[...] soluções que podem ser elaboradas na fase de projeto, implementadas na fase de construção e adotadas na fase de operação e uso do edifício, significando que em edificações já existentes, que não foram concebidas sob princípios sustentáveis, é possível racionalizar o consumo de energia.

Dentre as possíveis soluções aplicáveis a uma das etapas mencionadas anteriormente pode-se destacar:

- Priorização da ventilação e iluminação naturais;
- Adoção de energias renováveis;
- Previsão de mecanismos de controle de consumo de energia; e
- Reaproveitamento de recursos e utilização de materiais renováveis.

Dicas para economia de energia (Almeida *et al.*, 2021):

- Dar preferência as lâmpadas de LED;
- Evitar acender lâmpadas durante o dia e usar mais iluminação natural;
- Pintar paredes e tetos com cores claras, que refletem melhor a luz, minimizando a necessidade de iluminação artificial;
- Programe o monitor do computador para desligar quando não estiver sendo utilizado;
- Desligue todos os acessórios do computador quando não estiverem sendo utilizados;
- Procure modelo de ar-condicionado que tenha o Selo Procel e ligue-o somente quando estiver no ambiente;
- Não tampe a saída do aparelho de ar-condicionado;
- Ligar o ferro elétrico somente quando houver muita roupa para passar;
- Lave a quantidade máxima de roupas de uma só vez e mantenha o filtro da mesma sempre limpo;
- Evite usar o chuveiro elétrico no horário de pico (17h às 22h);
- Feche a torneira do chuveiro para se ensaboar; e
- Utilize resistências originais nos chuveiros.

Uma alternativa para economia de energia são os sensores que podem ser de ocupação, por controle fotoelétrico e de programação de tempo, segundo Lamberts et al (1997) apud Prediger (2009). Os de ocupação são aparelhos de controle que respondem a presença e ausência de pessoas no campo de ação do sensor, os de controle fotoelétrico detectam a presença de luz natural, impedindo a luz artificial através de “dimers” controlados automaticamente e, por último, o sistema de programação de tempo, projetado para reduzir o desperdício de luz, gerenciando eficientemente o ligar e desligar dos sistemas de iluminação.

## Gestão e economia da água

A Assembleia Geral da ONU declarou o dia 22 de março como sendo o dia mundial da água com a finalidade de alertar a população mundial sobre a importância da preservação da água para a sobrevivência dos ecossistemas do planeta.

A água é extremamente importante para a vida na Terra, tanto para a sobrevivência humana básica, quanto para o sistema produtivo. No entanto, ela não é distribuída de forma uniforme no mundo. Algumas regiões há grande disponibilidade, outras, não.

O modo como a água vem sendo utilizada tem preocupado cientistas e ambientalistas, sobretudo sobre a sua disponibilidade e qualidade para gerações futuras (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2021).

O planeta Terra tem aproximadamente 70% de sua superfície coberta por água, sendo que 97,5% dessa quantidade é de água salgada e ficam em maior parte nos mares e oceanos (Figura 4). A água doce representa apenas 2,5% e é dividida da seguinte em 68,9% em geleiras e calotas polares, 29,9% em águas subterrâneas, 0,3% em rios e lagos e 0,9% em outros locais, como pântanos e umidade do solo (Batista, 2021).

Figura 4 – Distribuição da água no planeta



Fonte: BRASIL ESCOLA, 2021.

De acordo a Câmara Brasileira de Indústria da Construção (CBIC et al, 2014), o aprimoramento da gestão dos recursos hídricos, como forma de diminuir os desperdícios e fomentar o uso racional da água no Brasil, é elemento imprescindível para o desenvolvimento de uma cadeia produtiva sustentável na construção. Estudos da Agência Nacional de Águas (ANA) apontam que, até 2025, serão necessários R\$ 70 bilhões, com prioridade para obras nos mananciais e na coleta e tratamento de esgotos, a fim de proteger as fontes de abastecimento (rios e lagos).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, sancionada em 1997, foi consistente e suficiente para fazer avançar as relações produtivas que se valem da água como insumo básico, mantendo o respeito à integridade das bacias hidrográficas brasileiras. No entanto, é importante que haja comprometimento dos governos e esforços da sociedade para fazer essa legislação e seus instrumentos servirem de fato ao disciplinamento do acesso a esse recurso essencial. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2014), os níveis atuais de desperdício das concessionárias públicas são de 36,7%, em média, e de até 78,2%, em alguns Estados do Brasil (Amapá), são inaceitáveis e injustificáveis para que continuemos a financiar a ampliação da oferta (CBIC et al., 2014).

Pode-se medir o desempenho ambiental de edifícios de acordo com o consumo total de água por fonte de abastecimento e através da medição do volume de água reciclada e reutilizada (NOVIS, 2014). Assim, o principal objetivo da construção civil relativo à gestão

da água deve ser reduzir o consumo total em paralelo com a redução do impacto sobre o ciclo natural da água.

Nesse contexto, conforme CBIC *et al.* (2014), o uso racional da água pela cadeia produtiva da construção deve não somente promover a educação entre seus diversos atores como também fomentar a gestão integrada (do manejo e da drenagem), ao gerenciamento equilibrado entre a oferta e a demanda e à inovação tecnológica. A sustentabilidade desse bem depende da redução da demanda em pelo menos três níveis de abrangência: macro, com a exploração racional dos recursos hídricos; médio, com a gestão otimizada dos sistemas públicos; e micro, com a otimização do consumo de água nos edifícios. Sobretudo, nas edificações, a gestão deve contemplar: o suprimento de água potável; a gestão de águas pluviais e o esgotamento sanitário.

De acordo com alguns autores como Novis (2014), dentre as formas de se reduzir o consumo e desperdício de água e o impacto ambiental durante as principais etapas de uma edificação (concepção e projeto, execução, operação e uso) pode-se destacar:

- Abastecimento do canteiro por meio de sistemas controlado e/ou limitados;
- Eficiência no consumo;
- Captação de recursos hídricos; e
- Tratamento prévio básico antes da devolução de água ao meio.

Simão (2014), propõe, um programa de construção sustentável para a determinação da aplicação da gestão dos recursos hídricos, conforme as seguintes diretrizes:

a) Estabelecer políticas que incentivem o reaproveitamento das águas pluviais em edifícios residenciais, comerciais e públicos.

b) Elaborar e implementar um manual de boas práticas que exponha diretrizes para o uso racional da água.

c) Estimular e exigir um aprimoramento da gestão pública, integrando o manejo e a drenagem de águas pluviais e o aumento da permeabilidade dos solos, principalmente nos ambientes urbanos.

d) Criar programas regionais de capacitação, educação e conscientização sobre o uso racional da água para todos os profissionais da cadeia produtiva da construção (projetistas, arquitetos, engenheiros), demais atores do setor (administradores prediais, empresas de *facilities*) e consumidores.

e) Desenvolver programas para a qualificação da gestão das concessionárias de serviços de água e esgoto, reduzindo os atuais níveis de perda na distribuição.

Como exemplo, Leite (2021) informou que a Zona de Processamento de Exportação do Ceará criou, em 2019, um sistema de reuso que a permitirá economizar até 4 mil litros de água por semana (Figura 5).

Figura 5 – Sistema de reuso instalado na empresa ZPE Ceará



Fonte: SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E TRABALHO DO CEARÁ, 2021.

## Gestão dos resíduos na edificação

A fase da construção, no ciclo de vida de um edifício, responde por parte significativa dos impactos causados pela construção civil no ambiente, especialmente os consequentes às perdas de materiais e à geração de resíduos, além das interferências na vizinhança da obra e nos meios físico, biótico e antrópico do lugar onde a construção é realizada (REDAÇÃO SUSTENTARQUI, 2019).

O principal objetivo da Gestão de resíduos é prevenir, separar e reciclar todo tipo de lixo, seja ele proveniente da construção de um empreendimento, seja resultante do uso doméstico (Figura 6). Por isso, deve ser colocado separadamente nos caixotes do lixo, de forma a poder ser reciclado e reutilizado, segundo (GRITTI; LANDINI, 2010).

Figura 6 – Resíduos sólidos separados por categoria



Fonte: NAKAMURA, 2019.

O uso eficaz de materiais através da redução e reutilização de resíduos deve ser considerado uma estratégia durante a etapa de construção. Deve-se avaliar o uso de materiais que não extrapolem o número necessário. Apesar da distribuição adequada de resíduos ser importante, deve ser dada prioridade aos processos de redução de emissões e, conseqüentemente, medidas a serem desenvolvidas para a conversão de resíduos em matérias-primas e, finalmente, pela criação de medidas de combustão em fornos de cimento e uma gestão que reduz perdas (RIOS, 2014). Segundo as diretrizes da Lei Nacional de Resíduos Sólidos nº 12.305/2010 e a resolução CONAMA nº 307/2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para resíduos (Brasil, 2002), é preciso ter responsabilidade pelo meio ambiente e uma redução dos custos de remoção e desnecessárias despesas com a compra de materiais.

Há três cuidados elementares para melhorar a gestão de resíduos na construção civil, são eles (NAKAMURA, 2019):

Processo: crie um processo de segregação que facilite a triagem dos resíduos para posterior reciclagem ou descarte.

Descarte: defina o lugar para descarte de cada tipo de resíduo com identificação por categoria e especificação.

Dupla confirmação: parte estratégica da gestão de resíduos na construção civil é, antes de enviar os resíduos para pontos de coleta pela empresa especializada, confirmar se estes realmente devem ser descartados. Resíduos sólidos da construção civil de classe IIA (resíduos não inflamáveis, corrosivos, tóxicos, patogênicos e que não possuem tendência a sofrer reação química) podem ser reutilizados na própria obra ou ainda podem ser doados para alguma associação ou ONG que o recicle.

## Qualidade do ar e ambiente interior

Segundo o Portal de arquitetura e construção sustentável, devido à crescente preocupação com a economia de energia, a Qualidade do Ar Interior (QAI) foi deixada de lado. Se por um lado, os sistemas de conservação de energia podem resultar em uma redução dramática nas perdas de energia, as taxas de infiltração de ar são menores. Consequentemente, as concentrações médias dos vários poluentes no ar interior aumentam substancialmente.

Ainda, de acordo com o Portal citado acima, atualmente, sabemos que uma série de poluentes entre eles, o monóxido de carbono, o dióxido de carbono, o amoníaco, o dióxido de enxofre e nitrogénio – são fabricados dentro do edifício por materiais de construção baseados em solventes orgânicos, por detergentes de limpeza, mofo, bolor, metabolismo humano e pelas próprias atividades do homem, como cozinhar ou lavar e secar roupas. Tais poluentes comprometem a saúde e o rendimento de trabalho dos utilizadores.

Estudos apontam que passamos 90% do nosso tempo em lugares fechados, onde a qualidade do ar pode ser pior que no ambiente externo. O ar interno pode estar entre 10 e 50 vezes mais poluído que o ar externo, inclusive nas grandes cidades. Poluentes internos vão desde toxinas, como amianto e formaldeídos encontrados em materiais de construção, aos causadores de alergias como mofo, fungos, bactérias e ácaros. Os efeitos negativos destes poluentes podem causar problemas de saúde em baixa exposição ou, mesmo, muitos anos mais tarde (CORCUERA, 2010).

Algumas medidas podem e devem ser tomadas para prevenir que a poluição do ar interior afete a saúde dos seus utilizadores, o que diminuirá o número de faltas, as despesas com tratamentos médicos e aumentará a produtividade. Elas fazem parte de um programa de monitorização específico designado para inspecionar, analisar e avaliar o sistema de manutenção do ar nos edifícios.

Para Pereira (2009), a qualidade ambiental interna e externa deve obedecer a alguns fatores:

- Projetar com o uso de técnicas que permita uma construção mais econômica, menos poluente e que impacte de forma menos agressiva no meio ambiente;
- Evitar a impermeabilização do solo;
- Evitar prejuízos à flora, à fauna, ao ecossistema local e ao meio ambiente;
- Planejar toda a obra visando minimizar a geração de resíduo e lixos;
- Evitar contaminação, degradação e poluição visual, sonora ou luminosa;
- Implantar e otimizar os recursos para coleta seletiva do lixo; e
- Evitar grandes movimentos de terra.

## Conforto termoacústico

De acordo com Lamberts *et al.* (1997), é importante que um projeto arquitetônico possua um mínimo de eficiência energética e conforto térmico, uma vez que os equipamentos que são utilizados para conseguir esses benefícios são os que mais consomem energia elétrica. Quando se fala de conforto térmico, algumas variáveis estão envolvidas, como materiais de fechamento, tratamentos térmicos, revestimentos de pisos e paredes, dentre outros.

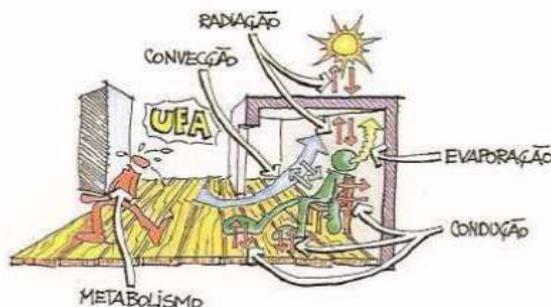
A NBR 15220 - Desempenho Térmico de Edificações define que conforto térmico é a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente. É considerado que para um ambiente estar confortável termicamente 80% dos ocupantes devam expressar contentamento com as condições ambientais internas (ASHRAE, 2017).

Sendo assim, LOPES (2008) cita alguns fatores que influenciam na sensação térmica, sendo esses as variáveis individuais, como vestuário, tipo de atividade e

aclimatação, e as variáveis ambientais, como umidade relativa do ar, temperatura do ar ou pressão parcial de vapor, temperatura média radiante das superfícies vizinhas e velocidade do ar.

Face ao exposto, quanto maior for a atividade física realizada pelo ser humano, maior será o calor gerado pelo metabolismo (Figura 7). Portanto, é importante conhecer a função da edificação, a fim de prever o nível médio de atividade humana realizado no seu interior, para melhor projetá-lo obedecendo aos critérios de conforto térmico. Já o vestuário possui uma resistência térmica que influencia a troca de calor do homem com o ambiente, influenciando sua sensação de conforto térmico (LAMBERTS, 1997).

Figura 7 - Trocas de calor entre o corpo humano e o meio ambiente



Fonte: LAMBERTS, 1997.

Com isso, é importante projetar e criar um espaço com temperatura e sonoridade que tragam conforto e bem-estar físico e psíquico aos moradores. Para um perfeito conforto termoacústico, deve-se inicialmente fazer um estudo da insolação e ventilação local. A utilização de tecnologias de resfriamento trará um excelente conforto térmico, enquanto a disposição dos cômodos e uso de materiais específicos trarão um excelente conforto acústico.

## Uso racional de materiais

Os impactos ambientais do fluxo de materiais na produção do ambiente construído são evidentes. Segundo John, Oliveira e Lima (2007), a construção de edificações consome até 75% dos recursos extraídos da natureza, com o agravante que a maior parte destes recursos não é renovável. O transporte, a produção e uso de materiais contribuem para a poluição global e as emissões de gases de efeito estufa e de poluentes do ambiente interno de edificações são também relevantes.

De acordo com Souza (2007), do ponto de vista econômico, a produção e comercialização de materiais de construção são igualmente importantes. No Brasil, a indústria de materiais de construção corresponde a cerca de 5% do PIB e tem implicações sociais significativas, abrangendo aspectos relativos à geração de impostos, empregos, impacto local nas comunidades etc.

Assim, os procedimentos de seleção de materiais com base na sustentabilidade deverão existir em qualquer metodologia de construção sustentável. Uma construção mais sustentável depende da seleção de produtos que, combinada com o correto detalhamento de projeto, resulta em impactos ambientais menores e em maior benefício social, dentro dos limites da viabilidade econômica, para uma dada situação (Figura 8).

Figura 8 – Materiais sustentáveis



Fonte: INNOVA CONSTRUÇÕES E PAISAGISMO, 2021.

Para decidir quais os materiais serão utilizados no empreendimento, a fim de obter uma construção sustentável, a equipe de projeto deve levar em conta os seguintes aspectos:

**Custo:** Devem ser levantados os custos de cada sistema construtivo possível durante a construção, uso e operação.

**Durabilidade:** Segundo a NBR 15575, a estrutura de um edifício deve ter uma vida útil mínima de 50 anos, então o projeto deve especificar materiais e sistemas construtivos que possuem uma vida útil semelhante.

**Qualidade e proximidade dos fornecedores:** Os fornecedores devem cumprir legislações vigentes, como ambientais, trabalhistas e seus produtos deverão que ser de qualidade, conforme normas técnicas, de desempenho ou de programas setoriais de qualidade, como o PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat).

**Quantidade e periculosidade dos resíduos gerados:** Os resíduos devem ser analisados e quantificados para um melhor entendimento da perda de material, do custo com transporte e da disposição dos resíduos em aterros comuns ou especiais, conforme a necessidade.

**Modularidade:** A utilização de materiais deve ser planejada para evitar desperdícios. Para isso, é preciso dimensionar corretamente os ambientes, além de compatibilizar os projetos, os componentes e os sistemas construtivos, previamente, para evitar excessos e desperdícios.

## Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis

A definição de um produto como sustentável ou ecológico depende de um parâmetro, uma referência. Ou seja, um produto dito sustentável apresenta características menos poluentes ou teve menor consumo de energia, água ou recursos naturais na sua produção, quando comparado com os produtos convencionais (CAIADO, 2014).

Segundo Pisani (2005), a procura de materiais e técnicas construtivas que diminuam os impactos ambientais provenientes de uma construção tem aumentado nos últimos anos. Para Hernandez (2015), a divulgação dos materiais ditos “verdes” é consequência da necessidade de soluções mais sustentáveis no setor da construção civil.

Devido à grande variedade de materiais ditos sustentáveis existentes no mercado, Loturco (2015), define dez critérios técnicos de sustentabilidade para a seleção dos mesmos: consumo de água e recursos energéticos para a fabricação; geração de poluentes na fabricação; redução de matérias-primas e uso de materiais recicláveis; distância entre obra e a fábrica e procedência do produto; geração e gestão de resíduos na obra; economia de energia ou água de operação; durabilidade e facilidade de manutenção; reciclabilidade do produto e destinação pós-consumo; emissão de substâncias nocivas à saúde humana; legalidade e responsabilidade socioambiental do fabricante.

Como exemplo, podem ser citados alguns materiais utilizados em canteiros de obras que possuem apelo sustentável. São eles: madeira plástica, elementos construtivos em bambu, tijolo ecológico e agregados de resíduos da construção civil.

Os produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis, que geram poucos ou nenhum resíduo, tecnologias que protegem o meio ambiente e que são menos poluentes (ONU, 1992), devem atender aos seguintes quesitos:

**Ecologia** – Coletar dados que comprovem o desempenho sustentável dos processos construtivos, produtos e tecnologias recomendados, do ponto de vista da gestão e uso de matérias-primas e insumos básicos, energia, água, emissão de poluentes, normatização, cumprimento das leis vigentes, embalagem, transportes (logística), potencial de reuso e/ou reciclagem.

**Economia** – Recomendar ecoprodutos e tecnologias sustentáveis adequados à realidade financeira e capacidade de investimento do cliente, com prazo e taxas de retorno definidos (*payback*).

**Saúde** – Avaliar a biocompatibilidade e sanidade dos produtos recomendados com o ser humano e organismos vivos em geral, com o objetivo de gerar um ambiente saudável e de elevada qualidade para seus ocupantes e vizinhança.

**Responsabilidade social** – Recomendar o uso de materiais que atendam às normas brasileiras e internacionais de qualidade e padronização (NBR 16001), cuja fabricação contribua para inserção da população desfavorecida no mercado de trabalho e consumo, bem como para fixação do homem em sua região de origem (INSTITUTO ECOBRASIL, 2010).

Sendo assim, conclui-se que os nove passos para se ter uma construção sustentável, apresentado pelo Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica (IDHEA), são extremamente importantes para se obter uma obra sustentável, economicamente viável, que tenha longa vida útil e que utilize materiais que possam ser reciclados ou reutilizados. Quando terminar a sua vida útil, terá proporcionado qualidade de vida para as gerações atuais e futuras.

## **METODOLOGIA**

### **Classificação da Pesquisa**

Quanto à abordagem, a pesquisa se caracteriza como qualitativa, cujo objetivo central da pesquisa é apresentar a melhor forma para se desenvolver uma construção sustentável.

O foco da pesquisa qualitativa é compreender e aprofundar o conhecimento a respeito dos fenômenos desde a perspectiva dos participantes perante um contexto natural e relacional da realidade que os rodeia, com base em suas opiniões, experiências e significados, de modo a exprimir suas subjetividades (SAMPLIERI, COLLADO, LÚCIO, 2013; MINAYO, 2014). Sendo assim, há subjetividades e nuances que não são quantificáveis. Este cunho qualitativo surge quando o olhar do pesquisador e as suas referências interferem diretamente no exame, nas análises e nas percepções finais do estudo.

No que tange à natureza, a pesquisa é considerada aplicada pois os seus dados poderão ser utilizados para tratar de problemas específicos e adoção de práticas mais eficientes durante as fases de planejamento e do processo de construção de uma obra.

Foram realizados diversos levantamentos bibliográficos e analisados vários exemplos de obras sustentáveis, a fim de proporcionar maior familiaridade com o assunto e com isso, quanto aos objetivos, a pesquisa se classifica como exploratória.

## **Planejamento da Pesquisa**

### **Coleta e análise de dados**

Para o desenvolvimento do trabalho, primeiramente foi definido o conceito de sustentabilidade na construção civil, que se caracteriza pelo uso inteligente e racional da água, energia, materiais e sistemas, meio ambiente, infraestrutura, desenvolvimento urbano, mudanças climáticas e resíduos a fim de usar menos possível os recursos naturais, causando pouco ou nenhum dano ao meio ambiente, afim de não esgotá-los, para que as próximas gerações possam desfrutar dos mesmos recursos que hoje são acessíveis.

Em seguida procurou-se compreender a história das obras sustentáveis desde a antiguidade, onde as civilizações utilizavam os recursos da natureza para fazer abrigos, até os dias atuais, quando o homem passou a procurar alternativas sustentáveis para serem utilizadas na construção civil, reforçando a necessidade de se estabelecer uma nova relação ser humano – meio ambiente. Na sequência, foram citadas nove diretrizes para tornar uma construção sustentável. São elas: planejamento sustentável da obra, aproveitamento passivo dos recursos naturais, eficiência energética, gestão e economia da água, gestão dos resíduos na edificação, qualidade do ar e do ambiente interior, conforto termoacústico, uso racional de materiais e uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis.

Foi realizada a revisão bibliográfica para conceituar Construções Sustentáveis e a pesquisa foi feita através da internet, publicações acadêmicas e livros.

O foco das pesquisas foi a otimização do uso de recursos naturais para atender à demanda da sociedade, bem como a aplicação das técnicas para atingir este objetivo. Pesquisou-se materiais com boa disponibilidade e com baixo potencial de impacto ambiental, por ocasião das construções.

Através da análise desta pesquisa, buscou-se demonstrar o quanto se pode contribuir para a sustentabilidade, mesmo em um processo de construção. Será de grande importância o planejamento do projeto, bem como a utilização insumos que não agridam ecologicamente o meio ambiente.

O conceito de sustentabilidade precisa ser bem concebido em todas as partes envolvidas no processo: o profissional da construção, os fornecedores dos materiais e o consumidor final.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **OBRAS SUSTENTÁVEIS**

#### **Projeto**

O desenvolvimento de um projeto sustentável deve considerar todo o ciclo de vida de uma edificação: construção, uso, manutenção e sua demolição e reciclagem. Sempre tendo em mente os 3 pilares da Construção sustentável (Figura 9) que são: sociedade, ambiente e economia (VGRESÍDUOS, 2020).

Figura 9 – Pilares da Sustentabilidade



Fonte: CARVALHO, 2016.

No Brasil, a construção civil tem mudado constantemente seu sistema produtivo com o objetivo de diminuir seus custos e tornar seus produtos mais competitivos. Isso tem ocorrido devido à vários fatores, como o crescimento da concorrência pelas empresas internas e, também, pela entrada de empresas estrangeiras no país, bem como pela alta carga tributária.

Uma ação bem planejada reduz a possibilidade de existir erros, neste contexto, o planejamento assumiu grande importância na busca pela eficiência.

Para Silva e Novaes (2008), a qualidade no processo de desenvolvimento dos projetos, proporciona melhoras tanto na qualidade do produto construído, quanto na eficiência do seu processo de produção.

A qualidade dos projetos é um dos componentes mais importantes dos atributos do empreendimento para Tzortzopoulos (1999), “pois por meio desta são definidas as características do produto que irão determinar o grau de satisfação das expectativas dos clientes”. Com isso, os projetos influenciam também nos resultados econômicos dos empreendimentos, acelerando ou retardando a velocidade de venda das unidades. Ou seja, o projeto estabelece toda a competitividade e os custos do empreendimento. Com a conclusão do projeto, ocorre uma redução na possibilidade de interferência na lucratividade do negócio, incluindo-se as possibilidades de intervenção na obra.

Neste contexto, todos os investimentos feitos nos projetos e em sua qualidade são extremamente válidos, sejam eles investimentos financeiros, de pesquisa, de tempo, ou de esforço das equipes técnicas.

Na observação da figura abaixo, percebe-se a importância das fases iniciais do empreendimento: estudo de viabilidade, concepção e conclusão do projeto, apesar do baixo investimento inicial e recursos há boa possibilidade de melhoria do processo e redução de incidência de falhas e conseqüentemente redução de custos. Conclui-se, que os custos maiores das falhas, se dá na fase da construção (Figura 10).

Figura 10 – O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício



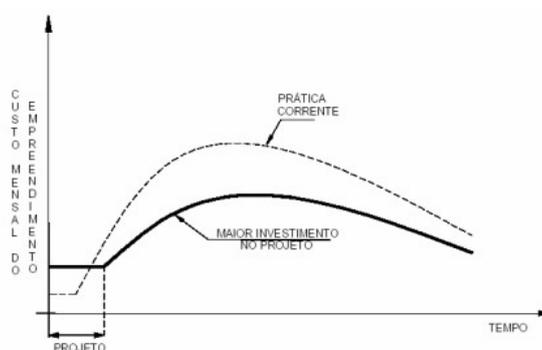
Fonte: NETO, 2008.

Segundo Barros 2006, muitas vezes empreendedor vê o projeto de uma construção com um gasto, encarando como uma despesa a ser minimizada, uma vez que não tem os recursos financeiros iniciais para executar o empreendimento, antes de aprovar o projeto junto aos órgãos competentes.

Para Melhado e Violini (1992) para se conseguir sucesso em um empreendimento, o projeto deve conceber o seu processo de produção e seu produto precisa assumir o encargo fundamental de unir eficiência e qualidade ao mesmo.

Os autores citados acima, acreditam que seria necessário um maior investimento inicial para permitir um maior desenvolvimento, mesmo que nesta fase existisse um aumento no custo inicial do empreendimento, em virtude do tempo dedicado à sua elaboração. Ou seja, investimento em prazo e custo do projeto deve assumir um papel diferenciado do atual (Figura 11).

Figura 11 - Gráfico que relaciona o tempo de desenvolvimento de um empreendimento e o custo mensal de atividades, com ideia de maior investimento na fase do projeto



Fonte: MELHADO E VIOLINI, 1992.

Alguns fundamentos básicos servem para nortear o projeto (CRIA, 2015):

- a) análise do impacto sobre o meio ambiente em toda e qualquer decisão, procurando evitar danos, considerando a água, o solo, a flora, o ar, a fauna e o ecossistema;
- b) análise do entorno;
- c) seleção de materiais recicláveis, atóxicos e reutilizáveis;
- d) redução de resíduos;
- e) valorização da inteligência nas edificações para otimizar o uso;
- f) estimulação a eficiência energética com ênfase em fontes alternativas;
- g) redução do consumo de água;
- h) promoção da qualidade ambiental interna; e
- i) uso de arquitetura bioclimática.

O projeto sustentável, por ser interdisciplinar e ter premissas mais abrangentes, garante bastante cuidado com as soluções propostas, do ponto de vista ambiental e dos aspectos sociais, culturais e econômicos.

O resultado final dessa nova arquitetura ecológica, verde e sustentável, proporciona grande vantagem para seus consumidores.

## Tendências da Construção Sustentável

A moderna construção sustentável possui uma visão multidisciplinar e complexa, que integra diferentes áreas do conhecimento com o objetivo de reproduzir a diversidade que compõe o próprio mundo. Em sua teoria consta os conhecimentos de arquitetura,

engenharia, paisagismo, saneamento, química, elétrica, eletrônica, mas também de antropologia, biologia, medicina, sociologia, psicologia, filosofia, história e espiritualidade.

Edificação sustentável é aquela que pode manter moderadamente ou melhorar a qualidade de vida e harmonizar-se com o clima, a tradição, a cultura e o ambiente na região, ao mesmo tempo em que conserva a energia e os recursos, recicla materiais e reduz as substâncias perigosas dentro da capacidade dos ecossistemas locais e globais, ao longo do ciclo de vida do edifício. (ISO/TC 59/SC3 N 459)” (ARAUJO, 2012).

Sendo assim, para se obter uma construção sustentável que atenda as recomendações das Normas ISO 21930 e ISO 15392, é necessário pensar e atuar de forma holística, sem dividir em partes estanques e separadas o que se propõe para a edificação. Não consiste em formar inúmeras equipes multidisciplinares cada uma especializada em um campo na obra sustentável, mas sim de criar a cultura da sustentabilidade no seio da própria sociedade.

Com isso, o conhecimento da construção sustentável poderá se transformar em um saber e um viver público, ou seja, um processo cultural que vai muito além de um tema de “domínio público” do qual muito se fala, mas pouco se faz.

Segundo o artigo escrito por Márcio Augusto Araújo, consultor do IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica, toda edificação sustentável é saudável. O objetivo de uma construção sustentável não é apenas preservar o meio ambiente, mas também proteger seus moradores ou ocupantes da poluição dos grandes centros urbanos. Ela deve funcionar como uma segunda pele do morador ou usuário e como um ecossistema particular. A exemplo do planeta Terra, as interações no entorno da eco habitação e interior devem reproduzir ao máximo as condições do meio: sensações de conforto, segurança, bem-estar, umidade relativa do ar adequada para o ser humano e temperatura estável.

Uma Casa Sustentável é um microcosmo, representando em pequena escala as relações entre o ser humano e o seu meio. Ela deve ser uma extensão do próprio planeta Terra. O morador ou usuário da edificação deve considerar seu imóvel como uma referência clara de seu bem-estar. Mais de 2/3 do tempo de vida humana é passado dentro de algum tipo de construção, seja trabalhando, dormindo, em lazer, em atividades religiosas, etc (ARAÚJO, 2005).

Face ao exposto, é muito importante para a saúde do indivíduo e do planeta trabalhar para que um imóvel seja sustentável. A verdadeira Construção Sustentável o é não apenas porque não esgota os recursos utilizados para sua edificação e uso, mas também porque sustenta aqueles que a habitam. Ela é base para suas realizações, alegria, segurança e felicidade. Todo projeto ou ideia de construção sustentável ou habitação sustentável deveria ter esta visão.

## **Tipos de construções**

Segundo (Araújo, 2005), os principais tipos de Construção Sustentável resumem-se a dois modelos:

a) construções gerenciadas por profissionais da área que utilizam eco materiais e tecnologias sustentáveis modernas, dentro das 65 normas e padrões vigentes para o mercado; e

b) sistemas de autoconstrução, que podem ou não ser coordenados por profissionais. Possui grande dose de criatividade, vontade pessoal do proprietário e responsável pela obra e o uso de soluções ecológicas pontuais (para cada caso):

**Construção com materiais sustentáveis industriais** – Construções edificadas com eco produtos fabricados industrialmente, adquiridos prontos, com tecnologia em

escala, atendendo a normas, legislação e demanda do mercado. É a mais viável para áreas de grande concentração urbana, porque se inserem dentro do modelo sócio-econômico vigente e porque o consumidor/cliente tem garantias claras, desde o início, do tipo de obra que estará recebendo.

**Construção com resíduos não-reprocessados (*Earthship*)** – Consiste na utilização de resíduos de origem urbana com fins construtivos, tais como latas, cones de papel acartonado, garrafas PET, etc. Comum em áreas urbanas ou em locais com despejo descontrolado de resíduos sólidos, principalmente onde a comunidade deve improvisar soluções para prover a si mesma a habitação. Um dos exemplos mais notórios de *Earthship* ‘intuitivo’ e sem planejamento são as favelas dos grandes centros urbanos. No entanto, também pode ser um modelo criativo de Autoconstrução, com o uso destes mesmos resíduos a partir de concepções de Ecodesign (projeto sustentável).

**Construção com materiais de reuso (demolição ou segunda mão)** - Esse tipo de construção incorpora produtos convencionais descartados e aumenta sua vida útil, evitando sua destinação para aterros sanitários ou destruição por processos perigosos (como queimas ou descarte em botas-fora). Requer pesquisa de locais para compra de materiais, o que limita seu alcance e caráter universal. Este tipo de construção só pode ser considerado sustentável pelo prolongamento da vida dos materiais reutilizados, uma vez que estes, em geral, não têm origem sustentável.

**Construção alternativa** - Utiliza materiais convencionais disponíveis no mercado, com funções diferentes das originais. É um dos modelos principais adotados em comunidades carentes ou sistemas de autoconstrução. Exemplos: aquecedor solar com peças de forro de PVC como painel para aquecimento de água.

**Construção natural** – É o sistema mais próximo da natureza, portanto é o mais ecológico, uma vez que integra a edificação com o ambiente natural e o altera ao mínimo. Utiliza materiais disponíveis no local da obra ou adjacências (terra, madeira, pedra etc.) e respeita o entorno; usa tecnologias sustentáveis de baixo custo (apropriadas) e desperdiça o mínimo de energia em seus processos. Ex.: tratamento de efluentes por plantas aquáticas, energia eólica por moinho de vento, bombeamento de água por carneiro hidráulico, blocos de adobe ou terra-palha, design solar passivo. É um método muito adequado para áreas rurais ou para áreas que permitam boa integração com o entorno, onde haja pouca dependência das habitações vizinhas e das redes de água, luz, esgoto construídas pelo poder público. O planejamento avançado deste sistema, que também se insere nos princípios da Autoconstrução, também é conhecido como Permacultura.

## **Alguns exemplos de Construções Sustentáveis pelo mundo**

### **Edifício Seed, Brasil**

O projeto foi da incorporadora Gamaro (Figura 12) e foi assinado pelos seguintes profissionais: botânico Ricardo Cardim, paisagista Eduardo Mera e pelo decorador Carlos Rossi. Fica localizado na Vila Olímpica de São Paulo (bairro nobre da cidade). É o primeiro prédio residencial com Mata Atlântica na fachada (SIENGE, 2021).

Figura 12 – Edifício Seed, São Paulo – Brasil



Fonte: GAMARO, 2021.

Quase a totalidade das pessoas pensam um dia em viver em um ambiente que combine, harmoniosamente, o cenário urbano moderno à qualidade de vida e bem-estar dos ambientes naturalista. O SEED é um empreendimento residencial urbano inédito no Brasil e no mundo, que utilizou o conceito de “Florestas de Bolso”, que tornou possível criar trechos de floresta nativa em áreas da cidade de no mínimo 5 m<sup>2</sup>. A fachada de Mata Atlântica é uma referência que poderá inspirar o futuro dos projetos ambientais sustentáveis em todo o planeta (Figura 13). O prédio foi construído pela empresa Rocontec, e toda a parte de irrigação está a cargo da Regatec, empresa que trabalha há 28 anos no mercado com irrigação sustentável (REGATEC, 2018).

Figura 13 – Planta interna do Seed



Fonte: GAMARO, 2021.

O SEED foi projetado com 18 andares e para possuir apartamentos entre 81 e 84 m<sup>2</sup>. O empreendimento é visionário, pois teve a intenção de mudar o que entendemos por cidade verde e união de um prédio residencial com mata, sendo exemplo para todo o mundo de construção sustentável. A empresa Regatec foi indicada por Cardim, no decorrer do desenvolvimento de toda a parte verde do projeto, em virtude de sua experiência necessária para um empreendimento tão peculiar quanto o de colocar grandes estruturas verdes em alturas elevadas, conservando-as vivas, saudáveis e em crescimento no alto de um prédio de uma grande cidade como São Paulo. “Para nós, da Regatec, participar desse projeto é uma honra. Estamos tendo a possibilidade de contribuir tecnicamente com um projeto totalmente disruptivo na arquitetura” (BRAZ, 2018).

A proposta do projeto é mostrar que a cidade do futuro pode ser uma combinação de grandes estruturas com áreas verdes. As construções poderão estar presentes juntamente com a flora nativa das cidades. A “Floresta de Bolso” – técnica natural de restauração da Mata Atlântica, desenvolvida por Ricardo Cardim - é um projeto muito maior

do que sua proposta paisagística. Ele tem pretensão de interesse público. Seu objetivo é trazer de volta a vegetação que antes havia no terreno paulistano, devolvendo à cidade de São Paulo sua biodiversidade natural, porém inserida no cotidiano das pessoas (REGATEC, 2018).

“Hoje temos um paisagismo muito atrasado em termos de sustentabilidade. Cerca de 90% da vegetação urbana é de origem estrangeira, e isso tem um forte impacto tanto no equilíbrio dos ecossistemas quanto na cultura dos moradores, que não conhecem a biodiversidade de sua região, que no Brasil, é a maior do mundo” (CARDIM, 2018).

O SEED foi projetado para possuir somente plantas que são nativas, mas que, em sua maioria, já não estão presentes em São Paulo há quase 200 anos. Possui quatro variações de Mata na fachada, oferecendo uma vista que parece com uma montanha coberta por vegetação: a Serra do Mar, recriando a paisagem natural da serra; a Mata Atlântica Florida, desabrochando flores e dando frutos nativos para a área do terraço; a Mata Atlântica Frutífera, possibilitando o cultivo de um pequeno pomar; e a Mata Atlântica Pássaros, que tem a intenção de atrair a biodiversidade aviária da região, retornando para seu local de origem (REGATEC, 2018).

O objetivo é que a beleza esteja presente, bem como haja sustentabilidade possibilitada pela tecnologia, além de garantir segurança a quem residir no edifício e proporcionar uma vida verde em harmonia com o mundo moderno. Um fato de grande relevância, é o uso inteligente da água, que por meio dos sistemas de irrigação da Regatec, conseguem captar e armazenar água pluvial além de irrigar cada planta de acordo com sua necessidade natural e com o clima sazonal dela. Esse procedimento garante o proveito total das chuvas das estações do ano (aproximadamente oito meses por ano). O prédio foi projetado para que cada sistema para aja como um organismo vivo dentro da cidade. “Não é possível criar algo dessa magnitude, sem considerar sua possibilidade prática, e a irrigação baseada em água da chuva possibilita isso” (BRAZ, 2018).

O SEED tem por objetivo ser um verdadeiro oásis de qualidade de vida tanto para os residentes quanto para as cidades próximas. O terraço reduz a temperatura e a poluição sonora, aumenta a umidade do ar, diminui o impacto das chuvas, reciclagem de gases tóxicos por meio da fotossíntese, além de proporcionar a redução de pragas urbanas, como insetos. O conceito é inovador em climas tropicais. O único arranha-céu que se aproxima do conceito do SEED é o Bosco Verticale, situado em Milão, na Itália, e usou árvores temperadas da região (REGATEC, 2018).

Muita tecnologia foi empregada nesta construção para torná-la uma realidade. Trabalhamos com túneis de vento, todo um sistema de amarração, tecnologia de substrato, de irrigação, tudo agindo em uníssono para tornar o prédio seguro, funcional e estético. Quero que o SEED seja um exemplo do que nossas cidades podem ser nesse novo século da urbanização. É a união da paisagem ancestral com o conforto da modernidade. É poder usar seu smartphone e navegar na internet, enquanto come uma fruta colhida no pomar de casa que existia apenas no quintal de seu tataravô porque não são mais plantados há anos (CARDIM, 2018).

As vendas foram muito rápidas, inclusive feitas por compradores que buscavam ter mais de um imóvel para desfrutar de mais facetas com florestas diferentes. Esse projeto evidencia a necessidade cada vez maior de trazer a natureza para o dia a dia das pessoas. Nesse sentido, nada melhor que um bom projeto de irrigação para proporcionar uma beleza sustentável e adaptável aos grandes centros urbanos (BRAZ, 2018).

## Aeroporto de Oslo, Noruega

Este Aeroporto foi inaugurado em 1995. O Aeroporto de Oslo, na capital da Noruega, também é visto como um grande exemplo de construção sustentável. Os materiais utilizados em sua construção garantem um maior e melhor desempenho de sua estrutura (Figura 14).

Figura 14 – Aeroporto de Oslo, Noruega



Fonte: SIENGE, 2019.

Suas instalações também funcionam com o uso de bioenergias, além de contar com a maior área verde em terminais aeroportuários do mundo. Tamanha qualidade rendeu ao Aeroporto o selo do *BREEAM*<sup>1</sup> (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) — este é o mais importante certificado de avaliação ambiental para grandes construções do mundo (DUÉK, 2017).

O aeroporto de Oslo é o mais verde e sustentável do planeta. Ele combina uma arquitetura inovadora, com estratégias de eficiência energética, além de sistemas de reaproveitamento de energias no local (DUÉK, 2017).

No verão, o sistema de resfriamento utiliza a neve que foi coletada no inverno e mantida em um reservatório específico para resfriar o edifício (LIMA, 2019).

O projeto de expansão de 115.000 metros quadrados deste Aeroporto custou cerca de 1.7 bilhões de euros. Foi projetado pela empresa *Nordic-Office of Architecture*, a qual ampliou a sua capacidade para 30 milhões de passageiros e estabeleceu novos padrões para o design sustentável. O uso de vários materiais naturais, reutilizáveis ou *eco friendly*, como por exemplo o concreto misturado com cinzas vulcânicas, viabilizou uma redução estimada de 35% em emissões de CO<sub>2</sub> (DUÉK, 2017).

O consumo de energia no novo terminal do aeroporto de Oslo também foi reduzido pela metade em comparação ao antigo terminal. A estação de trem, localizada no interior do aeroporto, também está sendo projetada para ampliação e desenvolvimento, para permitir que 70% de todos os passageiros usem o transporte público para chegarem ao aeroporto de Oslo (DUÉK, 2017).

## One Angel Square, Inglaterra

Localizado em Manchester, na Inglaterra, ele considerado como um dos maiores edifícios de construção sustentável do mundo, ele também recebeu uma avaliação de 95% no índice do *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*. A emissão de gás carbônico foi diminuída em 80% com relação a antiga sede (LIMA, 2019).

---

<sup>1</sup> *BREEAM* (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*): o *BREEAM* fez muito sucesso na Europa, desde 1992, antes de sua chegada, em 2011, ao Brasil. O nível de exigência é bem alto, o que contribui para a grande credibilidade da certificação (LIMA, 2019).

Este edifício aproveita ao máximo os seus recursos energéticos disponíveis, tanto em sua arquitetura quanto em suas instalações, utiliza a ventilação natural por intermédio do uso da dupla fachada, por armazenamento das águas pluviais ou ainda pela utilização do calor gerado pelos equipamentos de tecnologia da informação (TSL ENGENHARIA, 2013).

O *One Angel Square* faz parte de um projeto urbanístico de imensa dimensão, e de um custo elevado. Foram disponibilizados para a construção um total de 115 milhões de libras (Figura 15).

Figura 15 – One Angel Square



Fonte: SIENGE, 2019.

Este edifício possui 73 metros de altura e acima de 46 mil metros quadrados de área. O *One Angel Square* sedia a empresa *Co-operative Group*. Foi construído para permitir uma economia energética de 50% e uma redução de 80% em emissões de gás carbônico, comparando com sua antiga sede (TSL ENGENHARIA, 2013).

A sua arquitetura de dupla fachada torna possível a diminuição das perdas energéticas e, em conjunto com seu grande átrio central, torna possível a opção de ventilação natural do edifício nos seus andares (TSL ENGENHARIA, 2013).

Suas necessidades de energia elétrica e de térmica são atendidas recorrendo a uma central de co-geração a biodiesel, a energia em demasia criada e não utilizada é direcionada para a rede pública, contribuindo com a concessionária de energia local e aumentando a disponibilidade de energia elétrica na região (TSL ENGENHARIA, 2013).

O *One Angel Square* além de contar com sistemas de recolhimento de água pluviais, ele também recicla águas residuais, de forma a minimizar a utilização da água da rede pública de distribuição. Este projeto recebeu vários prêmios internacionais nas áreas de design e sustentabilidade. Suas obras foram concluídas durante o ano de 2013 (TSL ENGENHARIA, 2013).

### **Hospital Sarah Kubitschek, Brasil**

Existem não poucos hospitais no Brasil que estão voltados para a eficiência da construção e a promoção de área verde de modo sustentável. Construções como o Jardim Vertical do Hospital Sírio Libanês, os corredores verdes em áreas controladas da Beneficência Portuguesa entre outros, são realizações de destaque na cidade de São Paulo (VERTICAL GARDEN, 2019).

Situado em Salvador (BA), o hospital Sarah Kubitschek é um belo exemplo de hospital verde que valoriza a construção sustentável no Brasil (Figura 16). O espaço foi projetado pelo grande arquiteto João Filgueiras Lima, conhecido como “Lelé” (VERTICAL GARDEN, 2019).

Figura 16 - Hospital Kubitschek



Fonte: VERTICAL GARDEN, 2019.

O Hospital Kubitschek aplica conceitos de biofilia - que significa amor pela vida - em seu projeto. O Sara Kubitschek está cercado pela natureza, já que ele foi projetado numa área de Mata Atlântica nativa. A arquitetura hospitalar teve o cuidado de se preocupar em evitar raios diretos do Sol nas áreas internas. A circulação de ar de algumas áreas importantes é administrada conforme a necessidade do hospital, e pode ser fechada sem que haja comprometimento da iluminação natural (VERTICAL GARDEN, 2019).

Outro ponto interessante do hospital verde brasileiro é que os ambientes internos estão conectados com jardins externos (Figura 17) que cercam o belo edifício (VERTICAL GARDEN, 2019).

Figura 17 – Integração com Jardim Externo é valorizada no projeto



Fonte: VERTICAL GARDEN, 2019.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho foi buscado ressaltar a importância do assunto “Construções Sustentáveis”, pois, embora seja muito citado, na prática ele é pouco explorado. No entanto, ele promete ser o futuro do setor da Construção Civil, já que busca utilizar minimamente os recursos disponíveis, reutilizá-los sempre que possível; causar baixíssima agressão ao meio ambiente, com o objetivo de conservá-lo para que as próximas gerações tenham a mesma disponibilidade de recursos que hoje há.

Felizmente, o conceito de construção sustentável tem crescido, mesmo que a pequenos passos. Construções sustentáveis ganham status em meio a sociedade e cada vez mais empresários, construtoras e profissionais do ramo tem se interessado neste tema.

A Construção Civil é um dos setores que mais causam danos ao meio ambiente, direta ou indiretamente, em virtude de utilizar os materiais disponíveis para atender à necessidade humana. Com isso, tornou-se muito importante, a conscientização sobre a

utilização de hábitos conscientes, com vistas a conservação do meio ambiente, e uso de algumas tecnologias que possibilitarão que a humanidade tenha uma vida e um mundo mais saudáveis e sustentável.

Foi enumerado, neste trabalho, algumas diretrizes para que se possa alcançar o mínimo de sustentabilidade. A relevância do assunto foi mostrada enfatizando os pilares: social, ambiental e econômico, que regem a sustentabilidade.

Uma das grandes preocupações ambientais é o crescimento do consumo de recursos não renováveis, como água e energia. A Construção Sustentável tem várias alternativas para a economia desses recursos, inclusive a sugestão de novas formas de se gerar energia, causando pouco ou nenhum impacto ao meio ambiente. Desta forma, gerando energia sustentável.

Este trabalho mostrou que a influência do desenvolvimento sustentável nos aspectos relacionados com a realização de uma edificação, desde as fases de planejamento e execução, irá beneficiar o meio ambiente, conservando-o, e a população, pois poderá desfrutar de um ambiente mais saudável e econômico.

Através de diversos exemplos de edificações sustentáveis foi possível constatar, na prática, o diferencial de tais construções que as destacam de uma obra comum. Estas edificações, após serem submetidas às fiscalizações com a finalidade de atendimento à Normas que regem os quesitos que atestam que uma construção seja sustentável, também buscam pelos selos que qualidade internacionais. Estas obras citadas no presente trabalho atestaram sua importância para o meio ambiente, para o conforto do ser humano, além da economia de energia, inclusive com reutilização de recursos ou o reabastecimento da rede.

É preciso conscientizar a população e demonstrar os benefícios que se pode ter, com mudanças simples de hábitos, até investimentos que poderão trazer ótima relação custo-benefício, tanto do ponto de vista social quanto econômico, e principalmente, ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abesco. **O que é Eficiência Energética? (EE)**. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/#:~:text=Efici%C3%AAncia%20energ%C3%A9tica%C3%A9%20uma%20atividade%20que%20busca%20melhorar%20o,a%20nenergia%20para%20se%20obter%20um%20det erminado%20resultado>>. Acesso em: 05 mai. 2021.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for human Occupancy**. Atlanta, 2017. Disponível em: <<https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy>>. Acesso em: 08 mai. 2021.

Andrade, F. C. D. **ANAIS DO MUSEU PAULISTA**. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-47142015000100133](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-47142015000100133)>. Acesso em: 05 mai. 2021.

Andrade, F. C. D. **A presença dos moinhos hidráulicos no Brasil**. Ano 2015. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-47142015000100133](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-47142015000100133)>. Acesso em: 06 mai. 2021.

ARAUJO, A. A.. **A moderna construção sustentável. Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica**. Disponível em: <<http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2012.

ARAÚJO, M. A. **Construção Sustentável**. Disponível em: [http://www.idhea.com.br/construcao\\_sustentavel.asp](http://www.idhea.com.br/construcao_sustentavel.asp). Acesso em: 08 mai. 2021.

ASHRAE. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta, 2004. Disponível em: < <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy>>. Acesso em: 05 mai. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575: desempenho de edificações habitacionais**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA (AsBEA). **Recomendação básicas para projetos de arquitetura**. São Paulo, 2007. Disponível em: < [http://www.cbcs.org.br/\\_5dotSystem/userFiles/comite-tematico/projetos/CBCS\\_CTProjeto\\_Recomendacoes%20Basicas%20GTS\\_Asbea\\_30mar2007.pdf](http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/comite-tematico/projetos/CBCS_CTProjeto_Recomendacoes%20Basicas%20GTS_Asbea_30mar2007.pdf)>. Acesso em: 06 mai. 2021.

BALESTIERE, J. A. P. **Cogeração: geração combinada de eletricidade e calor**. UFSC, Florianópolis, 2002.

Barros, MMSB. **Metodologia para a implantação de tecnologia Construtiva Racionalizada na Produção de edifícios**. São Paulo, 1996. 422p. Tese de Doutorado em Engenharia – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996.

Batista, C. **Água**. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/agua/>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

Borrego, M. A. M.; Marins, B. P. C. **Anais do Museu Paulista – v.23 n.1**. Ano 2015. Disponível em: <<http://www.mp.usp.br/chamadas/anais-do-museu-paulista-v23-n1>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

BRUNDTLAND REPORT. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. Ano 1987. Disponível em: < <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>> Acesso em: 05 mai. 2021.

BUSSOLOTI, F. N. **Como funcionam as Construções Sustentáveis**. Disponível em: <<http://ambiente.hsw.uol.com.br/construcoes-ecologicas1.html>>. Acesso em: 07 mai. 2017.

CAIADO, A. R. **Contribuição ao estudo da rotulagem ambiental dos materiais de construção civil**. 2014. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de São Paulo. São Paulo, 2014.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desenvolvimento com Sustentabilidade**. Disponível em: < [https://ftp.sinduscontap.com.br/arquivos/Cartilhas/Prog-Construcao-Sustentavel\\_vRio20.pdf](https://ftp.sinduscontap.com.br/arquivos/Cartilhas/Prog-Construcao-Sustentavel_vRio20.pdf)>. Acesso em: 05 mai. 2021.

CAMPOS, F. H. A. **Análise do Ciclo de Vida na Construção Civil: Um estudo comparativo entre vedações estruturais em painéis pré-moldados e alvenaria em blocos de concreto**. Dissertação (Pós-Graduação). Escola de Engenharia da UFMG. 2012.

Carvalho, F. Os 3 Pilares da Sustentabilidade. Ano 2016. Disponível em: <<https://www.faacconsultoria.com.br/post/2016/09/25/os-3-pilares-da-sustentabilidade>>. Acesso em: 08 mai. 2021.

CEOTTO, L. H. **A Construção Civil e o meio ambiente (3 partes)**. Notícias da Construção. Ed. 51 a 53, São Paulo, SP. Disponível em: Acesso em 22 ago. 2010.

Conselho Brasileiro de construção sustentável – CBCS. **Materiais, componentes e a construção sustentável**. São Paulo, 22 ago. 2009.

Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 307**. Ano 2002. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Diário Oficial da União, Brasília, 17 jul. 2002. Acesso em: 05 mai. 2021.

CORCUERA, D. **Arquitetura Sustentável: Qualidade do ar interno e saúde dos ocupantes**. Disponível em: Acesso em: 06 mai. 2021.

Credidio, F. **CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS: CONFORTO E RESPEITO AO MEIO AMBIENTE**, Ano 2008. Disponível em: <[https://www.filantropia.org/informacao/construcoes\\_sustentaveis\\_conforto\\_e\\_respeito\\_a\\_o\\_meio\\_ambiente](https://www.filantropia.org/informacao/construcoes_sustentaveis_conforto_e_respeito_a_o_meio_ambiente)>. Acesso em: 05 mai. 2021.

Credidio, F. **Construções sustentáveis: conforto e respeito ao meio ambiente**. Ano 2008. Disponível em: < [https://www.filantropia.org/informacao/construcoes\\_sustentaveis\\_conforto\\_e\\_respeito\\_ao\\_meio\\_ambiente](https://www.filantropia.org/informacao/construcoes_sustentaveis_conforto_e_respeito_ao_meio_ambiente)>. Acesso em: 07 mai. 2021.

Cria Arquitetura. **Arquitetura Sustentável – Como adotar melhores prática?** Ano 2015. Disponível em: < <https://criaarquitetura.com.br/arquitetura-sustentavel-como-adotar-melhores-praticas/>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

Duék, A. **Aeroporto de Oslo inaugura o terminal mais verde do mundo**. Ano 2017. Disponível em: <<https://viajarverde.com.br/aeroporto-de-oslo/>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

Ecoconsciente. **Dicas de economia de energia**. Disponível em: <<https://ecoconsciente.com.br/dicas-de-economia-de-energia/>>. Acesso em 07 mai. 2021.

Fabricio, M.; Melhado, S.B. **Projeto e Qualidade na construção de edifícios**. I. Seminário Internacional: Arquitetura e urbanismo: Tecnologias para o século XXI. Anais: p. 23,45,87,105. FAU-SP, São Paulo, 1992.

Gamaro. **SEED PRONTO PARA MORAR: O verde venceu**. Disponível em: <<https://gamaro.com.br/empreendimento/seed/>>. Acesso em: 08 mai. 2021.

GASQUES, A. C. F., et al. **Impactos ambientais dos materiais da construção civil: breve revisão teórica**. Revista Tecnológica, Maringá, v. 23, p. 13-24, 2014.

Gritti, G. C. M., Landini, M. C. **CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: Uma opção racional**. Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade São Francisco. Ano 2010

HERNANDES, T. Z. **Piso de bambu chinês vs. piso de eucalipto brasileiro: estudo de caso comparativo das emissões de gases de efeito estufa no transporte**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 7-16, jan./mar. 2015. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

IDHEA. **Arquitetura Biosustentável**. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/arquiteturabiossustentavel/idhea---instituto-para-o-desenvolvimento-da-habitacao-ecologica>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

IDHEA. **Nove Passos para a Obra Sustentável.** Disponível em: <<https://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/23233.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

Imaginação Ativa. **Os diferentes estilos dos Hórreos.** Ano 2009. Disponível em: <https://imaginacaoativa.wordpress.com/tag/asturias/>. Acesso em: 08 mai. 2021.

INNOVA Construções e Paisagismo. **Materiais Sustentáveis na Construção Civil.** Disponível em: <<https://www.innovaengenhariapiracicaba.com.br/materiais-sustentaveis/>>. Acesso em 07 mai. 2021.

Jacy Construtora. **Conceitos da construção sustentável.** Disponível em: <<https://jacy.com.br/conceitos-da-construcao-sustentavel/#:~:text=A%20ideia%20de%20constru%C3%A7%C3%A3o%20sustent%C3%A1vel,conceito%20evoluiu%20cada%20vez%20mais.&text=A%20procura%20por%20alternativas%20sustent%C3%A1veis,com%20isso%2C%20acabou%20se%20intensificando>>. Acesso em: 05 mai. 2021.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. **Levantamento do Estado da arte: seleção de materiais. Projeto tecnologias para construção.** São Paulo: FINEP, 2007. Habitacional mais sustentável.

JW.ORG. **Testemunhas de Jeová recebem prêmio por projetos de construções verdes.** Ano 2015. Disponível em: <<https://www.jw.org/pt/noticias/noticias/por-regiao/estados-unidos/testemunhas-recebem-premio-projetos-construcoes-verdes/>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

Kava, C. M. **A Construção Civil, a Construção Sustentável e a Educação Socioambiental: Um Estudo de Caso de Aplicações nas Habitações de Interesses Sociais.** Monografia do Curso de Especialização em Educação, Meio Ambiente e Desenvolvimento para obtenção do título de Especialista. Ano 2011.

Khammu-rabi. **CÓDIGO DE HAMURÁBI.** Disponível em: <[http://www4.policiamilitar.sp.gov.br/unidades/dpcdh/Normas\\_Direitos\\_Humanos/C%C3%93DIGO%20DE%20HAMURABI.pdf](http://www4.policiamilitar.sp.gov.br/unidades/dpcdh/Normas_Direitos_Humanos/C%C3%93DIGO%20DE%20HAMURABI.pdf)>. Acesso em: 06 mai. 2021.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** São Paulo: PW Editores, 1997.

Leitão Neto, S. P. **A importância da aplicação da Engenharia Simultânea nos Projetos das Pequenas Empresas de Construção Civil.** Universidade Candido Mendes, Pós-Graduação "Latu Sensu". Ano 2008. Disponível em: <[http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias\\_publicadas/K207226.pdf](http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/K207226.pdf)>. Acesso em: 06 mai. 2021.

Leite, A. **ZPE Ceará encerra 2020 com redução de 16% no consumo de água.** Disponível em: <<https://www.sedet.ce.gov.br/2021/02/01/zpe-ceara-encerra-2020-com-reducao-de-16-no-consumo-de-agua/>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

Lima, T. **10 Construções Sustentáveis que você precisa conhecer.** Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/10-construcoes-sustentaveis/>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

LOPES, Eurídice F. M. **Conforto Térmico,** 2008. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/3678153/Conforto-Termico>>. Acesso em: 05 mai. 2020.

LOTURCO, B. **Projetos que buscam certificação de sustentabilidade devem pautar escolha de materiais por critérios técnicos e fugir de propaganda enganosa.** Revista Techne, 215 ed., Fev. 2015, PINI, São Paulo.

Lourenço, P. B.; Branco, J. M. **Dos abrigos da pré-história aos edifícios de madeira do século XXI.** Disponível em:

<[https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/26503/1/Lourenco\\_Branco.pdf](https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/26503/1/Lourenco_Branco.pdf)>

Acesso em: 07 mai. 2021.

Mateus, R. **Novas Tecnologias Construtivas Com Vista a Sustentabilidade da Construção.** Ano 2004. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho.

Mateus, R. **NOVAS TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS COM VISTA À SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO.** Universidade do Minho. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/817>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

Mauá. **CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: CONHEÇA AS MELHORES PRÁTICAS,** Ano 2018. Disponível em <[https://cimentomaua.com.br/construcao-sustentavel-conheca-](https://cimentomaua.com.br/construcao-sustentavel-conheca-melhores-)

[praticas/#:~:text=Fique%20atento%20ao%20clima%20local&text=Uma%20constru%C3%A7%C3%A3o%20sustent%C3%A1vel%20e%20eficiente,desconfortos%20gerados%20pelo%20clima%20local](https://cimentomaua.com.br/construcao-sustentavel-conheca-melhores-praticas/#:~:text=Fique%20atento%20ao%20clima%20local&text=Uma%20constru%C3%A7%C3%A3o%20sustent%C3%A1vel%20e%20eficiente,desconfortos%20gerados%20pelo%20clima%20local)>. Acesso em: 06 mai. 2021.

Ministério do Meio Ambiente. **Cidades + Verdes.** Disponível em <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/cidadesmaisverdes>>.

Acesso em: 05 mai. 2021.

Moura, E. Hotel Bellagio Las Vegas. Ano 2018. Disponível em: <<https://lasvegas.onegoviaja.com/cassinos/hotel-bellagio-las-vegas>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

MOURA, M., MOTTA, A. L. T. S. Da. **O Fator Energia Na Construção Civil.** In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. Ano 2013, UFF Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.inovarse.org/filebrowser/download/15525>>. Acesso em 05 mai. 2021.

Nações Unidas Brasil. **Água potável e saneamento: garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos.** Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>>. Acesso em: 08 mai. 2021.

Nakamura, J. **COMO FAZER GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL?** Ano 2019. Disponível em: <<https://www.buildin.com.br/gestao-de-residuos-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

NOVIS, L. E. M. **Estudos dos indicadores ambientais na construção civil: estudo de caso em 4 construtoras.** Ano 2014. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

Oliveira, W. **REVISTA BUILDINGS.** Out. 2018. Disponível em: <<https://revista.buildings.com.br/o-custa-da-construcao-sustentavel/>>. Acesso em: 08 mai. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 21.** Rio de Janeiro: CMMED, 1992.

PENA, R. F. A. **"Distribuição da água no mundo"**. *Brasil Escola*. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-mundo.htm>>. Acesso em: 06 mai. de 2021.

Pereira, A. R.; Zêzere, J. L.; Morgado, P. **OS RECURSOS NATURAIS EM PORTUGAL: INVENTARIAÇÃO E PROPOSTA DE UM MODELO GEOGRÁFICO DE AVALIAÇÃO**. Disponível em: <[http://www.apgeo.pt/files/docs/CD\\_X\\_Coloquio\\_Iberico\\_Geografia/pdfs/089.pdf](http://www.apgeo.pt/files/docs/CD_X_Coloquio_Iberico_Geografia/pdfs/089.pdf)>. Acesso em: 07 mai. 2021.

PEREIRA, P. I. **Construção Sustentável: o desafio**. Monografia (Graduação). Universidade Fernando Pessoa. 2009.

PISANI, M. A. J. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: O tijolo de solo-cimento**. Sinergia, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 53-59, jan./jun. 2005.

Portal de Arquitetura e Construção Sustentável. **Ecoprodutos que contribuem para a qualidade do ar**. Disponível em: <<https://www.csustentavel.com/ar/>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

Prazerices. **Shangai Tower: acaba de ficar pronto o prédio mais alto, moderno e sustentável da China**. Ano 2016. Disponível em: <<https://www.prazerices.com.br/2016/01/shangai-tower-erguido-o-predio-mais-alto-da-china-e-2o-do-mundo/>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

Qualit, **A moderna construção sustentável**. Ano 2013. Disponível em: <<https://qualit.com.br/a-moderna-construcao-sustentavel/#:~:text=Toda%20edifica%C3%A7%C3%A3o%20sustent%C3%A1vel%20%C3%A9%20saud%C3%A1vel.%20A%20finalidade%20de,que%20acarretam%20a%20S%C3%ADndrome%20do%20Edif%C3%ADcio%20Doente%20%28SEE%2A%29>>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

Rangel, J. Saiba o que é e como escolher um material sustentável. Ano 2014. Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/saiba-como-escolher-um-material-sustentavel/>>. Acesso em: 05 mai. 2021.

Redação Sustentarqui. **Impactos Ambientais da Construção Civil**. Publicado em 05 de junho de 2019. Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/impactos-ambientais-da-construcao-civil>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

Regatec, **SEED é novo conceito de moradia que une urbanidade à Mata Atlântico no meio de São Paulo**. Ano 2018. Disponível em: <<https://www.regatec.com.br/agua/seed-e-novo-conceito-de-moradia-que-une-urbanidade-a-mata-atlantica-no-meio-de-sao-paulo-2/>>. Acesso em: mai. 2021.

**RESOLUÇÃO CONAMA NÚMERO 001**. Ano 1986. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

RIOS, M.B.C. **Estudo de Aspectos e Impactos Ambientais nas Obras de Construção do Bairro Ilha Pura – Vila dos Atletas** 2016. 2014. 102p.. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

Rodrigues, G. et al. **SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: BENEFÍCIOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS**. *REVISTA CONEXÃO ELETRÔNICA - AEMS* Faculdades Integradas de Três Lagoas. Ano 2017. Disponível em:

<<http://revistaconexao.aems.edu.br/edicoes-antteriores/2017/2017/ciencias-exatas-e-da-terra-engenharias-e-ciencias-agrarias/?page=6&offset=25>>. Acesso em: 08 mai. 2021.

Rosa, M. **As obras mais sustentáveis do mundo**. Ano 2010. Disponível em: <[https://ciclovivo.com.br/arq-urb/arquitetura/as\\_obras\\_mais\\_sustentaveis\\_do\\_mundo/](https://ciclovivo.com.br/arq-urb/arquitetura/as_obras_mais_sustentaveis_do_mundo/)> Acesso em: 08 mai. 2021.

SILVA, M.; NOVAES, C. **A coordenação de projetos de edificações: estudos de caso**. Gestão & Tecnologia de Projetos, Brasil, n. 1, vol.3, mai. 2008, Brasil. Disponível em: <<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/gestaodeprojetos/>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

SIMÃO, P. S. **Desenvolvimento com Sustentabilidade**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC, Construção Sustentável, São Paulo, 2014.

Simas, L. S. L. **CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – UMA NOVA MODALIDADE PARA ADMINISTRAR OS RECURSOS NATURAIS PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA CASA ECOLÓGICA**. Disponível em: <[https://www.cairu.br/revista/arquivos/artigos/2012\\_2/11\\_Construcoes\\_Sustentaveis\\_Leonardo\\_Simas\\_140\\_162.pdf](https://www.cairu.br/revista/arquivos/artigos/2012_2/11_Construcoes_Sustentaveis_Leonardo_Simas_140_162.pdf)>. Acesso em: 06 mai. 2021.

SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2014**. Ano 2020. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2014>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

Solarvolt. **Nova sede da Apple: 100% de energia renovável e 8 mil árvores**. Disponível em: <<https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/nova-sede-da-apple/>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

SOUZA, U. E. L.; DEANA, D. F. **Levantamento do Estado da Arte – Consumo de Materiais - Tecnologias para construção habitacional mais sustentável – Projeto FINEP 2386/04 - São Paulo/SP, 2007**.

TSL Engenharia. **One Angel Square – O Edifício mais ambiental do mundo**. Ano 2013. Disponível em: <<https://www.tslengenharia.com.br/noticias/one-angel-square-o-edificio-mais-ambiental-do-mundo/>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

Tzortzopoulos, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. Ano 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1999.

United Nations. **Forty-seventh session: Agenda item 79. Ano 1993**. Disponível em: <<https://undocs.org/en/A/RES/47/193>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

Vertical Garden. **Hospital verde me Cingapura é referência em arquitetura sustentável**. Ano 2019. Disponível em: <<https://www.verticalgarden.com.br/post/hospital-verde-em-cingapura-e-referencia-em-arquitetura-sustentavel>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

VG Resíduos. **Quais são os três pilares do desenvolvimento sustentável?** Disponível em: <<https://www.vgresiduos.com.br/blog/tres-pilares-do-desenvolvimento-sustentavel/#:~:text=Os%20tr%C3%AAs%20principais%20pilares%20do%20desenvolvimento%20sustent%C3%A1vel%20s%C3%A3o,coexistam%20e%20interajam%20entre%20si%20de%20forma%20harmoniosa>>. Acesso em: 05 mai. 2021.

WORLDWATCH INSTITUTE. Disponível em: <<http://www.worldwatch.org/>>. Acesso em: 05 jun. 2021.

**André Ricardo Lomar de Carvalho**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Gleiciely Figueirêdo dos Santos**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Bruno Matos de Farias**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

O trabalho tem como objetivo abordar alguns tipos de movimentações de massa. Estaremos abordando no decorrer do conteúdo também as regiões onde ocorrem esses alagamentos e processos erosivos. Estaremos evidenciando alguns desastres ambientais e alguns dos tipos de contenções mais habituais na construção civil. Focaremos na região do município de Nova Friburgo, localizado na região serrana do Rio de Janeiro. A intenção é mostrar como alguns desastres ambientais podem ser evitados se tendo um planejamento urbano e políticas preventivas atrelado ao uso dessas técnicas de engenharia.

**Palavras-chave:** Técnicas de Engenharia; Desastres Ambientais; Região Serrana

## INTRODUÇÃO

Com o aumento da população e desigualdade social, muitos brasileiros ficaram sem moradias adequadas e começaram a morar em lugares impróprios e de risco. Isso deve-se pelo esgotamento dos centros urbanos o que se deu por consequência a ocupação desordenada de áreas altamente passível a deslizamentos e desastre de uma forma geral.

Com o aumento dos desastres naturais é necessário analisar o ambiente mais detalhadamente para sugerir uma solução. Pelo motivo do Brasil ter proeminência de clima tropical, existem grandes índices pluviométricos no verão, que tem a ver com período chuvoso, dessa forma as encostas naturalmente seriam locais de perigo, visto que estão sujeitas ao risco de deslizamentos de terra.

O deslizamento é um fenômeno comum em áreas de relevo acidentado, sobretudo nas encostas. Esse processo pode ocorrer em locais onde não há ocupação humana, no entanto, são mais comuns em terrenos onde houve a retirada da cobertura vegetal original, que é responsável pela consistência do solo e que impede, através das raízes, o escoamento das águas.

Quando ocorrem as precipitações, o solo absorve uma parcela da água, no entanto, outra parte se locomove em forma de enxurrada na superfície do terreno, a parte de água que se infiltra no solo se confronta com alguns tipos de rochas impermeáveis, com isso a água não encontra passagem e começa acumular-se em único local, tornando, dessa forma, o solo saturado de umidade que não consegue suportar e se rompe, desencadeando o deslizamento de terras nas encostas até a base dos morros.

Em todos os anos, durante os períodos de chuva, veiculam notícias de enchente e deslizamento em áreas determinadas, produzindo prejuízos e mortes em diversas metrópoles brasileiras. Neste trabalho, citaremos a Região Serrana, focando em Nova Friburgo e tais prejuízos serão apresentados com profundidade e os detalhes destas catástrofes que poderiam ser impedidas através de soluções técnicas dadas pela engenharia civil. Uma das soluções é implantar de forma segura, uma construção de engenharia civil, usando as contenções.

As contenções dão segurança às encostas e terrenos inclinados, segurando-o para que o mesmo não deslize. No mercado e área de engenharia civil há diversos tipos de contenções, que serão apresentadas neste trabalho. Porém é necessário fazer análises de solo, estudo da geografia da região entre outros levantamentos, para então definir o melhor tipo de contenção para o local. E, desta forma solucionar este problema tão sério e grave que são os desastres naturais.

A definição por este tema vem da necessidade de evitar os desastres naturais ou contê-lo. Por inúmeras vezes a população brasileira sofre desastres naturais, geralmente causados por deslizamentos de massas, em lugares indevidos para moradia, devido isso, serão apresentadas soluções ligadas à engenharia civil: as contenções.

Abordaremos algumas das técnicas de contenções mais utilizadas no mercado com a finalidade e prover a estabilidade contra a ruptura de maciços e assim evitar o escorregamento causado pelo seu próprio peso ou por carregamentos externos.

Trataremos da região serrana do Rio de Janeiro com foco no município de Nova Friburgo. Local que está propenso a movimentos de massa devido sua geografia. Abordaremos alguns desastres ocorridos na região, falaremos sobre clima e características do local e também mostraremos alguns tipos de movimentos de massa habituais do Rio de Janeiro.

Inicialmente o que pode se saber é que ocorreu foi um fenômeno climático que acometeu a cidade. Arelado a isto, faltava na época ferramentas que ajudassem a diagnosticar áreas de risco, políticas preventivas e um planejamento urbano.

O presente trabalho tem como objetivo investigar os indicadores que influenciaram a frequência de eventos de riscos ambientais (desastre ambiental) em Nova Friburgo, por inexistência de prevenção do uso da engenharia civil através das contenções.

Os objetivos específicos são:

Apresentar as técnicas de contenções, da engenharia civil mais viáveis de serem executadas nessa região.

Diagnosticar as vulnerabilidades das áreas de riscos quanto a eventos adversos e desastres naturais na região serrana.

Propor alternativas (soluções) que reduzam os impactos ambientais nas áreas de riscos, fortemente ocupadas pelos cidadãos, assim como seu gerenciamento.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

### **Solo**

O solo é um componente complexo, vivo, dinâmico e em transformação que está sujeito a alterações e pode ser degradado ou manejado sabiamente (GLIESSMAN, 2005) nos diversos agroecossistemas. É sabido que este precisa ser preservado em suas boas condições físicas e químicas, ou seja, aumento em seu teor de matéria orgânica, boa porosidade para melhor oxigenação e infiltração da água, impedir que tenha erosão e ressecamento do solo (GUEDES, 1992).

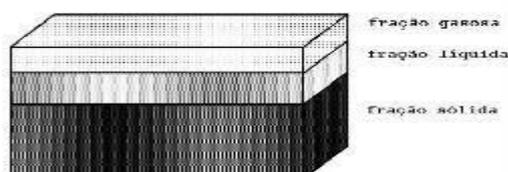
De acordo com Campos (2006), a primacial categorização é relacionada ao tamanho dos grãos. O solo expõe faixas granulométricas variadas, de acordo com a predominância

do seu tamanho são normalmente chamados de pedregulho, areia, silte ou argila, dentre estas a última é a que apresenta frações mais finas, normalmente com partículas menores que 2  $\mu\text{m}$  (DAS, 2011). Mais uma classificação bastante empregada é com relação a sua origem. Os solos residuais também conhecidos de autóctones são aqueles que depois do intemperismo continuam no local da rocha de origem.

Os sedimentares ou alotóctones são os que padecem ação dos agentes transportadores e os orgânicos são principalmente constituídos pela decomposição de matéria vegetal e/ou animal (CAPUTO, 1988). Os solos de constituição orgânica são denominados conforme com a quantidade de matéria orgânica achada em seu volume total.

De acordo com Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, (2002) O solo é composto de partículas sólidas de várias formas e diferentes dimensões. O espaço poroso pode ser preenchido com quantidades variáveis de água (solução) e ar (gases) (Figura 1).

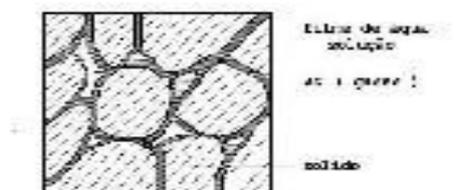
Figura 1 - Composição do solo



Fonte: Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002.

Esquemáticamente, o solo pode ser representado como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Representação esquemática do solo, segundo a composição de suas frações.



Fonte: Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002.

## Clima

No estado Rio de Janeiro o clima da região serrana é o tropical de altitude, designados por verões úmidos e quentes e invernos secos e frios. A temperatura da região é amena, com médias anuais próximas de 19°C. Na estação de verão a média é próxima dos 23°C e nos meses de inverno a média não ultrapassa dos 15°C. Nos documentos memoráveis tem que a temperatura mais baixa já registrada na região foi de 0,7°C e a maior de 36,6°C. A região sudeste, onde se está o estado do Rio de Janeiro, contém mais de 10% da área do Brasil com mais de 900 mil Km<sup>2</sup>. Caracterizado por uma avantajada variação de relevo e latitude, é demarcado por ser área de transição entre o Brasil Meridional úmido e o Brasil Central ora seco, ora úmido. A região serrana do estado Rio de Janeiro é governada pelo sistema climático Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), logo, o agente primordial ordenador das chuvas. Esse sistema climático é designado pelo encontro entre

a massa de ar quente e úmido vinda do Amazonas e a massa de ar frio, que vem do Sudoeste, alastrando-se desde Amazônia, percorrendo pelo centro-oeste e até região sudeste.

### Movimento de massa

Também conhecido por deslizamento, escorregamento, ruptura de talude, queda de barreiras, entre outros, se diz aos movimentos de descida de solos e rochas sob o efeito da gravidade, geralmente potencializado pela ação da água (CEMADEN, 2017).

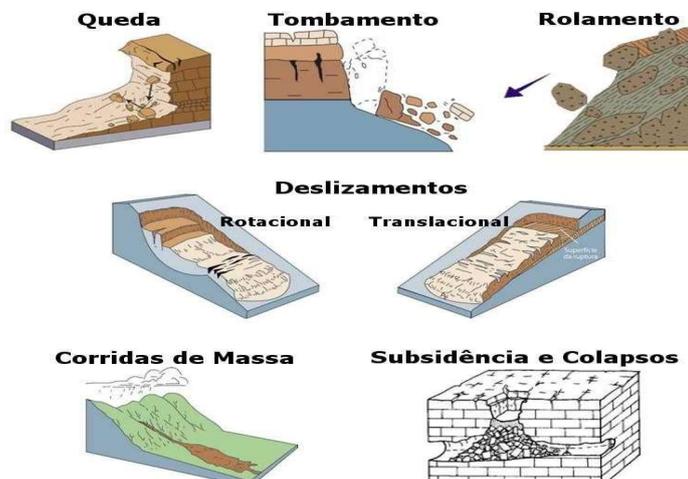
Os movimentos de massa são definidos como deslocamentos de solo e/ou rocha que conseguem ser deflagrados por mecanismos internos (que intervêm na resistência do matéria) assim como externos (que influenciam a ampliação das tensões de cisalhamento ao comprimento da superfície de ruptura até a rompedura). Estes mecanismos são vigoramente instigados não somente por causas de origem natural, como também majorados por atuações antrópicas estabilizadoras das encostas. Estas movimentações gravitacionais podem ser julgadas e distinguidas conforme critérios específicos, como apresentado na 3 (Fundação Geo-Rio, 2014), visto que, é uma adaptação de Varnes (1978) e Augusto Filho (1992). Imediatamente abaixo da figura 3, segue a figura 4 mostrando os principais tipos de movimento de massa.

Figura 3 - Critérios para classificação de movimentos de massa ( Fundação Geo-Rio, 2014 – adaptado de Varnes,1978 & Augusto Filho,1992).



Fonte: Fundação Geo-Rio, 2014 – adaptado de Varnes,1978 & Augusto Filho,1992

Figura 4 - Principais tipos de movimentos de massa



Fonte: CEMADEN, 2017

A seguir os exemplos mais habituais em solo encontrados no Rio de Janeiro:

## Tombamentos

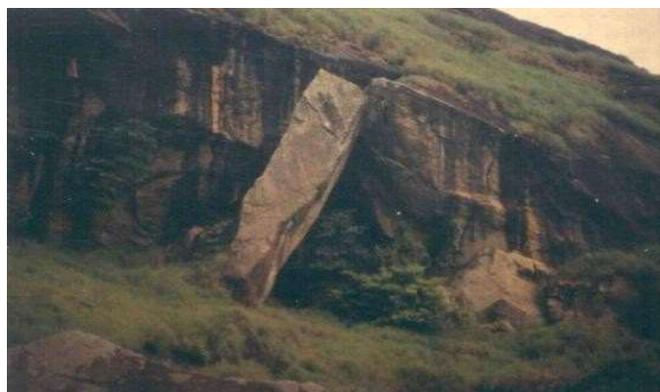
São conhecidos como tombamentos as rotações causadas pelo basculamento e depois queda de lascas de rochas, procedentes da deposição de material sobre o talude, de ruptura e da presença de fluxo d'água e/ou da erosão da base dos corpos rochosos, Em concordância as figuras 4 e 5 (Fundação Geo-Rio, 2014; Turner & Schuster, 1996 apud Aguiar, 2008).

Figura 6 - Ilustração de tombamentos



Fonte: Turner & Schuster, 1996 apud Aguiar, 2008

Figura 5 - Tombamento de blocos



Fonte: Proin/Capes & Unesp/IGCE, 1999

## Rolamentos

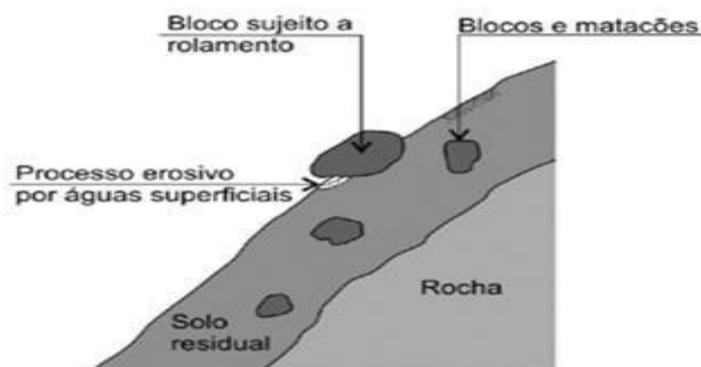
Rolamentos são movimentos de matacões e/ou blocos de rocha ao longo das encostas (figuras 7 e 8).

Figura 7 - Rolamento de blocos na Estrada do Contorno em Angra dos Reis



Fonte: Pinheiros, 2010.

Figura 8 - Ilustração dos rolamentos



Fonte: Pinheiros, 2010.

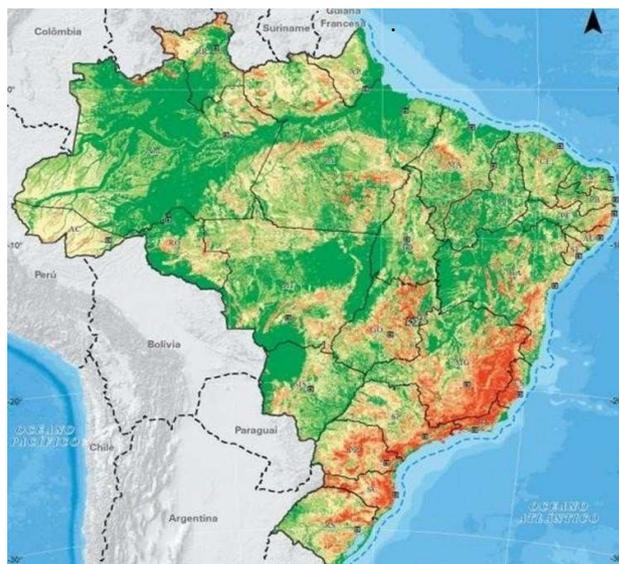
## Deslizamentos/escorregamentos

De acordo com, Vedovello e Macedo (2007), os deslizamentos começam, em geral, a partir da rompedura em um ponto específico da encosta, das condições de estabilidade e de equilíbrio dos materiais que formam o terreno.

Os deslizamentos podem ser conhecidos em quatro tipologias: a) rastejo, que tem como aspecto o deslocamento de terras em muitos planos internos a velocidades baixas, propendendo a evolução para um escorregamento; b) escorregamento, que mostra velocidade média a rápida; c) quedas, que compõem de movimentos relacionados a materiais rochosos e a uma velocidade rápida; e d) corridas, que são movimentos de massas de solos e rochas em grandes volumes, com alcance abrangente e intensa destruição. Os deslizamentos são consequentes de vários de fatores (agentes) que agem no ambiente durante um tempo, sendo determinados ou atingidos por eventos naturais e por intervenções humanas (VEDOVELLO E MACEDO, 2007).

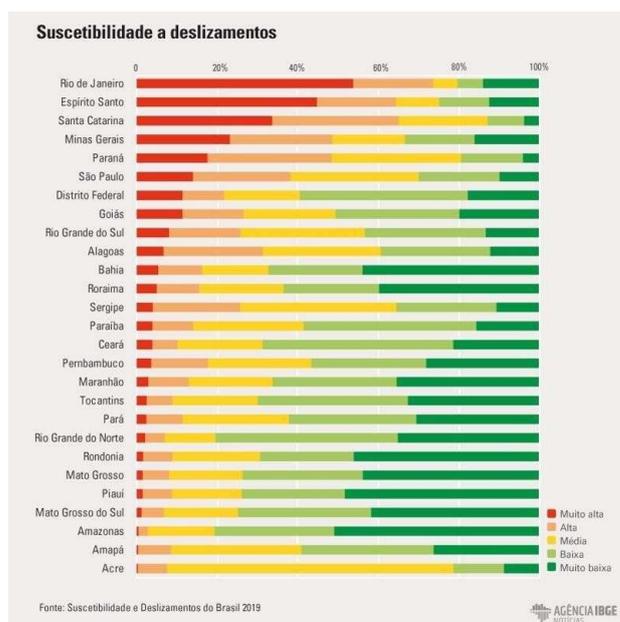
A figura abaixo (mapa) é de fácil visualização que as regiões com maior ocorrência de escorregamentos e deslizamentos encontram-se na região sudeste. Pois o estado do Rio de Janeiro é composto de muitas montanhas (morros) que geralmente são habitados de forma irregular. A figura 9 (na página a seguir) ilustra o mapa com os estados que apresentam suscetibilidade a deslizamento nas encostas e a seguir a figura 10 sobre Suscetibilidade a Deslizamentos

Figura 9 - Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil



Fonte: Mundogeo, 2019

Figura 10 - Suscetibilidade a Deslizamentos



Fonte: Suscetibilidade e Deslizamentos, 2019

## Deslizamento em cunha

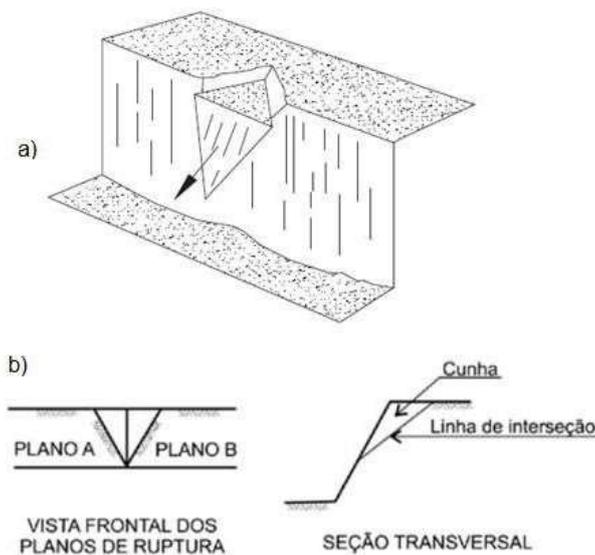
São os movimentos de blocos de rocha com superfície de rompimento em aspecto de cunha, interligados por uma linha entre dois planos de infrequências, tendente na direção do movimento, de acordo com a apresentação nas figuras 11 e 12 (FUNDAÇÃO GEO - RIO, 2014).

Figura 11 - Deslizamento em cunha (Montgomery, 1992).



Fonte: Fundação Geo - Rio, 2014

Figura 12 - Ilustração dos escorregamentos em cunha

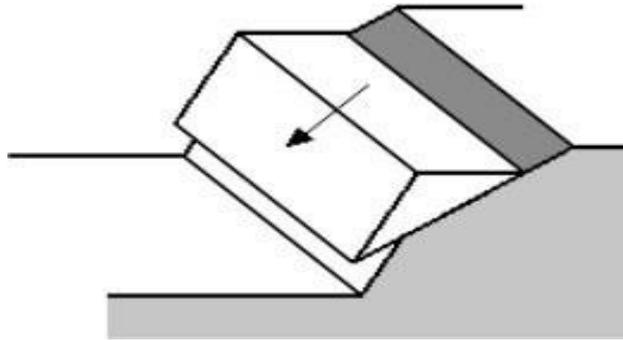


Fonte: Fundação Geo-Rio, 2014 .

## Deslizamentos translacionais ou planares

São considerados deslizamentos translacionais/planares os movimentos velozes (km/h) ao comprimento de superfícies planas, comumente no tocamento entre materiais de resistências desiguais ou sobre planos de fraqueza (figuras 13 e 14), como exemplo: solos residuais rasos sobre rochas, solos coluvionares não muito espessos sobre solos residuais, solos rasos pouco resistentes, resíduos sólidos sobre material com maior resistência, ou ainda, taludes de solos residuais com planos de fragilidade reliquiares de altitude desvatajoso (Becker, 2011).

Figura 13 - Ilustração de escorregamento planar



Fonte: Pinotti & Carneiro, 2013 - adaptado de Hoek & Londe, 1974 e Piteau & Martin, 1981

Figura 14 - Deslizamento planar em Petrópolis, RJ

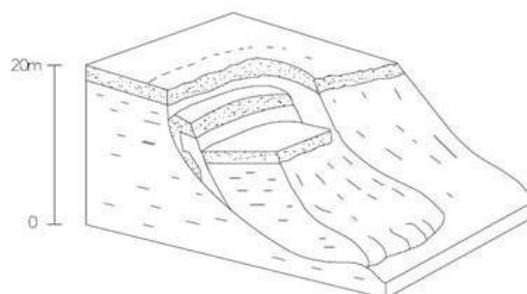


Fonte: foto cedida por Marcos Mendonça.

### *Deslizamentos rotacionais*

São considerados deslizamentos os movimentos normalmente rápidos (km/h) com superfície de rompimentos de seção transversal aproximadamente circular (figuras 15 e 16). Acontecem em taludes grossos com solos residuais, coluvionares ou lateríticos, sem anisotropia ou planos de fragilidade relevantes, em taludes de corte sedimentares, em aterros sobre solos sedimentares ou compostos em avantajada parte por resíduos sólidos urbanos (Becker, 2011; Fundação Geo-Rio, 2014).

Figura 15 - Ilustração de escorregamentos rotacionais



Fonte: Turner & Schuster, 1996 apud Aguiar, 2008

Figura 16 - Escorregamentos rotacionais



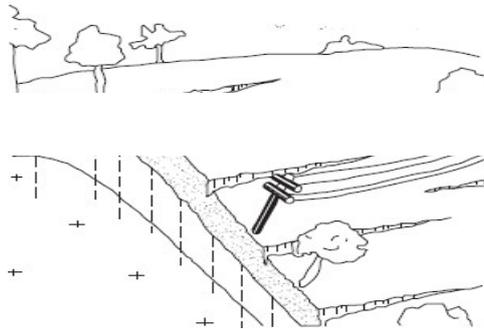
Fonte: foto do arquivo pessoal de Willy Lacerda

## Fluxo ou escoamento

### Rastejos ou Fluências (creeps)

São considerados rastejos ou fluências (creeps) os movimentos lentíssimos (mm/ano a cm/ano) que acontecem habitualmente próximos ao pé de encostas em colúvios com nível alto do lençol freático. Tal como os inclinômetros podem apontar deslocamentos horizontais, a existência de fendas (trincas) no solo, árvores avessadas, estradas retorcidas, postes inclinados, canaletas desaprumadas também podem ser indicativas de casos de rastejos, conforme apresentado nas figuras 17 e 18 (BECKER, 2011).

Figura 17 - Ilustração de rastejos ou fluências



Fonte: Turner & Schuster, 1996 apud Aguiar, 2008.

Figura 18 - Movimento de rastejo



Fonte: foto cedida por Marcos Mendonça

## Corridas

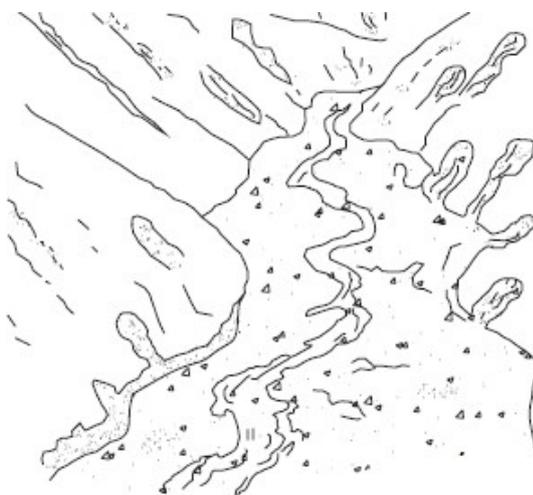
São considerados corridas os movimentos de solos com velocidade máxima (km/h) que se revelam como fluido, sendo capazes de conseguir atingir longas distâncias e causar cicatrizes no percurso de seu caminho percorrido (figuras 19 e 20). Acontecem em encostas de solo residual argiloso, onde lama ou detritos (solos, misto de blocos de rochas, vegetação, etc.) são carreados ao longo de talvegues no decurso do período de chuvas bastante intensas ou demoradas, que duram mais de horas. (Becker, 2011; Fundação Geo-Rio, 2014).

Figura 19 - Cicatrizes em encosta geradas por fluxos detríticos



Fonte: foto cedida por Marcos Mendonça

Figura 20 - Ilustração de corridas



Fonte: foto cedida por Marcos Mendonça

## Complexos

São conhecidos como complexos o arranjo de dois ou mais tipos de movimentos, são constituídos por vários materiais e expõe superfície de rompimentos complexa, com seção transversal normalmente representada por poligonais (Figura 21). Os movimentos de massa complexos acontecem geralmente em locais com topografia acidentada e/ou em camadas de solos com resistências desiguais (Fundação Geo-Rio, 2014; Becker, 2011).

Figura 21 - Escorregamentos complexos na Região Serrana do Rio de Janeiro

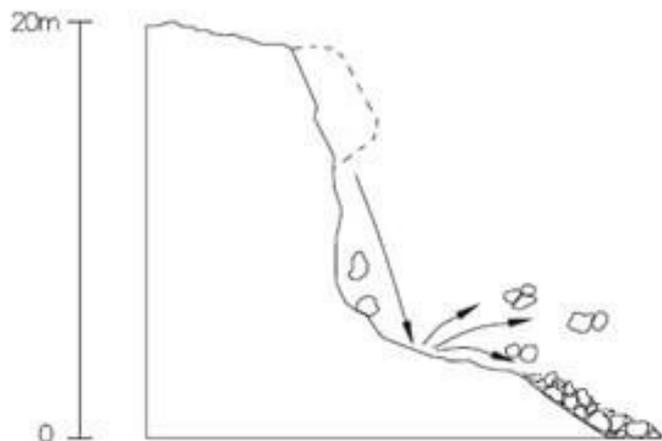


Fonte: (Pessôa, 2011).

## Quedas

São considerados quedas o movimento de massa que está correlacionado à queda livre de rochas fraturadas em aspecto de lascas e/ou blocos ou de solos em margens de corpos d'água, sendo mais vistas em encostas íngremes mostradas em sua geometria por planos inclinados, de acordo com as figuras 22 e 23 (Fundação Geo-Rio, 2014).

Figura 22 - Ilustração da queda de blocos



Fonte: Turner & Schuster, 1996 apud Aguiar, 2008

Figura 23 - Queda de blocos



Fonte: Rodrigues et al., 2013.

## Alagamentos e Processos erosivos

### Alagamentos

Assentamentos urbanos localizam-se normalmente em áreas de planícies de inundação e, com o aumento desorganizado das cidades, têm sido visto um aumento gradativo da intensidade e alcance dos eventos de inundação, assim como o efeito destes na população. Agregado à impermeabilização dos solos nas cidades está à inexistência de infraestrutura das cidades e o desmatamento da mata ciliar, ambos favorecem o crescimento de volumes de vazão e a velocidade de propagação da onda de inundação, que chegam as regiões onde os eventos hidrológicos formam um risco de desastre natural para a população.

A figura 24, abaixo apresenta os símbolos gráficos correspondentes aos desastres que ocorrem no Brasil, relacionados a inundações e alagamentos.

Figura 24 - Simbologia Brasileira de Desastres - SEDEC/MI

Tipo	Simbologia
Inundações	
Alagamentos	

Fonte: SEDEC/MI, 2017

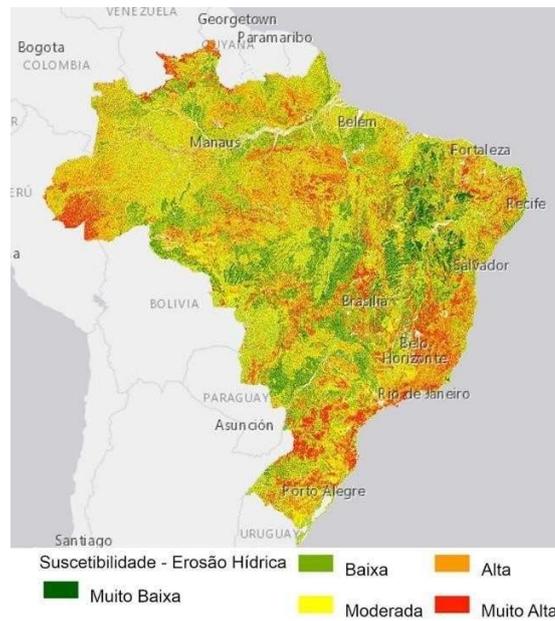
### Processos erosivos

Durante alguns anos e sob várias circunstâncias, as rochas passam decomposição por causa de agentes físicos que sucedem na desintegração, agentes químicos que modificam a composição e sua mineralogia, e agentes biológicos que dão intensidade às forças químicas e físicas. A esse procedimento de decomposição, chama-se de intemperismo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008). Logo, origina-se ao solo. Como expõe a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1995) intemperismo é o “conjunto de processos que ocasionam a desintegração e a decomposição das rochas e minerais submetidos à ação dos agentes atmosféricos e biológicos”. Na constituição do solo, podem-se ressaltar alguns aspectos que são mais importantes: a atividade biológica dos organismos vivos, o clima, o material original, o tempo e a topografia. A palavra erosão é oriunda do latim erodere, que significa corroer, devorar, etc. e dessa maneira são nomeados todos os processos de desgaste feitos pelas águas, vento, geleiras que formam respectivamente as erosões hídricas, eólicas e glaciais. Por seguinte, a erosão é a execução de um trabalho e seu produto é o sulco, a voçoroca, etc. (MORTARI, 1994).

De acordo com Gray e Leiser (1989) e Guerra (1995) retratam que a erosão se expressa na extração das camadas superficiais de solo e envolve os processos de destacamento (detachment) e transporte das partículas por agentes como vento, água e gelo.

## Regiões que apresentaram alagamento e processos erosivos

Figura 25 - Mapa com os estados que apresentaram alagamento e processos



Fonte: IBGE, 2014

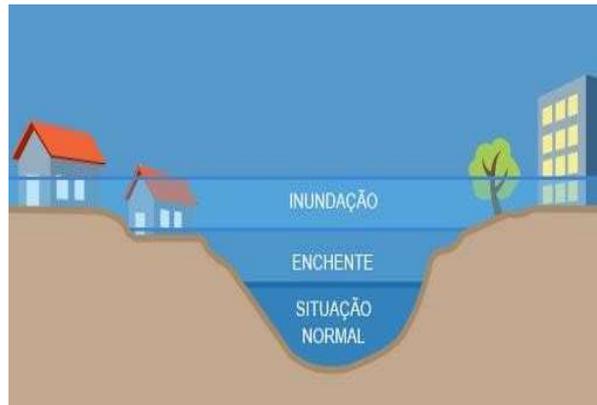
### Fatores Condicionantes

Para entender do processo erosivo, é essencial tratar as relações entre este e seus principais fatores condicionantes, quais sejam: clima, cobertura vegetal, natureza do solo e a topografia do terreno. O clima será decisório principalmente nas características da intensidade, duração e distribuição das chuvas. Chuvas torrenciais ou pancadas de chuvas intensas simbolizam as formas mais agressivas de ação deste agente. Desse jeito, em relação à chuva, sabe-se que a sua intensidade é o que mais influenciará na erosão. As gotas de chuva quando caem ao solo colaboram para o processo erosivo por três razões: desprendem partículas do solo na área que houve o impacto; transportam as partículas desprendidas (salpicamento ou splash); adicionam energia à água superficial. “A velocidade aumenta com o tamanho da gota e com a altura da queda” (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008, p.48). Vê-se que, em relação à chuva, o que influencia é a energia cinética com que as gotas d’água chegam à superfície, provocando os efeitos provenientes da dissipação de energia acumulada.

### Inundação

Conforme a Portaria Conjunta nº 148 de 18 de dezembro de 2013, publicada no D.O.U. nº 249 em 24 de dezembro de 2013, Inundação é a maneira em que acontece alagamento de áreas fora dos limites tradicionais de um curso de água em zonas que habitualmente não se encontram alagadas. O transbordamento acontece de forma gradual em áreas de planície, comumente provocado por chuvas distribuídas e alto volume concentrado na bacia de contribuição (Figura 26).

Figura 26 - Ilustração de Inundação



Fonte: CEMADEN, 2017

## Desastres ambientais

### Conceito de desastre ambiental

É chamado desastre ambiental um acontecimento o que extrapola a capacidade local, precisando de ajuda externa ou é uma situação que a consequência são danos ou prejuízos imensos, extermínio e muito sofrimento humano (TUCCI, 2007, p.19). Ter claro o seu significado faz com que se busque em diversos autores uma melhor compreensão para sua definição. Sendo assim, encontram-se várias definições do que seja desastre, como seja: “o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais” (CASTRO, 1999, p.2).

O acontecimento de desastres está ligado não somente à suscetibilidade, mas, também, às características geoambientais e à vulnerabilidade do sistema econômico-social-político-cultural sob impacto, segundo Alcántara-Ayala (2002). No mesmo sentido, Massing et al. (2009, p.1) opinam que é “um evento que impacta a sociedade, originando-se de um padrão específico de interação entre fenômeno natural e uma organização social, da forma como as pessoas se relacionam com o meio em que vivem”.

A evolução é analisada de acordo com a velocidade com que a situação ocorre, súbita, gradual e/ou uma soma de efeitos. Quanto à origem, os desastres podem ser causas naturais, antrópicas ou mistos (Castro, 1999). Dessa forma, os desastres originados da ocorrência de fenômenos meteorológicos severos são os que causam maior preocupação para a sociedade por seu “alto potencial de destruição”, com perdas de vidas e bens materiais. A reabilitação das áreas alcançadas implica na maioria das vezes, em diversos prejuízos para o dinheiro público (cofres), com efeitos, nem sempre satisfatórios. Além do que, “estes episódios acabam [...] agravando a situação de pessoas que dispõem de poucos recursos financeiros e, [que] acabam perdendo os pouquíssimos bens de que dispõem” (VIANA et al, 2009, p.92).

Os desastres ambientais são cada vez mais incessantes. De acordo com a ONU, a cada ano cerca de duzentos milhões de seres humanos são afetados por inundações, secas, tormentas, terremotos, deslizamentos de terra, incêndios florestais e outros episódios adversos que geram imensas tragédias humanas e grandes perdas econômicas. As tragédias ambientais têm afligido tanto a comunidade internacional que a ONU declarou a década de 90 como a Década Internacional de Redução de Desastres Naturais (DIRDN). De acordo com o manual de Comunicação de Risco e de Desastres da Defesa Civil Nacional (2010), podemos conceituar desastre como

O resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pela ação humana sobre um ecossistema vulnerável, podendo causar danos às pessoas ou provocar estragos materiais e/ou ambientais — e consequentes prejuízos econômicos e de ordem social (BRASIL, 2010, p. 26)

## **Desastre natural e suas classificações**

O CRED (Centre for Research on Epidemiology of Disasters), com auxílio da Organização Mundial da Saúde – OMS e do governo Belga estrutura, a contar de 1988, uma base de dados mundial de desastres chamado EM-DAT (Emergency Events Database - The International Disaster Database).

O EM-DAT é uma base de dados com estatísticas de desastres ocorridos em todos os locais do mundo. Para colocar um desastre nessa base, é preciso que tenha acontecido algum destes fatores : 10 ou mais mortes; 100 ou mais cidadãos afetados ; solicitação de apoio internacional; declaração de estado de emergência.

Estes bancos de informações têm registros de desastres desde 1900 até hoje e é compilado com base em diversas fontes, incluindo agências das Nações Unidas, organizações não governamentais, companhias de seguros, institutos de pesquisa e agências de notícias (EM-DAT, 2011).

De acordo com o EM-DAT, os desastres naturais podem ser classificados em:

**Hidrológicos:** provocados por mudanças do ciclo natural da água, tal como inundações, movimentos de massa (úmida), rolamento de blocos, avalanches (causadas pelo deleço da neve).

**Biológicos:** desastres originados pela exposição a organismos vivos provocadores de doenças ou tóxicos. Exs.: epidemias, infestação de insetos.

**Climatológicos:** ações atmosféricas de médio a grande prazo, sazonais, exemplos: temperaturas extremas, queimadas florestais, secas, ondas de calor.

**Geofísicos:** eventos com origem no centro da terra. Exs.: terremotos, erupções vulcânicas, movimentos de massa (seca), avalanches (causadas por terremotos).

**Meteorológicos:** processos atmosféricos de pequeno a médio prazos (de minutos a dias). Exs.: tempestades (storms) tropicais, ciclones extratropicais, tempestades convectivas.

A United Nations International Strategy Disaster Reduction (UNISDR), um secretariado da ONU – Organização das Nações Unidas, criado em 1999 com o objetivo de implementar a Estratégia Internacional para a Redução de Desastres, classifica os desastres naturais em três grupos:

Desastres Geofísicos: erupções vulcânicas, terremotos e tsunamis;

Desastres Hidrometeorológicos: secas, escorregamentos, inundações, avalanches, tornados, furações etc.;

Desastres Biológicos: infestação de insetos, epidemias.

## **O Brasil está sujeito a diversos desastres**

No Brasil, as cidades e estados têm sido palco vários desastres ambientais. Atualmente, mais da metade da população mundial reside em ambiente urbano, e a relação entre ambiente natural e edificado torna-se cada vez mais complexa (SIRKIS, 2003).

A impermeabilização do solo, as concentrações de edifícios, os desmatamentos em encostas ou margens de rios, o assoreamento e a retificação ou canalização de rios são ações que afetam o ambiente natural de uma determinada maneira. Se a ação do homem tende ao desequilíbrio, o

ambiente natural certamente reage, trazendo efeitos inesperados para o ambiente construído e seus ocupantes: inundações, secas, microclimas adversos, erosão, desabamentos, enchentes, voçorocas, ambientes insalubres. (SIRKIS, 2003, p.216)

Conforme Tasca, Goerl e Kobiyama (2010) o Brasil está propenso a vários desastres naturais, todavia são os hidrológicos os mais numerosos. O país não possui políticas de prevenção. O poder público trabalha apenas com a gestão de crise, não tem o enfoque de ações na gestão de risco. Apesar disso, sabe-se que a cada R\$ 1,00 investido em prevenção economiza-se R\$ 25,00 em obras de reconstrução. Segundo dados trazidos por Tasca, Goerl e Kobiyama (2010) do Fórum Mundial da Água, o número de fenômenos relacionados com a água triplicou desde a década de 70, somando 71% de todas as mortes causadas por desastres naturais.

Por necessidade, tem que se pensar em uma ecologia urbana de modo que a cidade seja vista, como um ecossistema onde tudo está interligado. Uma das maiores complicações que geram grandes problemas na América Latina é a cidade informal, onde inúmeras edificações em lugares de riscos são construídas (SIRKIS, 2003). “Nas grandes cidades latino-americanas, asiáticas, africanas, árabes e em partes crescentes do leste da Europa, proporções variando de 20% a mais de 80% das construções estão em desacordo com a lei, ou seja, são ilegais, foram construídas sem licença e fora das leis urbanísticas” (SIRKIS, 2003, p. 220).

Essas circunstâncias cooperam para vários problemas ambientais, além do saneamento básico, riscos de desabamento e inundações. No Brasil, segundo dados do Censo 2010, tem hoje em torno de 200 milhões de cidadãos e a aglomeração de seres humanos nas áreas urbanas está a cada dia aumentando mais. E, como Belmonte critica na mídia, “o tema ambiental vai e vem ao sabor das tragédias” (2003, p.22).

As tragédias, no Brasil, pertinentes à água estão correlacionadas à degradação de áreas frágeis, ao desmatamento e à ocupação ilegal, fora da lei. Com exceção do centro-oeste, as demais regiões de nosso país, nos dias que correm têm as inundações entre os desastres naturais mais comuns.

O Brasil encontra-se entre os países do mundo mais atingidos por inundações e enchentes, tendo registrado 94 desastres no período de 1960 a 2008, com 5.720 mortes e mais de 15 milhões de pessoas afetadas. Considerando somente os desastres hidrológicos que englobam inundações, enchentes e movimentos de massa, em 2008 o Brasil esteve em 10º lugar entre os países do mundo em número de vítimas de desastres naturais, com 1,8 milhões de pessoas afetadas (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

Na cobertura midiática e na sociedade, de acordo alerta Belmonte,

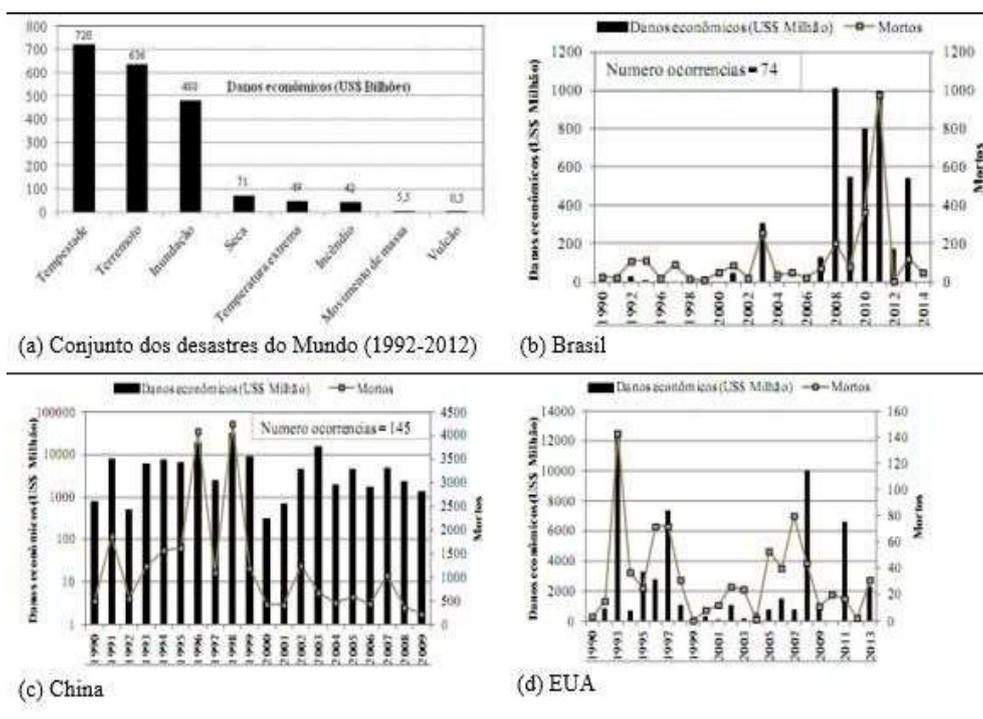
A chuva é sempre acusada de deixar desabrigados, causar engarrafamentos e até matar. Ninguém se lembra dela quando um novo loteamento estapafúrdio é aprovado por burocratas municipais aumentando ainda mais a “panela” urbana, nem quando os projetos ignoram completamente o curso original dos rios, lagos e banhados (BELMONTE, 2004, p.27).

Relação com prováveis alterações climáticas é incessantemente tratado na “comunidade científica” (MEDEIROS; BARROS, 2011).

## Dados estatísticos dos danos econômicos e o número de mortos no Brasil

Os danos econômicos e o número de mortos no Brasil, em consequência de inundação, são substancialmente inferiores quando comparados com outros países, designadamente China e Estados Unidos de América (EUA). Logo, a situação não é animadora pois a figura 27b, que está interligada a figura 27 (impactos dos desastres no mundo e em algumas regiões) aponta uma tendência que é crescente, além da previsão do IPCC (2012, 2014) indicar para a frequência e intensidade de fenômenos hidrológicos extremos nas próximas décadas.

Figura 27 - Impactos dos desastres no mundo e em algumas regiões (comparação entre três países com mais de 200 milhões de habitantes)



Fonte: elaboração própria com base nos dados de EM-DAT

Em concordância com a ONU (2012, p. 1), “entre 1970 e 2010, a proporção das pessoas que residiam em bacias hidrográficas sujeitas a inundações cresceu 114%, já em regiões costeiras expostas à ciclones o aumento foi de 192%”. O crescimento dos níveis de riscos de desastres causa de modo consequente um maior desafio ao desenvolvimento sustentável, designadamente no que concerne às políticas públicas envolvendo o planejamento e ordenamento do território e a assistência social.

O Brasil expõe igual tendência mundial de crescimento de frequência e intensidade de ocorrência de desastres hidrológicos e meteorológicos (ALCOFORADO & CIRILO, 2001; MELLER & PAIVA, 2007; HADDAD & TEIXEIRA, 2015). Durante o

período de 1970 a 2014 o país registrou 18 deslizamentos, 108 inundações e secas e 15 eventos de tempestades (conforme mostra a tabela tabela 1). Esses dados revelam a preminência de desastres hidrológicos e meteorológicos, principalmente a frequência de registros de inundações, que mostra o maior número de episódios caracteriza também o maior número de vítimas mortais (5.483) e desalojadas (1.017.089). De acordo com Borga et al. (2011) e Llasat et al. (2014) estes resultados atestam com o padrão global, ou seja, com comando de inundações no que concerne à taxa de mortalidade (i.e., número de

mortes dividido pelo número de pessoas afetadas) entre os desastres naturais. A tabela 1 igualmente aponta que as inundações apondera-se do segundo lugar no país, em danos econômicos, com a cifra acima de US\$ 8,6 bilhões, estando abaixo somente para a seca que gerou, neste período, um prejuízo no valor de US\$ 11,1 bilhões. A seca gera um prejuízo econômico mais alto, mas reduz o número de mortos, além da ausência de feridos e desalojados.

Tabela 1. Impacto dos desastres naturais ocorridos no Brasil de 1970 a 2014

Tipo de desastre	Número de registros	Número de mortes	Número de afetados	Número de feridos	Número de desalojados	Total de vítimas*	Danos econômicos (103 US\$)
Terremoto	2	2	15280	6	8000	23286	5,000.00
Inundação#	108	5483	17735929	6331	1017089	18759349	8,667,770.00
Deslizamento#	18	789	90000	214	147100	237314	86,000.00
Tempestade	15	157	215450	1716	9790	226956	531,000.00
Seca	18	20	47812000	0	0	47812000	11,183,100.00
Temperatura extrema	7	242	0	600	0	600	1,075,000.00
Incêndio	3	1	12000	0	0	12000	36,000.00
Infestação de insetos	1	0	2000	0	0	2000	0.00
Epidemia	16	2217	1982376	0	0	1982376	0.00
Total	188	8911	67865035	8867	1181979	69055881	21,583,870.00

Fonte: baseada nos dados de EM-DAT. The-OFDA/CRED International Disaster Database

\*O número total de vítimas é o somatório de afetados, feridos e desalojados.

#Desastres hidrológicos e meteorológicos.

## Conceito de risco e vulnerabilidade

Define-se risco pelas perdas que normalmente acontecem (de vidas, ferimentos em cidadãos, propriedades, rupturas das atividades econômicas ou prejuízos ambientais), consequentes da interação de perigos naturais que são causados ou não pela interferência do homem, da vulnerabilidade e do dano potencial (AMARAL e GUTJAHR, 2011).

Define vulnerabilidade pelas condições sociais, físicas, econômicas, institucionais, políticas, técnicas, ambientais que são capazes operar de forma que amplia a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto de ocorrências perigosas (TOMINAGA; SANTANA; AMARAL, 2009).

Conforme o dicionário Michaelis (2015), a palavra vulnerável origina-se do Latim vulnerabilis, que significa que pode ser ferido por; que está sujeito a ser atacado.

Conforme Ayres (1999), a vulnerabilidade social é uma apreciação que foi originada na área dos Direitos Humanos e se trata a cidadãos ou grupos fragilizados, jurídica ou politicamente, na promoção, proteção ou garantia de seu direito à cidadania.

De acordo com Janczura (2012 apud Oliveira, 1995, p.9) refere que “os grupos sociais vulneráveis poderiam ser definidos como aqueles conjuntos ou subconjuntos da população brasileira situados na linha de pobreza”. Vários deles não falam com uma rede

pública de proteção social que viabilizaria acesso a bens e serviços básicos que facilitariam chances preferíveis para encarar as dificuldades e ter a obtenção de recursos básicos.

Martirizando-se com a argumentação do assunto, a Política Nacional de Assistência Social de 2004 julga situação de vulnerabilidade social ou de risco social:

[...] famílias e indivíduos com perda ou fragilidade de vínculos de afetividade, pertencimento e sociabilidade; ciclos de vida; identidades estigmatizadas em termos étnico, cultural e sexual; desvantagem pessoal resultante de deficiências; exclusão pela pobreza e, ou, no acesso às demais políticas públicas; uso de substâncias psicoativas; diferentes formas de violência advindo do núcleo familiar, grupos e indivíduos; inserção precária ou não inserção no mercado de trabalho formal e informal; estratégias e alternativas diferenciadas de sobrevivência que podem representar risco pessoal e social (BRASIL, 2005, p. 33).

## **METODOLOGIA**

Pesquisa de caráter exploratório, buscando informação para compreender melhor o problema, com levantamento bibliográfico como livros, artigos e periódicos, estudo de caso e análise de exemplos que estimulem a compreensão do problema, com uma abordagem quantitativa, buscando coletas de dados concretos e quantificáveis, se centrado na objetividade. Além destes, foram pesquisadas as normas reguladoras referente aos revestimentos cerâmicos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

De acordo com Marconi e Lakatos (2010, p. 166) a pesquisa bibliográfica abrange:

(...) toda bibliografia tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico etc, até meios de comunicação oral: rádio, gravações em fita magnética e audiovisuais: filmes e televisão. Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto, inclusive conferências seguidas de debates que tenham sido transcritos por alguma forma, quer publicadas, quer gravadas.

Essa pesquisa foi realizada com o objetivo maior de apresentar intervenções de engenharia para mitigar os principais desastres naturais em Nova Friburgo através da identificação a suscetibilidade de ocorrências desastrosas, bem como detectar as vulnerabilidades das áreas tidas como de risco. De acordo Marconi e Lakatos (2010), a metodologia é o estudo dos métodos, principalmente, dos métodos das ciências. É um processo usado para direcionar uma investigação da verdade, no estudo de uma ciência ou estudo de casos. Logo, este trabalho foi dividido em três etapas:

Etapa 1- Levantamento bibliográfico,

Etapa 2 - Desenvolvimentos sobre como acontece um desastre ambiental, Etapa 3 - Conclusão

Etapa 1 - Levantamento bibliográfico: inicialmente foi feita uma pesquisa ampla e profunda relacionada ao tema. Esse levantamento bibliográfico tem como objetivo embasar cientificamente os estudos e análises que foram desenvolvidos durante o trabalho.

Etapa 2- Desenvolvimentos sobre como acontece um desastre ambiental: o solo é composto por três partes: partícula sólida, ar e água. Durante a chuva parte da água escoar pela superfície, o que provoca erosões e a outra parte da água infiltra no solo.

Conseqüentemente a parte do solo que é composta por ar vai diminuindo e a parte que é composta por água vai aumentando, ocupando o espaço do ar. Quando 100% dos

vazios do ar são preenchidos por água, dizemos que o solo é saturado. O solo saturado além de mais pesado, a água funciona como lubrificante para as partículas sólidas. E, essa combinação da lubrificação do solo com o aumento do peso é determinante para os deslizamentos. Por isso, os deslizamentos ocorrem quanto os solos estão encharcados.

Etapa 3 - Conclusão do trabalho: enfim, será indicada a melhor solução de contenção para um desastre ambiental ser interferido.

A característica do domínio morfoclimático dessa região corroborou para que houvesse inúmeros desastres naturais devido à instabilidade do solo (precariedade do solo). No presente trabalho tratamos de métodos e técnicas com o objetivo de contribuir, avaliar e conter o "movimento de massa" nessa região.

Definimos a partir das técnicas de contenção a importância da estabilização das encostas demonstrando o projeto construtivo

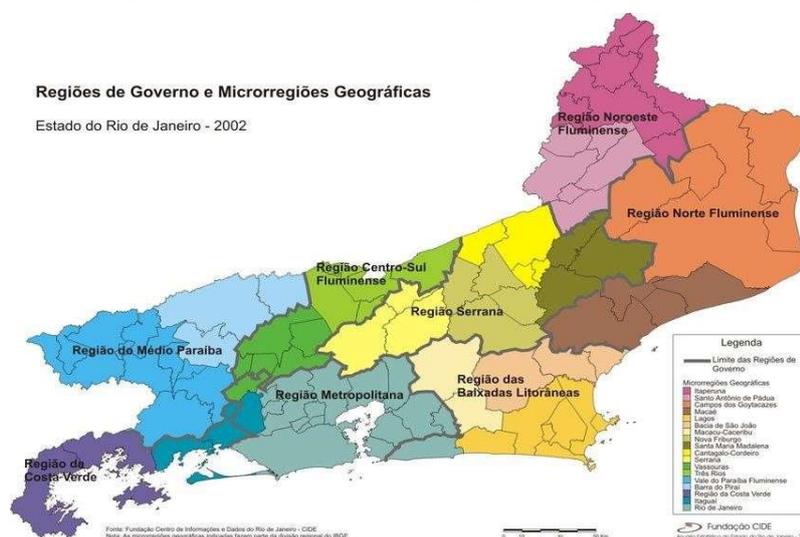
Uma das biografias que contribuiu para a elaboração deste trabalho foi a obra "Contenções: teoria e aplicações em obras", por Denise Gerscovich, Robson Saramago e Bernadete Ragoni Danziger.

## DESENVOLVIMENTO

### Características de Nova Friburgo (que se localiza na região serrana)

De acordo com o IBGE (2000), Nova Friburgo é uma cidade do Estado do Rio de Janeiro, que faz parte da região serrana. Essa região do ERJ possui 933,4 km<sup>2</sup> de extensão, com uma população de 190.631 habitantes, representando 15,85% da extensão e 5% da população total do Estado. A figura 28 ilustra o mapa das Regiões de Governo e Microrregiões Geográficas do Estado do Rio de Janeiro.

Figura 28 - Mapa das Regiões de Governo e Microrregiões Geográficas do Estado do Rio de Janeiro



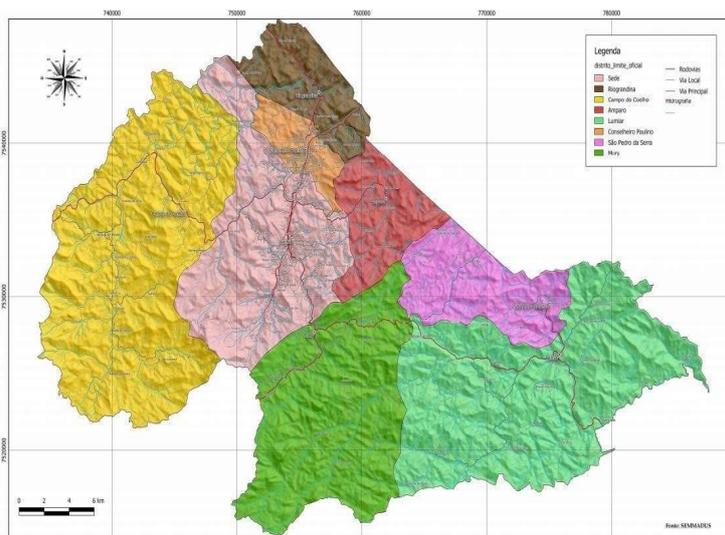
Fonte: Fundação Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro -Cide,2002.

Em conformidade com o censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas de Pesquisas (IBGE), Nova Friburgo possui uma extensão territorial de 933,415 km<sup>2</sup> de extensão e 182.082 habitantes. Com 87,5% da população urbana e 12,5% da população rural e é o segundo município mais populoso da região serrana.

Este município é constituído por oito distritos: Riograndina, São Pedro da Serra Campo do Coelho, Amparo, Lumiar, Conselheiro Paulino e Mury Nova Friburgo. Os

municípios limítrofes são Cachoeiras de Macacu, Silva Jardim, Casimiro de Abreu, Macaé, Trajano de Moraes, Bom Jardim, Duas Barras, Sumidouro e Teresópolis. A população de pessoas é maior nos seguintes bairros: no distrito Sede, do Centro e Olaria, e o distrito de Conselheiro Paulino. Os territórios têm 6 bacias hidrográficas, muitas áreas de preservação ambiental. Os recursos hídricos do município têm demasiada relevância, porque o posicionamento geográfico e a altitude do mesmo não consentem que as redes de água cheguem à reservatórios de outros sistemas intermunicipais de abastecimento (PDUE, 2015). A Figura 29: Distritos do município de Nova Friburgo.

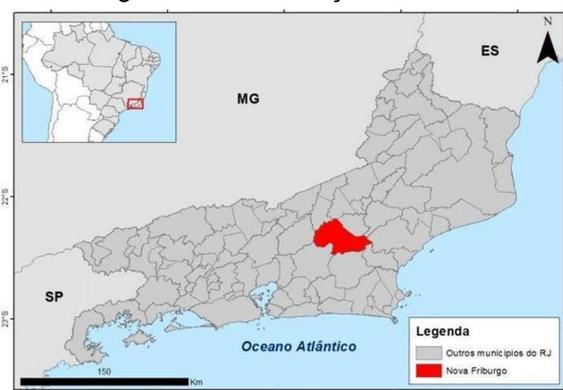
Figura 29 - Distritos do município de Nova Friburgo



Fonte: Prefeitura de Nova Friburgo. Geoinformação. 2017.

A localização do município em estudo fica entre os paralelos 21°40'S e 22° 35'S e os meridianos 41°40'W e 43°25'W, com altitude de 846m (Figura 30) e tem área total de 935.429km<sup>2</sup>. De acordo com o IBGE, a partir do Censo de 2010, a população estimada do município era de 182.082 habitantes.

Figura 30 - Localização da área de estudo



Fonte: IBGE, a partir do Censo de 2010

Segundo a defesa civil, (1998) a fragilidade é a probabilidade de uma determinada comunidade ou área geográfica de ser atingida por ameaça ou risco potencial de um desastre, constituído por estudos técnicos. Equivale a um nível de insegurança inerente de um cenário de desastre em evento adverso. A fragilidade seria, desta forma, o oposto à segurança. O termo frágil, na pesquisa, é utilizado para referir-se àqueles sujeitos mais

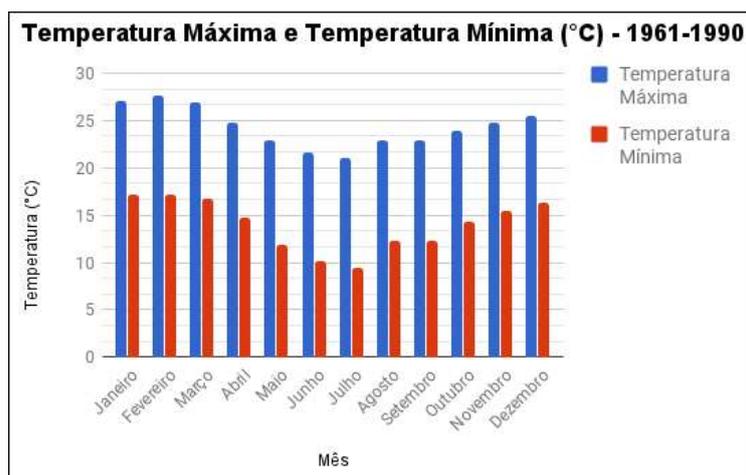
expostos aos ricos. Pessoas que sofrem muitas adversidades na reconstrução de suas vidas e meios de subsistência após um desastre, o que os torna vulneráveis, novamente, aos efeitos e riscos subsequentes. Deste modo, são considerados vulneráveis a uma série de riscos associados (BLAIKIE, 1993), incluindo a retraumatização do choque, imposto pelo impacto do evento, em uma posição de impotência, sem encontrar respostas para as questões agudas que se Revista VITAS – Visões Transdisciplinares sobre Ambiente e Sociedade – [www.uff.br/revistavitas](http://www.uff.br/revistavitas) ISSN 2238-1627, Ano IV, Nº 8, setembro de 2014 apresentam. Além disso, desafios individuais e da história do sujeito - ou do grupo a que pertence - podem influenciar suas capacidades de antecipação, resistência e recuperação, após o impacto causado por um evento extremo. Isto reforça, ainda mais, a conexão dos residentes de área de risco e a vulnerabilidade.

### Clima específico de Nova Friburgo

De acordo com Lima & Guedes - Bruni (1997), o clima da região de Nova Friburgo, localizada a serra de Macaé de Cima, é avaliado como super-úmido e mesotérmico na classificação de Thornthwaite (1955). A temperatura média anual é de 17,9°C, sendo de janeiro a março os meses de mais calor (quente) e no período de junho a agosto são os meses mais gelados (frios). A média pluviométrica anual é de 2.128mm, sendo os meses de maior precipitação de outubro a março e os meses de menor precipitação de julho a agosto. Tem variação em virtude das amplitudes topográficas, maiormente entre 1.400 a 2.600mm (BORGES, 2005).

De acordo com Dantas et al. (2001) relata o clima de Nova Friburgo sendo úmido e ameno por causa da barreira física, efeito orográfico, natural da região. O gráfico apresentado (na figura 2) das temperaturas máximas e mínimas da estação meteorológica do município de Nova Friburgo do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), usando informações / dados da última Normal Climatológica, 1961-1990.

Figura 31 - Gráfico Comparativo de Temperaturas Mensais Máximas e Mínimas (1961-1990).

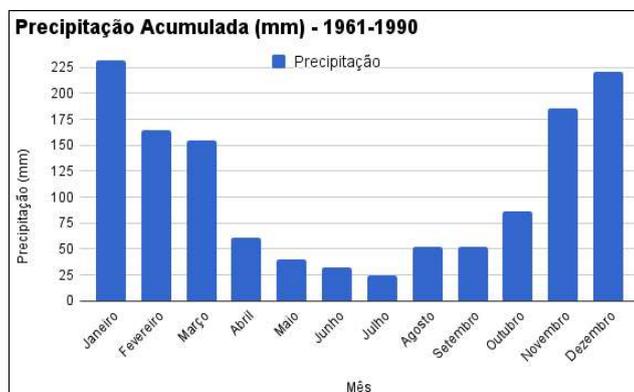


Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (1990).

A temperatura mais alta foi no mês de fevereiro, 27,6 °C, e a mais baixa foi no mês de julho, 9,5 °C. De acordo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2001) o clima de Nova Friburgo é designado como Cwb na classificação climática de Köppen. Esta classificação equivale a um Clima Subtropical de Altitude com um verão

ameno e um inverno seco e A Figura 32 apresenta os valores de precipitação acumulada na estação meteorológica de Nova Friburgo/RJ do INMET

Figura 32 - Valores de Precipitação Acumulada (mm) na estação meteorológica de Nova Friburgo/RJ (1961-1990).



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (1990).

Analisa-se que no período de novembro à janeiro que acontecem as chuvas mais intensas no município, logo ainda acontecem chuvas período de fevereiro e março. Mas, na estação do inverno que são, mais ou menos, os meses de junho a agosto ,tem o menor índice pluviométrico do município.

### Geomorfologia e estudo de solos do município de Nova Friburgo

A geomorfologia é formada por um relevo montanhoso, acidentado, mostrando vertentes maioritariamente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, decorrendo compartimentos colinosos e/ou de morros em seções alveolares nos vales primordiais (CPRM, 2001). Os solos do município são caracterizados como Cambissolos, Argissolos Vermelho-Escuro eutróficos e distróficos, Argissolos Vermelho-Amarelo eutróficos, Latossolos Vermelho- Amarelo álicos e Neossolos (CPRM, 2001).

De acordo com Dantas et al. (2001), os solos são inapropriados para a urbanização, agricultura e pecuária e conclusão resultante de uma análise geomorfológica, geológica e pedogenética, o município aponta um alto potencial à episódios de movimentos de massa. A vegetação é constituída por Florestas Ombrófilas (Densa, Mista e Aberta) e encaixa-se Nova Friburgo no Bioma Mata Atlântica (IESB e UFRJ, 2007). O município é banhado pelas bacias hidrográficas do Rio Grande, Bengalas e Macaé.

### O grande desastre na região serrana do Rio de Janeiro em 2011 - foco Nova Friburgo

O desastre natural ocorrido entre os dias 11 e 12 de janeiro de 2011 aconteceu pela influência de uma zona de convergência de umidade, provocando chuvas intensas (as inundações e deslizamentos) enchentes no sistema de drenagem e inúmeros deslizamentos de terra em 10 municípios da região. Abaixo fotografias do desastre na cidade de Nova Friburgo (Figura 33).

Figura 33 - Desastre na cidade de Nova Friburgo



Fonte - Portal G1 (2011a).

Conforme DRM-RJ a zona de convergência do Atlântico Sul atuou sobre a região de Nova Friburgo, em um tempo inferior há seis horas, mas com tanta intensidade de chuva forte, que extrapolou o nível de inundação do rio Bengalas. E durante essas poucas horas, choveu tanto, que foi o equivalente a chuva esperada para o mês inteiro. Por consequência houve erosões fluviais, pluviais e vários deslizamentos de massa, dando uma nova geografia para a região.

De acordo com CREA-RJ esse indício aumentado de chuva foi o principalmente componente para ocorrer esse desastre, que foi causado por deslizamentos de encostas, rios que transbordaram e outros. Dentre os fatores condicionantes pode citar também a antropização, pois as residências em lugares inadequados contribuíram bastante e foi o agravador disto, sabendo que têm desmatamentos (retira-se a cobertura vegetal do terreno) para construir uma residência.

Conforme o IBAMA (2011) em relação as tempestades de chuvas em Nova Friburgo e suas complicações (desastre) isso aconteceu cerca de 70% a 80% por causa das intervenções humanas.

A figura 34 ilustra uma imagem de deslizamentos em área de ocupação desordenada em Nova Friburgo.

Figura 34 - Deslizamentos em área de ocupação desordenada em Nova Friburgo



Fonte: A voz da serra, 2021.

De acordo com o Banco Mundial (2012) o desastre ocorrido foi classificado como o pior desastre que já teve na história do Brasil, pois teve muitas mortes. O Banco Mundial

(2012) relata: “a escala do desastre pode ser representada pelo número de funcionários envolvidos no processo de resposta. Mais de mil homens de diferentes organizações (Defesa Civil, Prefeituras, Governos Estaduais, Força Nacional de Segurança Pública, Forças Armadas) foram destacados para auxiliar na região nas operações pós-desastre” (Figura 35).

Figura 35 - Membros da força tarefa que foi montada para atender os municípios.



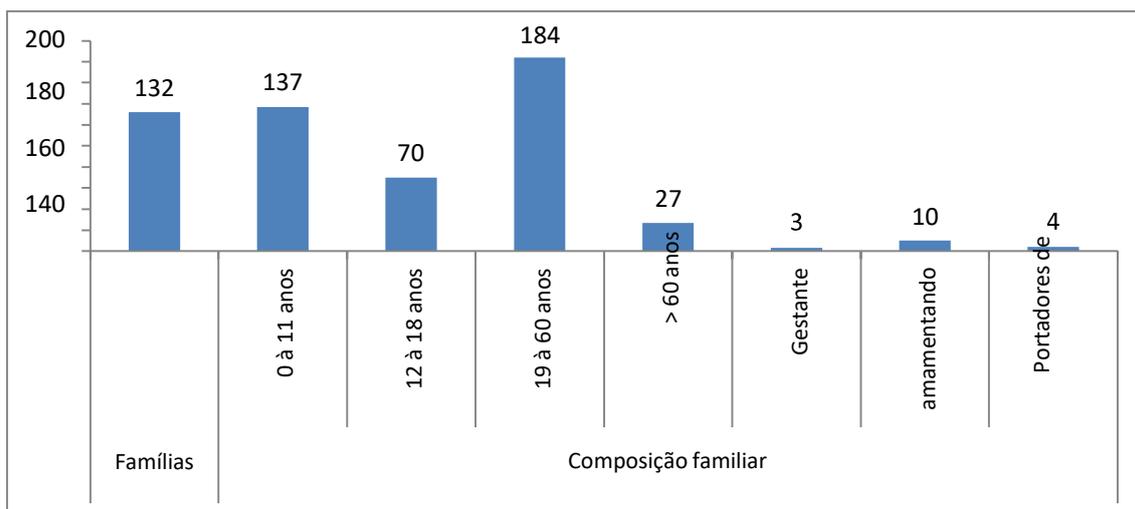
Fonte - Jornal O Estadão (2011).

Milhares de famílias encontraram-se sem abrigo. De acordo com O ICICT (2011) o número de desabrigados e desalojados, para o mês de janeiro de 2011, foi de aproximadamente 13 mil pessoas.

Conforme o Centro de Pesquisas e Estudos de Desastres – CEPED (2012) evidência que além das complicações referentes às enchentes e aos deslizamentos de terra, a população passou ainda com uma epidemia de leptospirose. Dados do ICICT (2011) relatam que a taxa de leptospirose chegou a 1.2%, no mês de janeiro de 2011. A cidade de Nova Friburgo reportou, segundo o Banco Mundial (2012), 180 mil afetados, sendo 60% da população atingida pelo evento extremo.

De acordo com a Prefeitura do município de Nova Friburgo, em fevereiro de 2011 a cidade tinha com 39 locais que abrigavam temporariamente 132 famílias. Este relatório fez o somatório de 789 pessoas, por faixa etária (anexo 1). Logo, ao sistematizar os dados disponíveis, totalizou-se apenas 438 pessoas. Os esses dados foram realizados por 3 assistentes sociais do município de 09 a 24 de fevereiro de 2011. Dos 39 abrigos temporários em referência, 13 já não estavam ativos no momento de visita, 2 abrigos, nos quais estavam abrigados 28% do total de pessoas, foram analisados com calamitosas condições de alojamento, 2 outros abrigos foram julgados como ruins condições de abrigamento e 2 outros abrigos com 26% do total de abrigados, foram julgados como regulares (Prefeitura de Nova Friburgo, 2011).

Figura 36 - Número de pessoas abrigadas no município de Nova Friburgo em fevereiro de 2012



Fonte: Prefeitura Municipal de Nova Friburgo. 2011.

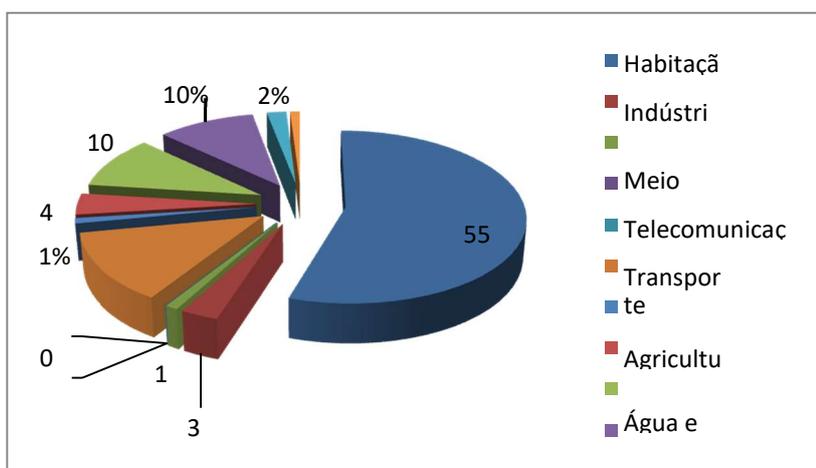
### Perdas e Danos decorrentes do desastre ocorrido

De acordo com Banco Mundial (2012) relata que: “Com relação às perdas e danos, estimativas do Banco Mundial apontam para custos totais da ordem de R\$ 4.78 bilhões. Dentre estes custos, aproximadamente R\$3.15 bilhões equivalem ao setor público e R\$

1.62 bilhões são de propriedade privada. Referente aos prejuízos, no setor habitacional teve os custos privados mais relevantes (R\$ 647 milhões). Os setores sociais foram os que mais sustentaram perdas e danos, com um custo total previsto em R\$ 2.69 bilhões. Em segundo lugar, o setor de infraestruturas foi chocado por volta de R\$ 1 bilhão. Os setores produtivos tiveram custos diretos e indiretos estimados em R\$ 896 milhões, ao passo que os impactos ambientais foram estimados em R\$ 71.4 milhões.

Segue abaixo a figura 37 que mostra as perdas e danos.

Figura 37 - Perdas e danos, distribuição por setor



Fonte: Banco Mundial, 2012

De acordo com a Prefeitura de Nova Friburgo, até o mês de novembro de 2015, 1.857 casas populares tinham sido dadas às vítimas dos desastres no município de Nova Friburgo. Ainda conforme a prefeitura, em 2011, 20% das casas condenadas pela Defesa Civil foram derrubadas e apenas em abril de 2016 a demolição das casas condenadas em áreas de risco reiniciou. A Secretaria de Obras do Estado do Rio de Janeiro derrubou 136 construções, o que causou um gasto de cerca de R\$1,4 milhões. Por causa da topografia irregular, têm várias habitações em cenários de risco de deslizamentos, o que foi redito depois o desastre de 2011, logo várias residências foram demolidas ou condenadas, ampliando o déficit habitacional. Estimou-se que em 2015 havia cerca de 40 mil famílias em situação de vulnerabilidade habitacional (PDUE, 2015).

Com auxílio da engenharia civil, esses e outros desastres naturais poderiam ser interferidos. Com inúmeros tipos de contenções existentes e pertinentes, conforme a necessidade local, esses problemas catastróficos serão evitados.

### **Técnicas de contenções**

A utilização de estruturas de contenção viabiliza a estabilidade da encosta quando estudada como um todo, assim sendo a contenção do maciço é uma combinação de proteção superficial, drenagem e retaludamento (ALHEIROS et al, 2003).

De acordo com Barros (2008) a finalidade das estruturas de contenção é contribuir

na estabilidade de maciços, precavendo sua ruptura através de movimentos de massa provocados por seu peso próprio ou até por carregamentos externos.

Conforme a NBR 11682, há várias soluções para o uso de ancoragens de taludes e outros objetivos e Esta Norma (NBR 11682) prescreve os requisitos exigíveis para o estudo e controle da estabilidade de encostas e de taludes resultantes de cortes e aterros realizados em encostas. Abrange, também, as condições para estudos, projeto, execução, controle e observação de obras de estabilização. Em ainda associação deve seguir a NR 18, que se refere Prevenção de Riscos na Estabilização de Taludes.

Algumas medidas corretivas e preventivas para que não ocorram desastres nas regiões serranas, podem ser associados ao uso de contenções e para escolher a melhor técnica indicada para cada tipo de caso deve-se ater ao custo versus benefício de cada uma, que se estabelece através do grau de dificuldade de acesso ao local da obra, bem como os resultados laborais do perfil geológico e geotécnico do terreno, o tipo e a grandiosidade dos escorregamentos, estudo do fator de segurança e da estabilidade global do talude ou encosta e os impactos ambientais e de segurança do trabalho. E aliado a isto, o estudo técnico-financeiro que definirá a viabilidade da contenção.

A seguir serão apontadas as principais soluções de engenharia que em geral, relacionada a contenção, resolve a maior parte dos riscos urbanos de deslizamentos como formas estruturais de intervenção, tangendo a um engenheiro civil, indicar a solução mais viável, referente com o processo perigoso que deve ser contido ou mitigado.

As técnicas de contenções mais conhecidas são: gabiões, parede-diafragma, parede atirantada, solo armado, geossintéticos e solo-cimento ensacado

## Muro de Gabiões

São chamados de muros de gabiões, os muros de gravidade formados por elementos metálicos desenvolvidos com telas de malha hexagonal de dupla torção de arame galvanizado preenchidos por pedras (MACCAFERRI, 2009).

Segundo Barros (2015), os muros feitos em gabiões são um dos mais antigos construídos pela humanidade e é composto por nada mais que uma malha metálica hexagonal com dupla torção, preenchida com pedregulhos de diferentes diâmetros (um cuidado importante, é o diâmetro do agregado usado para preencher as gaiolas metálicas que deve ser sempre maior do que o da malha, para evitar dos pedregulhos escaparem da gaiola).

Barros (2015) ainda cita que com isso os muros de arrimo de gravidade feitos com gabiões, depois de acabados, acabam por apresentar características bem vantajosas, tais como: estrutura monolítica, resistente, durável, armada, flexível, permeável, de baixo impacto ambiental, prática e versátil.

Na região de transição entre o gabião e o retroaterro, utiliza-se normalmente geotêxtil ou areia grossa como elemento filtrante, evitando a entrada de solo para dentro da estrutura do gabião.

O gabião é uma solução utilizada na construção civil desde o século XIX. Todos os arames empregados nas estruturas de gabiões têm de estar de acordo com os requisitos técnicos da Norma Brasileira ABNT NBR 8964:2013 (arame de aço para gabiões). Logo, é preciso ter a adequada atenção com o material empregado.

A figura 38 ilustra uma construção de Gabiões na Região Serrana. Imediatamente abaixo tem a figura 39 que mostra também outro muro de gabião.

Figura 38 - Construção de Gabiões em Nova Friburgo



Fonte: Estradas, 2020.

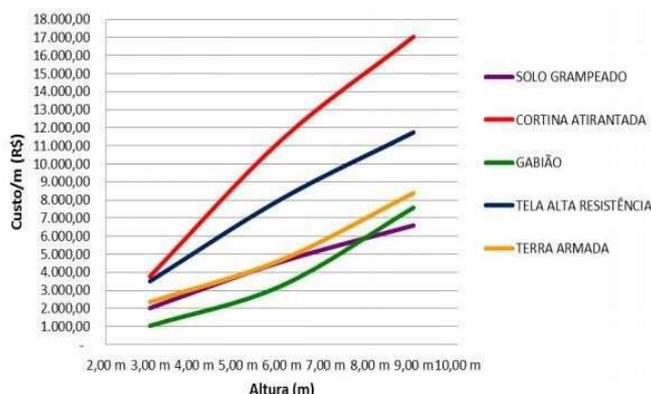
Figura 39 - Contenção com muro de gabiões



Fonte: Escola Engenharia

De acordo com Magalhães e Azevedo (2016) fizeram uma avaliação técnica e econômica de diversas estruturas de contenção para um mesmo talude, em diferentes alturas. Essa análise teve resultado que está apresentado através da Figura 40. O uso de muro de gabião se apresentou a mais barata para a maior parte das alturas avaliadas.

Figura 40 - Contenções: Custo por metro linear (R\$) x Altura.



Fonte: MAGALHÃES e AZEVEDO (2016)

## Parede diafragma

Chama-se de parede diafragma (pré-moldadas) basicamente, de painéis pré-moldados (em usina ou no canteiro) em concreto armado ou protendido. Uma distinção relevante no método executivo em relação às moldadas in loco se dá pela substituição do fluido estabilizante pela coulis, uma mistura de cimento, água e bentonita antes da colocação dos painéis, visando preencher os espaços entre as juntas, assegurando estanqueidade (BRASFOND, 2013 apud ALMEIDA, 2013). Elas devem ser contruídas segundo a NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, (2007) e NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT (2010).

Dentre muitos outros métodos de contenção do solo, surge o método da parede diafragma que, em poucas palavras, permite uma escavação segura onde a parede de contenção praticamente “já está lá”, durante a retirada do solo. O diferencial para paredes diafragma em relação a outros tipos de muros de arrimo é o fato de a estrutura ser executada antes da remoção da terra que contemplará a obra.

Figura 41 - Construção de parede diafragma



Fonte: Tecnosolo, 2011.

## Cortina atirantada

Chama-se de cortina atirantada, um muro de contenção (Figura 42) que tem uma parede de concreto armado, comumente na vertical com o complemento de tirantes, que são concretados no terreno numa profundidade pré-determinada em projeto para que desta forma, se torne estável, evitando a ruptura ou o trabalho indesejado da estrutura de contenção (GERSCOVICH et al, 2017).

As cortinas atirantadas são feitas de acordo com a NBR 6122: Tirantes ancorados no terreno- projeto de execução. A cortina atirantada é composta de um muro de concreto e de tirantes protendidos.

Em comparação com muros de arrimo ou de contenção, a cortina atirantada apresenta a vantagem de poder ser projetada independentemente da altura do talude. “Já os muros ficam mais espessos proporcionalmente à altura, chegando a espessuras proibitivas em taludes altos”, afirma Roberto Massaru Watanabe, engenheiro civil com experiência em projetos viários do estado de São Paulo.

A primeira etapa para a execução da cortina atirantada consiste na perfuração da encosta com uma perfuratriz hidráulica em ângulo e profundidade determinados pelo projeto. “Depois, é introduzida a bainha e, nela, o conjunto formado pelo tirante, os espaçadores e o tubo de injeção”, conta Watanabe.

A cortina atirantada requer inspeção periódica para avaliação do concreto e das cabeças dos tirantes. Além disso, o eventual sistema de drenagem profunda demanda lavagem dos drenos, enquanto o sistema superficial exige o desentupimento de canaletas e das caixas de passagem.

A figura 42 abaixo ilustra uma construção de cortina atirantada.

Figura 42 - Construção de cortina atirantada em Nova Friburgo



Fonte: TECSONDA, 2013.

## Solo armado

Conhecido como solo armado ou terra armada é o nome dado à estrutura de solo reforçado que combina solo de aterro compactado, reforços e um paramento exterior que impossibilite a ruptura ou erosão do solo na zona do paramento do muro (SILVA, 2012). Os reforços normalmente são fitas de aço galvanizado especial, ao passo que o paramento externo é constituído por escamas metálicas flexíveis ou placas rígidas de concreto armado (CARVALHO, 1991). Em conformidade com a NBR 19286:2016 Muros em solos mecanizados estabilizados.

O sistema Muro Armado ou terra armada, é constituído pela associação de solo granular de aterro e armaduras de aço lineares flexíveis galvanizadas, colocadas horizontalmente no interior do aterro, à medida que o aterro vai sendo construído.

As armaduras são conectadas diretamente às escamas pré-moldadas de concreto através de ligações galvanizadas. As ligações galvanizadas são concretadas nas escamas pré-moldadas de concreto.

As escamas pré-moldadas de concreto, se encaixam entre si, formando um paramento vertical com a finalidade de limitar o aterro, conservando as juntas abertas para efeito de drenagem e de articulação das peças.

A figura 43 abaixo, ilustra uma construção de solo armado.

Figura 43 - Construção de solo armado



Fonte: SOLO ARMADO, 2002.

## Geossintéticos

Conhecido como geossintéticos, são materiais poliméricos que conseguem fazer várias funções em obras geotécnicas, sendo suas aplicações relevantes : controle de erosão superficial, drenagem, filtração, impermeabilização, proteção, reforço e separação (AGUIAR; VERTEMATTI, 2015)

Uma alternativa de material a ser usado no reforço de solo é o geossintético. Nos últimos anos, estes têm concedido a execução de soluções mais rápidas e baratas (VERTEMATTI, 2015), possibilitando a adoção de estruturas com face vertical ou maciços mais íngremes, ambos flexíveis. A redução do impacto ambiental por causa da obra, a chance de se usar de mão de obra não qualificada e a execução em locais com dificuldade de acessar são alguns atrativos desta opção (EHRlich et al., 2015).

A figura 44 abaixo, ilustra uma construção de Geossintéticos

Figura 44 - Construção de Geossintéticos



Fonte: HUESKER BRASIL, 2017.

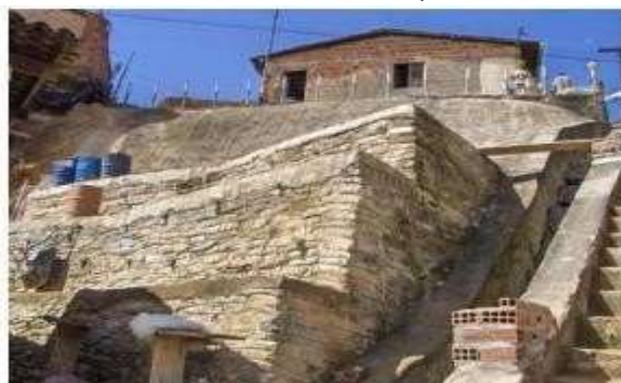
## Solo-cimento ensacado

De acordo com Filho (1989), o solo-cimento ensacado é uma das utilidades mais versáteis deste material. É empregado para contenção de encostas, na proteção de saídas

de água em galerias revestimentos de canais, enfim, onde se deseje a amparo da ação erosiva da água. Conforme NBR 11682: estabilidade de taludes (1991).

Em conformidade com Filho (1989), para a preparação do solo-cimento ensacado, primeiro a massa de solo-cimento fresco é colocada em sacarias que, após de costuradas, são colocadas no local. Os materiais dos sacos podem ser desiguais, e sua finalidade é de servir de fôrma para a compactação. Com o passar do tempo a sacaria se desfaz, deixando apenas o solo-cimento já endurecido, exposto. A disposição dos sacos deve ser organizados de forma que proporcione um travamento entre os elementos. A Figura 45 mostra um muro de solo-cimento ensacado construído no município de Cabo de Santo Agostinho-PE.

Figura 45 - Muro de solo-cimento ensacado no município do Cabo de Santo Agostinho- PE.



Fonte: Santana (2006).

## CONCLUSÃO

O presente trabalho relatou aspectos referentes a movimentos de massa (desastre natural) e alternativas de baixo custo para estabilização de encostas. Diante do exposto, fica evidente que esse é uma situação muito preocupante, tendo em vista os riscos e diversos problemas envolvidos, incluindo a morte. A adoção de soluções de contenção de encostas em áreas de risco se mostra um desafio para as autoridades competentes, considerando o elevado número de áreas de risco existentes, a exemplo de Nova Friburgo.

Observa-se que os desastres naturais no Brasil têm ocorrido cada vez mais, nos últimos anos. O Desastre natural ocorrido em Nova Friburgo, assume contorno catastrófico e é considerado um dos piores desastres do Brasil. A topografia, geologia, hidrografia e regime pluviométrico da região determinam a previsibilidade da ocorrência de acidentes naturais na área, fenômenos diretamente associados com a evolução e moldagem da paisagem. Nos casos, dos deslizamentos observou-se que a grande maioria está associada a áreas antropizadas, onde já não existe a vegetação original bem conservada ou houve intervenção humana para construção de estradas ou terraplanagem para construção de edificações diversas.

Pode-se intervir, evitar ou minimizar esses tipos de catástrofes através de métodos construtivos, através da engenharia civil, uma vez que temos conhecimentos técnicos e recursos a serem investidos, para tal obra de segurança. Portanto, é urgente criar uma política nacional para o enfrentamento dessas ocorrências. É preciso construir planos de prevenção e alerta de desastres naturais nas escalas: municipal, regional e nacional. Considerando o estudo de caso realizado, percebe-se que Nova Friburgo está bastante vulnerável a deslizamentos, configurando-se como uma das áreas mais críticas do Estado do Rio de Janeiro. Portanto, precisa de contenções emergenciais, para evitar novos desastres.

Foram citados os principais tipos de estruturas de contenções que devem ser utilizados, para suportar maciços de solo, como: muros de gravidade, parede diafragma, cortinas atirantadas, muros de gabiões, geossintéticos, entre outros. Logo, é urgente solucionar este problema com algumas das contenções sugeridas.

Vale ressaltar que, para definir a melhor contenção para o local estudado é necessário fazer levantamento do solo, investigar o solo, uma das formas é através de sondagens, exemplo a sondagem a percussão (SPT -Standard Penetration). Após a investigação do solo e estudo da topografia do terreno, é definido a melhor contenção para o local.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, P. R.; VERTEMATTI, J. C. Introdução – Manual Brasileiro de Geossintéticos. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2015.

ALCOFORADO, R. G.; CIRILO, J. A. Sistema de suporte à decisão para análise, previsão e controle de inundações. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 4(6), 133-153, 2001

ALMEIDA, T. Análise, projeto e execução de parede diafragma moldada in loco. 2013. 127 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2013.

ALHEIROS, M. M. et al. Manual de ocupação dos morros da região metropolitana de Recife. Programa Viva o Morro, 1 ed. FISEM, Recife, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimentos com SPT. Rio de Janeiro, 2001.

AYRES, J. R. C. M. et al. Vulnerabilidade e prevenção em tempo de aids. In: PARKER, R. et al.

AMARAL, R.; Gutjahr, M. R. Desastres Naturais. São Paulo: IG/SMA, 2011, 100p.

Sexualidade pelo avesso: direitos, identidades e poder. São Paulo: Editora 34, 1999. p. 33-36.

BANCO MUNDIAL. Avaliação de Perdas e Danos: Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro. 2012. Disponível

Em <[http://mi.gov.br/pt/c/document\\_library/get\\_file?uuid=74dde46c-544a-4bc4-a6e1-852d4c09be06&groupId=10157](http://mi.gov.br/pt/c/document_library/get_file?uuid=74dde46c-544a-4bc4-a6e1-852d4c09be06&groupId=10157)>. Acesso em: 06/06/2021.

BARROS, P.L.A. Manual técnico de obras de contenção. 1ed. São Paulo: Maccaferri do Brasil, 2008.

BELMONTE, Roberto Villar. Cidades em Mutação. Menos catástrofe, mais ecojornalismo. In: VILAS BOAS, Sérgio (org.). Formação Informação Ambiental. São Paulo: Summus Editorial, 2004.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. Política Nacional de Assistência Social – PNAS/2004: norma operacional básica. Brasília, 2005. Disponível em: <[http://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/assistencia\\_social/Normativas/PNAS2004.pdf](http://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/assistencia_social/Normativas/PNAS2004.pdf)>. Acesso em: 22 maio 2021.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Icone, 6ª ed. São Paulo, 2008, 355p.

Becker, L. de B., 2011 Notas de Aula da Disciplina de Estabilidade de Taludes e Estruturas de Contenção.

BORGES, A. C. Indicadores da qualidade e valoração dos benefícios ambientais no tratamento da água de bacias hidrográficas da serra do Mar em Nova Friburgo, RJ. 2005, 97p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais)

– UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO.

BORGA, M.; ANAGNOSTOU, E.N.; G. BLOSCHL, G.; CREUTIN, J.D. Flash flood forecasting, warning and risk management: the HYDRATE project. Environmental Science & Policy, 14, 834- 844, 2011.

BLAIKIE, P., T. CANNON, I. DAVIS & B. WISNER. At Risk: Natural Hazards, Peoples' Vulnerability and Disasters, London: Routledge, 1993. <[10%20Geografia\\_Os%20movimentos%20de%20massa.pdf](http://www.geografia.ufpr.br/revista/10%20Geografia_Os%20movimentos%20de%20massa.pdf)> Acesso em: 04 jun. 2021.

Brasil. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Comunicação de riscos e de desastres. Curso a distância / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED, 2010.

CAMPOS, I. M. Conheça os três tipos principais de solo: areia, silte e argila.

IBDA. Disponível em <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=9&Cod=59>> . Acesso em 2 jun 2021.

CAPUTO, H. P. (1988). Mecânica dos Solos e Suas Aplicações. vol.1, 6ª ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2015. 248p.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra. Manual de planejamento em Defesa Civil. Vol.1. Brasília: Ministério da Integração Nacional/Departamento de Defesa Civil, 133 p., 1999.

CARVALHO, P. A. S. (coord.) Manual de Geotecnia: talude de rodovias, orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas. São Paulo: IPT, 1991.

CPRM. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro, Caracterização hidrogeológica do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001.

CEMADEN. Inundação. Página oficial. Acesso em maio de 2017. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2016/05/cemaden-inundacao>.

CEMADEN. Movimento de Massa. Página oficial. Acesso em maio de 2017. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/deslizamentos/>

Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro. [Site do Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro]. Rio de Janeiro, [200-?]. Disponível em: <http://www.cide2.rj.gov.br>

CEPERJ. Regiões de Governo e Municípios. Estado do rio de Janeiro. 2014. Disponível em: [http://www.ceperj.rj.gov.br/ceep/info\\_territorios/Reg%20Gov\\_2013.pdf](http://www.ceperj.rj.gov.br/ceep/info_territorios/Reg%20Gov_2013.pdf)> Acesso em: 06 jun 2021.

Construção mercado. São Paulo. Editora Pini, Nº 154, Ano 67, Maio 2014.

COPPE. Disponível em: [http://www.coppe.ufrj.br/pdf\\_revista/relatoriochuvras.pdf](http://www.coppe.ufrj.br/pdf_revista/relatoriochuvras.pdf).> Acesso em: 01 jun 2021.

DAS, B. M. Fundamentos de engenharia geotécnica/Braja M. Das; tradução EZ2Translate; revisão técnica Leonardo R. Miranda. – São Paulo: Cengage Learning, 2011.

DEFESA CIVIL. <http://www.defesacivil.sc.gov.br/> Accessed on 20.10.2013; FRASER, N., HONNETH, A., JAMES, I. Redistribution or Recognition? A political-philosophical exchange. London, 2003.

EM-DAT: The International Disaster Database. OFDA/CRED The Office of US Foreign Disaster Assistance/Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium. Disponível em: <http://www.emdat.be>. Acesso em: 10 mai. 2021

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Clima, 2001. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm> .Acesso em: 04/06/2021.

FILHO, F. J. T; O solo-cimento e suas aplicações rurais. Boletim Técnico 117. São Paulo, 1989.

FILHO, Gerson Romero de. Os movimentos de massa na região serrana do Estado do Rio de Janeiro em 2011: diagnóstico e proposição de medidas para enfrentamento de desastres ambientais. Juiz de Fora: CES Revista, v.26, n.1, p. 149-164, 2012. Disponível em: <http://www.cesjf.br/revistas/cesrevista/edicoes/2012/>

Fundação Geo-Rio, 2014 “Classificação dos movimentos de massa” In: Manual Técnico de Encostas – 2 volumes, capítulo 2, Fundação Geo Rio, Rio de Janeiro.

Fundação Geo-Rio, 2014 “Classificação dos movimentos de massa” In: Manual Técnico de Encostas – 2 volumes, capítulo 2, Fundação Geo Rio, Rio de Janeiro.

FREITAS, Eduardo de. Deslizamentos de Encostas; Brasil Escola. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/deslizamentos-encostas.htm>> Acesso em 05 jun 2021.

GERSCOVICH, Denise; DANZIGER, Bernadete Ragoni; SARAMAGO, Robson.

Contenções: teoria e aplicações em obras. São Paulo: Oficina de Textos, 2017

GEOFIX. Disponível em: <http://geofix.com.br/noticia.php?n=87> Acesso em: 03 jun 2021.

GEOSONDA. Disponível em [www.geosonda.com.br/tirantes-resistentes-a-tracao.html](http://www.geosonda.com.br/tirantes-resistentes-a-tracao.html). Acesso em: 20 mai. 2021

GERSCOVICH, Denise. SARAMAGO, Robson. DANZIGER, Bernadete Ragoni. *Contenções: teoria e aplicações em obras*. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=hejEDwAAQBAJ&pg=PP4&lpg=PP4&dq=aut](https://books.google.com.br/books?id=hejEDwAAQBAJ&pg=PP4&lpg=PP4&dq=aut+ores+conhecidos+que+falam+sobre+diferentes+tecnicas+de+conten%C3%A7%C3)

> Acesso em: 01 de jun. 2021.

EMBRAPA (1997). *Manual de métodos de análises do solo*. EMBRAPA, 2ª ed. Rio de Janeiro. GLIESSMAM, S. R. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

GOVERNO DO RIO DE JANEIRO. Disponível em: <[www.rj.gov.br](http://www.rj.gov.br)> Acesso em: 27 de mai. 2021.

GRAY, D.H.; LEISER, A.T. *Biotechnical Slope Protection and Erosion Control*. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida. 1989.

GRID - GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES. IBGE - Desastres naturais atingiram 40,9% dos municípios do país nos últimos anos, 2020. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/grid/noticias/ibge-desastres-naturais-atingiram-40-9-dos-municipios-do-pais-nos-ultimos-anos>. Acesso em: 24 de mai. de 2021.

GUERRA, Antônio J. T.; LOPES, Patrícia B. M. *APA de Petrópolis: características geográficas*. In: GUERRA, A. J. T.; COELHO, M. C. N. *Unidades de Conservação: abordagens e características geográficas*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

GUERRA, Antônio Teixeira. *Dicionário Geológico-morfológico*. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.

GUEDES, F.M. *Informações sobre formações de pastagens consorciadas em unidades montanhosas*. II Curso sobre biologia do solo na agricultura. EMBRAPA- CNPDS (Documento 8). P. 25-28. 1992

HEILBRON, M., MOHRIAK, W., VALERIANO, C. M., MILANI, E., ALMEIDA, J., TUPI-

NAMBÁ, M. *From collision to extension: the roots of the south eastern continental margin of Brazil*. In: Mohriak, W. Talwani, M. (ed.), *Atlantic Rifts and Continental Margins*. Geophysical Monograph 115, American Geophysical Union: 1-31. 2000.

HEILBRON, M.; MACHADO, N. *Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (se Brazil)*. *Precambrian Res.*, 125 (1-2): 87-112. 2003.

HUESKER BRASIL. Disponível em: <<http://youtube.com/watch?v=xRw9hbh23q>> Acesso em: 26 maio. 2021.

IESB – Instituto de Estudo Sócio Ambientais do Sul da Bahia. UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. *Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira: Relatório Final do Levantamento da Cobertura Vegetal Nativa do Bioma Mata Atlântica*, 2007.

Disponível em: <https://www.ambienteduran.eng.br/publicador/PUBLICACOES/MATA%20ATLANTICA>

%20relatorio\_fin al.pdf. Acesso em 06/06/2021.

IPCC. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil (1961 – 1990). Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos> . Acesso em: 03/06/2021.

CEPED - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: volume Brasil. Florianópolis: UFSC; 2012.

JANCZURA, R. Risco ou vulnerabilidade social? Textos & Contextos, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 301-308, ago./dez. 2012. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc>

=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjV9-nl04DaAhUHH5AKHdLFBX0QFggoM

AA&url=http%3A%2F%2Frevistaseletronicas.pucrs.br%2Fojs%2Findex.php%2Ffass%2Farticle%2FviewFile%2F12173%2F8639Risco%2520ou%2520vulnerabilidade%2520social&u sg=AOvVaw0p UA973YUg-c1LNB58qrNX>. Acesso em: 05 jun 2021

LIMA, H.C. de & GUEDES-BRUNI, R.R. (eds.). Serra de Macaé de Cima: Diversidade Florística e Conservação em Mata Atlântica. Rio de Janeiro. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1985, 346p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). [Site oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)]. [S.I.], 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

MACCAFERRI DO BRASIL LTDA. Obras de contenção: manual técnico. Publicação Técnica.

NEW ROADS CONSULTORIA. Sistemas Alternativos para Obras de Contenção. 2018. Disponível em: <<https://newroads.com.br/sistemas-alternativos-para-obras-de-contencao/>> Acesso em: 24 de mai. de 2021.

EHRlich, M.; GOMES, R. C.; SAYÃO, A. S. F. J.; AZAMBUJA, E. Reforços de Fundações – Manual Brasileiro de Geossintéticos. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2015.

MARCONI, M.A., LAKATOS, E.M. Fundamentos de metodologia científica, 7ª Ed. - Editora Atlas S.A. 2010. São Paulo.

MAGALHÃES, Thiago Abdala; AZEVEDO, Crysthian Purcino Bernardes. Análise Técnica e Econômica de Estruturas de Contenção de Taludes. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 18., 2016, Belo Horizonte. Cobramseg, 2016.p. 1 - 8.

MEDEIROS, V. S.; BARROS, M. T. L. Estudo da variabilidade de chuvas intensas na Região Metropolitana de São Paulo e sua importância para a drenagem urbana. In: WORLD WATER CONGRESS, 14, 2011. Porto de Galinhas, PE. Anais... Porto de Galinhas: IWRA – International Water Resources Association, 2011. CD-ROM

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Portaria Conjunta nº148, de 18 de dezembro de 2013. s.l. :Diário Oficial da União, 2013

MORTARI, Diógenes. Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no Distrito Federal. Brasília, 1994.

Notícias Uol. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2012/03/24/deslizamento-de-terra-deixara-rodovia-rio-juiz-de-fora-interditada-por-uma-semana.htm>> Acesso em: 13 mai.2021.

ONU. Fatos sobre desastres. Rio+20 O futuro que queremos, Departamento de Informação Pública das Nações Unidas. Rio de Janeiro, 2012.<<http://www.onu.org.br/rio20/desastres.pdf>> Acesso em: 17 mai.2021.

O estado de São Paulo. Disponível em:

<<http://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,41-das-cidades-do-pais-sofreram-desastres-naturais-de-2008-a-2012,1160573>> Acesso em: 13 out. 2019.

O Globo. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2015/02/chuva-provoca-alagamentos-e-deslizamentos-em-petropolis-rj.html>> Acesso em: 06 jun 2021.

GUERRA, A.J.T. Processos Erosivos nas Encostas. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Editores: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. 2aed, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, RJ, 1995.

ROSS, Jurandyr L. S. Os fundamentos da geografia da natureza. In: ROSS, J. L. S. Geografia do Brasil. São Paulo: EDUSP, 1995.

Pessôa, D., Neto. (2011)Foto disponível em:

<<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=9&Cod=842>> Acesso em: 06 de jun 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVA FRIBURGO. Histórico da cidade.

Disponível em: <<http://novafriburgo.rj.gov.br/nova-friburgo/>> Acesso em : 05/06/2021.

Secretaria do estado do Rio de Janeiro. Disponível em:

<<http://www.rj.gov.br/web/seobras/exibeconteudo?article-id=953516>> Acesso em: 05 jun 2021.

SILVA, N. H. da. MUROS DE TERRA ARMADA – VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA.

2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

SIRKIS, Alfredo. O Desafio Ecológico das Cidades. In: TRIGUEIRO, André (coord). Meio Ambiente no Século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

SOLOARMADO. Disponível em: <<http://soloarmado.com.br/>> Acesso em: 03 JUN 2021.

TASCA, Fabiane Andressa; GOERL, Roberto Fabri; KOBAYAMA, Masato. Prevenção de Desastres Naturais através da Educação Ambiental com Ênfase na Ciência Hidrológica. I SESMAZ - Simpósio de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente da Zona da Mata Mineira; realizado em Juiz de Fora – MG, de 18 a 20 de maio de 2010.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela do (Org). Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TUCCI, Carlos Eduardo M.. Inundações Urbanas. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

UNESP. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/>> Acesso em: 03 jun 2021

UNISDR - The United Nations International Strategy Disaster Reduction.

Disponível em: <http://www.unisdr.org/>. Acesso em: 03 jun 2021.

VEDOVELLO, R.; MACEDO, E. Deslizamentos de encostas. In: SANTOS, R. F. (Org.). Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: MMA, 2007. Disponível em: <<http://goo.gl/aEuO4U>>

VIANA, Denilson Ribeiro; AQUINO, Francisco Eliseu; MUÑOZ, Viviana Aguilar. Avaliação de desastres no Rio Grande do Sul associados a complexos convectivos de mesoescala. Soc. nat. (Online) 2009, vol.21, n.2, pp. 91-105. ISSN 1982-4513.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – NBR 6122: Arames de aço de baixo teor de carbono, revestidos, para gabiões e demais produtos fabricados com malha de dupla torção. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – NBR 6122: Tirantes ancorados no terreno- projeto de execução”. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – NBR 9286:terra armada. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – NBR 11682: estabilidade de taludes. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

**Renato de Oliveira Vieira**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Ueliton Cassio Neto Silva**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Kissila Botelho Goliath**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

Com o crescimento econômico do país, a busca por uma moradia consideravelmente segura tem crescido nos últimos anos, e isso faz com que as grandes construtoras venham inovar o seu modo de construir. O déficit habitacional no país ainda é muito grande, porém, programas governamentais tais como; minha casa minha vida que facilitam o acesso ao crédito bancário, vem diminuindo esta estatística. Isso faz com que haja uma grande procura por moradias nos centros urbanos, no entanto, para suprir essa constante demanda as construtoras vêm inovando com o sistema construtivo de paredes de concreto, trazendo maior agilidade no processo de execução, curtos prazos de entrega e custos programados, padronização do processo, maior qualidade e durabilidade, menos desperdício de material e mão de obra. O presente trabalho visa mostrar por meio de pesquisas conforme a NBR 16055- 2012 o processo construtivo de paredes de concreto moldadas “in loco”. Busca-se, também, apresentar os aspectos construtivos com as melhores práticas para a execução de estruturas de paredes de concreto moldadas no local desde a fundação até a finalização do edifício, abrangendo como exemplo; o tempo gasto na execução, tipos de matérias, mão de obra, que será mostrado no desenvolver deste trabalho.

**Palavras-chave:** Paredes de concreto; Sistema construtivo; Tempo.

## INTRODUÇÃO

Segundo dados da Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRINC) e da Fundação Getúlio Vargas (FGV), o déficit de moradias em 2017 era de 7,78 milhões de unidades habitacionais. O número é bastante expressivo. Ainda, entre 2015 e 2017, houve avanço neste número em média de 200 mil unidades habitacionais por ano (ABRINC, 2018).

Portanto, para atender à demanda por habitação completamente, seria preciso construir em média 1,2 milhão de habitações por ano até 2029.

Para as condições atuais, existe então um cenário desfavorável. Esta constatação é feita a partir da aferição de unidades comercializadas por ano. Em 2018, foram vendidas 115.876 unidades em todo o país, incluindo o PMCMV (programa minha casa minha vida (MARTINS, M. ALVES, 2020).

Com o PMCMV do governo Federal, foi possível coligar métodos mais industrializados da construção civil, que demandaram maior preocupação em relação ao planejamento, gerenciamento e adoção de novos materiais e práticas construtivas em resposta ao déficit habitacional existente, promovendo uma opção viável para a retomada do desenvolvimento econômico e social das cidades. A nova adoção ao modelo de construção mais enxuta e industrializada, como é o caso do sistema construtivo em paredes de concreto, por exemplo, foi um dos grandes propulsores da retomada de crescimento do setor da construção civil ante a crise econômica enfrentada em todo o país (SANTOS, 2021).

Esse sistema consiste basicamente entre o emprego de fôrmas removíveis que são utilizadas para moldar a parede, armadura metálica eletrosoldada e concreto que unidos constituirão uma estrutura monolítica (CORSINI (2012)

Quando se faz necessário a construção de edifícios de vários pavimentos ou grande quantidade de unidades em um curto espaço de tempo, surge a necessidade de tecnologias que favoreçam a conclusão da obra em um período reduzido. Levando em consideração essas informações, o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas “in loco” colabora com o objetivo de um processo rápido da edificação. (SANTOS, 2013).

Segundo Tauil (2016), esse sistema construtivo é o mais utilizado nas moradias dos programas habitacionais brasileiros, (PMCMV), e vem contribuindo há algumas décadas para diminuir o déficit habitacional do Brasil. “É um sistema que chega a ser até 30% mais econômico do que a construção convencional em edificações de até dez pavimentos por oferecer uma construção rápida e industrializada”.

O concreto é o principal elemento para o processo construtivo de paredes moldadas “in loco”. Em 2012 entrou em vigor a NBR 16055-2012, que normatiza a tecnologia em questão. Este método contribui para que esse processo construtivo se torne mais popular e padronizado (REVISTA TECHNOENG, 2020).

De acordo com Misurelli e Massuda (2009), o sistema construtivo de paredes de concreto oferece produtividade, economia e qualidade quando o problema é a redução do déficit habitacional.

Em 2008, o Brasil foi atingido pela maior crise do capitalismo nos últimos 80 anos, uma crise econômica mundial desencadeada pelos Estados Unidos por causa de especulações imobiliárias. O governo brasileiro na tentativa de reparar os danos provocados pela crise, como o desemprego e a desaceleração do crescimento econômico do país, adotou algumas medidas de combate à crise. Dentre essas medidas estava o investimento no setor da construção civil. Assim em março de 2009, foi anunciado pelo governo federal o grande carro chefe da economia brasileira, o programa Minha Casa Minha Vida, um plano habitacional voltado para a população de baixa renda e para a classe média (MANTEGA, 2009).

O PMCMV foi criado com o objetivo de construir um milhão de unidades habitacionais para famílias que possuíssem até uma determinada faixa de renda, posteriormente o programa foi incluído no PAC (Programa de Aceleração do crescimento) com a previsão de 2 milhões de moradias (SHIMIZU, 2010).

A grande demanda por habitações de interesse social forçou o mercado a investir nos chamados sistemas inovadores, que apresentam processos construtivos racionalizados, que buscam um menor consumo de mão de obra e otimização do tempo de execução através do aumento do uso de produtos e processos industrializados (CIBIC, 2013).

Trata-se de um sistema construtivo que se caracteriza pela moldagem no local abrangendo todas as instalações, com uma finalidade de construir com rapidez paredes de função estrutural ou de vedação. (ECOPORE, 2012).

De acordo com as estimativas das Nações Unidas, cerca de 100 milhões de pessoas em todo o mundo não tem onde morar e mais de um bilhão não tem uma habitação adequada. E se caso não se trabalhe para melhorar a situação, em 2050 o número pode chegar a três bilhões de pessoas vivendo em assentamentos precários. No Brasil estes dados também não são muito animadores, pois de acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada o déficit habitacional no Brasil em 2012 já era de 5,24 milhões de domicílios (IPEA,2013).

“Com o crescimento do mercado imobiliário brasileiro e as contínuas medidas públicas para ampliar a oferta de moradias, o sistema parede de concreto representa uma solução factível para produção em escala” (MISSURELLI e MASSUDA, 2009).

Para atender à crescente demanda populacional, foi criado o sistema construtivo parede de concreto ao qual proporciona a execução de construções térreas, assobradadas e edifícios podendo conter até mais de 30 pavimentos em situações especiais (MISSURELLI e MASSUDA, 2009).

No entanto baseado nas afirmações de Missurelli e Massuda (2009), esse sistema demonstrou-se bastante eficaz no combate ao déficit habitacional, além de oferecer diversas vantagens como obras econômicas, maior efetividade na produção em larga escala, qualidade de seus produtos, os quais podem ser aplicados em diversos tipos de edificações.

Outro ponto de destaque fica por conta da mão-de-obra, que dispensa uma especialização. A produtividade é obtida através de aperfeiçoamentos diários, onde são realizados treinamentos direcionados a este sistema, e que nos treinamentos os funcionários passam a ser os montadores, que irão executar todos os serviços necessários: Armação; instalações; montagem; concretagem e desfôrma

O meio utilizado para a elaboração deste trabalho deu-se por meio de referências bibliográficas, revistas, documentários, sites eletrônicos, normas NBR ABNT. O estudo de caso foi realizado no empreendimento da MRV engenharia.

O objetivo geral é apresentar o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas “in loco” abrangendo todos os seus elementos construtivos, a fim de permitir um maior conhecimento acerca do mesmo.

Os objetivos específicos do estudo são:

apresentar o método construtivo do Sistema Paredes de Concreto;

- expor as vantagens e desvantagens;
- analisar o sistema por meio das normas técnicas vigentes aplicáveis ao procedimento, bem como diretrizes e textos relevantes aos métodos executivos;
- realizar acompanhamento desde a montagem das formas, concretagem e desfôrma em uma obra realizada pela MRV engenharia.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Para o estudo do sistema de paredes de concreto moldadas “in loco”, se faz necessário analisar os conceitos básicos tais como; a compreensão do contexto histórico em que o concreto armado, principal elemento construtivo do sistema em questão, está inserido; é também necessário estudar como funciona o sistema construtivo de paredes de concreto e os estudos já realizados sobre o assunto.

## Sistema construtivo de paredes de concreto

A ABNT NBR 16055-2012 define o sistema de parede de concreto como “elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede”.

Por ser uma atividade industrial, o sistema de paredes de concreto depende fortemente de seu processo construtivo. As soluções propostas em uma criatividade engenhosa dependem de uma boa execução e uma obra economicamente viável (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2012)

O sistema construtivo de paredes de concreto é um sistema considerado inovador e muito utilizado em edificações de programa social, é composto por paredes monolíticas de concreto moldado no local. A aplicação dessa técnica gera um custo inicial elevado, porém o investimento é compensado quando as vantagens são analisadas (PONZONI, 2013).

Os benefícios da parede de concreto são: velocidade de execução, prazos de entrega e custo programados, industrialização do processo, maior durabilidade e desempenho técnico, economia de material e mão de obra não especializada (MISURELLI E MASSUDA, 2009).

## Histórico

O uso desse sistema no Brasil teve início na década de 1970, para atender a necessidade de entrega rápida dos empreendimentos incentivados pelo governo brasileiro, porém, o uso de paredes de concreto teve baixa demanda com o passar dos anos, sendo retomada com maior intensidade por meio do Programa Minha Casa Minha Vida em 2009. Segundo relatos divulgados pela Caixa Econômica Federal, esse sistema construtivo esteve presente em 36% das unidades produzidas em 2014. A partir do segundo semestre de 2015 esses percentuais cresceram para 52% no auge do programa.

Este sistema construtivo já vinha sendo utilizado por alguns países na América Latina, como por exemplo, Chile e Colômbia. Em 2006, foram visitadas as cidades de Bogotá e Santiago por profissionais liderados pelas entidades brasileiras ligadas a construção civil, ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), ABESC (Associação Brasileira de Serviços de Concretagem) e IBTS (Instituto Brasileiro de Tela Soldada), com o intuito de conhecer o processo construtivo e trazê-lo para o Brasil (ALVES e PEIXOTO, 2011)

Por ser um método ainda novo no Brasil não tinha uma norma que regulamentasse todo o processo, porém, no ano de 2012 foi publicada a Norma NBR 16.055-2012 sendo a primeira norma com relação exclusivamente às construções de paredes de concreto pela Associação Brasileira de Normas Técnicas. Nesta norma foram definidos os critérios de projeto e critérios de execução visando uma padronização em todo o território brasileiro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2012).

Segundo o diretor de comunicação da Associação Brasileira de Cimento Portland, atualmente as paredes de concreto ocupam mais de 50% das obras do Programa Minha Casa Minha Vida (FERNANDES, 2017).

## Processo de construção

A parede de concreto moldada in loco tem como forte característica a racionalização dos serviços, sendo executada mais rapidamente e dessa maneira a construtora poderá trabalhar com prazos de entregas mais curtos. (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2021).

De acordo com as estimativas das Nações Unidas, cerca de 100 milhões de pessoas em todo o mundo não tem aonde morar e mais de um bilhão não tem uma habitação adequada. E se caso não se trabalhe para melhorar a situação, em 2050 o número pode chegar a três bilhões de pessoas vivendo em assentamentos precários. No Brasil estes dados também não são muito animadores, pois de acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada o déficit habitacional no Brasil em 2012 já era de 5,24 milhões de domicílios (IPEA,2013).

Figura1. Paredes de concreto



Fonte: Comunidade da construção 2020

## Fundação

Para o sistema construtivo de parede de concreto moldada “in loco”, pode ser adotado qualquer tipo de fundação, como a sapata corrida, radier, blocos de coroamento para tubulões, sapatas. (COMUNIDADE DO CONCRETO, 2007).

As condições locais do empreendimento influenciam na escolha do tipo de fundação, considerando o aspecto de segurança, estabilidade e durabilidade. Para que ocorra uma boa execução do projeto deve sempre ter uma grande preocupação na hora da execução, porque o nivelamento da fundação é muito importante. (ABCP, 2007).

Um tipo de fundação muito indicada para o método construtivo em questão é o radier (figura 2), que é um tipo de fundação rasa, que abrange toda a área da construção funcionando como uma laje, distribuindo uniformemente as cargas da estrutura para o solo, segundo Massuda (2013).

Figura 2- Fundação radier



Fonte: cliquearquitetura.com.br

## Armadura

O sistema paredes de concreto adota como armação a tela soldada. Este material requer atenção quanto ao seu dimensionamento, detalhamento e interfaces, devendo ser consideradas as especificações da norma ABNT NBR 7481-1990: Tela de Aço Soldada - Armadura para Concreto. No caso das paredes de concreto, a malha de aço pode apresentar várias dimensões (15 cm x 15 cm; 10 cm x 10 cm) bem como o diâmetro dos fios também podem ser variáveis (3,4 mm, 4,2 mm), dependendo do detalhamento do projeto.

A armação mais usual adotada no sistema Paredes de Concreto é a tela eletrossoldada, posicionada no eixo vertical da parede. No entanto a NBR 16055- 2012, não proíbe o uso de barra ou treliça para a armação de lajes e paredes. Geralmente as barras são utilizadas como reforços em regiões de maior tensão, como as bordas e vãos de portas e janelas, e como auxílio na fixação e sustentação dos painéis de tela. Em edifícios mais altos as paredes devem receber duas camadas de telas soldadas, posicionadas verticalmente, e reforços verticais nas extremidades das paredes (MISURELLI E MASSUDA, 2009).

A NBR 16055-2012 estabelece que em paredes de até 15 cm pode-se utilizar uma tela centrada, no entanto paredes com mais de 15 cm ou qualquer parede sujeita a esforços horizontais ou momentos fletores aplicados, deve-se utilizar armação com duas telas (CORSINI, 2012).

Figura 3- Telas de aço eletrossoldadas para Paredes



Fonte: ibts.org

## Instalações elétricas e hidráulicas

Segundo a IBRACON (2018), as instalações hidráulicas, diferente das instalações elétricas, não podem simplesmente serem colocadas dentro da parede, pois elas precisam ser maleáveis para possíveis consertos de vazamentos, como estabelece a ABNT NBR 15575 - 2013 de edificações habitacionais - Desempenho. Normalmente são utilizados shafts para esconder as prumadas.

Com relação às instalações elétricas, (figura 4) as caixas de passagem, interruptores e tomadas, são fixadas nos painéis das fôrmas das Paredes de Concreto, por meio de gabaritos, conforme posição indicada em cada projeto. Preenchimento com papel ou pó de serra se faz necessário nas caixas que apresentarem orifícios, de forma a evitar que o concreto penetre nas mesmas e obstrua a passagem dos eletrodutos (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2010).

Figura 4- Instalações elétricas



Fonte: Metro Modular

Vale ressaltar que a NBR 16055-2012 não admite tubulações horizontais, a não ser trechos de até 1/3 do comprimento da parede, não ultrapassando 1 m, e desde que esse trecho não seja considerado estrutural. A norma também não permite tubulações verticais e horizontais nos encontros de paredes (CORSINI, 2012).

### Sistema de formas

Seja qual for o tipo de forma utilizada, todas devem resistir a todas as pressões do lançamento do concreto até que este adquira resistência suficiente para a desforma. As formas também devem ser estanques e manter rigorosamente a geometria das peças que estão sendo moldadas (MISURELLI E MASSUDA, 2009).

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Serviços em Concreto (ABESC, 2012), a escolha adequada do tipo de forma é o fator determinante para a potencialização da produtividade e da economia. Alguns aspectos devem ser considerados para definir o tipo de fôrma, como por exemplo:

- A adequação quanto a fixação de embutidos (hidráulica, elétrica), se houver erro nessa fase, atrasará todo andamento da obra, já que as etapas desse método construtivo são simultâneas;
- A modulação dos painéis, que interfere diretamente na economia do empreendimento;
- A produtividade da mão de obra na operacionalização do conjunto;
- O peso por m<sup>2</sup> dos painéis, onde painéis muito pesados dificultam a movimentação e transporte dentro da obra;
- A durabilidade das chapas e número de reutilização, esse fator depende do material de cada fôrma;
- A análise econômica e comercialização (locação venda e leasing), certos materiais de formas são caros, ou de difícil localização para compra ou aluguel no Brasil, por isso esse fato deve ser levado em conta na hora da escolha da forma;
- Agilidade de atendimento (oferta de treinamento e assistência técnica), fato muito importante, devido a necessidade de assistência em várias etapas de montagem e desmontagem das formas.
- O suporte técnico do vendedor (capacidade instalada, área de cobertura).

De acordo com a Comunidade da Construção (2008), os tipos de formas mais comum no sistema Paredes de Concreto são: formas plásticas, formas metálicas em alumínio, formas de madeira.

## Formas plásticas

O sistema de formas de plástico é composto por módulos intercambiáveis de diversos tamanhos com encaixes tipo macho e fêmea. Entre as principais vantagens oferecidas pela solução estão a leveza e a facilidade de manuseio dos painéis, que podem se ajustar às diversas medidas de comprimento e altura exigidos em projeto (CICHINELLI, 2010), como mostrados na Figura 5.

Chichinelli (2010) ainda destaca, o travamento do sistema é feito a partir de quadros metálicos, barras de ancoragem com limitadores para cada espessura de parede, perfis alinhadores, estroncas e aprumadores. Também são utilizados tubos retangulares no radier, com a função de servir de gabarito para o posicionamento das fôrmas e como base de apoio dos quadros metálicos de travamento do sistema.

Figura 5- Formas de plásticas



Fonte: brasil engenharia

## *Formas metálicas em alumínio*

Nas formas metálicas (Figura 6), são utilizados quadros e chapas de metal. Esses materiais dão a sustentação necessária e o acabamento final da peça depois de concretada. Atualmente é o sistema mais procurado para a execução de paredes de concreto moldadas no local. Tem como pontos fortes a sua elevada vida útil podendo segundo (CORSINI, 2012) ter seu ciclo de utilização entre quinhentas e duasmil vezes, sendo o sistema que menos produz passivos ambientais e ainda constitui o sistema de formas que exige menor manutenção, além de possibilitar ciclos de concretagem menores. No entanto suas desvantagens podem ser citadas como seu elevado preço de aquisição ou aluguel. Dentre todos os sistemas é o que apresenta menor flexibilidade, por isso é o sistema que necessita de uma melhor análise dos projetos e procedimentos de execução (NAKAMURA, 2007).

Figura 6- Formas metálicas em alumínio



Fonte: blog da liga

## Formas de madeira

As formas de madeira (Figura 7), são compostas por quadros em peças metálicas (aço ou alumínio) e chapas de madeira compensadas, podendo estas serem resinadas ou plastificadas nas dimensões 2,20m x 1,10m e 2,44m x 1,22m em espessuras que variam entre 6 e 21mm ou conforme o projeto. Suas principais vantagens podem ser observadas como sua versatilidade e adaptabilidade, podendo ser utilizado na confecção de diversas formas e tamanhos, facilidade de transporte no canteiro de obras, necessidade de equipamentos simples para sua modelagem e aliado a vasta familiaridade da mão de obra encontrada no mercado, tornam a utilização deste material altamente competitiva. Já suas desvantagens, podemos abordar a grande produção de resíduo, que não sendo reciclado de forma correta podem agredir ao meio ambiente, a produtividade e durabilidade estão sensivelmente ligadas a capacitação da mão de obra, que em geral são inferiores se comparadas com os outros sistemas de fôrmas (NAKAMURA, 2007).

Figura 7-Formas de madeira



Fonte: Comunidade da construção

## Desmoldante

Venturini (2011) faz uma observação importante, antes da montagem da forma é necessário à aplicação de desmoldante em todos os painéis que compõem a forma. O desmoldante tem a função de garantir a retirada da fôrma sem danificações, após a concretagem, possibilitando a reutilização da mesma. A ABCP (2010) diz que cada tipo de

forma requer um tipo de agente desmoldante. Em fôrmas de alumínio, o desmoldante ideal é aquele a base de parafina líquida e água.

## Concreto

Para Misurelli e Massuda (2009), a aplicação do concreto nas formas deve obedecer a um planejamento detalhado, levando em consideração as características do concreto que será utilizado, a geometria das formas, o layout do canteiro e as características do empreendimento.

Segundo a NBR ABNT 16055-2012, o concreto pode ser preparado em empresas especializadas ou pelo executante da obra, devendo assumir toda a responsabilidade sobre o mesmo, cumprindo todas as prescrições descritas na NBR ABNT 12655-2015 Normas relativas as etapas de preparo, controle, recebimento, e aceitação na obra, e a NBR ABNT 7212-2012 Procedimentos de execução de concreto dosado em centrais.

MISURELLI e MASSUDA (2009), destacam quatro tipos de concreto mais utilizado neste tipo de estrutura, cada um com suas peculiaridades.

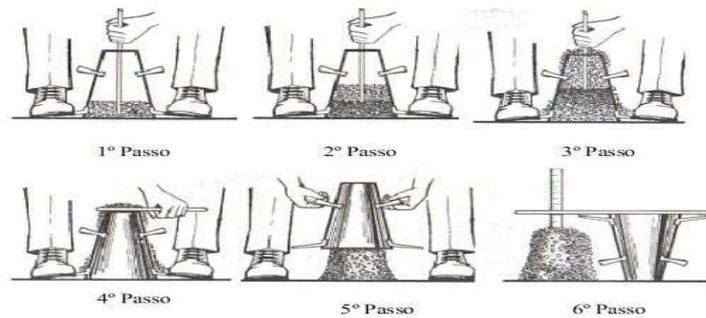
QUADRO 01 - Classes de concreto.

<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Massa específica kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Resistência à compressão mínima Mpa</b>
L1	Concreto celular	1.500 a 1.600	4
L2	Concreto com agregado leve	1.500 a 1.800	20
M	Concreto com ar incorporado	1.900 a 2.000	6
N	Concreto auto adensável	2.000 a 2.800	20

Fonte: FONSECA JR. (2008)

Pra que o concreto consiga atender todas as especificações exigidas no projeto quanto sua resistência e trabalhabilidade, deverão ser realizados ensaios descritos pela NBR ABNT 16055-2012. A obtenção dos resultados de trabalhabilidade deverá ser realizado com o concreto no seu estado fresco, para isso precisa-se fazer o ensaio para determinar o abatimento do tronco de cone (Slump Test, figura 8) prescrito na NBR NM67 ABNT-1998, e caso haja uso de aditivo superplastificante, também deverá ser feito o ensaio de determinação do espalhamento do concreto (Slump Flow, figura 9) conforme NBR ABNT 15823/2-2017. Já para obtenção dos resultados de resistência do concreto, será realizado o ensaio de compressão axial conforme a NBR ABNT 5739-2018.

Figura 8- Slump teste



Fonte: Clube do concreto

Figura 9- Flowtest



Fonte: Comunidade da construção

## Concreto celular

Segundo a norma NBR ABNT 12645-1992 o concreto celular possui em sua composição ar, areia, cimento, fibras e água, é um concreto de tipo leve, que utiliza adição especial de espuma ao invés de agregados convencionais. Pode ser utilizado em paredes, divisórias e nivelamento de pisos. É muito empregado em projetos de casas populares, garantindo eficiência energética, isolamento térmico e acústico, mantendo sustentabilidade.

Para Neville (2016), o concreto celular apresenta alta fluidez, facilitando o seu bombeamento e lançamento, dispensando a necessidade de adensamento. A produção desse material consiste na introdução de bolhas de gás geradas pela junção entre o agente espumante e a mistura de cimento, água e agregado miúdo ou por inserção de espuma previamente produzida na betoneira com os demais materiais. Geralmente é adicionado o pó de alumínio finamente moído como agente espumante que, em contato com os álcalis do cimento, proporciona uma reação que libera gás hidrogênio, causando a expansão da pasta de cimento ou argamassa e conseqüentemente, a diminuição da sua massa específica e resistência a compressão.

## Concreto com agregado leve

A principal característica desse material é a leveza, isso ocorre devido à substituição dos agregados comuns por agregados leves como argila, isopor e até pela incorporação de bolhas de ar. Ele possui um bom desempenho térmico e acústico, mas seu desempenho é

menor quando comparado com o concreto celular e de teor de ar incorporado (NEVILLE, 2016).

Comunidade da Construção (2008) destaca que, para atender as condições de resistência exigidas no sistema de paredes de concreto, deve-se utilizar apenas argila expandida como agregado graúdo dessa tipologia.

### **Concreto com alto teor de ar incorporado**

O concreto com alto teor de ar incorporado possui características mecânicas, térmicas e acústicas semelhante ao concreto celular, entretanto tem seu teor de ar incorporado em 9%. (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2008).

Segundo ABCP (2008) este concreto é empregado em edificações de até dois pavimentos, porém a resistência especificada não deve ultrapassar a resistência mínima de 6 MPa. E apresenta características similares às do concreto celular.

### **Concreto autoadensável**

A principal propriedade do concreto autoadensável é a sua capacidade de preencher espaços sem a necessidade de nenhuma interferência. Para seu adensamento não é necessário o uso de vibrador. Suas características no estado fresco são diferentes do concreto convencional. Este concreto é mais utilizado na fabricação de pré-moldados, geralmente na sua produção usam-se aditivos superplastificantes, sendo considerado uma boa alternativa de para o sistema de paredes de concreto (REPETTE, 2008).

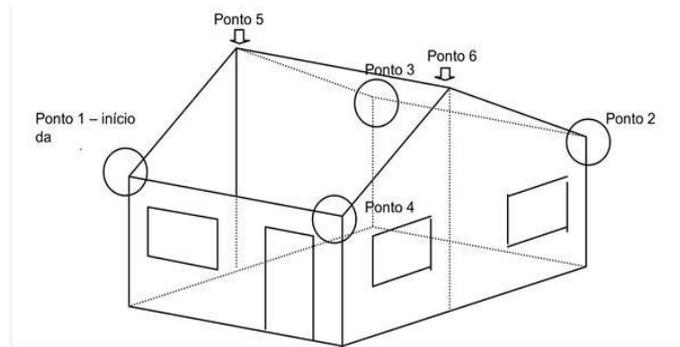
### **Transporte e lançamento**

Para a Comunidade da Construção (2008), o processo de concretagem e todas as ações precedentes é fundamental para que a estrutura executada corresponda ao projeto estrutural, garantido durabilidade e a qualidade desejada. Uma das produções mais eficientes ocorre a partir de concretos dosados em centrais e fornecidos ao canteiro em caminhões betoneira, incorrendo-se sempre em melhores controles de: qualidade de agregados, medidas em peso, precisão de volumes, garantia da concreteira quanto ao desempenho do concreto recebido etc.

A NBR ABNT 16055-2012, ressalta que, o tempo de transporte do concreto ao sair do local de dosagem até o local da concretagem deve ser compatível com o tempo de lançamento. Sendo contabilizado a partir da primeira adição de água da mistura. Esse tempo é limitado em 90 minutos para a entrega do concreto e 150 minutos para sua aplicação, a partir da primeira adição de água. De acordo com Comunidade da Construção (2008), para o caso do concreto autoadensável (Tipo N), a aplicação deve ocorrer em, no máximo, 40 minutos após a colocação do aditivo superplastificante e, para o concreto celular (Tipo L1), deve-se aplicá-lo em até 30 minutos após concluído o processo de mistura da espuma.

Para a comunidade da construção (2008) o lançamento deve-se iniciar por um dos cantos da edificação (figura 10), até que uma significativa parcela das paredes próxima ao ponto esteja totalmente cheia. Em seguida muda-se a posição em direção ao canto oposto, até que se complete o rodizio dos quatro cantos opostos da estrutura. Para finalizar o processo de concretagem, deve ser lançado no ponto mais elevado da estrutura.

Figura 10- Plano de concretagem para edificações térreas



Fonte: Comunidade da construção

### Vantagens e desvantagem no sistema de paredes de concreto

O sistema de paredes de concreto é sistema que se baseia completamente em conceitos de industrialização da produção, de matérias e equipamento, mecanização modulação, controle tecnológico, multifuncionalidade e qualidade da mão de obra.

Eduardo Moraes, gerente nacional da ABCP Norte Nordeste ressalta que além de todas as vantagens referentes ao tempo de obra e custo oferecidos pelo sistema de paredes de concreto, observa-se também a diminuição de até 70% de mão de obra quando comparado ao sistema tradicional. A facilidade de ter vãos de esquadrias e instalações elétricas e hidráulicas já embutidos e prontos após a concretagem, reduz não só o tempo de execução, mas também custos globais da obra, além de reduzir o desperdício e a geração de entulhos (ABCP, 2012).

O sistema é recomendável para empreendimentos que têm alta repetitividade, como condomínios horizontais ou com muitos blocos e edifícios residenciais. Obras que exigem das construtoras prazos de entrega exíguos, economia e otimização da mão-de-obra. SACHT (2008) destaca as principais características como:

- Alta produtividade;
- Execução simultânea da estrutura e vedação;
- Racionalização da produção das vedações, com alta produtividade, baixo índice de perdas e mão de obra reduzida;
- Pode dispensar revestimentos, recebendo a pintura diretamente;
- Aumento de produtividade, devido à existência de uma sequência definida de tarefas;
- As fôrmas reutilizáveis permitem a construção de uma habitação por dia;
- Aumento da área útil da habitação, pois a espessura das paredes geralmente é menor;
- Sequência ordenada de trabalho, permitindo a simplificação de tarefas;
- O sistema construtivo exige organização e maior planejamento do processo de construção, logo, as soluções devem ser tomadas previamente à execução;
- Consumo de mão de obra reduzido;
- Custo geral da obra competitivo.

Sacht (2008) destaca como desvantagens deste sistema:

- Dificuldade de reaproveitamento das formas: por serem feitas especificamente para cada projeto, as fôrmas dificilmente serão usadas em projetos diferentes.
- As patologias, principalmente as fissuras, a umidade e o desempenho insatisfatório decorrentes do inadequado emprego do passado contribuem para a pouca utilização no presente.
- Na execução com paredes monolíticas moldadas in loco, algumas limitações podem ser apontadas em relação ao projeto principalmente em relação a modificações devido à função estrutural;
- Há na maioria dos casos necessidade de equipamentos de grande porte, que são geralmente pesadas e de grandes dimensões, os mesmos são necessários para o transporte das formas ou do volume de concreto requerido;
- Elevado custo das formas que deve ser reduzido em diversas utilizações. Essa necessidade de alta reutilização ocorre apenas quando se tem uma demanda constante e uma tipologia habitacional definida e ainda é viável para um número de unidades superior a 50.

## **METODOLOGIA**

Para a realização do presente trabalho, elaborou-se a metodologia a seguir descrita:

Pesquisas em ambiente acadêmico de publicações e artigos científicos; a escolha de um empreendimento com a utilização do método pesquisado; caracterização do empreendimento; coleta de dados no canteiro de obras realizados através de entrevistas com profissionais habilitados durante as visitas; análise dos dados obtidos e limitações da pesquisa.

### **Escolha do empreendimento**

A escolha do empreendimento a ser estudado baseou-se no método construtivo paredes de concreto moldadas “in loco”, bem como o conjunto de conhecimentos práticos do sistema de paredes de concreto adquirido pela construtora ao longo dos anos.

### **Caracterização do empreendimento**

Há 38 anos no mercado imobiliário, a MRV Engenharia e Participações S.A. (MRV) é a maior construtora residencial da América Latina e, no Brasil, lidera o segmento de imóveis econômicos, além de ser a única a comercializar unidades em mais de 150 cidades de 21 estados e no Distrito Federal. A companhia, sediada na capital mineira, Belo Horizonte, tem se notabilizado pela adoção de soluções sustentáveis em suas construções, em especial a energia solar fotovoltaica em grande escala. É ainda autora dos selos MRV + Verde, de certificação de empreendimentos que atendam a 17 recomendações relacionadas a práticas sustentáveis, e Obra Verde MRV, específico para canteiros de obras que cumprem dez critérios no mesmo sentido, como gestão de resíduos, utilização de madeira certificada, reaproveitamento de água e adoção prioritária de iluminação natural. Ambos os selos têm a chancela da Bureau Veritas Certification (BVQI). Ao fim de 2017, com 14.273 colaboradores diretos e outros 8.088 trabalhadores terceiros, a companhia registrou recorde histórico de vendas, mais de 40 mil unidades, e receita operacional líquida de R\$ 4.760 milhões, o que significa crescimentos de 19% e 12%, respectivamente, em relação ao ano anterior.

O empreendimento fica localizado na zona norte da cidade do Rio de Janeiro, situado à Rua Pompílio de Albuquerque, 51 (Região do Engenho de Dentro – Rio de Janeiro/RJ) contendo as seguintes características:

Área total do terreno: 12.572,20 m<sup>2</sup>.

Elevador; Área de lazer; Salão de Festas; Playground; Pet Place; Salão de Jogos; Espaço Gourmet; Piscinas Adulto e Infantil; Espaço Kids; Gazebo; Bicicletário.

Vagas na garagem; Tipologia das unidades:

Quarto (PCD) Área total: 43,68 ou 45,9 m<sup>2</sup>; 2 Quartos Área total: 43,38 ou 43,48 ou 43,68 ou 45,7 ou 45,9 m<sup>2</sup>;

Quartos com Suíte Área total: 43,68 ou 43,8 ou 45,7 ou 45,9 m<sup>2</sup>.

## **Métodos da pesquisa**

Foram realizadas visitas no local previamente agendadas e devidamente autorizadas, orientadas por profissional habilitado, seguindo todos os protocolos exigidos conforme a norma que visa a segurança do trabalho (NR-18 - Condições de segurança e saúde no trabalho na indústria da construção).

Durante as visitas realizadas no canteiro de obras, foram acompanhadas todas as etapas referentes ao método construtivo adotado, utilizando-se de entrevistas com profissionais responsáveis por cada etapa, realização de registro fotográfico devidamente autorizado, acompanhamento no recebimento do concreto oriundo da usina, acompanhamento do teste de slump e retirada de amostras do concreto para corpos de provas, montagem das malhas de aço das armaduras com o devido acoplamento das futuras instalações elétricas, hidráulicas, cabeamentos de telefonia de internet e de climatização, montagem das fôrmas, concretagem e desfôrma,

## **Limitações da pesquisa**

Devido ao fato de que o empreendimento se encontra em avançado estado de execução, das 4 torres que o compreende, 3 já se encontram em fase de acabamento e 1 em fase construção com a elevação dos pavimentos. Por este motivo não foram acompanhadas as etapas de estudo topográfico, terraplenagem e execução da fundação uma vez que essas etapas já estavam concluídas.

## **ESTUDO DE CASO**

O estudo de campo se deu em uma obra da Construtora MRV engenharia, uma das construtoras pioneiras deste método no Brasil. A obra possui 4 torres, com 10 pavimentos, 12 apartamentos por andar, totalizando 480 unidades. Todos construídos com o sistema de paredes de concreto.

## **Execução da obra**

O início da obra não é diferente das demais, começa pela terraplenagem e sondagem do terreno para assim definir do tipo de fundação.

Este método construtivo pode-se usar qualquer tipo de fundação, porém o mais recomendado são os radiers e sapatas, os radiers são de preferência os mais usados por terem a superfície nivelada, e com isso já estarem preparados para o recebimento das fôrmas.

O tipo de fundação definida na obra, em análise, foi o radier com estacas hélice contínua. O radier já pronto começa a marcação das paredes (figura 11). Para as marcações das paredes primeiramente são definidos os eixos do radier através de dados topográficos daí em diante os armadores começam a delimitar as paredes e cômodos do apartamento.

Figura 11- Marcação das paredes



Fonte: próprios autores

Já finalizada as marcações inicia-se a fixação das telas de aço. Tela eletrosoldada do tipo Q113, 10x10cm e diâmetro de 3,8 mm. As telas são posicionadas no centro das marcações e presa a arranques fixados na laje. Essas armaduras são posicionadas verticalmente para resistir a esforços de flexo-torção e controlar a retração do concreto.

A cada curva de 90° as armações são reforçadas, esses reforços podem ser através de recorte da própria tela ou com barras de aço de diâmetro de 8mm, esses reforços têm por finalidade evitar fissuras na junção das paredes e paredes com laje, após o tempo de cura do concreto. Também são reforçados os vãos juntamente com as vergas e contra vergas das portas e janelas. Junto as armações são colocadas os espaçadores (figura 12), são eles que irão manter, após o lançamento do concreto, o posicionamento correto da armação no centro das paredes.

Figura 12- Espaçador



Fonte: Próprios autores

## Instalações elétricas e hidráulicas

Com as telas de aço já posicionadas nos seus devidos locais, inicia-se as instalações elétricas. Nas instalações elétricas, todas as caixas de passagem, quadro elétrico e eletrodutos são embutidos nas paredes, no entanto todas devem ser instalados antes da concretagem (figura 13).

As caixas de passagens são vedadas e fixadas nas telas, são posicionados também espaçadores próximos a evitar que o concreto cubra sua face.

Figura 13- Caixa de passagem na parede



Fonte: Próprios autores

Para a instalação no teto, só é possível após a montagem das fôrmas, nesse processo a instalação é fixada entre as armaduras positivas e negativas da laje. Nos pontos onde não são passivas as armaduras negativas, é recortado um pedaço da armadura e fixado por cima das caixas, (figura 14). Tendo em vista que essa armadura não resiste a nenhum esforço estrutural, sua função é somente para fixar os pontos de passagem, para que no momento da concretagem não deixe sua posição.

Figura 14- Caixa de passagem no teto



Fonte: Próprios autores

Nos sistemas hidráulicos parte das instalações, como os hidrossanitários, são por fora da estrutura, dentro de shafts, esse tipo de instalações facilita no futuro quaisquer manutenções necessárias, sua instalação só é necessária após a concretagem das paredes e laje, todavia, já é deixado uma abertura na laje e paredes por onde a tubulação irá passar. A instalação hidráulica segue embutida na parede e laje através de tubulação pex (Figura 15).

Figura 15 -Tubulação hidráulica pex



Fonte: Próprios autores

## Montagem das fôrmas

Após já concluída a montagens das telas de aço juntamente com as instalações elétricas, inicia a montagem das fôrmas, para esta obra foram usadas fôrmas de alumínio, são painéis de aproximadamente 18kg/m<sup>2</sup>, isso facilita a locomoção dos painéis pelos operários, desprezando o auxílio de forças mecânicas. Uma das principais vantagens no uso deste tipo de material é a capacidade de reaproveitamento, chegado até 1500 vezes. Porém, para isso é preciso que o mesmo passe por manutenções periódicas.

Antes de posicionar as fôrmas em suas devidas posições é aplicado através de rolo de lã ou espuma o desmoldante, é ele que irá garantir que o concreto não tenha aderência às fôrmas e facilitando suas desmontagens. Daí em diante inicia-se a montagem pela parte interna, logo em seguida a parte exterior e por último a são montados os painéis superiores. É importante que cada painel esteja numerado conforme a planta do projeto. Os painéis operam em conjunto com outras peças como tensor de vãos, cunhas, corbatas, pinos, escoras de travamento, alinhadores horizontais, esses itens tornam a estrutura aprumada, alinhada e travada, pronta para receber o concreto (Figura 16).

Figura 16- Fôrmas metálicas montadas



Fonte: Próprios autores

## Concretagem

O concreto é o item fundamental para este tipo de estrutura, por isso exige um rigoroso cuidado em seu processo.

ABNT NBR 14931-2004 – Execução de Estruturas de Concreto, destaca que para a concretagem devem ser observados todos os procedimentos relativos ao recebimento, liberação, lançamento e amostragem para controle tecnológico.

O concreto sai da concreteira em caminhões betoneiras lacrados e com o tempo cronometrado. Chegando no canteiro de obras é conferido pela empresa contratante e contratada, hora de saída e de chegada e o número do lacre. Após ter feito a conferência de todos os itens necessários o lacre é rompido e é coletado uma parte do concreto para teste de slump e confecção dos corpos de provas (Figura 17).

Para a execução do teste do slump (Figura 18) o operário preencheu um terço do molde do concreto recolhido, com uma haste de aço reta de seção circular, desferiu 25 golpes distribuídos uniformemente sobre o concreto, este processo se repetiu por mais duas camadas subsequentes, totalizando três camadas e 25 golpes por camada. Completado este primeiro ciclo, juntamente com a limpeza do concreto que veio a cair sobre a superfície plana, foi retirado o molde cuidadosamente na direção vertical e posicionado ao lado para iniciar a medição do abatimento do concreto, foram feitas três medidas diferentes nos pontos mais alto do concreto esparramado. Para o tipo de concreto usado na obra o teste do slump é de  $22\pm 3$ , nos três pontos aferidos as medidas foram concludentes e o caminhão pôde seguir para o local da concretagem.

Figura 17- Confecção dos corpos de provas



Fonte: Próprios autores

Figura 18- Teste do slump



Fonte: Próprios autores

O concreto é lançado através de bombas e primeiramente são preenchidas as paredes iniciando pelos cantos da edificação. Nesta primeira parte é reduzida a quantidade de operários em apenas o operário controlador da bomba e o controlador do mangote, uma vez que o concreto utilizado despreza uso de vibradores.

Preenchido todas as paredes, inicia a concretagem da laje (Figura 19) onde se faz o nivelamento do concreto e para esta execução é necessário um número maior de operários. São concretados 3 apartamentos por dia onde são utilizados 51m<sup>3</sup> de concreto.

Figura 19- Concretagem



Fonte: Próprios autores

## Desforma

A desforma só ocorre após o concreto entrar no processo de cura e ter atingido a resistência mínima de 3MPa em aproximadamente 12h. Para isso, é necessário realização do ensaio de compressão do corpo de prova confeccionado no dia anterior. O mesmo é colocado no centro da prensa, (figura 20) sob o disco de Neoprene, pelo operário. Em seguida é pressionado o botão de acionamento da prensa e então começa o processo de resistência à compressão do concreto. No visor localizado na parte superior da prensa é mostrado o máximo de força inserida até o rompimento do corpo de prova. Com o corpo de prova tendo atingido a resistência de 3MPa, inicia-se a desforma das paredes e lajes, para um novo ciclo da construção.

Após a retirada das formas é corrigido algumas imperfeições que tenha ficado durante a concretagem, aplicado o gesso e pintado, dispensado o uso de chapisco e reboco no acabamento final.

Figura 20 - Rompimento do corpo de prova



Fonte: Próprios autores

## Acabamento

Um outro ponto bastante importante neste sistema é o acabamento (Figura 21). O sistema convencional necessita de mão de obra especializada para fazer o nivelamento dos blocos cerâmicos com argamassa, aplicação de massa corrida, lixamento para corrigir imperfeições, aplicação de seladora para somente após ser feita a pintura, o que demanda tempo e custo elevado.

O sistema paredes de concreto por sua vez dispensa estes processos, diminuindo assim o custo e o prazo de entrega pois, após a retirada das formas, são corrigidas algumas imperfeições caso o acabamento final do concreto não tenha sido satisfatório, aplicando-se gesso e logo em seguida é executada a pintura obtendo-se o produto final.

Figura 21- Obra em acabamento



Fontes: Próprios autores

Para atender um mercado mais exigente, onde se construa de forma cada vez mais ecológica e sustentável, o sistema de paredes de concreto trouxe para o meio civil um sistema industrializado, onde as diversas etapas da obra estejam de forma sincronizada, sem provocar erros executivos, evitando desperdício de materiais decorrentes de mau manuseio ou quebras.

## CONCLUSÃO

O aumento populacional e a crescente busca por moradias nos grandes centros urbanos fez com que o setor da construção civil se inovasse e buscasse métodos cada vez mais racionalizados e eficazes. Uma dessas inovações é o método construtivo de paredes de concreto moldado “in loco”, que está sendo aderido pelas grandes construtoras e vem ganhando destaque devido sua grande velocidade de execução.

Em 2009 com o surgimento do programa minha casa minha vida do governo federal, o sistema construtivo de paredes de concreto foi testado, aprovado e usado para atender a exponencial busca habitacional, porém, mesmo já sendo de grande frequência seu uso, só em 2012 que foi criada a ABNT NBR 16055, uma norma nacional específica, que por sua vez proporcionou maior segurança e qualidade de execução.

O aspecto vantajoso neste método é sua velocidade de execução, porém, o custo inicial do material usado neste sistema possui um valor consideravelmente alto. As fôrmas, instrumentos fundamentais na realização deste tipo de construção, podem ser utilizadas várias vezes, o que garante a compensação do seu alto custo inicial, contudo, não se pode

deixar de cumprir suas manutenções periódicas. Vale ressaltar que é preciso fazer uma análise detalhada antes do início da obra sobre o tipo de fôrma a ser utilizada, tendo em vista que os tipos mais comuns são as de metal, madeira e plástico.

É perceptível que o método de paredes de concreto consegue inserir em uma obra um novo parâmetro de industrialização e sistematização da produção de maneira simples e organizada, levando uma alta produtividade a quem lhe tem aderido, no que se refere a obras que demandem grandes repetições.

Diante do estudo feito, concluiu-se que o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas “in loco” é um sistema eficaz, principalmente, em construções habitacionais populares, já que demanda uma redução de tempo, curto prazo de entrega, custo programado e outras vantagens já citadas no decorrer deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM.

**Paredes moldadas in loco.** São Paulo, 2012. Disponível em: < <http://abesc.org.br/informacoes-concreto/> >. Acesso em: 29 de abril de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADORAS IMOBILIÁRIAS – ABRAIN:

**Análise de das Necessidades Habitacionais e suas Tendências para os Próximos Dez Anos.** Disponível em: [AnosABRAINhttps://www.abrainc.org.br/wp-content/uploads/2018/10/ANEHAB-Estudo-completo.pdf](https://www.abrainc.org.br/wp-content/uploads/2018/10/ANEHAB-Estudo-completo.pdf). acessado em 05 de abril de 2021.

ABNT NBR 14931: 2004 – Execução de Estruturas de Concreto

ALVES, C. DE O.; PEIXOTO, E. J. DOS S. **Estudo comparativo de custo entre alvenaria estrutural e paredes de concreto armado moldadas no local com fôrmas de alumínio.** Belém: Universidade da Amazônia, 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16055: **Parede de Concreto Moldada no local para a Construção de Edificações** – Requisitos e Procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Parede de concreto:** coletânea de ativos (2011-2013), 2013. Disponível em: <https://abcp.org.br/download/coletanea-de-ativos-em-paredes-de-concreto-2011-2013/> <https://abcp.org.br/download/coletanea-de-ativos-em-paredes-de-concreto-2011-2013>. Acessado em 28 de abril de 2021.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de Edificações Habitacionais guia orientativo para atendimento à norma ABNT 15575/2013.** Brasília, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/27943/1/An%C3%A1liseEstudoInflu%C3%Aancia%20.pdf> acesso em 26 de março de 2021.

CICHINELLI, G. **Sistema de Fôrmas.** Revista Técnica, n. 155, fev. 2010.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO- **paredes de concreto.**

Disponível em: <https://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/parede-de-concreto/>. Acesso 02 de maio de 2021.

IBTS, Instituto brasileiro de telas soldadas. disponível em: <http://www.ibts.org.br/acesso> em 10 de abril de 2021.

IBRACON, 2018. **Sistemas construtivos paredes de concreto, alvenaria estrutural e préfabricados de concreto.** Disponível em: [http://ibracon.org.br/site\\_revista/concreto\\_construcoes/pdfs/revista90.pdf](http://ibracon.org.br/site_revista/concreto_construcoes/pdfs/revista90.pdf). Acesso em 28 de abril de 2021.

MANTEGA, G. **O Brasil se preparou para enfrentar a crise mundial.** Revista Brasil Economia Sustentável. Ministério da Fazenda, n° 4, p. 3-23, Abr. 2009.

MARTINS, M. ALVES. **Déficit Habitacional no Brasil: um Problema e Também uma Oportunidade.** Disponível em: <https://engenharia360.com/deficit-habitacional-no-brasil/> . acessado em: 05 de abril de 2021.

METRO MODULAR. **Formas plásticas para concreto armado.** Disponível em: <https://metromodular.com.br/blog/formas-plasticas-para-concreto-armado> acesso em 27 de março de 2021.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. **Como construir paredes de concreto.** Revista Técnica. Disponível em < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/147/paredes-deconcreto-285766-1.aspx>> Acesso em 02 maio 2021.

NAKAMURA, J. **Escolha de fôrmas para paredes de concreto deve considerar critérios técnicos e econômicos.** Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/202/artigo304347-2.aspx>. Acesso em 02 de maio de 2021.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** Porto Alegre: Bookman, 5ª ed, p. 888, 2016.

PONZONI, Jéssica. **Paredes de concreto moldadas in loco: verificação do atendimento às recomendações da norma NBR 16055/2012 nos procedimentos executivos em obra de edifício residencial.** 2013. Trabalho de conclusão de curso (Curso superior de Engenharia Civil) Universidade Tecnológica Federal do Rio Grandedo Sul, Porto Alegre, 2013.

REPETTE, Wellington L. **Concreto auto-adensável: características e aplicação.** Revista Técnica, São Paulo (SP), ed. 135, jun. 2008.

SACHT, H. M. **Painéis de vedação de concreto moldado in loco: avaliação do desempenho térmico e desenvolvimento de concretos.** Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2008.

SANTOS, Altair. **Sistemas construtivos inovadores chegam ao Minha Casa, Minha Vida.** Massa Cinzenta. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/sistemas-de-construcao-inovadores-chegam-ao-minha-casa-minha-vida/> acesso em 02, de abril de 2021.

SANTOS, Everton de Britto. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares.** 2013. Trabalho de conclusão de curso (Curso superior de Engenharia Civil) Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campo Mourão, 2013.

SHIMIZU, Júlio Yukio. **Projeção de impactos econômicos do programa minha casa, minha vida: uma abordagem de equilíbrio geral computável.** 89 f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2010

REVISTA TECHNOENG. **Estrutura de paredes em concreto armado moldada in loco.** Disponível em: <https://1library.org/document/zgl9pl8q-estrutura-paredes-em-concreto-armado-moldadas-in-loco.html> acesso em 26 de março de 2021.

VENTURINI, J. Casas com Paredes de Concreto. **Revista Equipe de Obras.** v. 37, n.VII, p. 38-43, 2011.

**Gustavo de Figueiredo Lopes**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Bruno Matos de Farias**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

Este trabalho se propõe a destacar a importância da Autovistoria Predial já regulamentada no Município do Rio de Janeiro pela Lei Complementar 126 e identificar as patologias e anomalias, encontradas com maior frequência nas edificações. As patologias e as anomalias são registradas pelo engenheiro civil ou arquiteto vistoriador num relatório chamado Laudo Técnico de Autovistoria Predial. A regulamentação da lei que determina a realização da Autovistoria predial nos imóveis da cidade do Rio de Janeiro foi uma medida muito positiva no que se refere à segurança dos imóveis, de seus moradores, ocupantes, visitantes ou até mesmo de terceiros que estejam transitando na região do imóvel. Desastres recentes são exemplos de tragédias que poderiam ter sido evitadas caso a lei da Autovistoria já estivesse em vigor. Uma outra função da Autovistoria predial é verificar como está a manutenção do imóvel, pois sabe-se que a manutenção corretiva gera despesas superiores quando comparada com a manutenção preventiva, podendo inclusive, causar grande desvalorização ao imóvel. Pesquisas indicam que os custos demandados numa edificação aumentam exponencialmente com o tempo, caso as manutenções preventivas não sejam realizadas. Através da análise de diversos Laudos de Autovistoria Predial será possível identificar as anomalias mais frequentes nas edificações permitindo que os engenheiros, síndicos e condôminos possam direcionar seus olhares para os problemas mais frequentes.

**Palavras-chave:** Imóvel; Manutenção; Segurança; Anomalia; Falha.

## INTRODUÇÃO

De acordo com a NBR 16747:2020 – Inspeção Predial, a inspeção predial é um processo que visa auxiliar na gestão da edificação e, quando realizada com periodicidade regular, contribui com a mitigação de riscos técnicos e econômicos associados à perda do desempenho.

Segundo o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro - CREA-RJ (2014), uma edificação é resultado de várias etapas, que podem ser divididas em: estudo técnico, projeto, emprego de materiais, tecnologia e trabalho humano e que como qualquer equipamento, a edificação pode ser classificada com um organismo vivo que sofre ações do tempo, intempéries, de fenômenos físicos e químicos ao longo de toda sua existência.

Registra também o CREA-RJ (2013), que no Brasil, por razões culturais, pela falta de recursos e, principalmente, pelo desconhecimento do assunto, a manutenção de prédios e residências só entra nas nossas preocupações depois de incidentes ou mesmo acidentes.

O INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO -IBAPE-SP (2012) divulgou que acidentes de grande porte em edificações ganharam destaque na mídia nos últimos tempos. Desabamentos de três prédios no Centro da cidade do Rio de Janeiro (RJ) e em São Bernardo do Campo (SP), despertaram para a necessidade de se realizar um trabalho técnico de vistoria, ainda pouco explorado, que é a Inspeção Predial ou Vistoria do Check-Up das Edificações.

É possível verificar no nosso dia a dia, até mesmo em nossas casas e escritórios, a necessidade da manutenção dos diversos sistemas que compõem as edificações. Os elementos estruturais e de revestimento, as instalações, e os demais sistemas são exemplos de componentes deste organismo vivo, que evoluem ou se transformam com o tempo. A própria utilização da edificação pelos habitantes ou transeuntes gera um desgaste nos componentes ao longo de sua vida útil.

Segundo SOUZA (2018), a durabilidade das obras de edificações está muito relacionada com a qualidade da execução das construções, mas também depende da manutenção preventiva e corretiva dos desgastes e patologias que podem surgir nas edificações ao longo do ciclo de vida das mesmas.

Assim sendo, diante dos recentes acidentes e do cenário de conservação de muitos imóveis do nosso país, diversos institutos de engenharia criaram cartilhas próprias sobre a vistoria predial e acreditam que a aprovação de Leis referentes a Autovistoria Predial, são avanços sociais fundamentais que darão proteção à sociedade de acidentes iminentes, frutos de má construção, de má conservação ou de mau uso de uma edificação.

Um importante instrumento de defesa da sociedade passou a vigorar em março de 2013, com a publicação de duas novas leis – uma no município do Rio de Janeiro e outra no estado do Rio de Janeiro. Estas leis, determinam que deve ser realizada a Autovistoria Predial com o objetivo de verificar as condições de conservação e estabilidade em prédios residenciais e comerciais.

A Lei Municipal Complementar 126-13 estipula que, a cada cinco anos, os responsáveis pelos imóveis do município contratem profissionais para a elaboração de Laudo Técnico, para indicar as condições de conservação e apontar se há necessidade de reparos. Estão isentas as edificações residenciais unifamiliares e bi familiares com até dois pavimentos e área construída inferior a 1.000 m<sup>2</sup> e aqueles situados em Áreas de Especial Interesse. (MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO, 2013)

A Lei Estadual 6.400/13 prevê vistorias a cada cinco anos para imóveis com mais de 25 anos; e a cada dez anos, para prédios com menos de 25 anos de construção. Deverão ser alvo de verificação as condições de estrutura e subsolo, as instalações elétricas, hidráulicas, sanitárias, de gás e de prevenção de fogo e escape. (ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2013).

Uma importante consequência da Autovistoria Predial, vem a ser a realização das obras de reparo e manutenção de forma precoce, o que traz aos proprietários dos imóveis uma grande redução de custos, pois a procrastinação das obras aumenta consideravelmente o custo das obras.

Para identificar e classificar as anomalias e falhas dos imóveis, serão utilizados Laudos Técnicos de Autovistoria Predial realizadas por engenheiros vistoriadores que gentilmente cederam seus Laudos para este trabalho acadêmico.

Tamanha foi a importância dada ao tema na cidade do Rio de Janeiro, que o engenheiro ou arquiteto vistoriador possui a responsabilidade de aprovar ou reprovar o imóvel diretamente no site da Prefeitura.

Caso o imóvel esteja aprovado, nenhuma obra de reparo será recomendada, mas caso o imóvel não esteja aprovado, o vistoriador informa eletronicamente à Prefeitura o prazo e a necessidade da realização das obras. Neste caso, uma segunda vistoria deverá ser realizada, para que o engenheiro ateste que as obras necessárias foram realizadas.

O Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo - IBAPE-SP (2012) informou que os noticiários vêm alertando há muito tempo que acidentes prediais vêm causando muitas vítimas fatais. Tragédias ocorridas em todo o Brasil envolvendo desabamento de telhados e coberturas, quedas de marquises em concreto armado em edifícios, incêndios, dentre outros.

Muitas dessas tragédias ocorreram e ocorrem em edificações com mais de 20 anos, onde se verifica a baixa (ou quase nenhuma) qualidade nas atividades de manutenção.

Identificar e classificar as anomalias e falhas permite ao gestor do imóvel e aos seus proprietários focar nos problemas mais frequentes e que muitas vezes se localizam em áreas pouco visitadas como é o caso dos terraços, coberturas, fachadas, marquises, entre outras.

Grandes problemas não nascem grandes, sempre nascem pequenos, e se identificados de forma precoce, trazem segurança e economia a todos.

Vejamos os casos das fachadas revestidas de placas de cerâmicas, mármore ou granitos. Uma simples análise visual, verificando o sistema de rejuntamento ou o nascimento de pequenas vegetações nas juntas pode trazer economia e salvar vidas. Uma análise mais detalhada, como o teste percursivo também é indicado para a vistoria de fachadas revestidas de placas de cerâmicas, mármore ou granitos.

Nas marquises em balanço, os buzinetes entupidos por folhas, podem causar o acúmulo de água, acelerando as anomalias neste elemento construtivo, podendo esta estrutura entrar em colapso. Colapsos de marquises já causaram muitos desastres e prejuízos em imóveis com falha na manutenção preventiva.

De acordo com Siqueira, Lara et al (2012), grande parte das anomalias podem ser evitadas com medidas preventivas básicas, de longo prazo, através da manutenção preventiva e do plano de manutenção.

Segundo o IBAPE/SP, cerca de 2/3 das anomalias são decorrentes de falha de manutenção e uso e somente 1/3 das anomalias são decorrentes de

Para ressaltar a importância da Autovistoria Predial foram consultados normas, cartilhas, livros, trabalhos de conclusão de curso.

Para identificar as anomalias e falhas mais frequentes, será realizado um Estudos de caso, onde 16 Laudos de Autovistoria Predial realizados em imóveis na cidade do Rio de Janeiro foram analisados, permitindo classificar as anomalias e falhas mais frequentes.

Os Laudos de Autovistoria Predial analisados descrevem a detalham os imóveis pavimento por pavimento, enfatizando os problemas encontrados.

Após a descrição dos pavimentos, os Laudos de Autovistoria Predial detalham e descrevem os diversos sistemas existentes, como sistema de abastecimento e distribuição de água, gás e energia, sistema de esgotos sanitários, sistema de cobertura, sistema estrutural, entre outros.

Importante destacar que as unidades individuais dos imóveis comerciais e residenciais também devem ser vistoriados, todavia nem sempre é possível vistoriá-las pois a vistoria depende da autorização dos proprietários.

A pandemia de COVID 19 vivida por todo mundo entre os anos de 2020/2021 e a insegurança que vivemos prejudicam muito a vistoria nas unidades individuais.

Não vistoriar todas as unidades individuais pode esconder grandes problemas numa edificação, pois o vistoriador seria capaz de identificar problemas que comprometam a segurança e estabilidade da construção como um todo, como a retirada de um pilar ou a

abertura de vãos em edificações que possuem o sistema construtivo de paredes estruturais.

O objetivo geral do estudo pretende enfatizar a importância da manutenção e da Autovistoria predial, realizadas por profissional habilitado e de acordo com as Normas Técnicas Aplicáveis.

O resultado da Autovistoria Predial é o Laudo Técnico de Autovistoria Predial o LTVP. Este documento deve ser escrito em linguagem simples e de fácil entendimento. Deverão estar presentes na conclusão do laudo, as obras de reparo necessárias, bem como o grau de criticidade de cada intervenção.

O objetivo específico é identificar as anomalias e falhas mais frequentes nas edificações, permitindo que o engenheiro ou arquiteto vistoriador concentre sua atenção nestes pontos, permitindo ao responsável pela construção interceder com uma maior velocidade, minimizando os acidentes e os custos das obras de reparo.

A análise das anomalias encontradas nos 16 LTVP, indicará também a relação de incidência entre as anomalias construtivas e as falhas de manutenção e uso.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo DEUTSCH (2012):

A engenharia legal é um ramo ainda pouco conhecido pelos profissionais que costumam perguntar o que vem a ser. Todos conhecem, ao menos por expressão, a medicina legal, mas pouco se fala na engenharia legal, parte importantíssima da profissão, ligada diretamente à área jurídica na solução de eventos danosos de natureza técnica para bem instruir a Justiça na elucidação de causas, quer sejam cíveis ou criminais (DEUTSCH, 2012).

### Engenharia Legal

A Engenharia Legal tem seus primeiros registros no Egito Antigo, onde eram realizadas medições para separar as terras doadas pelos faraós aos súditos.

Na Roma Antiga os juízes exerciam o papel de peritos, isto é, se alguém tivesse um problema ligado à medição de terras procurava um juiz que fosse “expert” na arte de medir.

O termo Engenharia Legal surge no Brasil em 11 de dezembro de 1933 com a publicação do Decreto 23.569, que regulamentou o exercício profissional do engenheiro. (Equipe Folha Dirigida, 2021).

O artigo 28 do Decreto 23.569 registra que são da competência do engenheiro civil, a engenharia legal, as perícias e os arbitramentos.

A NBR 14653-1: Avaliação de Bens – Parte 1: Procedimentos gerais, define Engenharia Legal como “Parte da engenharia que atua na interface técnico-legal envolvendo avaliações e toda espécie de perícias relativas a procedimentos judiciais”.

Este braço fascinante da engenharia conecta a engenharia ao direito, e tem como um dos objetivos esclarecer aspectos técnicos envolvidos em demandas judiciais e extrajudiciais, normalmente relacionados a avaliações imobiliárias, arbitramentos, obras irregulares, patologias construtivas, desapropriações, impactos em vizinhanças, entre outros.

De acordo com o IBAPE-RJ (2021), por volta dos anos de 1940, a demanda por perícias judiciais começou a se intensificar e os peritos eram nomeados diretamente por juízes que confiavam o encargo probatório a engenheiros conhecidos ou indicados. A atuação destes engenheiros era esporádica, e não existia uma Instituição que os representasse perante o Poder Judiciário e à sociedade em geral.

Registra também o IBAPE-RJ (2021), que no Rio de Janeiro no início dos anos 1950, com o crescimento do número de processos, houve um aumento na demanda de perícias de engenharia e a frequente nomeação de alguns profissionais que conquistaram a confiança dos Juízes como consequência da sua idoneidade e qualidade de trabalho, fazendo despertar nestes profissionais a necessidade de se congregarem em um órgão exclusivo de peritos.

A demanda por perícias crescendo em todo o país, fez com que no dia 15 de julho de 1952, cerca de 20 engenheiros e arquitetos reunidos na sede do Conselho Regional de Engenharia e AGRONOMIA do Distrito Federal, lançassem as bases de uma associação específica desta atividade. Discutiram objetivos, estatuto, código de conduta e outros assuntos, até que, no dia 10 de março de 1953, foi fundado o Instituto de Engenharia Legal com 39 associados fundadores. Nascia assim o primeiro órgão exclusivo de peritos de engenharia em solo nacional.

Segundo DEUTSCH (2012), a prova pericial tem como objetivo esclarecer, sob o ponto de vista técnico, todos os aspectos obscuros num processo, que passa necessariamente pela verificação de um problema, sua origem, suas causas e consequências.

Já o item 3.14 da ABNT NBR 13752:1996 define Engenharia legal como:

Ramo de especialização da engenharia dos profissionais registrados nos CREA que atuam na interface direito engenharia, colaborando com juízes, advogados e as partes, para esclarecer aspectos técnico- legais envolvidos em demandas (ABNT, 1996).

De acordo com Gomide, Gullo, Fagundes e Flora, (2020), a Engenharia Legal se divide em Engenharia Diagnóstica e Engenharia de Avaliações.

A engenharia diagnóstica como o próprio nome diz é a disciplina da engenharia que investiga as patologias prediais, utilizando metodologias que possibilitem obter dados técnicos para caracterizar, analisar, atestar, apurar a causa e prescrever o reparo para a patologia em questão.

DEUTSCH (2012), registra que patologia é a ciência tal como a medicina, que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças construtivas relacionadas à deterioração da estrutura, dos materiais utilizados na construção, das técnicas construtivas e da diminuição da vida útil das edificações. As edificações necessitam de manutenção e cuidados para ter aumento de sua vida útil e qualidade de desempenho.

Segundo o renomado professor ABUNAHMAN (2008), uma avaliação é a tentativa de responder a perguntas específicas sobre os valores definidos das partes de um imóvel, sua utilidade ou conformação e possibilidade de venda.

O Livro Perícias de Engenharia (2008) registra que a Engenharia de Avaliação envolverá atividades visando à determinação técnica do valor quantitativo, qualitativo ou monetário de um bem para uma determinada data.

## **O Novo Código do Processo Civil e as perícias judiciais**

O Novo Código de Processo Civil (2015) possui diversos artigos referentes às perícias judiciais, e nelas estão incluídas as perícias de engenharia.

Os peritos judiciais são definidos no artigo 149 são classificados como auxiliares da justiça.

O artigo 156 informa que o Juiz deverá ser assistido por um perito de engenharia quando a prova depender de conhecimento técnico ou científico e que o perito será nomeado entre os profissionais legalmente habilitados e devidamente cadastrados no Tribunal de Justiça. (PALÁCIO DO PLANALTO, 2015)

O Tribunal de Justiça do Rio de Janeiro exige que o profissional tenha no mínimo dois anos de registro no seu órgão de classe, para obter o registro.

O profissional nomeado como perito possui uma grande responsabilidade e de acordo com o artigo 158, o perito que por dolo ou culpa, prestar informações que não sejam verdadeiras, responderá pelos prejuízos que causar, podendo ficar inabilitado para atuar como perito pelo prazo de dois a cinco anos. (PALÁCIO DO PLANALTO, 2015)

Sempre que um perito for nomeado, as partes interessadas, de acordo com o artigo 465, poderão indicar seus assistentes técnicos e apresentar seus

quesitos. Assistentes técnicos são profissionais com conhecimento técnico semelhante ao do perito que representará a parte que o contratou, e poderá participar da elaboração dos quesitos, da vistoria pericial. Poderá também apresentar um Parecer Técnico, concordante ou discordante do laudo pericial.

Os quesitos são perguntas apresentadas pelas partes, que o perito deverá respondê-las da forma mais objetiva e direta possível.

Importante destacar que o perito elabora o laudo pericial e que os assistentes técnicos fazem parecer técnico.

Ainda o artigo 465, determina que o perito assim que nomeado, deverá apresentar sua proposta de honorários, que será submetida à apreciação das partes. O perito deverá apresentar junto com a petição de honorários, seu currículo profissional comprovando sua experiência no assunto e seus contatos profissionais.

Os parágrafos acima, indicam que quando há a necessidade da prova pericial numa demanda judicial, abrem-se portas para trabalho de três profissionais.

O Artigo 466, reforça a responsabilidade do perito determinando que o perito cumpra escrupulosamente o encargo confiado, independentemente de termo de compromisso. Informa também, que os assistentes técnicos são de confiança das partes, e que perito deve informá-los das diligências e dos exames com antecedência mínima de 5 dias.

Ainda com relação aos quesitos, o artigo 469 informa que as partes poderão apresentar quesitos suplementares no decorrer da diligência.

Os quesitos devem obrigatoriamente pertencer ao tema central da lide, pois o artigo 470 informa que o magistrado pode indeferir quesitos impertinentes e apresentar quesitos que entender necessários.

O artigo 473 determina o que deve conter o laudo pericial, a saber:

- I – o objeto da perícia
- II – análise técnica do objeto da perícia
- III – o método utilizado
- IV – resposta conclusiva aos quesitos apresentados

Os parágrafos que acompanham o item 4 também são muito importantes, pois determinam que o perito deve apresentar sua fundamentação em linguagem simples e coerência lógica, sendo vedado ao perito ultrapassar seus limites, evitando emitir opiniões pessoais de fujam do objeto da perícia. Registra também que o perito pode valer-se de todos os meios necessários ao esclarecimento da perícia, como depoimento de testemunhas e solicitação de documentos.

## Autovistoria Predial

Segundo o CREA (2013), a vistoria técnica realizada nos imóveis, conhecida como AUTOVISTORIA, trata-se de uma inspeção realizada por profissional habilitado, com o objetivo de verificar o estado geral da construção, no que se refere a sua conservação, estabilidade e segurança.

Já o IBAPE-SP (2012) define inspeção predial como uma atividade que possui norma e método próprios, onde as deficiências constatadas devem ser classificadas, devendo o inspetor apontar o grau de risco de cada deficiência. Deve também o vistoriador gerar uma lista de prioridades técnicas com orientações ou recomendações para sua correção.

Registra também o IBAPE-SP (2012) que a Inspeção Predial é ferramenta que propicia uma avaliação sistêmica da edificação. Deve ser elaborada por profissionais habilitados e devidamente preparados, classificando as não conformidades identificadas no imóvel, quanto a sua origem e grau de risco. O profissional deve indicar as orientações técnicas necessárias à melhoria da manutenção dos sistemas e elementos construtivos. Como pôde ser percebido acima, diversos institutos e conselhos profissionais criaram suas próprias Normas e Cartilhas sobre a Autovistoria predial, até que no ano de 2020 foi editada a NBR 16747:2020 – Inspeção Predial.

A inspeção predial na NBR 16747:2020 é definida como um processo que visa ajudar na gestão da edificação, quando realizada regularmente, contribui com a mitigação de riscos técnicos e econômicos associados à perda do desempenho. A frequência deve estar de acordo com a Legislação pertinente, somada a eventual recomendação do engenheiro vistoriador.

Outro objetivo da NBR 16747:2020 é constatar o estado de conservação e funcionamento da edificação, incluindo todos os seus sistemas e subsistemas. Desta maneira é possível fazer um acompanhamento de todo o sistema que compõe a edificação ao longo de sua vida útil, com o objetivo de se manter as condições mínimas e necessárias para a segurança, habitabilidade e durabilidade da edificação.

Quando se fala em segurança da edificação, é importante incluir também a segurança dos moradores, trabalhadores e pessoas que apenas transitam ao redor dos imóveis.

No início do ano de 2019, um terrível acidente ocorrido rua Jose Linhares no Bairro do Leblon, Zona Sul do Rio de Janeiro, levou a óbito uma estudante de engenharia que passava pelo lado de fora de um edifício. Uma placa de granito da fachada do condomínio, se soltou e acertou a estudante de forma fatal.

Acidentes envolvendo o colapso de marquises também se tornaram frequentes na cidade do Rio de Janeiro. Diante da frequência dos acidentes, a municipalidade através do DECRETO n° 27.663, de 09 de março de 2007, regulamentou a Lei n° 3032, de 07 de junho de 2000, que dispõe sobre a obrigatoriedade dos proprietários de imóveis com marquises da sua conservação e manutenção.

O artigo primeiro do DECRETO no 27.663, proibiu a construção de marquises de concreto armado ou metálica sobre logradouros públicos e áreas de afastamento frontal das edificações da Cidade. O artigo segundo do DECRETO determina que no licenciamento de obras de reformas, modificação e acréscimos nas edificações existentes que possuam marquises construídas sobre logradouros e áreas de afastamento frontal deverá ser exigida a demolição das mesmas. O artigo quarto determina que os imóveis que disponham de marquises construídas sobre logradouros públicos e áreas de afastamento frontal e que não se enquadrem nos Artigos 1.º, 2.º e 3.º do Decreto, serão obrigados a elaborar uma Declaração de Segurança Estrutural das Marquises (DSEM), elaborada e assinada por

profissional habilitado e registrado no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA), a cada três anos.

O tema Vistoria Predial se tornou um assunto de grande importância no cenário nacional, fazendo com que no XVII COBRAP, DOLACIO (2013) apresentasse um trabalho contendo um panorama nacional sobre as Leis referentes a vistoria predial, conforme pode ser visto na figura 1 e figura 2.

Figura 1 - A Obrigatoriedade da Inspeção Predial



LEIS				
DATA	CEP	ESFERA	LEGISLAÇÃO	INSTITUI A OBRIGATORIEDADE
16/11/98	Jundiaí	Municipal	Lei Complementar 261	Realização de vistoria e laudo de IP
20/09/99	Jundiaí	Municipal	Lei Complementar 278	Realização de vistoria e laudo de IP - Prédios destinados ao atendimento público
21/09/99	Bauru	Municipal	Lei 4444	Apresentação de laudo IP junto à Municipalidade
23/01/01	Salvador	Municipal	Lei 5907	Realização de vistoria e laudo de IP
27/09/01	Salvador	Municipal	Decreto 13.251	Regulamentação da Lei 5907/01
18/12/01	Santos	Municipal	Lei Complementar 441	Realização de vistoria e laudo de IP - Caso sejam necessárias intervenções para garantir a segurança e a estabilidade, o Laudo deverá ser protocolado junto à Municipalidade

Fonte: DOLACIO, 2013.

Figura 2 - A Obrigatoriedade da Inspeção Predial (Continuação)



DATA	CEP	ESFERA	LEGISLAÇÃO	INSTITUI A OBRIGATORIEDADE
05/05/04	Ribeirão Preto	Municipal	Lei Complementar 1.669	Obtenção do Certificado de Inspeção Predial ou Laudo Técnico de Certificação de IP – Caso sejam apontadas irregularidades "críticas" o laudo deverá ser protocolado junto à Municipalidade
12/03/08	Balneário Camboriú	Municipal	Lei 2805	Realização de vistoria e parecer técnico Comunicar riscos à Prefeitura
02/04/12	Porto Alegre	Municipal	Decreto 17.720 (regulamenta o art. 10 do C. de Edificações)	Obtenção do Certificado de Inspeção Predial Laudo IP + Laudo Conclusivo = CIP Órgão público competente
20/04/12	São Vicente	Municipal	Lei 2854-A	Laudo Técnico de Certificação de IP – o responsável pelo Laudo fica obrigado a denunciar à Prefeitura eventual "não cumprimento" às providências
16/07/12	Fortaleza	Municipal	Lei 9913	Obtenção do Certificado de Inspeção Predial
05/03/13	Rio de Janeiro	Estadual	Lei 6400	Realização de vistoria e laudo de IP

Fonte: DOLACIO, 2013.

Através das informações trazidas no quadro acima, é possível perceber que algumas cidades têm se preocupado com a segurança, habitabilidade e manutenção dos imóveis, legislando sobre a obrigatoriedade da vistoria predial. Todavia, o cenário nacional ainda está longe do ideal, pois apenas um pequeno número de cidades vem tratando o assunto de forma responsável.

## A NBR 16767:2020

A NBR 16767: 2020 informa que a inspeção predial é um importante processo que ajuda na gestão da construção, mitigando riscos técnicos e econômicos relacionados à perda do desempenho da edificação.

Informa também que objetivo da inspeção predial é constatar o estado de conservação e funcionamento da construção, de seus sistemas e subsistemas, permitindo um próximo acompanhamento da vida útil do imóvel, e para que sejam mantidas as mínimas condições de segurança, habitabilidade e durabilidade da edificação.

A norma de inspeção predial também recomenda que algumas etapas a serem utilizadas, que serão detalhadas no próximo tópico.

### Etapas da inspeção predial

O item 5.2 da NBR 16767 define o processo de inspeção predial, que envolve nada menos do que 10 etapas, a saber:

a) Levantamento de dados e documentação

O profissional deve solicitar uma série de documentos e registrá-los no laudo técnico de inspeção predial, são eles:

- manual de uso, operação e manutenção da edificação
- relação de equipamentos instalados
- habite-se
- alvará dos elevadores
- auto de vistoria do corpo de bombeiros
- projetos legais aprovados
- projetos executivos
- regimento interno
- licenças ambientais
- Relatório de inspeção anual dos elevadores – RIO
- contrato de manutenção dos elevadores
- certificado de teste dos equipamentos de combate a incêndio
- certificado de dedetização
- análise de potabilidade da água dos reservatórios
- relatório de limpeza e manutenção das caixas de água
- relatório de manutenção e limpeza das caixas de inspeção e gordura
- relatório de testes de estanqueidade da rede de distribuição interna de gás

O IBAPE (2012) também recomenda que o vistoriador analise documentos administrativos, técnicos, de manutenção e de operação da edificação. A relação de documentos pode variar conforme o tipo, a complexidade e as instalações e sistemas construtivos existentes na edificação.

b) Análise dos dados e documentação solicitados e disponibilizados O profissional deve fazer uma verificação nos documentos disponibilizados e as não conformidades e falhas devem ser relacionadas e descritas no laudo técnico de inspeção predial.

c) Anamnese para a identificação de características construtivas da edificação, como idade, histórico de manutenção, intervenções, reformas e alterações de uso ocorridas;

O profissional deve fazer entrevistas e perguntas aos funcionários e moradores para obter informações e coletar dados sobre a história da edificação.

Já o IBAPE (2012) classifica como a segunda etapa, a entrevista com o gestor ou com o síndico da edificação, em busca de informações sobre o uso e o histórico de reforma, manutenção e outras intervenções ocorridas.

d) Vistoria da edificação de forma sistêmica, considerando a complexidade das instalações existentes:

Dependendo da complexidade da construção, a inspeção pode ser realizada por equipe multidisciplinar e deve considerar:

- características construtivas;
- idade real das instalações e da construção e vida útil prevista;
- exposição ambiental da edificação
- agentes de degradação
- expectativas sobre o comportamento em uso

e) Classificação das irregularidades constatadas

As irregularidades identificadas devem ser classificadas em anomalias ou falhas, de acordo com os seguintes conceitos:

I) As anomalias se caracterizam pela perda de desempenho de um elemento, subsistema ou sistema construtivo, sendo divididas em:

- endógena ou construtiva: quando a perda de desempenho decorre das etapas de projeto e/ou execução
- exógena: quando a perda de desempenho relaciona-se a fatores externos à edificação, provocados por terceiros;
- funcional: quando a perda de desempenho relaciona-se ao envelhecimento natural e conseqüente término da vida útil;

II) As falhas são caracterizadas pela perda de desempenho de um elemento, subsistema ou sistema construtivo, pelo uso, operação e manutenção.

Já Neves e Branco (2009), inclui mais um item na classificação das anomalias, a anomalia natural, e a classifica como sendo decorrente das ações da natureza, ocasionadas por condições climáticas, temperatura, chuvas, ventos e outros fatores meteorológicos previsíveis ou imprevisíveis.

f) Recomendação das ações necessárias para restaurar ou preservar o desempenho dos sistemas, subsistemas e elementos construtivos da edificação afetados por falhas de uso operação ou manutenção, anomalias ou manifestações patológicas constatadas e/ou não conformidades com a documentação analisada (considerando, para tanto, o entendimento dos mecanismos de deterioração atuantes e as possíveis causas das falhas, anomalias e manifestações patológicas);

As recomendações técnicas para correção das anomalias, falhas de uso, operação ou manutenção e/ou não conformidades, identificadas na inspeção predial devem ser apresentadas de forma clara e acessível.

As recomendações técnicas podem indicar a necessidade de contratação de outros profissionais.

O IBAPE (2015) classifica as recomendações ou orientações técnicas como sendo a sétima etapa da realização de uma inspeção predial, e que essas orientações podem ser referentes à adequação do plano de manutenção ou a reparos e reformas para a solução dos problemas.

g) Organização das prioridades, em patamares de urgência, tendo em conta as recomendações apresentadas pelo inspetor predial;

As recomendações técnicas corretivas devem ser apresentadas com prioridades de urgência, conforme a seguinte classificação:

- Prioridade 1: ações necessárias quando o problema compromete a saúde e/ou segurança dos usuários, e/ou a funcionalidade dos sistemas construtivos; comprometimento da vida útil e/ou aumento expressivo de custo de manutenção e de recuperação; quando a perda de desempenho pode gerar risco ao meio ambiente;

- Prioridade 2: ações necessárias quando ocorrer perda parcial de desempenho, sem prejuízo à operação da edificação e sem comprometer a saúde e segurança dos usuários

- Prioridade 3: ações necessárias quando a perda de desempenho pode ocasionar pequenos prejuízos. Neste caso as ações podem ser feitas sem urgência.

Pujadas, Saldanha et al (2012) também organiza as prioridades em 3 níveis, todavia as classifica em três graus: Crítico, Médio e Mínimo. Trocar IBAPE (2012) por Pujadas, Saldanha et al (2012).

O CREA-RJ (2014) classifica as prioridades como Crítico, Regular e Mínimo.

h) Avaliação da manutenção, conforme a ABNT NBR 5674

Deve ser avaliada a conformidade do plano de manutenção da edificação e o cumprimento e execução das atividades previstas no plano de manutenção

Pujadas, Saldanha et al (2012) também indica que o inspetor deve avaliar a qualidade da manutenção.

i) Avaliação do uso

Avaliação do uso de cada sistema construtivo, classificada com regular e irregular:

- uso regular: quando o uso está de acordo com o previsto em projeto, normas técnicas, dados de fabricante e manual de uso, operação e manutenção
- uso irregular: ocorre quando o uso apresenta divergência em relação ao que foi previsto em projeto, normas técnicas, dados de fabricante e manual de uso, operação e manutenção

A avaliação do uso está baseada na habitabilidade, sustentabilidade e segurança e deve ser enquadrada de acordo com a expectativa do inspetor em qualidades inferior, média e superior (GOMIDE; FAGUNDES NETO; GULLO, 2014).

j) Redação e emissão do laudo técnico de inspeção

O laudo técnico é o relatório resultante da inspeção realizada, que deve conter no mínimo o seguinte conteúdo:

I) Identificação do solicitante ou contratante e responsável legal da edificação;

II) Descrição técnica da edificação (localização, idade real, número de pavimentos e de unidades, área construída, tipologia dos sistemas e subsistemas);

III) Data da vistoria;

IV) Documentação solicitada e documentação disponibilizada;

V) Análise dos documentos;

VI) Descrição da metodologia utilizadas acompanhada de fotos, croquis, normas, etc;

VII) Lista dos sistemas, elementos, componentes construtivos e equipamentos inspecionados e não inspecionados;

VIII) Descrição das anomalias e falhas de uso, operação ou manutenção e não conformidades constatadas;

IX) Classificação das irregularidades identificadas;

X) Recomendação das ações necessárias para restaurar ou

preservar o desempenho dos sistemas, subsistemas e elementos construtivos;

XI) Organização das prioridades;

### **Autovistoria Predial na Cidade do Rio de Janeiro**

A Lei estadual nº 6400/2013, e a e a Lei Municipal Complementar nº 126/2013, municipal, materializaram a obrigação da realização de vistorias técnicas periódicas nos imóveis localizados no Município do Rio de Janeiro.

No dia 12 de julho de 2013 foi publicado o Decreto Municipal nº 37426/13, que regulamentou a Lei Estadual nº 6400/13 e a Lei Complementar nº 126/13, instituindo prazos, procedimentos e responsabilidades que devem ser obedecidos quando da realização das vistorias técnicas.

Apenas uma pequena minoria dos imóveis situados no Município do Rio de Janeiro não está sujeita a realização das vistorias periódicas, são elas:

- Edificações residenciais unifamiliares e bi familiares
- Todas as edificações nos cinco primeiros anos após o “Habite-se”
- Edificações com até dois pavimentos e área total construída com menos de 1.000 m<sup>2</sup>
- Edificações localizadas em Áreas de Especial Interesse Social – AEIS

O artigo segundo do Decreto que a vistoria técnica terá que ser realizada por profissional ou empresa legalmente habilitados e que deverá ser elaborado um Laudo Técnico atestando ou não as condições de conservação, estabilidade e segurança.

O artigo terceiro informa que a Secretaria Municipal de Urbanismo deverá ser comunicada pelo responsável do imóvel no portal da Prefeitura, se o laudo técnico atestou que o imóvel se encontra em condições adequadas de conservação, estabilidade e segurança.

De forma a facilitar a comunicação com a Prefeitura, todo tramite de comunicação é realizado de forma eletrônica mediante preenchimento de formulário próprio online.

O artigo quarto determina que quando o laudo técnico indicar a necessidade de obras de reparos na edificação, o prazo estipulado pelo profissional habilitado para realização das obras, também deverá ser comunicado à municipalidade, através do formulário próprio online. Quando as obras de reparo forem concluídas, um laudo complementar, atestando que o imóvel se encontra apto, deverá ser elaborado.

Um fato importante que merece destaque é que a publicação do Decreto Municipal nº 37426/13, criou no município do Rio de Janeiro uma grande oportunidade aos profissionais de engenharia e arquitetura, não apenas na elaboração dos Laudos de Autovistoria, mas também na realização das obras de reparo.

O Decreto Municipal nº 37426/13 define também as responsabilidades dos agentes envolvidos na atividade de Autovistoria predial, sejam eles os responsáveis pela gestão do imóvel, os profissionais contratados ou os ocupantes do imóvel.

A Cartilha CREA 2014 informa de maneira resumida os agentes e suas responsabilidades, conforme pode ser visto a seguir.

Quadro 1 - Os agentes e suas responsabilidades

Agente	Descrição	Responsabilidades
Responsável pelo Imóvel	Condomínio, proprietária ou o ocupante do imóvel, a qualquer título.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Contratar vistoria técnica</li> <li>b) Enviar comunicado à Secretaria Municipal de Urbanismo - SMU</li> <li>c) Contratar a execução das Obras de reparo quando necessário</li> <li>d) Contratar nova vistoria para elaborar novo laudo</li> <li>e) Dar conhecimento do teor do laudo aos condôminos e arquivá-lo por 20 anos</li> <li>f) Renovar o comunicado à SMU no prazo máximo de 5 anos do último comunicado</li> </ul>
Profissional Responsável	Engenheiro com registro no CREA-RJ e atribuições compatíveis com os serviços.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Fazer vistoria e elaborar laudo</li> <li>b) Recolher a ART</li> <li>c) Elaborar projeto e acompanhar a obra</li> <li>d) Possibilidade de comunicar o resultado do laudo</li> </ul>
Conselho	CREA-RJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Fiscalizar o exercício da profissão</li> <li>b) Aplicar as sanções decorrentes do exercício profissional irregular ou ilegal, na forma da legislação específica;</li> <li>c) Disponibilizar cadastro de profissionais para consulta da população</li> <li>d) Propor iniciativas para aperfeiçoamento e qualificação dos profissionais</li> <li>e) Elaborar campanhas educativas</li> </ul>
Condôminos	Proprietários, locatários e ocupantes a qualquer título	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Fiscalizar a atuação do síndico ou administrador no que concerne ao cumprimento da Lei Complementar 126/2013 e seu decreto regulamentador.</li> <li>b) Comunicar previamente ao responsável pelo prédio qualquer obra que pretenda executar.</li> <li>c) Não iniciar obra sem acompanhamento de um profissional habilitado</li> </ul>

Fonte: CREA RJ, 2014

## METODOLOGIA

De acordo com o que foi estabelecido na Norma de inspeção predial INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA

DE SÃO PAULO - IBAPE (2012), o profissional deverá analisar os sistemas e subsistemas das edificações, avaliando os riscos referentes a saúde dos ocupantes, ao patrimônio dos proprietários e ao meio ambiente.

### Planejamento da Autovistoria

Assim como muitas das atividades que são realizadas diariamente, a Autovistoria predial também necessita de uma fase que antecede à vistoria, chamada de fase de planejamento.

Nesta fase, é recomendado que o vistoriador adote algumas providências que facilitarão o seu trabalho, otimizarão o seu tempo, e farão com que seu trabalho se torne o mais completo possível.

Diante da quantidade de documentos necessários para se realizar a Autovistoria, o vistoriador deve solicitá-los com antecedência ao gestor da edificação, para que no dia da vistoria predial, os documentos já estejam disponíveis. Em algumas situações, esses documentos ficam arquivados fora das edificações, nas empresas que as administram, demandando um tempo maior para sua separação.

Uma análise prévia da edificação e da complexidade de seus sistemas também é indicada, pois permitirá que o profissional responsável avalie a necessidade da participação de profissionais que possuam outras especialidades, como por exemplo, automação, elétrica, mecânica e ambiental.

Com o objetivo de vistoriar o maior número possível de unidades privativas, o vistoriador deve solicitar ao gestor da edificação, que seja realizado o agendamento prévio com os proprietários ou ocupantes das unidades. Este é um ponto sempre delicado nas vistorias, pois apesar de ser muito importante vistoriar o maior número possível de unidades, o vistoriador não pode invadir as unidades privativas, logo um agendamento prévio é sempre o mais indicado. Recomenda-se também que as vistorias não sejam agendadas nem muito cedo nem muito tarde, evitando assim invadir a intimidade dos ocupantes. Um bom horário seria entre 10:00 e 12:00 e entre 14:00 e 18:00 horas.

Ainda com relação à vista nas unidades privativas, é importante constar no Laudo de Autovistoria, as unidades que foram e as unidades que não foram visitadas.

A presença de um funcionário que conheça todos os sistemas e subsistemas do imóvel, que se possível, possua um histórico do imóvel, e que esteja de posse de todas as chaves que permitam o acesso a todo o imóvel, como telhado, casas de máquinas, quadros de energia, entre outros, também, faz-se necessário.

O último ponto que merece destaque no planejamento da Autovistoria, são os instrumentos que o vistoriador deve providenciar, evitando assim, ter que retornar ao imóvel ou até mesmo de deixar seu Laudo incompleto. Instrumentos simples como lanterna, trena, nível, caderno para anotações e máquina fotográfica são indispensáveis.

## **Definição do método da Autovistoria**

Segundo a Norma de Inspeção Predial do IBAPE-SP (2012), dependendo da complexidade e das características técnicas da edificação, a Inspeção pode ser realizada por equipe multidisciplinar e classificada em 3 níveis.

a) Nível 1: realizada em edificações de baixa complexidade e realizada por profissional habilitado em uma especialidade. Neste caso, é realizada uma avaliação menos detalhada, focando na verificação de problemas aparentes. Indicada para casas térreas, sobrados e edifícios sem elevador.

b) Nível 2: realizada em edificações de média complexidade e realizada por profissional habilitado em uma ou mais especialidades. Neste caso, é realizada uma avaliação um pouco mais detalhada existindo muitas vezes empresas terceirizadas responsáveis pela manutenção. Indicada para edificações de múltiplos andares e galpões industriais.

c) Nível 3: realizada em edificações de alta complexidade e realizada por profissionais habilitados em mais de uma especialidade. Neste caso, a edificação deve possuir um plano de Manutenção com base na ABNT NBR 5674:1999 e profissionais técnicos responsáveis pelo plano de manutenção com atividades planejadas e procedimentos detalhados. Indicada para edificações com vários pavimentos ou com sistemas construtivos com automação.

Um ponto importante a ser destacado, quando se define o nível da inspeção, é o possível aumento de custo. Uma inspeção que envolva uma equipe multidisciplinar terá custo mais elevado quando comparada com uma inspeção que envolva um único profissional.

## Obras nas unidades

O CREA (2014) ratificando o Código Civil, informa que os moradores das unidades privativas não podem prejudicar, danificar nem causar incômodos ao condomínio e nem aos outros condôminos, e que também não podem prejudicar a segurança e a solidez do edifício.

Informa também o CREA (2014) que as obras a serem realizadas devem possuir projeto elaborado por engenheiro habilitado e capacitado tecnicamente. Isso dará garantia ao condomínio que as obras não causarão interferências em suas diversas partes e não comprometerão a segurança e a solidez da edificação.

As obras numa única unidade independente podem trazer um grande problema coletivo, dependendo da complexidade da obra e principalmente se alterar a estrutura do imóvel. Se um profissional retirar ou reduzir a seção de um pilar, ele pode comprometer a estabilidade do imóvel e conseqüentemente a segurança de todos.

Oliveira (2016) informa que apesar do morador não ser obrigado a permitir a entrada do vistoriador, a inspeção deve englobar todas as partes da edificação, inclusive as unidades privativas. Isto porque, cerca de 80% da estrutura e instalações do edifício encontra-se no interior das unidades.

Acrescenta também Oliveira (2016) que um outro motivo para vistoriar as unidades privativas, é que obras irregulares são frequentemente realizadas, podendo danificar as estruturas e instalações do prédio. Assim sendo, inspecionar as unidades se torna de grande importância para a garantia da segurança da edificação e de seus usuários.

O assunto obras nas unidades é um assunto muito sério quando se trata da segurança a estabilidade da construção como um todo, que o CREA 2014, publicou em sua cartilha, um informativo como tema Indícios de ocorrências de obras. Fique atento! Conforme pode ser visto a seguir na figura 3.

Figura 3 - Indícios de ocorrências de obras

**Indícios de ocorrência de obras.  
Fique atento!**

Comumente, em casos de omissões em convenções e regimentos internos de condomínios, a realização de atividades em unidades privativas não são de conhecimento da coletividade, e ficam fora do controle do gestor predial.

É necessário, portanto, que seja estabelecido um sistema de comunicação e verificação de atividades técnicas passíveis de causar danos ao condomínio.

Deve-se observar e treinar porteiros, vigias, faxineiros, zeladores e empregados domésticos para identificar sinais de realização de obras, reformas, acréscimos ou demolições.

**Fique ligado nessa movimentação:**

- Presença de caçamba de entulho em frente ou nas imediações do condomínio
- Fluxo de operários no interior do condomínio
- Pancadas e ruídos de perfuração e corte de materiais
- Cheiro de solventes presentes em tintas
- Cheiro de inseticidas
- Fluxo de materiais de construção e acabamento, caminhões de entrega etc.

Fonte: (CREA RJ, 2014)

## Obtenção de Informações

Francisco, Lara et al (2011) recomenda que após a análise da documentação, o profissional deve obter informações com o responsável pela edificação, usuários e proprietários. As entrevistas têm o objetivo de entender melhor as condições de uso e manutenção da edificação, possibilitando planejar melhor a vistoria, alterando o check list, adicionado alguns itens e destinando atenção maior em pontos possivelmente problemáticos. Essas informações são ainda mais importantes, caso tenham sido feitas modificações e reformas na edificação original.

No caso de terem sido realizadas obras de modificações e reformas, o vistoriador deve ficar muito atento para verificar se foram indevidamente realizadas obras que alteraram o sistema estrutural. Neste sentido, perguntar aos funcionários da edificação se já perceberam quando da realização de alguma obra, se foram depositados nas caçambas de entulho partes do sistema estrutural como vigas ou colunas, também são uma boa prática, pois podem indicar alterações estruturais, que demandarão maior atenção do vistoriador.

Em algumas situações a retirada de partes estruturais podem ser mascaradas ou disfarçadas com preenchimento de gesso ou outros artifícios arquitetônicos.

Visando coibir estas situações, a NBR 16280:2015, determina que o morador, antes de realizar obras de reparo ou reforma, deve apresentar entre outros documentos ART ou RRT assinada por profissional técnico habilitado. Desta maneira, passa a ser responsabilidade apenas do proprietário ou morador a contratação de um profissional habilitado, que deve ser o responsável técnico pelas alterações executadas no local e por cumprir o plano de reforma, e todas as regras internas que possam impactar no bem-estar e segurança das pessoas, sistemas e da edificação como um todo.

Já a NORMA DE INSPEÇÃO PREDIAL NACIONAL do IBAPE-SP (2012)

recomenda que o laudo de inspeção predial deve conter informações obtidas por meio de questionários e entrevistas realizadas com os usuários, funcionários e gestores das edificações, principalmente no caso de modificações e reformas na edificação.

Nesta mesma linha, o item 8 da NBR 5674:1999 registra que as solicitações e reclamações dos usuários e as inspeções técnicas, são fontes de informação para o inspetor.

Convergindo com as demais normas, o Item 5.3.3 da NBR 16747:2020, informa que o inspetor predial deve coletar dados e obter informações sobre a construção e seu passado, por meio de entrevistas.

Constata-se desta maneira, quanto é importante para uma consistente inspeção predial, obter informações com os moradores, funcionários e gestores das edificações.

## Lista de verificações ou check list

A Lista de verificações é um conjunto dos principais tópicos a serem vistoriados, servindo também para que o inspetor ou a equipe de inspeção registre as constatações técnicas, resultados e observações. Este formulário, muitas vezes já padronizado pelo vistoriador, possibilita o planejamento e uma sequência lógica da inspeção, fazendo com que nenhum sistema ou subsistema deixe de ser inspecionado.

Pujadas, Saldanha et al (2012) indica que a lista de verificações possua, todos os componentes e equipamentos que podem ser inspecionados visivelmente, podendo ser incrementado de acordo com a complexidade da edificação.

Pujadas, Saldanha et al (2012) destaca os sistemas e subsistemas que deverão compor a lista de verificações:

- a) Estrutura;

- b) Alvenaria;
- c) Revestimentos;
- d) Impermeabilizações;
- e) Esquadrias;
- f) Cobertura;
- g) Paisagismo;
- h) Instalações:
  - i) Elétricas
  - j) Hidráulicas
  - k) Gás
  - l) Sistema Proteção contra descargas atmosféricas (SPDA);
- m) Telefonia;
- n) Automação;
- o) Proteção contra incêndio;
- p) Ar condicionado;
- q) Segurança Patrimonial;
- r) Iluminação de emergência;
- s) Maquinas e Equipamentos;
- t) Elevadores;
- u) Caldeiras;
- v) Geradores;
- w) Pressurizadores;
- x) Bombas e filtros;
- y) Automação de Portões
  - i. Diversos;
  - ii. Quadras Poliesportivas;
  - iii. Playground;
  - iv. Churrasqueiras;
  - v. Saunas;
  - vi. Equipamentos de Ginástica;
  - vii. Piscinas;
  - viii. Lixeiras;
  - ix. Academia

Segundo a ABNT NBR 5674:1999 – Manutenção de edificações, item 8.4, as inspeções prediais devem ser orientadas por listas de verificações, onde deve ser considerado:

- a) Um roteiro lógico de inspeção da edificação;
- b) Os componentes e equipamentos mais importantes na edificação;
- c) As formas de manifestação esperadas da degradação do edifício;
- d) As solicitações e reclamações dos usuários.

A lista de verificações, além de organizar o roteiro da vistoria, tem também o objetivo de ser o formulário onde são registradas as anomalias e as não conformidades identificadas.

Além dos registros dos problemas identificados e caracterizados de maneira detalhada, o vistoriador também deve abusar dos registros fotográficos, que em muito enriquecem todos os tipos de Laudo. Desta maneira, objetivando evitar quaisquer tipos de dúvidas, o vistoriador além de informar o problema, ele os mostra através das fotografias.

## Recomendações das obras necessárias

Uma importante parte do Laudo de vistoria predial vem a ser a recomendação das obras necessárias. Nesta parte do Laudo de acordo com o item 5.3.6 da NBR 16747:2020, o profissional deve recomendar as obras e ações necessárias para restaurar ou manter o desempenho de todos os sistemas e subsistemas da edificação.

A descrição das anomalias, falhas de uso, operação ou manutenção e/ou não conformidades devem ser registradas em linguagem simples, e de fácil compreensão por qualquer leitor. Devem ser evitados termos e expressões que dificultem ou impossibilitem o fácil entendimento.

Em alguns casos, para que seja feita a recomendação das obras necessárias é preciso que estudos mais aprofundados sejam realizados. Com exemplo, pode ser citado de forma hipotética uma infiltração no forro de gesso. Verificou-se nas plantas de engenharia que sobre este forro existem tubulações do sistema de combate a incêndio, tubulações de água potável e que na laje superior existe em banheiro. Constata-se então que três podem ser as causas da infiltração e que somente abrindo o forro do gesso será possível visualizar a real causa da infiltração.

Existem também a possibilidade de o profissional recomendar a contratação de empresa ou profissional especialista, para se ter uma análise mais detalhada.

## Organização das prioridades

O item 5.3.7 da NBR 16747:2020 da indica que as recomendações apresentadas devem ser organizadas em ordem de prioridade, onde os problemas que comprometam a saúde e/ou segurança dos usuários devam ser realizadas prioritariamente.

Uma boa prática que o profissional contratado pode adotar é definir de comum acordo com o gestor da edificação, o tempo necessário para a realização das demais obras de reparo. Essa prática é indicada pois as obras de reparo vão demandar recurso financeiros, logo é necessário elaborar um cronograma que envolva as obras necessárias e os recursos financeiros disponíveis.

## Inspeção predial x manutenção predial

A inspeção predial não deve ser confundida com a manutenção predial. A NBR 5674:1999 define manutenção como: “conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários”.

A falta de Manutenção pode causar prejuízo na funcionalidade dos sistemas e subsistemas, a perda antecipada de desempenho, a diminuição da vida útil, e aumento nos custos para recuperar a edificação.

Quando a manutenção preventiva é precária ou inexistente, as despesas com a manutenção corretiva são acentuadas e crescem de maneira exponencial.

O item 6.1 da NBR 5674:1999 indica que a manutenção de uma edificação deve considerar algumas características como o uso, o tamanho e complexidade, o número e a dispersão geográfica e a vizinhança e o entorno.

No ano de 2009, a Câmara de Inspeção Predial do IBAPE/SP realizou um estudo sobre acidentes ocorridos em edificações com mais de 30 anos. O estudo concluiu que 66% das prováveis causas e origens dos acidentes são relacionadas à deficiência com a manutenção, perda precoce de desempenho e deterioração acentuada. Apenas 34% dos

acidentes possuem causa e origem relacionada aos chamados vícios construtivos, ou, ainda, anomalias endógenas, de acordo com a figura 4.

Figura 4 - Distribuição da incidência dos acidentes



Fonte: DOLACIO, 2013.

Uma breve análise do gráfico indica uma boa manutenção pode mitigar o processo de colapso e a deterioração precoce das edificações.

### Manutenção preventiva

A manutenção preventiva, como próprio nome diz, procura fazer intervenções que previnam a paralisação de um equipamento ou a perda de desempenho de um sistema. Caracteriza-se pela realização constante de serviços de forma planejada e preventiva, sendo necessária a utilização de recursos humanos e de materiais e equipamentos.

### Plano de manutenção

Impossível falar de manutenção preventiva sem falar em plano de manutenção preventiva.

O plano de manutenção preventiva é um documento onde se registram foi possível identificar o problema na bomba 02, antes que seu uso fosse obrigatório.

Caso não houvesse o plano de manutenção, a bomba 01 funcionária até a exaustão e quando fosse necessária a utilização da bomba 02, seria verificado que não estava funcionando. Como consequência, a edificação poderia ficar com a distribuição de água prejudicada e muito provavelmente uma nova bomba teria que ser adquirida, pois o concerto de uma das bombas levaria um bom tempo.

Neste simples exemplo, verifica-se que a ausência do plano de manutenção traria a interrupção de um equipamento, a perda de desempenho de um importante sistema, o desconforto dos usuários e aumento nas despesas com a aquisição de uma nova bomba.

Outro importante aspecto a ser destacado com relação ao uso do plano de manutenção se refere a frequência da ocorrência dos problemas. Utilizando o mesmo exemplo da bomba d'água e supondo que não existisse um plano de manutenção, uma das bombas apresentou repetidos problemas durante um certo período de tempo, necessitando de diversas idas ao concerto. Nesta hipótese, os problemas não foram registrados em nenhum documento, fazendo com que o histórico das repetidas visitas ao mecânico caísse no esquecimento.

Caso existisse um plano de manutenção com os devidos registros das ocorrências, seria verificado que o mesmo equipamento apresentava problemas muito frequentes, despertando no gestor da edificação que algum problema anormal acontecia com aquele equipamento, seja por subdimensionamento, por problemas na instalação elétrica e/ou hidráulica, e até mesmo problemas operacionais ou de uso.

Diante do exemplo da bomba de água, contata-se o quanto é importante o uso de um plano de manutenção.

## Como organizar a manutenção preventiva

Segundo Rocha (2007) os equipamentos de sistemas devem ser catalogados, de modo que todas as características construtivas estejam disponíveis para quem estiver fazendo a manutenção.

Recomenda também que seja mantida e treinada uma equipe de manutenção para prestar os serviços e que esta mesma equipe pode elaborar rotina de manutenção, levantando detalhadamente as instalações existentes e relacionando as características e as marcas dos equipamentos.

Rocha (2007) apresenta também um modelo de programa de manutenção, que pode ser observado no quadro 2.

Quadro 2 - Programa de manutenção

Sistema	Serviço	Periodicidade	Equipamento
1 - Estrutura			
. Fundações . Pilares . Vigas . Lajes	Inspeção e verificação de possíveis fissuras, trincas, rachaduras, ferragem aparente, desníveis, carbonatação	Semestral	
2 - Cobertura			
. Vigamento . Telhado . Impermeabilização . Calhas e Condutores . Outros elementos	Inspeção e verificação Limpeza Inspeção, Limpeza e reparos Inspeção, Limpeza e reparos Inspeção, Limpeza e reparos	Semestral Bimensal Trimestral Mensal Variável	Eq. de Limpeza Escada
3 - Paredes			
Revestimentos . Blocos ou tijolos a vista . Placas	Inspeção, Limpeza e reparos Inspeção, Limpeza e reparos Inspeção, Limpeza e reparos	Semestral	
4 - Esquadrias			
. Caixilhos de alumínio . Caixilhos de Ferro . Caixilhos de madeira . Portas . Vidros	Inspeção e Limpeza Limpeza e/ou pintura Pintura e/ou reparos Limpeza e/ou substituição	Anual Anual Semestral Anual Anual	
5 - Hidráulica			
Entrada . Sistema de Caixas d'água . Ramais de abastecimento . Torneiras . Registros . Válvulas	Inspeção Inspeção e Limpeza Inspeção e troca de reparos Inspeção e troca de reparos	Semestral	Eq. de Limpeza Ferramental

6 - Elétrica			
Quadro de entrada . Circuitos . Tomadas . Interruptores . Sistema de iluminação . Luminárias . Lâmpadas	Inspeção /Troca de Fusíveis Inspeção e reparos Inspeção e troca Inspeção e troca Inspeção / verificação Inspeção/Limpeza/Reposição Inspeção/Reposição	Bimensal Trimestral Semestral Semestral Semestral Bimensal Mensal	Ferramental
7 - Pisos			
Revestimentos . Juntas . Rodapés . Pisos elevados . Pisos externos	Limpeza/Verificação/Reparos Inspeção Verificação Verificação Limpeza/Verificação/Reparos	Bimensal Trimestral Semestral Semestral Bimensal	Eq. de Limpeza
8 - Revestimento			
Externos . Internos . Especiais . Forros	Limpeza e/ou Pintura Limpeza e/ou Pintura Limpeza e/ou Pintura Limpeza/Pintura/Reparos	Semestral Anual Anual Anual	Padrão
9 - Pintura			
Interna . Externa	Retoques/Pintura Retoques/Pintura	Anual Bianual	Padrão

Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

## Manutenção planejada

De acordo com a NBR 5674:1999 a manutenção planejada se caracteriza pela realização de serviços, cuja sua execução é organizada de forma antecipada, tendo sido solicitada por usuários, estimativas da durabilidade esperada ou relatórios de inspeções periódicas sobre o seu estado de deterioração.

Este tipo de manutenção pode ser realizada por equipe própria da edificação ou por equipe terceirizada.

Como exemplo de manutenção planejada, pode-se citar a limpeza dos reservatórios de água potável, que devem ser realizados periodicamente, de modo a cumprir a legislação pertinente e causar o menor impacto possível aos usuários.

## Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é também conhecida por manutenção não planejada e como o próprio nome diz, tem como objetivo corrigir algum tipo de problema ou de restaurar o funcionamento de algum equipamento ou sistema.

A NBR 5674:1999 define manutenção corretiva como um serviço não previstos na manutenção planejada, demandando intervenção imediata para permitir a continuidade do uso da edificação ou evitar graves riscos ou prejuízos pessoais e patrimoniais aos seus usuários ou proprietários.

Como exemplo de manutenção corretiva pode-se utilizar a hipótese da bomba d'água citada anteriormente na Manutenção preventiva.

## **Avaliação da qualidade da manutenção**

De acordo com a Norma de Inspeção Predial do IBAPE-SP (2011), o profissional ao iniciar a inspeção predial deve fazer uma avaliação do estado de manutenção e condições de uso da edificação e analisar o plano de manutenção.

Caso não exista plano de manutenção, o inspetor deverá verificar as atividades realizadas e avaliar a manutenção da edificação e de seus sistemas nos seguintes termos: manutenção avaliada: atende; atende parcialmente ou não atende.

## **Avaliação do uso da edificação**

Ainda de acordo com a norma de inspeção predial do IBAPE-SP (2011), o uso da edificação, pode ser classificada em regular ou irregular.

O uso regular é definido como o uso no qual a edificação foi planejada e projetada para tal, contribuindo para a sua longevidade.

Como exemplo de uso regular pode-se citar o exemplo de uma edificação que foi projetada para ser utilizada como residência e que está sendo utilizada como residência.

Uma edificação é classificada como uso irregular quando está sendo utilizada de forma diferente para qual foi planejada e projetada, trazendo riscos não previstos em projeto, que poderão comprometer a segurança e habitabilidade. Como exemplo, pode-se citar o exemplo de um prédio que foi projetado para ser utilizado como residencial, mas que está sendo utilizado como biblioteca. Neste caso o uso da edificação está submetendo-a à esforços não previstos.

## **Como contratar uma inspeção predial**

O IBAPE-SP 2015 sugere que na hora de se contratar um profissional para realizar a inspeção predial, deve-se atentar para os seguintes fatos:

- Verificar a habilitação profissional, especialização e experiência do inspetor;
- Verificar se existe mais de um profissional envolvido no trabalho, o que, normalmente, caracteriza um trabalho mais aprofundado e completo;
- Verificar qual é o escopo dos serviços prestados pelo profissional;
- Observar se o Laudo oferecido é completo em relação à análise de rotinas de manutenção já existentes.

Adicionalmente, pode-se acrescentar a sugestão que cabe para a contratação de qualquer tipo de serviços que é a indicação ou a referência do contratado.

## **O laudo de Autovistoria**

O item 3.50 da A NBR 13752:1996, define laudo como sendo uma peça na qual o perito, profissional habilitado, relata o que observou e dá as suas conclusões ou avalia, fundamentadamente, o valor de coisas ou direitos.

O Laudo de Autovistoria é o resultado do trabalho de um ou mais profissionais que devem ser legalmente habilitados e ter a atribuição técnica devida para o desenvolvimento do serviço contratado.

O profissional deve exceder suas atividades dentro dos limites de suas atribuições profissionais, e se comprovada imprudência ou imperícia, poderá sofrer sanções do Código de Ética Profissional, que vão desde a censura pública à cassação de seu registro profissional.

## **Comunicação à Prefeitura do Rio de Janeiro**

O responsável pelo imóvel deverá comunicar à Prefeitura o resultado do LTPV. Se a inspeção detectar que a edificação encontra-se apta e possui condições adequadas de uso quanto à sua estrutura, segurança e conservação, isso deverá ser comunicado à prefeitura no website da prefeitura.

Entretanto, quando o laudo técnico indicar a necessidade de realização de obras de reparo para a adequação da edificação, quando a comunicação for realizada, deverá ser informado o prazo estimado para que as sejam realizadas. Após serem concluídas as obras de reparo indicadas, deverá ser elaborado um laudo complementar e uma nova comunicação deve ser feita à prefeitura informando que o imóvel agora se encontra em condições adequadas de conservação, estabilidade e segurança.

Os LTPV's obrigatoriamente devem ser acompanhados dos respectivos Anotações de Responsabilidade Técnica (ART), junto ao CREA-RJ ou Registros de Responsabilidade Técnica (RRT), junto ao CAU/RJ.

## **Laudo Complementar**

O parágrafo segundo do Decreto nº 37.426, de 11 de julho de 2013, determina que após a conclusão das obras de reparo indicadas no laudo técnico será elaborado laudo técnico, complementar.

Na prática, o Laudo complementar pode ser muito mais conciso e econômico do que o LTPV's, pois não há a necessidade de se repetir novamente toda a descrição do imóvel, quais as unidades foram visitadas, entre outras. A informação que não pode faltar é que as obras de reparo recomendadas no LTPV foram realizadas e que as anomalias não mais existem.

Após a Prefeitura ser informada sobre a conclusão das obras, uma nova Autovistoria deverá ser feita num intervalo máximo de 5 anos

## **DESENVOLVIMENTO**

O desenvolvimento do presente trabalho tem por finalidade analisar as anomalias identificadas em 16 Laudos de Autovistoria Predial, sendo 15 Laudos realizados em imóveis situados na cidade do Rio de Janeiro e 1 imóvel situado na cidade de Niterói.

## **Tipologia das Construções**

Todos os imóveis que serviram de estudo de caso para este trabalho são condomínios residenciais multifamiliares possuindo pelo menos um elevador e padrão construtivo normal.

O padrão construtivo normal classifica residências que possuem garagem coberta, elevador, cômodo de lixo depósito e instalação sanitária.

Todos os imóveis vistoriados que fazem parte deste trabalho foram construídos em concreto armado e possuem idade entre 5 e 62 anos.

## **Classificação do nível das inspeções**

As inspeções realizadas foram classificadas como Inspeção nível 2, e foram realizadas por 2 profissionais habilitados em diferentes especialidades. Classificam-se como inspeções nível 2 as inspeções realizadas em edificações de média complexidade e realizada por profissional habilitado em uma ou mais especialidades.

Nenhum dos imóveis possui empresa terceirizada responsável pela realização de manutenção preventiva. De maneira geral as manutenções eram executadas por funcionários dos imóveis, geralmente o porteiro ou o zelador.

Apenas os sistemas mais específicos como portões eletrônicos, interfones e elevadores possuíam empresas terceirizadas responsáveis pela manutenção.

### **Plano de Manutenção**

Nenhum dos imóveis vistoriados possuíam plano de manutenção nem registros das manutenções realizadas.

### **Lista de verificações**

O profissional responsável pelas vistorias aos imóveis que fazem parte deste trabalho elaborou uma Lista de verificações que foi devidamente preenchida em cada uma das vistorias.

A Lista de verificações é o anexo 1 do presente trabalho e é voltada para condomínios residenciais multifamiliares.

### **Planejamento das vistorias**

As vistorias realizadas demandaram um planejamento prévio, onde foi solicitado ao gestor ou síndico da edificação o agendamento prévio com os proprietários ou ocupantes dos imóveis e a presença de um funcionário do condomínio que conhecesse todos os sistemas e subsistemas da edificação com as chaves que possibilitassem o acesso a todo o imóvel.

- Foram solicitados também os seguintes documentos:
- plano de manutenção
- manual de uso, operação e manutenção da edificação
- contrato de manutenção dos elevadores
- RIA – Relatório de inspeção anual dos elevadores
- laudo de potabilidade da água
- certificado de limpeza de reservatórios
- relatório de testes em bombas e mangueiras de incêndio.
- relatório de testes de estanqueidade da rede de distribuição interna de gás
- certificado de dedetização
- análise de potabilidade da água dos reservatórios
- relatório de limpeza e manutenção das caixas de água
- relatório de manutenção e limpeza das caixas de inspeção e gordura

De maneira geral, os documentos solicitados são disponibilizados após muita insistência e mesmo assim, nem todos os documentos são entregues.

Como será visto mais a frente, mesmo havendo o agendamento prévio da vistoria, existe muita dificuldade e resistência por parte dos proprietários e ocupante das unidades para vistoriar as respectivas unidades.

Recomenda-se que o vistoriador informe no LTPV os documentos que foram solicitados e os documentos que foram disponibilizados.

## Roteiro das vistorias

As vistorias não possuem um padrão de roteiro a ser realizado, normalmente começam pela garagem ou subsolo ou começam pelo terraço.

As vistorias do presente estudo começaram pela portaria, subindo até o terraço pelo elevador. Após a vistoria do terraço e dos sistemas lá existentes, os andares inferiores e as unidades independentes foram acessadas pelas escadas.

Desta maneira, são vistoriadas as condições dos elevadores, do terraço, das escadas e das unidades independentes.

As vistorias foram encerradas nas garagens instaladas nos pilotis ou no subsolo. Importante destacar que o vistoriador deve dispensar muita atenção ao terraço e à garagem/subsolo, pois lá se localizam importantes sistemas da edificação.

## Quadro de recomendações técnicas

Um dos itens mais importantes dos LTPV's analisados, vem a ser o quadro de recomendações técnicas. Trata-se de um quadro resumo contendo todas as anomalias identificadas na edificação, o local da anomalia, a descrição da anomalia, as medidas necessárias a serem tomadas, o prazo para a solução do problema que em geral é acordado com o síndico ou gestor da edificação e o grau de risco da anomalia.

O quadro resumo foi uma estratégia adotada pelo vistoriador, pois resume de maneira simples e de fácil visualização por todos os interessados, visto que o LTPV deve ser levado à uma assembleia do condomínio.

O grau de risco quando classificado como crítico foi apresentado na cor vermelha, enfatizando a sua criticidade.

Apresento como exemplo, o quadro 3 com recomendações técnicas de um dos imóveis que serviram com estudo do presente trabalho, localizado no Recreio dos Bandeirantes e possuindo idade real de 5 anos.

Quadro 3 - Recomendações técnicas

Ítem	Descrição do item	Descrição das medidas necessárias	Prazo máximo de execução	Grau de Risco
3.1.1 - Terraço I	telha de fibrocimento quebrada	substituição da telha quebrada	3 meses	médio
	escadas de marinho em avançado processo de corrosão	substituição das escadas	2 meses	crítico
	estrutura de suporte de reservatório de água em processo avançado de corrosão.	substituição da estrutura	3 meses	médio
3.2.1 - Terraço II	escadas de marinho em avançado processo de corrosão	substituição das escadas	2 meses	crítico
3.9 - Subsolo	infiltração na laje superior da garagem em diversos pontos	recuperação do sistema de impermeabilização do térreo e piscina	3 meses	médio
	infiltração na parede lateral da garagem	recuperação do sistema de impermeabilização	3 meses	médio

Fonte: LOPES & LOPES, 2013.

Destaca-se no quadro acima que as duas anomalias críticas identificadas se situam nos dois terraços existentes, e que apesar de não comprometerem a estabilidade do imóvel, podem causar um grave acidente de trabalho.

### Quadro Resumo dos quadros de recomendações técnicas

Os quadros de recomendações técnicas das 16 Autovistorias que foram analisadas neste trabalho foram compilados num único quadro intitulado Quadro resumo. Este quadro traz os dados básicos dos imóveis como idade da construção, número de pavimentos, bairro, número de unidades privativas e número de unidades privativas vistoriadas. Traz também o detalhamento das anomalias identificadas distribuídas de acordo com a localização: terraço, unidades privativas, áreas comuns, e fachada. A letra 'X' indica a existência de uma anomalia, a letra "X" em vermelho indica que a anomalia foi considerada como crítica, e mais de uma letra "X" indica que foi identificada mais de uma anomalia daquele tipo. Como exemplo de dois "XX", tem-se o imóvel identificado pelo número 15, onde foram identificadas duas escadas de acesso à caixa d'água com corrosão.

Apesar do terraço e da fachada também serem consideradas áreas comuns, as anomalias nelas localizadas foram separadas, pois mereceram relevante destaque.

As anomalias que aparecem no Quadro resumo, são as anomalias consideradas como as mais recorrentes e mais importantes. Outras anomalias que apareceram de forma esporádica, forma caracterizadas como "outros".

Apresento a seguir o Quadro 4 Resumo dos quadros de recomendações técnicas das 16 Autovistorias que foram analisadas, e o quadro 5 a continuação.

Quadro 4 – Resumo das recomendações técnicas

Dados do imóvel		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
idade		25	20	10	10	25	27	33	17	28	26	62	15	20	5	5	35
numero de pavimentos		3	3	3	3	3	5	3	3	14	3	3	3	3	4	3	7
bairro		Barra da Tijuca	Leblon	Barra da Tijuca	Recreio	Icaraí	Barra da Tijuca	Urca	Barra da Tijuca	Barra da Tijuca	Vila Valqueire	Recreio	Lagoa				
numero de unidades		5	5	6	8	6	5	5	6	11	5	6	10	5	16	11	10
numero de unidades vistoriadas		0	3	0	2	2	2	1	2	3	1	2	1	3	2	2	7
anomalias																	
terraço	impermeabilização da laje do terraço deteriorada	X	X		X	X							X	X			
	terraço servindo como depósito de materiais com risco de queda	X			X				X	X				X			X
	presença de vegetação no terraço																
	laje do terraço com ferrugem exposta e perda de seção	X				X					X				X		
	escada de acesso à caixa d'água com corrosão/risco de queda para acessar a caixa d'água		X							X				X		X	XX
	casa de bombas do SCI /casa de maquinas do elevador servido como depósito de materiais					X				X					XX		

unidades	empoçamento de água				X								X				
	estrutura da caixa d'água com ferragens expostas e perda de seção																X
	telha quebrada		X										X			X	
	Outros	XXXX	XXXX		X					XXXX	XXX			XX			XXX
	infiltração		X														

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Quadro 5 – Resumo das recomendações técnicas (Continuação)

Dados do imóvel		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
idade		25	20	10	10	25	27	33	17	28	26	62	15	20	5	5	35	
numero de pavimentos		3	3	3	3	3	5	3	3	14	3	3	3	3	4	3	7	
bairro		Barra da Tijuca	Leblon	Barra da Tijuca	Recreio	Icaraí	Barra da Tijuca	Urca	Barra da Tijuca	Barra da Tijuca	Vila Valqueire	Recreio	Lagoa					
numero de unidades		5	5	6	8	6	5	5	6	11	5	6	10	5	16	11	10	
numero de unidades vistoriadas		0	3	0	2	2	2	1	2	3	1	2	1	3	2	2	7	
<b>ANOMALIAS</b>																		
áreas comuns	extintores vencidos													X				
	trinca no sistema estrutural														X			
	ausência de corrimão/iluminação nas escadas	X							X					X				
	infiltração nas paredes da escada					X		X										
	escadas servindo como depósito de materiais					X												
	deslocamento da alvenaria					X		X	X	X		X	X		X			
	armário de entrada de energia apresentando processo de deterioração		X	X					X	X								X
	cabos elétricos encontram-se desprovidos de eletrodutos/apresentam derretimento				X					X	X		X	X				XX
	armário de energia, gás , telefonia ou casa de bombas servindo como depósito de materiais		X			X			XX	XX	XX				X			XX
	infiltração na laje da garagem com ou sem ferragens expostas e perda de seção	X			X					X	X			X	X		XX	XX
Outros	XXX X	XX						XXX X	XX	X			XX	XX			XXX	
fachada/empena	presença de vegetação na fachada		X															
	fachada/empena apresentando deslocamento/deterioração					X			X	X		XXX		X				
	infiltração de água na empena								X	X							XXX	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

### Quadro resumo dos quadros de recomendações

A análise do Quadro Resumo traz importantes informações que serão detalhadas a seguir.

## Incidência das anomalias

Dentre os 16 LTPV's analisados, apenas dois condomínios ou 12,5%, não apresentaram anomalias.

Analisando um pouco mais detalhadamente os dois condomínios que não apresentaram anomalias, verificasse que as idades reais dos imóveis são 26 e 27 anos. Conclui-se então que o fator idade não é determinante para a não ocorrência de anomalias, visto que condomínios mais novos com idade entre 5 e 10 anos apresentaram diversas anomalias.

Buscando ainda a resposta para a ausência de anomalias nestes dois condomínios, chega-se à conclusão que o comprometimento dos síndicos na realização da manutenção preventiva foi fator preponderante para a ausência das anomalias.

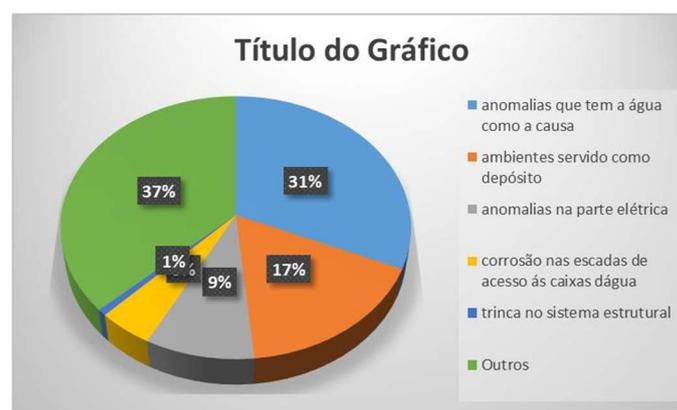
## Distribuição das anomalias

As anomalias foram distribuídas da seguinte forma.

- 31,54 % das anomalias tem a água como causa;
- 16,29% das anomalias se referem a ambientes como casa de bombas, casa de máquinas dos elevadores, servindo indevidamente como depósito de materiais;
- 9,23 % se referem a anomalias no sistema elétrico como cabos derretidos, instalações inadequadas, ou deterioração na madeira em que estão fixados os medidores das unidades;
- 4,62 % se referem à corrosão nas escadas de acesso às caixas d'água;
- 0,77% se refere a um possível problema estrutural, onde foi identificada uma trinca no pavimento térreo de aproximadamente 0,5 cm.
- 37% referente às demais anomalias como ausência de iluminação e corrimão nas escadas, telha quebrada, vegetação nos terraços, entre outras

Apresento a seguir a figura 5 com o gráfico de distribuição das anomalias.

Figura 5 - Gráfico de distribuição das anomalias



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Considero importante fazer dois comentários interessantes sobre as anomalias descritas anteriormente.

A primeira se refere a trinca de 0,5 cm identificada no pavimento térreo de um prédio de 5 anos de idade. O síndico relatou que a trinca já existia a aproximadamente 10 meses, se mantendo estável em 0,5 cm.

O engenheiro vistoriador instalou diversos selos de gesso para acompanhar possível avanço da trinca e recomendou que o síndico procurasse a construtora com a maior brevidade possível, para comunicar o aparecimento da trinca.

Apenas a título de curiosidade, o vistoriador fez o acompanhamento da trinca, que não apresentou avanço, de acordo com a figura 6.

Figura 6 - Trinca



Fonte: Elaborado pelo autor,2021.

Outro fato interessante que merece destaque foi encontrado no condomínio localizado em Niterói, onde que foi identificado na ampla casa de bombas que elevavam a água da cisterna para as caixas d'água, fogão e botijão de gás e uma cama para descanso dos funcionários. Uma verdadeira bomba relógio com alguém dormindo ao lado.

Num cômodo sem ventilação, coexistindo equipamentos elétricos, botijão de gás e uma cama. Os funcionários do condomínio não ficaram nada satisfeitos ao saberem que o síndico deveria retirar o fogão e principalmente o botijão de gás.

Apresento a seguir a figura 7 que mostra o fogão e o botijão de gás.

Figura 7 - Inconformidades na casa de bomba



Fonte: Elaborado pelo autor,2021.

## Distribuição das anomalias por localização

Foram identificadas 130 anomalias assim distribuídas:

- 50% das anomalias foram identificadas nas áreas comuns (escadas, pavimento térreo, garagem, subsolo);
- 40% das anomalias foram identificadas nos terraços;
- 9% das anomalias foram identificadas nas fachadas e empenas;
- 1% das anomalias foram identificadas nas unidades privativas.

Apresento a seguir a figura 8 com o gráfico de distribuição das anomalias.

Figura 8 - Gráfico de distribuição das anomalias por localização



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

### **Análise das anomalias identificadas nas áreas comuns**

Nas áreas comuns como escadas, pavimento térreo, portaria, garagem e subsolo foi identificado o maior percentual das anomalias, nada menos do que a metade.

- 43,75% dos condomínios apresentavam deslocamento da alvenaria, tendo a unidade como a causa;
- 43,75% dos condomínios apresentavam infiltração de água na laje da garagem com ferragem exposta e perda de seção de aço;
- 43,75% tinham o armário de energia, gás, telefonia ou casa de bombas servindo indevidamente como depósito de materiais;
- 37,50% dos condomínios tinham cabos elétricos desprovidos de eletrodutos ou apresentavam sinais de derretimento em cabos elétricos;
- 18,75% dos condomínios não possuíam corrimão ou iluminação de emergência nas escadas.

### **Análise das anomalias identificadas nos terraços**

- 37,50 % das edificações apresentam deterioração da impermeabilização do piso do terraço, onde 18,50% já apresentam a queda do recobrimento do concreto com exposição de ferragem e perda de seção;
- 37,50% das edificações tinham o terraço servindo como depósito de materiais com risco de queda;
- 31,25 % das edificações apresentavam algum risco de queda para se acessar as caixas d'água, seja por deterioração da escada metálica, seja por problema de acesso estreito;
- 18,75% das edificações tinham a casa de bombas do SCI ou a casa de máquinas do elevador servido como depósito de materiais.
- 18,75% das edificações apresentavam telhas de cobertura quebradas.

Análises importantes podem ser feitas nas anomalias identificadas no terraço. A primeira delas tem a água como vilã, onde 37,50 % das edificações apresentaram problemas na impermeabilização. Igual percentual se refere a um simples problema de ser resolvido, apenas retirando-se os materiais indevidos armazenados nos terraços.

Surpresa foi o percentual de edificações que apresentavam condições inseguras de acesso a caixa d'água, nada menos que 31,25% das edificações. De maneira geral, o funcionário quando vai acessar a caixa d'água está sozinho, o que potencializa qualquer tipo de acidente.

Fato interessante foi identificado num condomínio no Recreio dos Bandeirantes com idade de 10 anos, onde o funcionário para acessar a caixa d'água teria que passar por um estreito e escorregadio peitoril de mármore, conforme pode ser visto na figura 9.

Figura 9 - Inconformidades no telhado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

### Análise das anomalias identificadas nas unidades privadas

Nos 16 condomínios vistoriados existem 120 unidades privadas, todavia apenas 33 unidades foram vistoriadas, ou um percentual de 28%.

Dentre as 33 unidades privadas vistoriadas, apenas uma unidade ou 3,03%, apresentava sinais de infiltração. Uma análise que pode ser feita no baixo número de anomalias encontradas nas unidades privadas é que os condomínios são de classe média alta, somando-se ao fato de estarem localizados dentro das casas das pessoas, o que facilita a identificação de qualquer anomalia.

Apresento a seguir a figura 10 com o gráfico de unidades privadas vistoriadas x unidades privadas não vistoriadas.

Figura 10 - Unidades privadas vistoriadas x unidades privadas não vistoriadas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

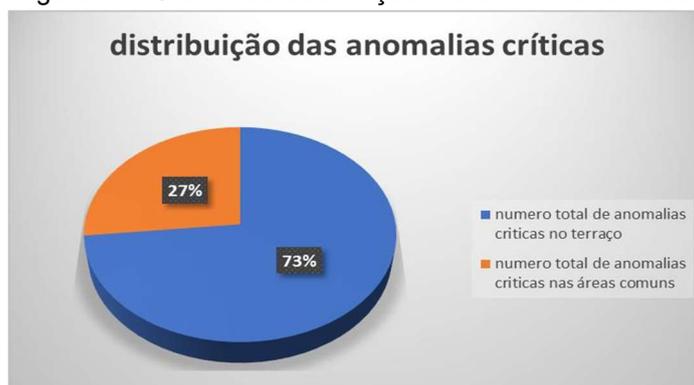
## Distribuição das anomalias críticas

Dentre as 130 anomalias, 15 anomalias foram classificadas como críticas assim distribuídas:

- 11 anomalias identificadas nos terraços;
- anomalias identificadas nas áreas comuns (escadas, pavimento térreo e subsolo).

Apresento a seguir a figura 11 com o gráfico de distribuição das anomalias críticas.

Figura 11 - Gráfico de distribuição das anomalias críticas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Conforme já registado no item 4.9.5, 40% do total das anomalias foram identificadas nos terraços e nada menos do que 73% das anomalias críticas também foram lá encontradas, reforçando a importância que no terraço a inspeção deve ser a mais detalhada possível.

Apresento a seguir as anomalias classificadas com críticas, identificadas nos terraços:

- escada de acesso à caixa d'água com corrosão/risco de queda para acessar a caixa d'água;
- terraço servindo como depósito de materiais com risco de queda; e,
- casa de bombas do SCI /casa de máquinas do elevador servido como depósito de materiais.

## Anomalia construtiva x falha de manutenção e uso

Dentre as 130 anomalias identificadas, 13 foram classificadas como anomalias construtivas e 117 foram classificadas como falhas de manutenção e uso.

Apresento a seguir a figura 12 com o gráfico Anomalia construtiva x Falha de manutenção e uso.

Figura 12 - Gráfico Anomalia construtiva x Falha de manutenção e uso.



Fonte: Elaborado pelo autor,2021.

Uma análise que pode ser feita no percentual das falhas de manutenção e uso serem muito maiores do que as anomalias construtivas, é que a implementação da manutenção periódica pode reduzir o número das anomalias.

## CONCLUSÃO

Para alguns síndicos e gestores de edificações, o termo inspeção predial pode ser um assunto desconhecido, todavia, em determinadas cidades a inspeção predial teve que se tornar parte do cotidiano, pois muitas cidades já possuem legislação específica, tornando obrigatória a Autovistoria Predial.

Cada vez mais a gestão das edificações vem se profissionalizando, favorecendo a realização da manutenção preventiva. Apesar da manutenção preventiva trazer um acréscimo de custo ao orçamento das edificações, os síndicos e gestores já perceberam que somente através da manutenção preventiva é que se pode trazer uma maior confiabilidade aos sistemas e equipamento que compõem a edificação.

A análise dos 16 LTVP's é possível se chegar as seguintes conclusões.

Mesmo havendo um planejamento anterior à realização da Autovistoria predial com o agendamento aos proprietários e ocupantes das unidades privativas, o percentual de unidades privativas vistoriadas é muito pequeno.

A grande maioria das edificações vistoriadas apresentam algum tipo de anomalia, evidenciando que independentemente da obrigatoriedade da Autovistoria em algumas cidades, a implementação da manutenção preventiva seria capaz de reduzir significativamente as anomalias.

As anomalias a seguir merecem destaque, pois tiveram uma alta incidência:

- anomalias que tem a água como agente, mostrando a importância do sistema de impermeabilização das vistorias de fachada.
- anomalias referentes ao armazenamento indevido de materiais em ambientes como casa de bombas, casa de máquinas dos elevadores. A simples prática da organização e limpeza seria capaz de fazer desaparecer o segundo maior percentual de anomalias. Percebe-se que não é preciso fazer nenhum investimento para sanar este problema.
- anomalias no sistema elétrico como cabos derretidos, instalações inadequadas, ou deterioração na madeira em que estão fixados os medidores das unidades. Este item merece destaque especial pois um problema em qualquer parte elétrica da edificação pode colocar em perigo toda a edificação e as edificações vizinhas. A simples prática de reaperto nos disjuntores pode evitar graves acidentes.

A maioria das anomalias foi identificada nas áreas comuns como escadas, pavimento térreo, garagem e subsolo; seguida das anomalias identificadas nos terraços.

Apesar da maioria das anomalias terem sido identificadas nas áreas comuns como escadas, pavimento térreo, garagem e subsolo, foram nos terraços onde se identificou a grande maioria das anomalias classificadas como críticas, que se tratavam de falha de manutenção e uso.

Uma outra conclusão a que se chega, é que pelo fato de os terraços não serem frequentados pelos moradores, ocupantes, síndicos e gestores acabam não recebendo os devidos cuidados. Verificou-se também que simples ações como a retirada de materiais como antenas e caixas d'água vazias, que não demandam nenhum custo para serem solucionados, resolveriam uma anomalia crítica. Também foram encontradas muitas escadas de acesso às caixas d'água em avançado estágio de corrosão. A substituição de uma escada tem um custo irrelevante quando comparado com os custos de um acidente de trabalho. Em resumo, o que não é visto, não recebe atenção!

Para finalizar, verificou-se que a grande maioria das anomalias foi classificada como falha de manutenção e uso, onde se conclui que na maioria dos casos, a realização de manutenções preventivas diminuiria em muito a incidência das anomalias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13752 Perícias de engenharia na construção civil: 1996 - ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16280 - 2015 - Reforma em Edificações, Rio de Janeiro, 2015.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: 1999 - Manutenção de edificações, Rio de Janeiro, 1999.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-13752:1996, Perícias de engenharia na construção civil, Rio de Janeiro, 1996.

ABUNAHMAN– Abunahman, Sérgio Antonio, Curso básico de engenharia legal e de avaliações. – 4.ed.rev. e ampl.—São Paulo: Pini 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14653:2001 Avaliação de Bens. Rio de Janeiro, 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16747:2020 Inspeção Predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro, 2020 Avaliações e Perícias de Engenharia– Norma de Inspeção Predial Nacional, 2012.

CREA RJ.. Autovistoria e Laudo técnico de Vistoria Predial, RIO DE JANEIRO 2014

CREA-RJ CARTILHA LTPV CREA- RJ acessado em [https://storage.googleapis.com/wzukusers/user-31914271/documents/5a79dd0aa8fddx2GL0Ty/Cartilha-LTPV\\_CREA\\_RJ.pdf](https://storage.googleapis.com/wzukusers/user-31914271/documents/5a79dd0aa8fddx2GL0Ty/Cartilha-LTPV_CREA_RJ.pdf), no dia 23/04/2021.

CREA-RJ, Autovistoria: Avaliação Predial, agosto de 2013. Disponível em: <http://autovistoria.rio.rj.gov.br/public/download/CartilhaAutovistoria.pdf>.

Acessado em 29 de março de 2021.

DEUTSCH (2012) - Deutsch, Simone Feigelson, Perícias de engenharia : a apuração dos fatos / Simone Feigelson Deutsch. 2. ed. atual. e ampl. -- São Paulo : Liv. e Ed. Universitária de Direito, 2013.

DOLACIO, A. . Obrigatoriedade da Inspeção Predial. Florianópolis - SC. (2013)

Equipe Folha Dirigida. (28 de 04 de 2021). Histórico da Engenharia Legal. Fonte: Folha Dirigida: <https://webservices.folhadirigida.com.br/blog/historico-da-engenharia-legal/>

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. (2013). LEI 6.400/2013. RIO DE JANEIRO: ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - ALERJ.

FRANCISCO, V. P., LARA A. M. F. et al - Norma de Inspeção Predial, 2011. IBAPE/SP – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo –

GOMIDE, T.; FAGUNDES NETO, J.; GULLO, M. A. FLORA, S. M. D, Inspeção Predial Total 3.ed, São Paulo: Oficina de texto, 2020.

GOMIDE, T.; FAGUNDES NETO, J.; GULLO, M. A., Inspeção Predial Total – IBAPE SP. . Inspeção predial e saúde dos edifícios . São Paulo: 2012

IBAPE/SP . Livro Pericias de Engenharia (2008) – Pericias de Engenharia .— São Paulo: Pini,2008.

IBAPE-RJ (2021), abril de 2021, disponível em <http://ibape-rj.org.br/institucional/sobre-o-ibape-rj/>

IBAPE-RJ . Cartilha Autovistoria da prefeitura pode ser acessa no endereço <https://www.caurj.gov.br/wp-content/uploads/2014/09/CartilhaAutovistoria.pdf>

IBAPE-SP, Inspeção Predial “a Saúde dos Edifícios”, 2015. Disponível em: [https://www.ibape-sp.org.br/adm/upload/uploads/1541781803-Cartilha-Inspecao\\_Predial\\_a\\_Saude\\_dos\\_Edificios.pdf](https://www.ibape-sp.org.br/adm/upload/uploads/1541781803-Cartilha-Inspecao_Predial_a_Saude_dos_Edificios.pdf)

LOPES, R., & LOPES, G.. Laudo Técnico de Vistoria Predial. Rio de Janeiro.2013

Matheus Fortes Machado Souza UFRJ (2018)

MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. (2013). LEI COMPLEMENTAR 126/2013. RIO DE JANEIRO: CAMARA MUNICIPAL DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO.

NEVES, R.; BRANCO, L., Estratégia de Inspeção Predial, Rio de Janeiro, 2009.

Oliveira, P. F. (2016). AUTOVISTORIA PREDIAL: ASPECTOS LEGAIS E PRÁTICOS. RIO DE JANEIRO: Escola Politécnica/ UFRJ.

PALÁCIO DO PLANALTO. (2015). CÓDIGO DO PROCESSO CIVIL. BRASÍLIA: IMPRENSA NACIONAL.

PUJADAS, F. Z. A.; SALDANHA, M. S. et al - IBAPE– Instituto Brasileiro de Rocha - Como organizar a manutenção preventiva, disponível em <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/104/105>

Rocha, H. F. IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREDIAL PREVENTIVA . NATAL: HOLOS UFRN. 2007

Souza, M. F.. PANORAMA DA AUTOVISTORIA NO RIO DE JANEIRO: INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES MULTIRESIDENCIAIS. RIO DE JANEIRO: Escola Politécnica/ UFRJ. (2018)

**Nicholas Pinheiro Pescadinha**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

**Bruno Matos de Farias**

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

## RESUMO

No estado do Rio de Janeiro, mais especificamente na cidade de Nilópolis o acelerado processo de urbanização tem trazido muitos problemas ambientais às pessoas, principalmente relacionados às enchentes periódicas. Este trabalho tem como objetivo determinar os pontos de risco ambiental, de desastres de inundação na Bacia do Rio Sarapui, região oeste do Rio de Janeiro, por meio de mapas detalhados em escala. Visa também propor soluções técnicas como a utilização de reservatórios de retardo de águas pluviais tanto a nível macro (município) como micro (edificações) a fim de minimizar os impactos das chuvas torrenciais e suas consequências. Outras soluções propostas seriam: a utilização de tipos de pavimentação permeáveis e um plano de utilização e conservação consciente da água utilizada.

**Palavras-chave:** Inundação; Geografia de Risco; Drenagem.

## INTRODUÇÃO

A urbanização no Brasil tem início no século XX com o êxodo rural e o consequente aumento da população urbana. Esse processo foi considerado falho e desordenado. Um dos problemas associados a esse acontecimento é a questão da drenagem urbana (PARKINSON et al., 2003). Outra questão é o consumo maior de água por essa população.

Devido ao grande crescimento populacional, principalmente nas metrópoles, o consumo de água vem aumentando significativamente. Em contrapartida não houve um aumento na produção da água potável para satisfazer os diversos tipos de demanda (PREFEITURA MUNICIPAL DE NILÓPOLIS, 2013).

Segundo a Lei Federal 11.445:2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, o conceito de saneamento básico é definido como “o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e resíduos sólidos”. O saneamento básico é de alta importância para a população, impactando diretamente na saúde e qualidade de vida do indivíduo e da sociedade como um conjunto (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAUDE, 2006).

De acordo com Parkinson et al. (2003), em relação à drenagem urbana observa-se uma correlação com a segregação social (no que diz respeito às doenças), e de

infraestrutura. Com isso, populações de baixa renda conseqüentemente tem baixo acesso a essa infraestrutura. O aumento da urbanização em conjunto com uma falta de planejamento adequado eleva os riscos desse problema (ORZENN, 2016).

A drenagem urbana sendo responsável por lidar com as águas pluviais implica diretamente na ocorrência de alagamentos e inundações. Essas inundações podem ser as causadoras de muitas doenças e poluição dos rios (IBGE, 2000).

Ao longo dos anos, o Brasil apresentou um crescimento significativo da população em sua área urbana, sua taxa é de 80%, sendo essa próxima à saturação. Esse crescimento fez com que houvesse conseqüências em relação aos recursos hídricos como: abastecimento de água, transporte, esgoto e drenagem pluvial. Gerando assim conseqüências importantes (TUSSI, 2007). Por exemplo o acesso a água e ao saneamento reduz, em média, 55% da mortalidade infantil (WRI, 1992).

No estado do Rio de Janeiro, o índice de abastecimento de água é de 92,15%, enquanto apenas 33,70% do esgoto gerado é tratado (SNIS, 2017).

O acontecimento das enchentes e das inundações podem ocorrer por dois processos: enchentes em áreas ribeirinhas que são consideradas naturais e que atingem a população devido à falta de planejamento do uso do solo, e pela urbanização que pode por exemplo causar a impermeabilização do solo devido telhados, ruas calçadas e pátios (TUSSI, 2007).

Os prejuízos decorrentes das inundações englobam desde engarrafamentos até prejuízos a saúde da população, além de danos do patrimônio (TOMAZ, 2010).

Devido crescimento urbano desordenado, as bacias hidrográficas acabam sendo afetadas. Muitas famílias ocupam determinados espaços impróprios para moradia devido falta de dinheiro ou de opção, acarretando alterações no solo, e posteriormente, inundações causadas pela devastação do terreno (INEA, 2017).

A construção de prédios e remoção das vegetações impactam diretamente no comportamento das bacias fazendo com que o solo se torne ainda mais impermeável, diminuindo o escoamento da água das chuvas (TUSSI, 1997).

No estado do Rio de Janeiro, o índice de abastecimento de água é de 92,15%, enquanto apenas 33,70% do esgoto gerado é tratado (SNIS, 2017).

Situado no estado do Rio de Janeiro está o município de Nilópolis, que é componente da chamada Região Metropolitana I ou Baixada Fluminense. Nilópolis está inserido em duas bacias hidrográficas contribuintes para a Baía de Guanabara

a Bacia do Rio Iguaçu e a Bacia do Rio São João de Meriti e é formado desordenadamente por um grupo de canais hidrográficos vindos da Serra de Bangu. (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO PARTICIPATIVO, 2013). Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Nilópolis possui 0% de tratamento próprio em sua rede e grande parte da sua população não tem coleta em suas residências. Há então o despejo in natura no Rio Pavuna-Meriti, poluindo-o cada vez mais, e que tem com destino final a Baía de Guanabara (ALMEIDA, 2017).

Situado no estado do Rio de Janeiro está o município de Nilópolis, que é componente da chamada Região Metropolitana I ou Baixada Fluminense. Nilópolis está inserido em duas bacias hidrográficas contribuintes para a Baía de Guanabara

a Bacia do Rio Iguaçu e a Bacia do Rio São João de Meriti e é formado desordenadamente por um grupo de canais hidrográficos vindos da Serra de Bangu. (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO PARTICIPATIVO, 2013).

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Nilópolis possui 0% de tratamento próprio em sua rede e grande parte da sua população não tem coleta em suas residências. Há então o despejo in natura no Rio Pavuna-Meriti, poluindo-o cada vez mais, e que tem com destino a Baía de Guanabara (ALMEIDA, 2017).

A região da baixada fluminense é muito rica em recursos hídricos, porém esses

encontram-se degradados e esquecidos (VELASCO, 2010).

O assoreamento do Rio Sarapuí está causando preocupação na população que teme novas inundações. Os populares referem que há muito tempo não veem dragas fazendo o trabalho de assoreamento e que devido a isso a capacidade de drenagem estaria comprometida (SANTOS, 2020). Além disso a falta de formas auxiliares de drenagem pela cidade contribui mais ainda para ocorrências de alagamentos e enchentes.

Devido grande aumento de inundações com resultante perdas e transtornos, falta de manutenção e cuidado com os sistemas de escoamentos, o sistema de drenagem precisa ser estudado e discutido (TUSSI, 2007).

Segundo Imada (2014), o sistema de drenagem pluvial que desemboca as precipitações em bueiros e sarjetas não condiz com a necessidade real do meio urbano, pois apesar de ser um jeito rápido de escoamento, o excesso de água é apenas transferido para outro local considerado mais favorável sendo assim uma solução pontual. Por exemplo: se houver um aumento de volume de água essas

medidas tendem a ser insuficientes, podendo causar erosão do solo e consequente transtorno a população local.

Este trabalho trata de um estudo de cenário da praça Paulo de Frontin, Nilópolis - Rio de Janeiro.

O objetivo geral desse trabalho é o de apresentar os principais conceitos inerentes à falha na drenagem urbana no município de Nilópolis e indicar uma proposta que contribua com o plano de ação relacionado à drenagem de águas pluviais estabelecido no plano diretor da cidade.

Como objetivos específicos pretende-se:

- a) Indicar possíveis soluções que já foram adotadas com sucesso em outras cidades para aliviar o impacto de chuvas de forte intensidade, de modo a diminuir alagamentos;
- b) Apontar práticas que incentivem o reaproveitamento das águas das chuvas em áreas urbanas, para fins não potáveis, e desta forma a sustentabilidade;
- c) Indicar a utilização de novos tipos de materiais para pavimentação de ruas, que tenham um certo grau de permeabilidade.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A água é um recurso natural essencial para vida e a saúde (UN, 2002). No ano de 2000, nações se uniram para firmar o compromisso de combater os principais males que afligem a humanidade. Um dos compromissos tinha o objetivo de reduzir pela metade a proporção da população sem acesso a água potável segura e esgotamento sanitário básico (ONU, 2000).

Segundo Mota et al. (2012), a garantia do saneamento é dever do governo, e fator essencial para a população e a preservação do meio ambiente. O Brasil possui um grave problema de infraestrutura devido a expansão acelerada da urbanização e consequente aumento da população, ocasionando inundações, fato esse que pode estar relacionado a diversos fatores como o baixo nível de conhecimento e conscientização do problema, além da falta de planos de drenagem urbana a longo prazo e manutenções do sistema já existe

e implementado (BRAGA, 1994 apud CANHOLI, 2005).

De acordo com Canholi (2005), conforme a história engenheiros tentaram solucionar os problemas de drenagem urbana com obras de canalização para um maior e mais rápido escoamento, porém a aceleração dos escoamentos resultou em uma redução dos espaços naturais. Diferentes leis e planos foram criados para proteger os

atingidos, além da criação de plano de operações. Porém muito desses projetos foram inviáveis devido alto custo (BRAGA, 1994 apud CANHOLI, 2005). Alguns projetos acabaram sobrecarregando rios e córregos afetando continuamente a população (SHEAFFER e WRIGHT, 1982 apud CANHOLI, 2005).

## Saneamento básico

De acordo com a Fundação Nacional da Saúde saneamento ambiental é: “o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar Salubridade Ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas,

com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural” (FUNASA, 2006).

FUNASA. (2006). Manual de saneamento. Brasília: Fundação Nacional de Saúde.

Principalmente nos países do terceiro mundo, a falta de instalações de saneamento básico gerou sérios problemas de saúde pública, que reduziram a força de trabalho e causaram a perda de muitas vidas. Os serviços de água não atendem 12% da população urbana, a coleta de esgoto cobre apenas 35% da população e apenas 8% do esgoto é tratado de maneira adequada. Quanto aos resíduos sólidos, a situação é muito grave: 76% estão acumulados nos “lixões”. O documento reiterou que na drenagem e controle de enchentes de áreas urbanas, essas ações são urgentes, esporádicas e quase sempre determinadas após um desastre (POMPÊO, 2000).

Segundo Almeida (2020), O esgoto é formado por cerca de 99,5% de água e 0,5% de resíduos sólidos (como areia, lixo e matéria orgânica), o que causa um grande impacto negativo no meio ambiente. O objetivo da estação de tratamento é remover 0,5% das impurezas presentes na água, e o processo dura menos de 24 horas.

A água potável deve proporcionar uma melhor qualidade de vida às pessoas, podendo ser usada para alimentação, higiene e prevenção de doenças. Além de prevenir a poluição do solo e da água, o destino do lançamento de esgoto também tem como objetivo básico a prevenção de doenças (FUNASA, 2006).

Políticas públicas voltadas para a melhoria das condições básicas de saúde da comunidade podem efetivamente reduzir a mortalidade de recém-nascidos após o nascimento, sendo que as mortes ocorridas nesse período se devem principalmente a doenças relacionadas às condições de seu ambiente de vida. Este fato confirma que o sistema de tratamento de esgoto junto ao aumento da cobertura populacional pode reduzir ainda mais a mortalidade infantil no Brasil (HOLCMAN, LATORRE E SANTOS, 2004).

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) consiste no planejamento integrado do saneamento básico considerando seus quatro componentes: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, coleta de lixo e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais

urbanas e possui o horizonte de 20 anos, devendo ser avaliado todo ano e revisado a cada quatro anos (BRASIL, 2013).

Figura 1: Quatro componentes do PLANSAB



FONTE PLANSAB 2020

## Drenagem urbana

Segundo Tussi (2001), o termo drenagem urbana é entendido como uma série de medidas destinadas a minimizar os riscos enfrentados pela população, reduzir os danos causados pelas enchentes, tornando possível desenvolvimento urbano harmonioso e sustentável.

Figura 2: Rede de drenagem urbana



Fonte: ASSEMAE 2015

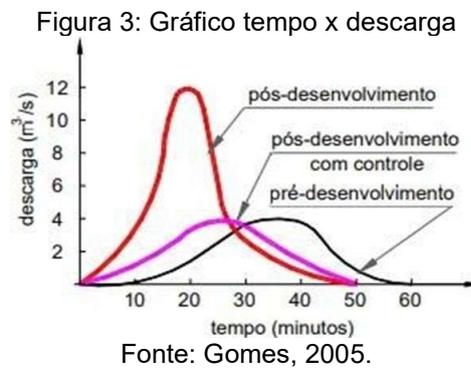
O sistema de drenagem tem sua particularidade: independentemente de haver sistema de drenagem suficiente, a água da chuva é sempre descartada. A qualidade do sistema determinará se os ganhos ou perdas populacionais são grandes ou pequenos. (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1986).

Devido à concentração de muita água no tempo e no espaço, ocorrência de enchentes urbanas não só causou várias perdas em quantidade e qualidade, mas também causou desconforto às pessoas. Em relação à qualidade, é fundamental caracterizar a carga poluente causada por chuvas intensas, que podem causar efeitos devastadores no meio urbano (NASCIMENTO; QUELHAS; FONSECA, 2007).

Como se sabe, a entrada de precipitação (chuva) pode incluir uma maior carga de poluição que está principalmente em precipitação forte e eventos de curta duração, responsável pelas enchentes no centro da cidade. Dentre as medidas tradicionais adotadas, razões para a expansão da capacidade do sistema de drenagem reduz o tempo de viagem e, portanto, reduz a inundação que foi transferida para o curso inferior da bacia (TUSSI, 2007).

O ciclo hidrológico é impactado gravemente pela urbanização desordenada, causando alterações importantes na drenagem e aumentando o acontecimento de enchentes, deslizamentos e inundações, resultado em um risco a vida ( BENINI E MENDIONDO, 2015).

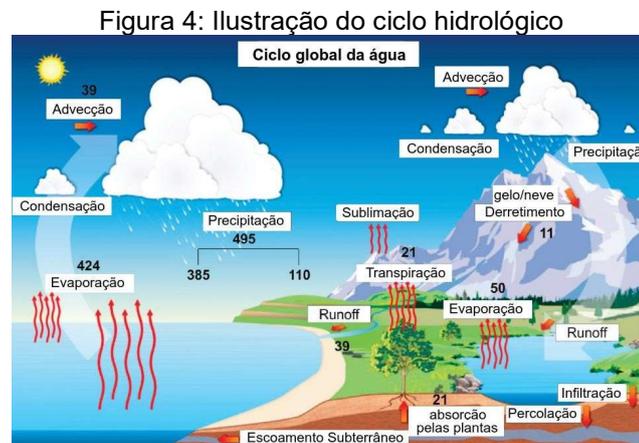
A degradação da bacia hidrográfica é causada por diversos fatores, como desmatamento, urbanização, terraplenagem e mineração. (DIAS E GRIFFITH, 1998). O desenvolvimento urbano geralmente está relacionado à substituição do ambiente natural ou seminatural pelo ambiente construído, direcionando a água da chuva e do esgoto para o corpo d'água próximo ao canal de drenagem, reduzindo a recarga do aquífero (HAUGHTON E HUNTER, 1994).



Finalizar citando que é preciso analisar o ciclo hidrológico das bacias para se determinar as redes de drenagem urbanas, citar a fonte e o ano.

### Ciclo hidrológico

De acordo com Tucci, 2001, o ciclo hidrológico (Figura X) é o fenômeno de circulação fechada de água entre a superfície terrestre e atmosfera, impulsionado, pela energia solar em conjunto com a gravidade e a rotação terrestre (TUCCI, 2001).



O ciclo hidrológico pode sofrer alterações nas áreas urbanas ocasionado principalmente pelas alterações nas superfícies e escoamentos, além do aumento da poluição com contaminação do ar e superfícies dispostos pela população. (TUSSI, 2003).

Quando as condições naturais da paisagem são substituídas por condições impermeáveis, a permeabilidade do solo diminui, o escoamento superficial aumenta e a água despejada no sistema de drenagem atinge um pico (TUCCI, 1993).

De acordo com Roesner et al. (2001) vazões de pico após o processo de ocupação aumentam de duas a mais de dez vezes com relação à vazão para a situação não urbanizada.

Figura 5 Área urbana sob chuva intensa

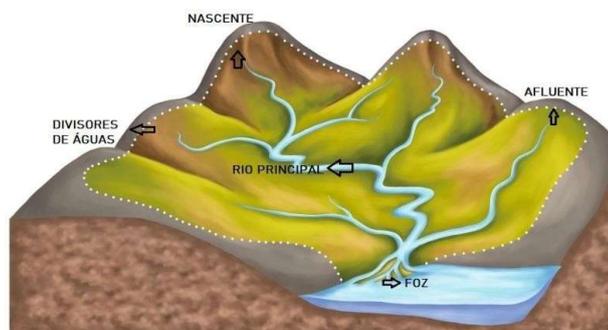


Fonte: G1 (2018)

## Bacias hidrográficas

As bacias hidrográficas (Figura 5) são áreas onde a água da chuva é coletada naturalmente convergindo o tráfego para um único escoamento. A bacia hidrográfica consiste basicamente em um conjunto de superfícies inclinadas e a rede de drenagem formada pela convergência das hidrovias (TUSSI, 2001).

Figura 6 Estrutura de uma bacia hidrográfica



Fonte: Mundo educação (2015)

## Baía de Guanabara

A Baixada Fluminense está localizada na parte oeste da Bacia da Baía de Guanabara (Figura X). Comparada à inundação urbana, está localizada em uma das áreas mais críticas do Estado do Rio de Janeiro (CARNEIRO et al, 2010).

Figura 7: Vista aérea da Baía de Guanabara e o seu entorno

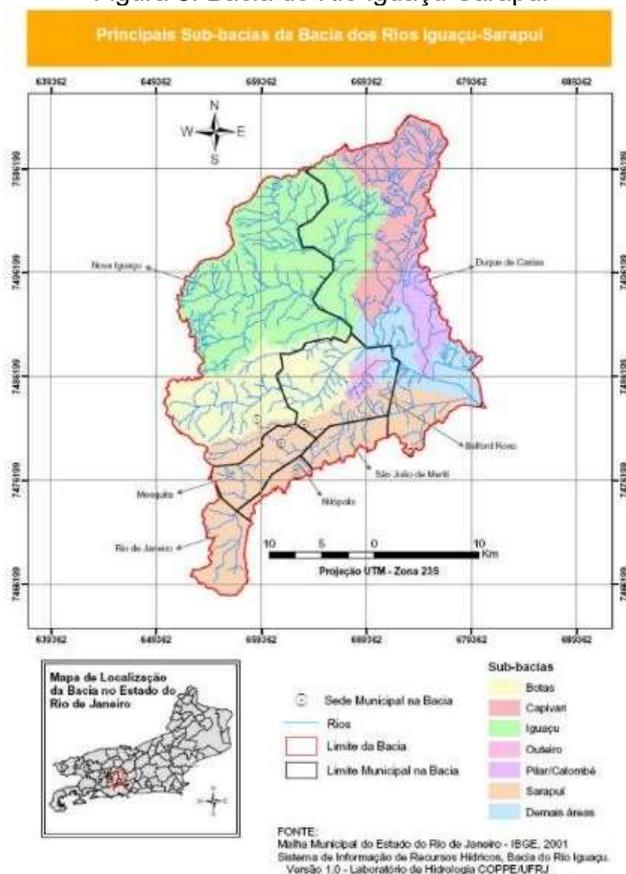


Fonte: Satélite Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) 2016.

Conforme Carneiro et al, 2010, as inundações na bacia são causadas pelo processo de ocupação e uso do solo inadequado às condições básicas da Baixada Fluminense.

A Bacia do Rio Iguaçu-Sarapuí (Figura 8), é uma das principais sub-bacias da Área Hidrológica da Baía de Guanabara. A bacia cobre uma área de 727 quilômetros quadrados, todos localizados na região metropolitana do Rio de Janeiro. Acomodando totalmente as cidades de Belford Roxo e Mesquita, bem como alguns municípios do Rio de Janeiro, Nilópolis, São João Meriti, Nova Iguaçu e Duque de Caxias (CARNEIRO et al, 2010).

Figura 8: Bacia do Rio Iguaçu-Sarapuí



Fonte: IBGE, 2001

Um dos fatores de maior relevância para a ocorrência de enchentes e alagamentos em Nilópolis é a grande quantidade de lixo jogado pela população no rio Sarapuí. Não há uma limpeza no rio, com isso os materiais descartados acumulam ao longo do seu percurso (NILÓPOLIS ON LINE, 2012).

## Precipitação

Em uma bacia rural a precipitação se infiltra, ficando retida nas depressões e vegetações tendo como finalidade a evaporação ou deslocamento na bacia. Devido a urbanização as precipitações acabam ocorrendo sobre o solo impermeável com consequente aumento do escoamento superficial e aumento da velocidade de deslocamento por canais, diminuindo a infiltração e evaporação. (LEOPOLD, 1968, SCHUELLER, 1987, TUCCI, 2007 apud TUCCI 2016).

Segundo Tucci (2016), os processos que ocorrem durante o período de

inundações são chamados de poluição difusa urbana e acontecem devido efeitos da urbanização como: aumento da erosão do solo decorrente do aumento da energia da velocidade do escoamento superficial e pelos poluentes que deterioram a qualidade da água. Esse impacto em diferentes momentos não é detectado devido a água estar poluída pela falta de tratamento de esgoto sanitário. Todos esses fatores resultam em inundações, má qualidade da água, erosão do solo, acúmulo de resíduos e aumento das doenças.

TUCCI, C. E. M. Regulamentação da drenagem urbana no Brasil, 2016.

De acordo com Amaral e Ribeiro (2009), A principal combinação de condições para inundações, enchentes e alagamentos são as condições naturais: topografia; características da rede de drenagem na bacia; intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; características do solo e conteúdo de água; presença ou ausência de cobertura vegetal ; Uso e ocupação irregular de planícies e margens de rios; destinação irregular de lixo próximo a cursos d'água; mudanças nas características de bacias hidrológicas e hidrovias (vazão, retificação e desvio de rios, impermeabilização de solos, etc.).

O processo de urbanização teve um impacto significativo no ambiente. No processo de desenvolvimento urbano, o ser humano transforma o ambiente natural em um ambiente adequado aos seus interesses, o que na maioria dos casos resulta em uma superfície impermeável maior. Devido a pavimentação e compactação do solo criou-se uma barreira que impede a infiltração das águas pluviais no solo das superfícies urbanas gerando com isso um desequilíbrio do balanço hídrico (TUCCI, PORTO e BARROS, 1995).

Figura 9: Formação de lâmina d'água



Fonte: nordeste notícias (2021)

Nas áreas urbanas, devido à impermeabilidade do solo, o ciclo hidrológico da parte do terreno é afetado pelo escoamento superficial e infiltrações. A impermeabilização é geralmente realizada na construção de pavimentos asfálticos em obras de alvenaria, passagens públicas de pedestres e vias de circulação de veículos (FRITZEN E BINDA, 2011).

O processo de infiltração da água no solo é extremamente importante para a recarga de reservatórios subterrâneos. A água subterrânea não apenas fornece uma fonte estável de água para o abastecimento doméstico e para as necessidades industriais, urbanas e agrícolas, mas também fornece flora e fauna e canais abertos para a seca (COELHO NETTO, 1995).

## Alagamentos

Os alagamentos são definidos como acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ou não ter relação com processos de natureza fluvial (IPT, 2007).

De acordo com Castro (2003), “os alagamentos são frequentes nas cidades mal planejadas ou quando crescem explosivamente, dificultando a realização de obras de drenagem e de esgotamento de águas pluviais”.

Figura 10: Alagamento na cidade de São Paulo



Fonte: Correio do sul (2019)

## Enchentes

Segundo Pompêo (2000), a enchente é um fenômeno natural causado por chuvas em grande escala e que ocorre com frequência na natureza. Por outro lado, nas áreas urbanas, devido às chuvas densas, períodos de grande remanso ou devido a mudanças no ciclo hidrológico, as enchentes geralmente ocorrem no trecho superior da cidade, o que pode levar ao transbordamento do nível da água ou devido à urbanização.

Figura 11: Enchente na cidade de Nilópolis



Fonte: Nilópolis online(2020)

## Inundações

Tucci (2002) classifica as inundações em: inundações ribeirinhas e inundações em decorrência da urbanização.

- a) Inundações ribeirinhas (figura?): Acontecem quando a população se situa nas margens dos rios, na faixa de ocupação das águas, durante o período de elevador índice pluviométrico. Sendo caracterizada como uma ocupação natural.

Figura 12: Inundação Ribeirinha



Fonte: Slideplayer(2020)

Inundações causadas pela urbanização (figura?): Ocorre devido o crescimento desordenado das cidades, ligados a impermeabilização do solo, aumento da produção de lixos e obras sem planejamento.

Figura 13: Inundação causadas pela urbanização



Fonte: O Globo(2019)

## Controle de inundações

Ao longo dos anos, o governo tem adotado ações para controlar as inundações em algumas bacias hidrológicas. Essas ações visam controlar inundações e/ ou minimizar os danos das enchentes (NASCIMENTO, QUELHAS e FONSECA, 2007). De acordo com Canholi (2005), ações corretivas e/ou preventivas podem ser classificadas de acordo com sua natureza em: medidas estruturais e não estruturais.

As medidas estruturais referem-se às obras de captação, armazenamento e transporte de águas, que podem ser colocadas em prática para correção e/ou prevenção de problemas causadas pelas inundações (CANHOLI, 2005).

As medidas estruturais referem-se às obras de captação, armazenamento e transporte de águas, que podem ser colocadas em prática para correção e/ou prevenção de problemas causadas pelas inundações (CANHOLI, 2005).

As medidas não estruturais minimizam os danos das enchentes, por meio das legislações e regulamentos e não por meio de obras. Disciplina o uso e ocupação do solo urbano e dos programas de conscientização da população para que ela possa manter os dispositivos que constituem o sistema de drenagem urbana (CANHOLI, 2005).

## Medidas estruturais

Essas medidas têm a finalidade de transportar ou deter os deflúvios produzidos nas bacias propiciando assim uma infiltração localizada, reduzindo os impactos ocasionados pela urbanização no hidrograma resultante (RIGHETTO, 2009).

As medidas estruturais podem incluir: bueiros, bocas-de-lobo, galerias, canais, bacias de detenção, reservatórios, entre outros.

Os sistemas estruturais podem ser classificados em função das categorias funcionais, segundo o Quadro 1.

Quadro 1: Categorias funcionais

Principais Categorias	Medidas Estruturais
Detenção do escoamento	Bacia de detenção ou de atenuação de cheia Bacia de retenção com infiltração
Área inundável	Terreno adaptado a alagamento
Vegetação	
Dispositivos de infiltração	Vala de infiltração Bacia de infiltração Pavimento poroso
Filtros orgânicos e de areia	Filtro superficial de areia Filtro subterrâneo
Tecnologias alternativas	

Fonte: Righetto, 2009.

## Medidas não estruturais

A seguir segue o Quadro 2 resume e agrupa algumas das medidas não estruturais.

Quadro 2: Medidas não estruturais.

Principais Categorias	Medidas Não Estruturais
Educação pública	Educação pública e disseminação do conhecimento
Planejamento e manejo da água	Equipe técnica capacitada Superfícies com vegetação Áreas impermeáveis desconectadas Telhados verdes Urbanização de pequeno impacto
Uso de materiais e produtos químicos	Uso de produtos alternativos não poluentes Práticas de manuseio e de armazenamento adequadas
Manutenção dos dispositivos de infiltração das vias	Varição das ruas Coleta de resíduos sólidos Limpeza dos sistemas de filtração Manutenção das vias e dos dispositivos Manutenção dos canais e cursos d'água
Controle de conexão ilegal de esgoto	Medidas de prevenção contra a conexão ilegal Fiscalização: detecção, retirada e multa Controle do sistema de coleta de esgoto e de tanques sépticos
Reúso da água pluvial	Jardinagem e lavagem de veículos Sistema predial Fontes e lagos

Fonte: Righetto, 2009.

## Bacia de detenção/retenção

Bacias de amortecimento são os dispositivos alternativos mais utilizados para a gestão de águas pluviais, segundo ASCE (1992). Projetadas para interceptar e reter temporariamente um volume de água pluvial e liberá-la após o evento, seus objetivos são controlar a vazão de pico, o volume decorrente do escoamento superficial, a qualidade das águas pluviais e promover a recarga dos aquíferos pelas águas pluviais (GRIBBIN, 2006)

As bacias de detenção têm a finalidade de amortecer a vazão de pico gerada pelo evento de chuva, retendo o volume da precipitação por um determinado tempo para liberá-lo aos poucos. Segundo Durrans (2003), bacias de detenção possuem pelo menos uma estrutura de saída, que permite a saída do fluxo em uma quantidade menor que o fluxo de entrada. A diferença entre os fluxos de entrada e saída resulta não só na redução do escoamento superficial, mas também armazena temporariamente o excesso de fluxo. Essas medidas não estruturais

A seguir segue o Quadro 3 resume e agrupa algumas das medidas não estruturais.

Quadro 3: Medidas não estruturais.

Principais Categorias	Medidas Não Estruturais
Educação pública	Educação pública e disseminação do conhecimento
Planejamento e manejo da água	Equipe técnica capacitada Superfícies com vegetação Áreas impermeáveis desconectadas Telhados verdes Urbanização de pequeno impacto
Uso de materiais e produtos químicos	Uso de produtos alternativos não poluentes Práticas de manuseio e de armazenamento adequadas
Manutenção dos dispositivos de infiltração das vias	Varição das ruas Coleta de resíduos sólidos Limpeza dos sistemas de filtração Manutenção das vias e dos dispositivos Manutenção dos canais e cursos d'água
Controle de conexão ilegal de esgoto	Medidas de prevenção contra a conexão ilegal Fiscalização: detecção, retirada e multa Controle do sistema de coleta de esgoto e de tanques sépticos
Reúso da água pluvial	Jardinagem e lavagem de veículos Sistema predial Fontes e lagos

Fonte: Righetto, 2009.

## Bacia de detenção/retenção

Bacias de amortecimento são os dispositivos alternativos mais utilizados para a gestão de águas pluviais, segundo ASCE (1992). Projetadas para interceptar e reter temporariamente um volume de água pluvial e liberá-la após o evento, seus objetivos são controlar a vazão de pico, o volume decorrente do escoamento superficial, a qualidade das águas pluviais e promover a recarga dos aquíferos pelas águas pluviais (GRIBBIN, 2006)

As bacias de retenção têm a finalidade de amortecer a vazão de pico gerada pelo evento de chuva, retendo o volume da precipitação por um determinado tempo para liberá-lo aos poucos. Segundo Durrans (2003), bacias de retenção possuem pelo menos uma estrutura de saída, que permite a saída do fluxo em uma quantidade menor que o fluxo de entrada. A diferença entre os fluxos de entrada e saída resulta não só na redução do escoamento superficial, mas também armazena temporariamente o excesso de fluxo. Esse tipo de bacia é caracterizado por ser uma bacia seca, ou seja, elas possuem nível d'água apenas durante o período chuvoso

As bacias de retenção podem ser projetadas para céu aberto ou por obras subterrâneas, utilizando tubos de grandes diâmetros ou outros tipos de câmaras no subsolo. Esse último tipo é geralmente utilizado em locais onde não há muito espaço e apresenta maior custo, pois tem a capacidade de armazenamento de volume bem menor que as bacias a céu aberto e não possuem capacidade de retenção de poluentes, exigindo que sejam tomadas medidas adicionais para resolver essa questão (GRIBBIN, 2006).

Os “piscinões” são um ótimo exemplo. Eles foram criados para que no período de chuvas haja amortecimento e armazenamento da água excedente, fazendo com que essa água aos poucos seja liberada, controlando assim as inundações (ARAUJO, SANTOS, GONÇALVES, 2019).

Os piscinões, através de controle de vazões, conseguem manobrar muito bem os volumes de chuva (NAKAMURA, 2012).

O dimensionamento dos piscinões é feito a partir de cálculos hidrológicos que determinam qual volume precisa ser retido para a partir daí localizar a área. Além da drenagem e armazenamento das águas da chuva, devido as características de seu projeto, outras funções podem ser atribuídas a esse espaço, como revitalização com mais áreas verdes e recreação (NAKAMURA, 2012)

Abaixo conforme Figura 14, um exemplo de “piscinão” construído no Rio de Janeiro.

Figura 14: Piscinão Praça Varnhagem – Tijuca, Rio de Janeiro



Fonte: Governo do Rio de Janeiro (2017)

## Legislações

Ainda não existe uma legislação a nível federal ou nas normas técnicas do Brasil que estabeleça o dimensionamento do reservatório para retardar a precipitação do fluxo pluvial em cada distrito. Cada município que promulgou regulamentos, Decretos ou Leis para a implantação de tais equipamentos e apontou seu próprio método de determinação de tamanho, pois os eventos de chuva, uso e ocupação do solo, sistemas de drenagem e outros fatores que afetam a drenagem das águas pluviais podem variar de acordo com cada local (MEDEIROS, 2015).

Em se tratando do estado do Rio de Janeiro, é importante ressaltar que algumas dessas legislações municipais exigem a implantação de reservatórios de retardo, mas

não indicam quando ficarão vazios, exceto para a cidade de Nova Iguaçu, que indica duas horas após o término da chuva. O município do Rio de Janeiro é a única cidade que faz a determinação do tamanho da saída da tubulação do reservatório de retardo, o que é crucial para determinar a vazão de contribuição na rede urbana de águas pluviais (FERREIRA, 2012).

Através do Decreto nº 23.940/2004 que torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem, do município do Rio de Janeiro, tornou-se obrigatória a construção de reservatório destinado ao acúmulo das águas pluviais e posterior descarga para a rede de drenagem e de outro reservatório de acumulação das águas pluviais para fins não potáveis, quando couber, para empreendimentos que possuam área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup>.

Além do decreto, o município do Rio de Janeiro também tem uma lei de conservação e uso racional das águas nas edificações, que é a Lei Nº 5.279: 2011 (Anexo 1). Essa lei cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações e tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

A Lei nº 4.092: 2001 (Anexo 2), da cidade de Nova Iguaçu, estipula que novos empreendimentos localizados em terrenos com mais de 500 metros quadrados devem instalar um reservatório para retardar a entrada da água da chuva no sistema de drenagem por duas horas.

A Lei nº 2.630:2009 (Anexo 3), do município de Niterói, determina que as novas edificações, públicas ou privadas, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup> deverão ser dotadas de reservatório de águas pluviais. A Lei determina que o reservatório de águas pluviais possa ser de acumulação ou de retardo.

É importante citar a lei nº 4393, de 16 de setembro de 2004 (Anexo 4), que atua em todo estado do Rio de Janeiro e dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências. Fazer a mesma coisa que orientei no parágrafo acima para o município do Rio.

## **Nilópolis**

De acordo com o INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA:

O município de Nilópolis está localizado na região metropolitana do Oeste Fluminense. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a área total da cidade é 1.839,6 quilômetros quadrados, divididos em 2 (dois) distritos: Sede Nilópolis e Olinda (IBGE, 2019).

O Plano Diretor da Cidade de Nilópolis, formulado de acordo com a Lei Complementar nº 68 de 03 de outubro de 2006 ajuda a coordenar projetos, atividades de longo prazo e temporárias e assuntos dos setores público e privado relacionados com as áreas municipais.

A Topografia de modo geral é própria de baixada, com áreas sujeitas a alagamentos devido ao transbordamento nos períodos de chuvas fortes dos Rios Pavuna, Rio Sarapuí e do Canal Peri-Peri.

Ao longo dos anos foram realizados vários projetos e obras de drenagem e manejo de águas no município de Nilópolis, como a canalização do Rio Pavuna e a criação em parte das suas margens de vias marginais, elaboração do plano de combate aos pontos

de alagamento da cidade tendo como fator principal as cheias de 1986 e 1988 que com o aumento da permeabilidade do solo, foi necessário o redimensionamento de galerias de drenagem e implantação de sub-bacias. Uma das obras mais importantes foi a barragem de laminação de cheias que tem como finalidade o amortecimento dos picos de enchentes dos afluentes à região urbana. A bacia de acumulação criada se situa dentro do Centro de Instrução Gericoínó, sob responsabilidade do Exército Brasileiro (Plano Municipal de Saneamento Básico, RJ). Na figura 15, vemos o mapa de Nilópolis.

Figura 15: Mapa de Nilópolis



Fonte: Google maps

## METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em demonstrar técnicas e cálculos para melhoria da drenagem urbana em um objeto de estudo na cidade de Nilópolis, município do Rio de Janeiro.

## MODELAGEM MATEMÁTICA

### Equação das chuvas

Determinação da Intensidade de Chuva Para obtenção das intensidades de chuvas de curta duração, em função de diversos tempos de recorrência, aplicaram-se procedimentos a seguir descritos: • Primeiramente transformou-se as chuvas de 1 dia, para diferentes tempos de recorrência (T), em uma chuva de 24 horas, através da relação:  $P(24h:T) / P(1 \text{ dia}:T) = 1,13$ . • Através do valor da chuva de 24 horas, para um dado T, é possível determinar as chuvas de mais curta duração através de relações médias entre precipitações de diferentes durações, definidos por um estudo de chuvas intensas, efetuados pelo INEA (BRAGA, 2018).

QUADRO 4: Relação de chuvas de diferentes durações

Relação de Chuvas de Diferentes Durações	Valor Médio Obtido pelo DNOS	Relação de Chuvas de Diferentes Durações	Valor Médio Obtido pelo DNOS
5 min / 30 min	0,34	1 h / 24 h	0,42
10 min / 30 min	0,54	6 h / 24 h	0,72
15min / 30min	0,70	8 h / 24 h	0,78
20 min / 30min	0,81	10 h / 24 h	0,82
25 min / 30 min	0,91	12 h / 24 h	0,85
30 min / 1 h	0,74		

Fonte: BRAGA (2018)

## Coleta do reservatório

De acordo com o método de Azevedo Neto o volume do reservatório de água pluvial é obtido através da seguinte equação:

$$V_{an} = 0,0042 \times P_a \times A \times T$$

Onde:

$V_{an}$  = volume do reservatório (litros);

$P_a$  = precipitação pluviométrica anual média (mm/ano = litros/m<sup>2</sup> por ano);

$A$  = área de captação (m<sup>2</sup>);

$T$  = número de meses de pouca chuva ou seca (adimensional).

## Métodos de Estimativa do escoamento Superficial

Os métodos de estimativa do escoamento superficial podem ser divididos em quatro grupos conforme a seguir:

- Medição do Nível de Água - É o mais preciso; - Requer vários postos fluviométricos;
- Modelo Chuva-Vazão Calibrados - Boa precisão - Métodos baseados na hidrógrafa (Hidrograma Unitário);
- Modelo Chuva-Vazão Não Calibrado - Média precisão - Métodos baseados no método racional;

Fórmulas Empíricas - Baixa precisão - Meyer, Gregory.

## Caracterização do Método Racional

É usado para calcular a vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo (TOMAZ, 2002). Segundo Plínio o método racional é um método indireto e foi apresentado pela primeira vez em 1851 por Mulvaney e usado nos Estados unidos por Emil Kuichling em 1889 e estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio), para diferenciar de métodos antigos que eram empíricos e não racionais, assim foi batizado de método Racional. O método racional só deverá ser usado somente em bacias pequenas ou com áreas de drenagem inferior a 3km<sup>2</sup> (300 ha) segundo ou quando o tempo de concentração não ultrapasse uma hora. O Método racional é dado pela equação:

Sendo:  $Q$  = vazão da chuva em [l/s].

$C$  = relação entre o volume de escoamento livre superficial e o total precipitado.

$I$  = intensidade da chuva em [mm/h].  $A$  = área de contribuição em [m<sup>2</sup>].

Para se aplicar o método racional, segundo Plínio é necessário analisar em 15 que este método é baseado.

$$i = \frac{k \cdot TR^\alpha}{(t_d + b)^c}$$

As hipóteses para aplicação do mesmo é:

- a) toda a área contribui com o escoamento superficial e é por isso que o tempo de duração da tormenta deve ser igual ou exceder ao tempo de concentração da bacia;
- b) a chuva é distribuída uniformemente sobre toda a área da bacia;
- c) todas as perdas estão incorporadas ao coeficiente de escoamento superficial. A intensidade da chuva associada com o tempo de concentração e a frequência da ocorrência podem ser obtidas das curvas de intensidade- duração frequência (IDF) (BRAGA, 2018).

### Coeficiente (C) da Fórmula Racional

O coeficiente “C” de escoamento superficial é também conhecido como coeficiente de runoff ou coeficiente de deflúvio (TOMAZ, 2002). Por definição coeficiente de runoff é a razão entre o volume total de escoamento superficial no evento e o volume total precipitado (TUCCI, 2003). A escolha do coeficiente de escoamento varia de acordo os fatores, que são: espécie de ocupação do solo, material da cobertura.

Tabela 1 : coeficiente de runoff

Telhados perfeitos sem fuga;	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas em bom estado;	0,85 a 0,90
Pavimentação de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas;	0,70 a 0,85
Para superfícies anteriores sem as juntas tomadas;	0,50 a 0,70
Pavimentação de blocos inferiores sem as juntas tomadas;	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas;	0,25 a 0,60
Estradas e passeios de pedregulho;	0,15 a 0,30
Superfícies não-revestidas, pátios de estradas de ferro e terrenos descampados, parques, jardins, dependendo da declividade;	0,10 a 0,30
Do solo na natureza e do subsolo.	0,01 a 0,20

Fonte: vilela e Mattos (1980)

### Intensidade da chuva

A intensidade máxima pontual pode ser determinada através das relações intensidade-duração - frequência – IDF das chuvas. Essas relações são obtidas através de uma série de dados de chuvas intensas, suficientemente longas e representativas do local do projeto. (TOMAZ, 2002).

A equação para cálculo da Intensidade de precipitação (I) é disposta pelo, do Manual Técnico de Projetos de Drenagens Urbanos da CEDAE:

$$I = 21,7 \cdot tr^{0,16} (t+11)^{0,815} \quad (\text{Eq.02})$$

Tr = é o tempo de recorrência do evento chuvoso.

O PROJETO DE LEI COMPLEMENTAR Nº 150/2016 estabelece que a vazão máxima gerada pelo empreendimento, considerando-se as chuvas com tempo de recorrência de 10 (dez) anos. T= para a NBR 10844 referente a instalações prediais de

águas pluviais a duração de precipitação deve ser fixada em  $t = 5\text{min}$ .

existem forma para que possa reduzir o percentual de áreas impermeabilizada na edificação, essas são ações que favorecem a infiltração de água no solo e diminui de forma bastante significativa a vazão encaminhada ao reservatório de retenção de águas pluviais, estas são: Aplicação de pavimentos permeáveis (blocos vazados com preenchimento de areia ou grama, asfalto poroso, concreto poroso) – reduzir em até 60% (sessenta por cento) a área que utiliza estes pavimentos; Desconexão das calhas de telhado de forma a direcionar a água para superfícies permeáveis com drenagem – reduzir em até 40% (quarenta por cento) a área de telhado drenada; Desconexão das calhas de telhado de forma a direcionar a água para superfícies 17 permeáveis sem drenagem – reduzir em até 80% (oitenta por cento) a área de telhado drenada; Aplicação de trincheiras de infiltração – reduzir em até 80% (oitenta por cento) as áreas drenadas para as trincheiras; Direcionamento da água proveniente de superfície impermeável para dispositivos de infiltração sem saída – percentual de redução a ser estimado pela ADASA; Aplicação de outras medidas a serem avaliadas pela ADASA

Volume de Reservatório de Retardo Para determinação de volume que um reservatório de qualidade o mesmo deverá atender as exigências da resolução N°. 09, de 08 de Abril de 2011 da ADASA e ter aval da NOVACAP para lançamento em corpos hídricos do escoamento de águas pluviais do terreno. O capítulo IV da Resolução Art. 8º da resolução, trata-se do dimensionamento do reservatório, em que para determinação do seu volume, serão analisados o tamanho do terreno, o percentual de áreas impermeabilizadas e as características da bacia, frisando que para áreas de lote menor que  $600\text{ m}^2$  e destinado à habitação unifamiliar não será necessário à regularização de vazão. Partindo de terreno maior que  $600\text{ m}^2$  não serão permitidos que a vazão de lançamento nos corpos hídricos seja maior que  $24,4\text{ L/(s.ha)}$  (vinte e quatro inteiros e quatro décimos de litro por segundo por hectare), quando a escolha do controle de 18 escoamento superficial for por meio reservatório de retenção e área do lote for menor que  $200\text{ ha}$  (duzentos hectares), o volume do mesmo será determinado pela equação:  $V = 4,705 * A_i$

\* A (Eq.03) Temos: •  $V$  = volume dado em  $\text{m}^3$  (metro cúbico). •  $A_i$  = o percentual de área impermeável, calculada pelo somatório das áreas impermeáveis com reduções pelo coeficiente de deflúvio. •  $A_c$  = área total do terreno, expressa em hectares.

Vazão de Pré-Desenvolvimento De acordo com o § 2º do artigo 5º da Resolução no 009 da ADASA, Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal, responsável pela outorga do direcionamento de águas pluviais pra corpos hídricos de propriedade do distrito federal, determina quais os valores de vazão máxima são autorizados introduzir nas redes de drenagens pluviais após a retenção da água no reservatório, para que o empreendimento não cause danos ou ultrapasse o limite que o sistema de drenagem pluvial comporta. A Agência limita uma vazão de pré-desenvolvimento, que consiste no escoamento superficial considerando a situação natural de cobertura do solo, definida pela equação:

$$Q = 24,4\text{ L s} * \text{ha} \quad (\text{Eq.04})$$

Para construção do presente trabalho foram feitos estudos Técnicos para implantação do Reservatório de retenção de águas pluviais em um empreendimento público. Os dados foram coletados perante projeto arquitetônico, por mapas e in loco, diante de visita técnica. Os dados serão utilizados para cálculos referentes ao volume do reservatório para deter a vazão escoamento das chuvas.

A CEDAE exige da Prefeitura de Nilópolis certas condicionantes para outorga dos lançamentos nos corpos hídricos da cidade e esta, por sua vez, repassa para os novos edifícios e empreendimentos o cumprimento de tais condicionantes e dentre elas, está a retenção na fonte geradora, por meio de reservatório de retenção do deflúvio gerado no

empreendimento, evitando assim a ampliação da capacidade de escoamento da rede pluvial pública, uma vez que a impermeabilização do solo pelo empreendimento, aumenta o volume pluvial escoado. Assim, para que a Empresa que irá executar o projeto dê o aval à Prefeitura de Nilópolis, e então forneça o “Habite-se” ao empreendimento, é necessário que o empreendedor implante o reservatório pluvial de retenção.

## ESTUDO DE CASO

O cenário escolhido para elaboração desse trabalho é a Praça Paulo de Frontin, localizada no Município de Nilópolis – RJ, figura 16, localizada ao lado da estação de trem que divide a cidade em dois lados. A praça é de grande importância para a cidade pois foi a primeira com chafariz se tornando o primeiro ponto turístico após emancipação do município.

### Característica do empreendimento

No seu entorno pode se encontrar grande malha de escoamento da cidade tanto na forma de transporte público quanto de grandes vias urbanas por onde passam grandes tubulações de drenagem da cidade.

Pelo fato da sua grande extensão e localização no município, poderia ser um dos pontos abordados pela prefeitura em seu plano diretor municipal, com a criação de um grande “piscinão” para evitar transtornos aos moradores com os alagamentos, que acarretam prejuízos financeiros aos comerciantes, moradores e cofres públicos com agravamento de buracos nas ruas. gerando assim um retardo de fluxo hidráulico na rede pública.

Figura 16: Praça Paulo de Frontin



Fonte: Google maps, 2021

### Área de análise do projeto

A área da Praça Paulo de Frontin é de aproximadamente 1200m<sup>2</sup> e o perímetro de 146.08m.

### Obtenção de Dados

Para obtenção de parte dos dados para a realização dos cálculos foi consultada a Prefeitura de Nilópolis, que infelizmente não disponibilizou do projeto de arquitetura, assim, utilizando por meio de visitas para levantamentos técnicos necessários para a elaboração do estudo e utilizando-se de materiais encontrados pela CEDAE que disponibilizou algumas informações carta de redes de drenagem que atendem a

localização do projeto selecionado pra estudo nesse trabalho.

## Caracterização do sistema de drenagem

O sistema de drenagem de águas pluviais de Nilópolis – Rio de Janeiro onde está localizado o cenário estudado compõe-se num sistema de galerias com diâmetro mínimo de 400 mm que descarregam em galerias principais com diâmetros superiores de 600 mm. O sistema de drenagem das águas pluviais é combinado por:

- Guia ou meio-fio: faixas contínuas que separam os passeios das vias públicas;
- Sarjeta: propostas a recolher e conduzir as águas geradas a partir do escoamento superficial para as bocas de lobo.
- Bocas-de-lobo ou bueiros: Consiste na infraestrutura com aberturas, que no sistema de drenagem resumem-se a coleta de águas de escoamento transportadas pelas sarjetas;
- Galerias: responde pelo transporte das águas captadas pelas bocaslobo até seu destino final;
- Caixas de passagem: pontos de manutenção entre trechos de galerias;
- Poço de visita: são poços situados em lugares estabelecidos, responsáveis pela inspeção e manutenção do sistema de drenagem. (BRAGA, 2018)

## Etapas do dimensionamento

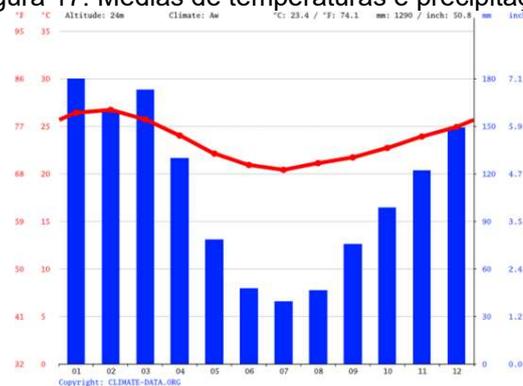
As etapas de dimensionamento seguiram o seguinte cronograma:

1. Levantamento da área total do terreno e dividi-la em relação impermeabilização do lote.
2. Intensidade da chuva em [mm/h].
3. Vazão Pluvial Máxima do Empreendimento
4. Volume do reservatório
5. Vazão de Pré-Desenvolvimento (BRAGA, 2018)

## Variação de Temperatura anual e Precipitação

Segundo o site climate-data.org, Nilópolis está em 24m acima do nível do mar e apresenta um clima tropical. Há muito mais pluviosidade no verão que no inverno. Nilópolis tem uma temperatura média de 23.4 °C. 1290 mm é o valor da pluviosidade média anual.

Figura 17: Médias de temperaturas e precipitações



Fonte: Climate data (2020)

## Levantamento de Áreas

Para se iniciar o dimensionamento do reservatório de retenção de águas pluviais a partir de condicionantes da resolução da CEDAE, foram levantadas as áreas totais do local, utilizando mapas e com o uso do software AUTOCAD uma plataforma de desenho técnico, feito uso da versão estudante gratuita, e classificando as áreas impermeabilizadas da edificação a partir do coeficiente de runoff ou coeficiente de deflúvio presente na tabela-1.

A vazão pluvial afluyente ao reservatório de retardo será a proveniente da chuva precipitada nas áreas descobertas e rampa de acesso, captadas pelo sistema de drenagem municipal (BRAGA, 2018).

## Projeto do “Piscinão”

Levando em conta a importância do controle do escoamento das águas pluviais, devido a prejuízos à saúde humana e perda de bens ocasionados por enchentes, esse trabalho buscou fazer o estudo e dimensionamento de um reservatório de retenção de águas de precipitações, de uma praça da região central de Nilópolis. Todo o dimensionamento foi de acordo com a Companhia Estadual de águas e esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE).

Usando o método de Azevedo Neto para construção de uma bacia de retenção no cenário escolhido o volume do reservatório deverá ser de 51.319 litros conforme equação abaixo:

$$V_{an} = 0,0042 \times P_a \times A \times T$$

Onde:

$V_{an}$  = volume do reservatório (litros);

$P_a$  = precipitação pluviométrica anual média (mm/ano = litros/m<sup>2</sup> por ano);  $A$  = área de captação (m<sup>2</sup>);

$T$  = número de meses de pouca chuva ou seca (adimensional).

$$V_{an} = 0,0042 \times 1290 \times 1184 \times 8$$

$$V_{an} = 51.319 \text{ litros}$$

## Vazão Pluvial Máxima do Empreendimento

Considerando uma chuva precipitada na área do empreendimento, com recorrência de 10 anos, resulta pelo Método Racional (Eq. 01) uma vazão pluvial máxima a ser escoada da edificação ( $Q$  em l/s) é calculada conforme abaixo: Descrição Tipo Área Total (m<sup>2</sup>) Coeficiente C Intensidade Precipitação (mm/h) Vazão Máxima (l/s) Laje / Cobertura Impermeável 1152,120 0,9 196,440 56,581 Piso externo / Térreo Impermeável 23,300 0,9 196,440 1,144

Rampa conc. / Térreo Impermeável 24,580 0,9 196,440 1,207 Total 1200,000 0,9 196,440 58,932 Tabela 2 – Cálculo de Vazão Máxima e Indicação dos Coeficientes de Escoamento Adotados Vazão pluvial máxima total = 58,932 l/s ou 212,1552 m<sup>3</sup>/h 5.3. Vazão de Pré-Desenvolvimento Para o caso em análise usando a (Eq.04), calcula-se que a vazão máxima para ser lançada aos corpos hídricos do distrito federal é de:  $Q = 24,4 \text{ L s}^{-1} * 0,120 \text{ ha} = 2,928 \text{ l/s} = 10,54 \text{ m}^3 / \text{h}$  Pelo fato da vazão pluvial máxima do empreendimento, que irá escoar para a rede pluvial pública (58,932 l/s – vide tabela 2), ser superior a máxima permitida para lançamento em rede (2,928 l/s) conforme demonstrado em cálculo acima deste trabalho, será necessária a implantação de um sistema para promover a retenção do deflúvio.25 5.4. Volume do reservatório de

detenção (Eq.03)  $V = 4,705 * Ai * A$  ( $A_i$ ) é o percentual de área impermeável, calculada pelo somatório das áreas impermeáveis com reduções (vide fatores e coeficientes adotados na tabela-1) divididos por (A) Área Total de Contribuição.

### Resultados:

$I$  = intensidade da chuva em [mm/h].  $I = 21,7 \cdot 100,16 (5+11) 0,815 = 3,274 \text{ mm min}$   
 $\text{min} = 196,44 \text{ mm/h}$  (Eq.02) Tempo de recorrência do evento chuvoso (10 anos) e  $t=5$  minutos, chegando a um valor de  $I = 3,274 \text{ mm/min} = 196,44 \text{ mm/h}$

### Vazão Pluvial Máxima do Empreendimento

Considerando uma chuva precipitada na área do empreendimento, com recorrência de 10 anos, resulta pelo Método Racional (Eq. 01) uma vazão pluvial máxima a ser escoada da edificação (Q em l/s) é calculada conforme abaixo:

Tabela 2: Cálculo de Vazão Máxima e Indicação dos Coeficientes de Escoamento Adotados - Vazão pluvial máximo total = 58,932 l/s ou 212,1552 m³/h

Descrição	Tipo	Área Total (m²)	Coefficiente C	Intensidade Precipitação (mm/h)	Vazão Máxima (l/s)
Laje / Cobertura	Impermeável	1152,120	0,9	196,440	56,581
Piso externo / Térreo	Impermeável	23,300	0,9	196,440	1,144
Rampa conc. / Térreo	Impermeável	24,580	0,9	196,440	1,207
<b>Total</b>		<b>1200,000</b>	<b>0,9</b>	<b>196,440</b>	<b>58,932</b>

Fonte: BRAGA, 2018

Vazão de Pré-Desenvolvimento Para o caso em análise usando a (Eq.04), calcula-se que a vazão máxima para ser lançada aos corpos hídricos do distrito federal é de:

$$Q = 24,4 \text{ L s} * 0,120 \text{ ha} = 2,928 \text{ l/s} = 10,54 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Pelo fato da vazão pluvial máxima do empreendimento, que irá escoar para a rede pluvial pública (58,932 l/s – vide tabela 2), ser superior a máxima permitida para lançamento em rede (2,928 l/s) conforme demonstrado em cálculo acima deste trabalho, será necessária a implantação de um sistema para promover a detenção do deflúvio

Volume do reservatório de detenção (Eq.03)

$$V = 4,705 * Ai * A$$

( $A_i$ ) é o percentual de área impermeável, calculada pelo somatório das áreas impermeáveis com reduções (vide fatores e coeficientes adotados na tabela-1) divididos por (A) Área Total de Contribuição

Tabela 3: Cálculo Áreas Impermeáveis e apresentação de fatores de redução e coeficientes de escoamento adotados.

ÁREAS DIVIDIDAS				
DESCRIÇÃO	ÁREA (m²)	ÁREA COMPUTADA	COEFICIENTE ( C )	ÁREA IMPERMEÁVEL (m²)
Laje / Cobertura	1152,120	1152,12	0,90	1036,91
Piso externo / Térreo	23,300	23,30	0,90	20,97
Rampa concreto / Térreo	24,580	24,58	0,90	22,12
<b>SOMA</b>				<b>1.080,00 m²</b>

Fonte: BRAGA, 2018

Assim, calcula-se o percentual de área impermeável, conforme abaixo:

$$A_i = ((1152,12) \cdot 0,90) + ((23,30) \cdot 0,90) + ((24,58) \cdot 0,90) \quad (1152,12 + 23,3 + 24,58)$$

$$A_i = 1080,120 = 90\%$$

Resulta para o reservatório o volume de:  $V = 4,705 \cdot 90 \cdot 0,120 \text{ ha} = 50,81 \text{ m}^3$

Tabela 4: Cálculo do volume do reservatório

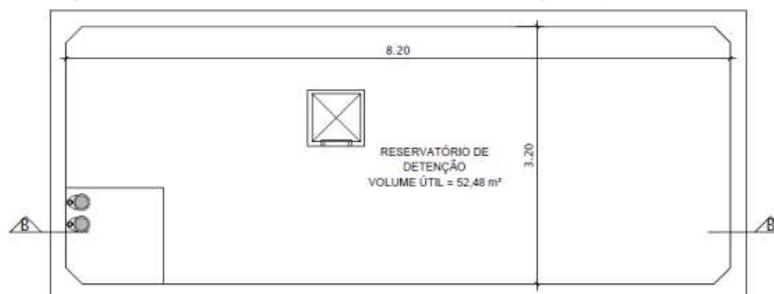
RESULTADOS	
ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (m <sup>2</sup> ) (Ac)	1200,00
ÁREA IMPERMEÁVEL (m <sup>2</sup> )	1080,00
PERCENTUAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)	90,00%
VOLUME (M <sup>3</sup> ) (Vqa)	50,81

Fonte: BRAGA, 2018

### Dimensões do Reservatório de águas pluviais

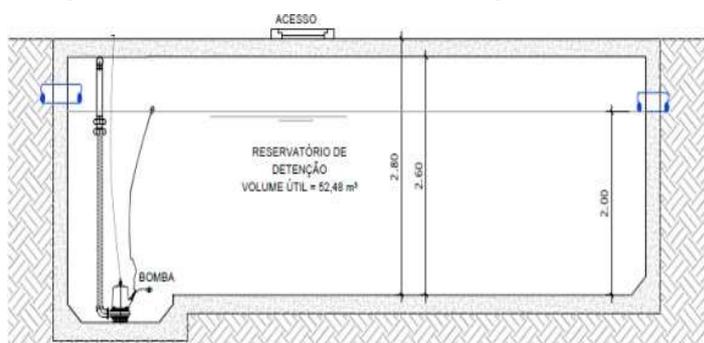
Sendo adotado um reservatório com as seguintes dimensões 3,20x8,20x2,00 (Largura x Comprimento x altura útil). Para facilitar na execução, o volume do reservatório foi arredondado para 52,48m<sup>3</sup>.

Figura 18: Planta baixa: reservatório de águas pluviais



Fonte: BRAGA, 2018

Figura 19: Corte BB: reservatório de águas pluviais



Fonte: BRAGA, 2018

### Localção do Reservatório

O reservatório pluvial de retardo será localizado enterrado no piso da Praça Paulo de Frontin na área de circulação de pedestres.

De acordo com os resultados da pesquisa apresentados neste estudo de cenário,

parece que para suprimir as chuvas abundantes, atrasar o esvaziamento do reservatório pela supressão da mesma exigiria uma área interna útil de 26,24 metros quadrados e uma tubulação de admissão de 2,00m de altura. sob o reservatório. O tamanho é: 3,20x8,20x2,0m (largura x comprimento x altura útil), e a área total calculada é de 52,48m<sup>3</sup>. Portanto, o esvaziamento começará no ralo, sendo necessária uma bomba centrífuga para prensar a água, pois o desnível de 8,92 não favorece o escoamento por gravidade

## Esvaziamento do reservatório

Conheça a vazão máxima que pode ser liberada para o dreno, ou seja 2,928 L / s, utilizando bomba centrífuga, com vazão de 10,54 m<sup>3</sup> / h (2.928 L / s) O tempo de esvaziamento é de aproximadamente 5 horas.

O tubo de descarga do tanque será direcionado para descarregar em uma caixa. A passagem localizada na calçada, daí para o ramal conectado à rede de água da chuva.

## Esquema Vertical

Para explicar como funciona a captação das águas pluviais do empreendimento, e como as mesmas são direcionadas ao reservatório, foi necessário a criação de um Esquema Vertical que facilita a visão geral da instalação hidráulica.

Figura 20: Esquema vertical



Fonte: BRAGA, 2018

A partir dos cálculos, verificou-se que, a rede de 600 mm presente na Praça Paulo de Frontin que atenderá o cenário em estudo nesse trabalho, sem a implantação do reservatório de retardo, receberia uma vazão derivada do escoamento das águas pluviais geradas a partir da impermeabilização do terreno de 212,1552 m<sup>3</sup>/h. Com a implantação do reservatório de retardo com o intuito de reduzir a vazão destinada a rede de drenagem a vazão passou a ser de 10,54 m<sup>3</sup>/h. observando esses dados chegamos a conclusão que, sem a presença de um reservatório essa edificação enviaria uma vazão cerca de 20 vezes maior a rede de drenagem urbana. Nota-se uma redução muito significativa, que obviamente contribuirá para evitar que o sistema de drenagem publica sobrecarregue e cause inundações.

## CONCLUSÃO

Englobando todas as dificuldades encontradas é possível concluir que este projeto apresentado é de grande relevância para a população do município mencionado, pois, apresenta uma estratégia para a cidade com sugestão técnica para a diminuição de

grandes problemas enfrentados constantemente na parte de drenagem urbana que acarretam uma série de outras adversidades com a poluição dos rios e afluentes da área, saúde municipal e na qualidade de vida como um todo.

Como proposta, recomenda-se que a Prefeitura de Nilópolis desenvolva estratégias baseadas na técnica de drenagem urbana apresentada e coloque as ideias como pauta no Plano Diretor Municipal.

Outro fator de muita importância e relevância é a conscientização ambiental da população. É essencial que as pessoas entendam como é importante o descarte correto do lixo, evitando lixo, entulhos e destroços na beira dos rios. Esse péssimo hábito tem um grande impacto negativo no meio ambiente. É mais do que necessário que a cidade tome imediatamente medidas preventivas para conter o problema.

Mais um ponto a ser melhorado é atribuir importância aos profissionais técnicos envolvidos. Para que haja cooperação nas diferentes áreas do Município englobando o assunto. Tanto engenheiros, quanto os profissionais da educação e da saúde, por exemplo, um trabalho multidisciplinar traria grandes resultados. Também é imprescindível estabelecer vínculos entre a população e o governo, para que sejam levadas em consideração ambas as partes, conhecendo as dificuldades apresentadas pela população, realizando pesquisas e com isso melhorando o Plano diretor da Cidade de Nilópolis.

Como sugestões para trabalhos futuros: Desenvolver um estudo em relação ao aproveitamento das águas pluviais, a relação de custo-benefício da instalação de um reservatório destinado a aproveitamento dessas águas e cotar todo o valor do projeto com valores atuais para se ter um escopo mais completo de proposta e projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, T.G. Tratamento de Esgoto no Município de Nilópolis: Uma Visão Geral das suas Deficiências e Limitações. Acesso em: 8 Nov. 2020.

AMARAL, R; RIBEIRO, R.R. 2009. Enchentes e Inundações. In: Desastres Naturais, conhecer para prevenir. Tominaga, L.K; Santoro, J; Amaral, R. (Organizadores). Instituto Geológico, São Paulo. p. 40-53

Araujo, A.C.R, Santos C.S, Gonçalves, J.R.M.R. Análise da drenagem urbana com ênfase na redução de riscos de enchentes. Rev. Augustus, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/revistaaugustus/article/view/338/213>. Acesso em: 20 Nov. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16747:2020 Inspeção Predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro, 2020

ATLAS. Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água - Agência Nacional de Águas (ANA), 2010. Dados sobre sistemas de abastecimento de água das sedes municipais. Disponível em: < <http://atlas.ana.gov.br/atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=7> > Acessado em: 8 Nov. 2020.

Batezini, R. Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves. 2009. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-19072013-155819/publico/Dissertacao\\_Rafael\\_Batezin.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-19072013-155819/publico/Dissertacao_Rafael_Batezin.pdf)

BENINI, Rubens de Miranda ; MENDIONDO, Eduardo Mario. Urbanização e Impactos no Ciclo Hidrológico na Bacia do Mineirinho. Floresta e Ambiente, v. 22, n. 2, p. 211–222, 2015. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/floram/a/Z6Tf4Krs6qgnSrTp4ZXY3Vx/?lang=pt>>.

BRAGA, W.M.S. Dimensionamento do Reservatório de Detenção de Águas Pluviais da Edificação do Tribunal Regional do Trabalho em Taguatinga-DF, 2018. Disponível em:<<https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/prefix/14015/1/21708798.pdf>>.

BRASIL, Lei 4393 de 16 de Setembro de 2004. Palácio do Planalto, Brasília, 2004

BRASIL. Decreto 23.940 de 30 de Janeiro de 2004. Palácio do Planalto, Brasília, 2004.

BRASIL. Lei 10.406 de 10 de Janeiro de 2002, Palácio do Planalto, Brasília. 2002.

BRASIL. Lei 12.576 de 2011. Palácio do Planalto, Brasília, 2011.

BRASIL. Lei 13.276 de 05 de Janeiro de 2002. Palácio do Planalto, Brasília, 2002.

BRASIL. Lei 14.026 de 15 de Julho de 2020. Palácio do Planalto, Brasília, 2020.

BRASIL. Lei 2630 de 2009. Palácio do Planalto, Brasília, 2009

BRASIL. Lei 4092 de 10 de Julho de 2001. Palácio do Planalto, Brasília, 2001

BRASIL. Lei 8987 de 13 de Fevereiro de 1995. Palácio do Planalto, Brasília, 1995.

Brito J.C.M, Araujo, N.B.D, Avaliação Técnica de Planos Municipais de Saneamento Básico da Baixada Fluminense: Um Estudo de Caso para Dois Municípios. 2017. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10021403.pdf>

Canholi, A.P. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes, Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2005. Acesso em: 8 Nov. 2020.

CARNEIRO, Paulo Roberto Ferreira; CARDOSO, Adauto Lucio; ZAMPRONIO, Gustavo, Bezerra; et al. A gestão integrada de recursos hídricos e do uso do solo em bacias urbano-metropolitanas: o controle de inundações na bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí, na Baixada Fluminense. Ambiente & Sociedade, v. 13, n. 1, p. 29–49, 2010. Disponível em:<[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2010000100003&script=sci\\_arttext&lng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2010000100003&script=sci_arttext&lng=pt)>. Acesso em: 8 Nov. 2020.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. Manual de desastres: desastres naturais. Brasília (DF): Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p.

COELHO NETTO, A.L. (1995) Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. (orgs). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2.ed

COELHO, F.G, PAGE, R.M, HORA, M.A.G.M. Uso de reservatórios de águas pluviais residenciais como auxílio na drenagem urbana. HYDRO, 2016. Disponível em: [https://www.arandanet.com.br/revista/hydro/materia/2016/11/27/uso\\_de\\_reservatorios.html](https://www.arandanet.com.br/revista/hydro/materia/2016/11/27/uso_de_reservatorios.html). Acesso em 13 Nov. 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB,

Drenagem Urbana – Manual de Projeto.3 ed. Edição, São Paulo, Cetesb, 1986.

CORREIO DO SUL. (23 de 03 de 2020). Chuva na grande SP causa Enchentes, derruba árvores e muros e inunda shopping. Fonte: CORREIO DO SUL: <http://correiodosul.com/brasil/chuva-na-grande-sp-causa-enchentes-derruba-muros-e-inunda-shopping/>

Dias LE, Griffith JJ. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: Dias LE, Mello JWU, editores. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa: UFV; 1998. p. 1-7.em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/cieng/article/view/657/595>>. Acesso em: 8 Nov. 2020.

Fritzen, A. Binda, A. L. ALTERAÇÕES NO CICLO HIDROLÓGICO EM ÁREAS

URBANAS: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. Revistas.ufg.br. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/atelie/article/view/16703/10155>>.

G1. (01 de 02 de 2021). Chuva alaga vias do Centro comercial de Macapá e causa prejuízos a lojistas e moradores. Fonte:G1: <https://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2021/02/01/chuva-alaga-vias-do-centro-comercial-de-macapa-e-causa-prejuizos-a-lojistas-e-moradores.ghtml>

Haughton G, Hunter C. Sustainable cities. London: Jessica Kingsley Publishers and Regional Studies Association; 1994. 357 p. Regional Policies and Development Series n. 7.

HOLCMAN, N.M.; LATORRE, M.R.D.O.; SANTOS, J.L.F. Evolução da mortalidade infantil na região metropolitana de São Paulo, 1980-2000. Revista Saúde Pública, São Paulo, V. 38, n. 2, p. 180-186, 2004.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Licenciamento/RecursosHidricos/FaixaMarginaldeProtecaoFMP/index.htm&lang>. Acessado em 20 set.2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p.

MUNDO EDUCAÇÃO. (01 de 02 de 2020). Bacia Hidrográfica. MUNDO EDUCAÇÃO: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/bacia-hidrografica.htm>

MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO :Drenagem de águas pluviais urbanas. Disponível em: [https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/5302963/4152314/PMSB\\_DRENAGEMEMANEJODEAGUASPLUVIAIS.pdf](https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/5302963/4152314/PMSB_DRENAGEMEMANEJODEAGUASPLUVIAIS.pdf). Acesso em: 8 Nov. 2020.

MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. Estudos técnicos e planejamento regionalizado metropolitano do abastecimento de água e esgotamento sanitário municípios da região metropolitana do rio de janeiro atualmente atendidos pela cedae. Disponível em: [http://www.rj.gov.br/consultapublica/documentos/Grupo\\_4\\_Plano\\_Metropolitano\\_de\\_Saneamento/Plano\\_Metropolitano\\_RMRJ.pdf](http://www.rj.gov.br/consultapublica/documentos/Grupo_4_Plano_Metropolitano_de_Saneamento/Plano_Metropolitano_RMRJ.pdf). Acesso em: 8 Nov 2020

Nakamura, Juliana. Piscinões são alternativa eficaz para controle de enchentes urbanas. AECWEB. Disponível em:

<https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/revistaaugustus/article/view/338/213>. Acesso em: 20 Nov. 2020.

Nascimento, E.A, Quelhas O,L,G, Fonseca,P.L. QUALIDADE DO MEIO AMBIENTE URBANO: MEDIDAS PARA O CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, BRASIL, 2007. Disponível

NILÓPOLIS (Município). Plano Diretor do Município de Nilópolis. Disponível em: < [http://https://www.nilopolisrj.com.br/plano\\_diretor\\_nilopolis.pdf](http://https://www.nilopolisrj.com.br/plano_diretor_nilopolis.pdf)> Acessado em: 8 Nov. 2020.

NILOPOLIS ONLINE. (01 de 03 de 2020). Moradores De Nilópolis Voltam A Sofrer Com Alagamentos. Fonte:NILOPOLIS ONLINE: <https://nilopolisonline.com.br/2020/03/01/moradores-de-nilopolis-voltam-a-sofrer-com-alagamentos/>

NORDESTE NOTÍCIAS. (02 de 03 de 2021). Maré alta provocou lâmina d'água em alguns pontos de Aracaju. NORDESTE NOTÍCIAS: <https://www.nenoticias.com.br/mare-alta-provocou-lamina-dagua-em-alguns-pontos-de-aracaju/>

ONU (2000). Declaração do milênio. New York, NY, USA: United Nations. Disponível em:

<[http://www.pnud.org.br/Docs/declaracao\\_do\\_milenio.pdf](http://www.pnud.org.br/Docs/declaracao_do_milenio.pdf)>.

Orzenn, H.M.M Estudo do Sistema de Drenagem Urbana Localizado no Cruzamento da Rua Araruana com a Av. Perimetral Tancredo de Almeida Neves. 2016. Disponível em: <estudosistemadrenagemurbana.pdf>

Polastre, B., Santos, L.D. Concreto permeável. USP. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2006. Disponível em: <https://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0221/Trabalhos%20Finais%202006/Concreto%20permeavel.pdf>. Acesso em: 8 Nov. 2020

POMPÊO, A.C . Drenagem urbana sustentável. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH) – Volume 5 n.1 Jan/Mar 2000, 15-23p. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental -Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

POMPÊO, Cesar. RBRH -Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume, DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL, 2000. Disponível em:

<[http://abrh.s3.amazonaws.com/Sumarios/46/c6be0bdb36e71f441b574b6a63d5a75a\\_2d24ccc39dcc0666232d4d538fcef31f.pdf](http://abrh.s3.amazonaws.com/Sumarios/46/c6be0bdb36e71f441b574b6a63d5a75a_2d24ccc39dcc0666232d4d538fcef31f.pdf)>.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NILÓPOLIS, Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo.2013. Disponível em: [https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca\\_antiga/Planos%20municipais%20de%20saneamento%20b%C3%A1sico%20\(2014\).pdf](https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca_antiga/Planos%20municipais%20de%20saneamento%20b%C3%A1sico%20(2014).pdf)

RIGHETTO, Antônio. Manejo de águas pluviais urbanas. [s.l.]: , [s.d.]. Disponível em:

<[https://www.pseau.org/outils/ouvrages/prosab\\_manejo\\_de\\_aguas\\_pluviais\\_urbanas\\_2009.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/prosab_manejo_de_aguas_pluviais_urbanas_2009.pdf)>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2021.

Rosa, A, Feldon A, Mukai G, Damião M, Uechi M. Lei das Piscininhas. USP, São Paulo, 2010.

SANTOS, Andre. Lixo Jogado pela população no rio Sarapuí provoca enchentes e alagamentos em Nilópolis. Nilópolis Online, 2020. Disponível em: <https://nilopolisonline.com.br/2020/03/01/lixo-jogado-pela-populacao-no-rio-sarapui-provoca-enchentes-e-alagamentos-em-nilopolis/>. Acesso em: 13 Nov. 2020

TUCCI, C., E., M. Modelos hidrológicos. Porto Alegre, RS: UFRGS/Associação Brasileira de recursos hídricos, 1998.

TUCCI, C. E. M et al. Hidrologia: ciência e aplicação. Editora da Universidade UFRGS, Porto Alegre, 1993.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana - Revista Brasileira de Recursos Hídricos- RBRH- Volume 7 n.1 Jan/Mar 2002, 5-27. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/01/GEREN02.pdf>>. Acesso em: 8 Nov. 2020.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia Ciência e Aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade(UFRGS), 2001.

TUCCI, C. E. M.; Clarke, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento, editora UFRGS, Rio Grande do Sul, 1997.

TUCCI, C.E.M. (2002) Gerenciamento da Drenagem Urbana. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V.7 n.1. Jan/Mar. 5-27.

TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mario T. (Org.). Drenagem urbana. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS; ABRH, 1995. 428 p.

TUSSI, Carlos. Drenagem urbana. Ciência e Cultura, v. 55, n. 4, p. 36–37, 2003. Disponível em: <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252003000400020&script=sci\\_arttext&lng=pt](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252003000400020&script=sci_arttext&lng=pt)>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2021.

UFG – Escola de Engenharia Civil. Drenagem Urbana Sustentável no Brasil. 2003 Disponível em: [drenagem\\_urbana\\_no\\_brasil-workshop\\_relatorio081003.pdf](#). Acesso em: 13 Nov. 2020.

Von Sperling, M. "Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos", Volume 1, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 1996.



  
epitaya  
Editora

ISBN: 978-65-87809-25-0



9 786587 809250