

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

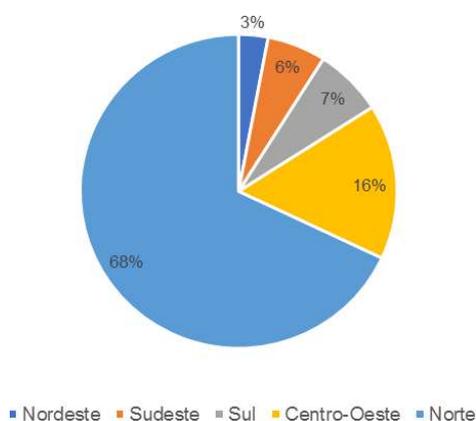
A água é um recurso natural de valor inestimável e vital para manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos, que mantêm em equilíbrio os ecossistemas (GOMES et al., s.d).

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

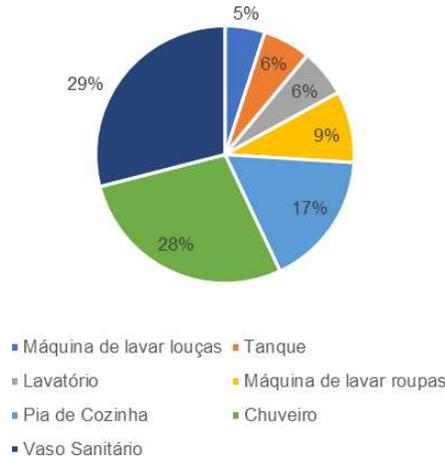
As águas chamadas residuárias são aquelas resultantes do descarte em esgoto, efluentes líquidos das edificações e indústrias. E apresentam enorme possibilidade de reutilização em vários processos (SILVA e SANTANA, 2014).

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 ²)	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

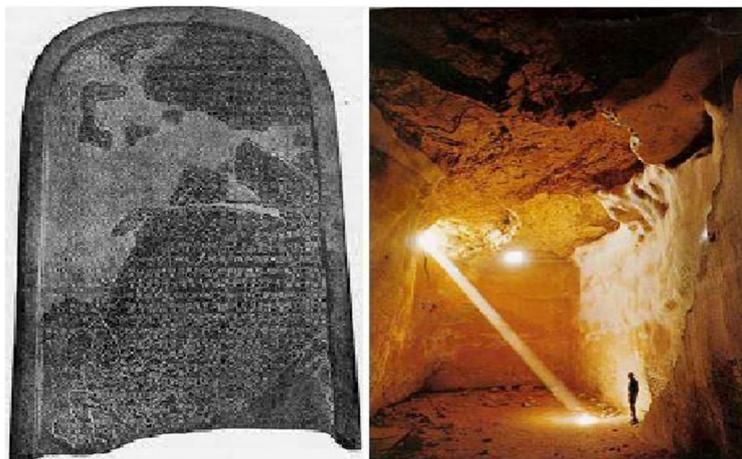
Breve histórico

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.

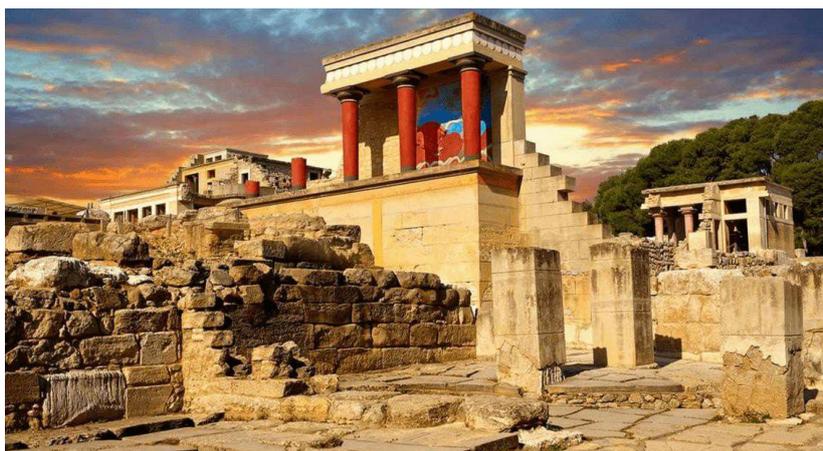
Figura 3 - Pedra Moabita (a) e Cisterna em Masada (b)



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 (KOBİYAMA, 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).

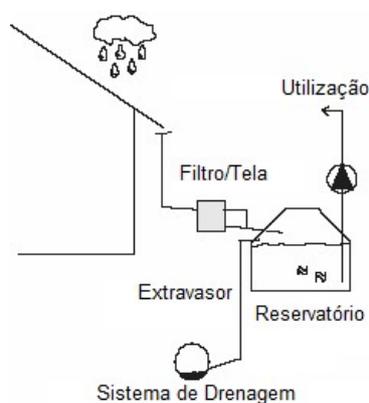
Sistemas para coleta

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

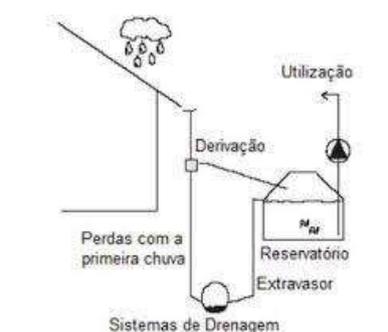


Fonte: ANNECCHINI, 2005.

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

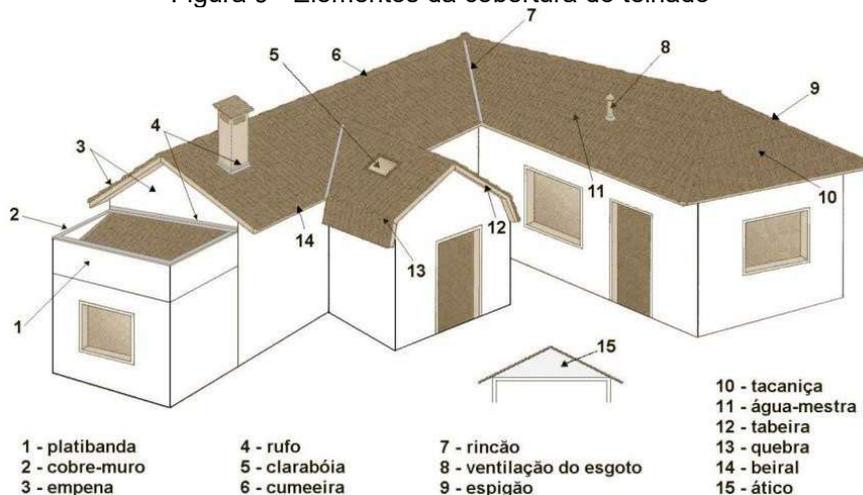
Material	Coeficiente de Escoamento
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
Plástico, PVC	0,90 a 0,95

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:

a) Simples 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;

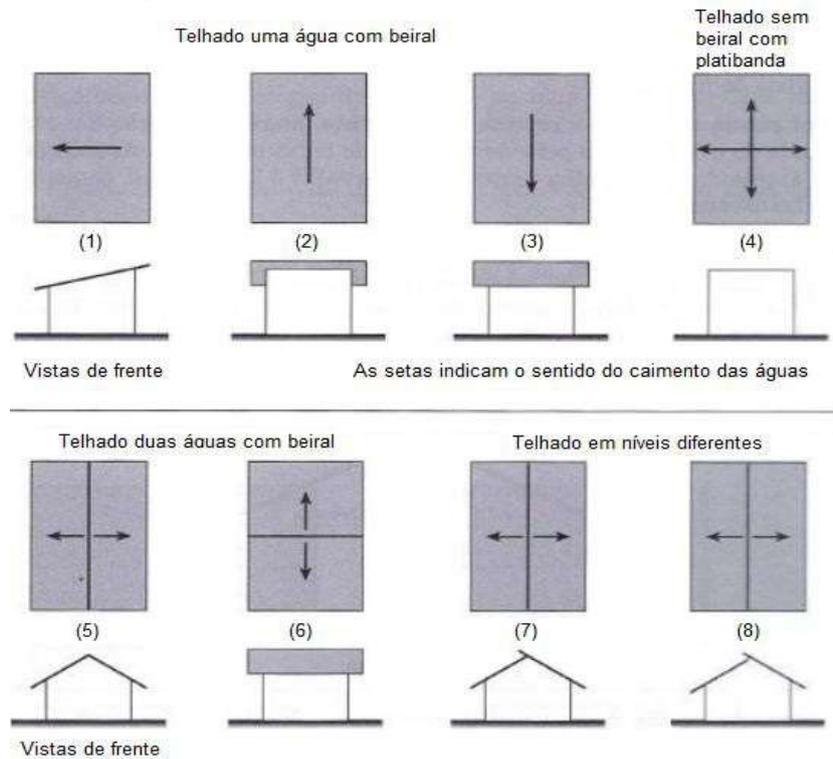
b) Duas águas: composta por duas superfícies planas, com declividades iguais ou distintas, unidas por uma linha central denominada cumeeira ou distanciadas por uma elevação (tipo americano);

c) 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

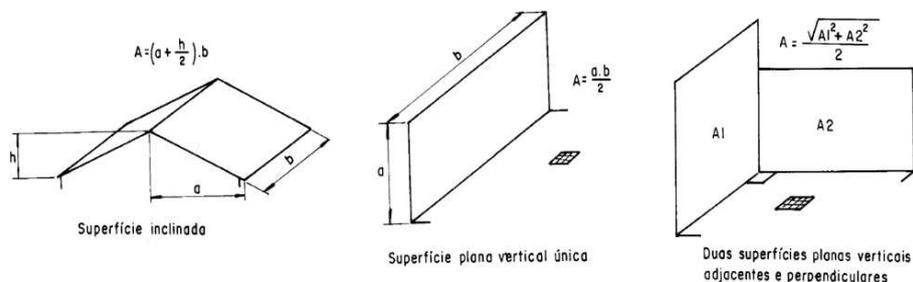


Fonte: Borges, 2009 – Adaptada pelo Autor, 2019.

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

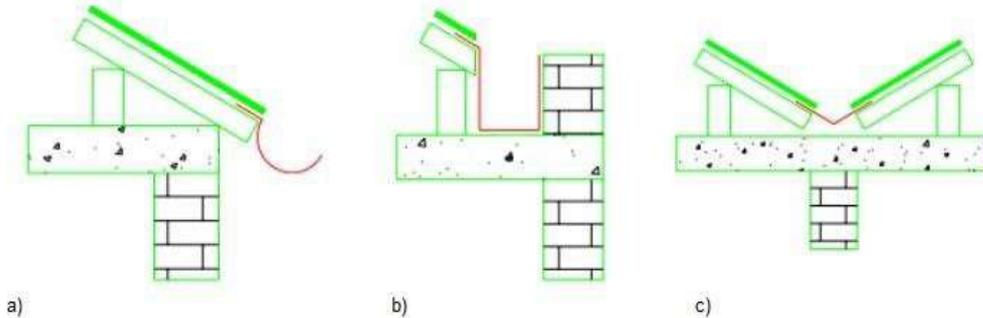


Fonte: ABNT NBR 10844, 1989 – Adaptada pelo Autor, 2019.

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.

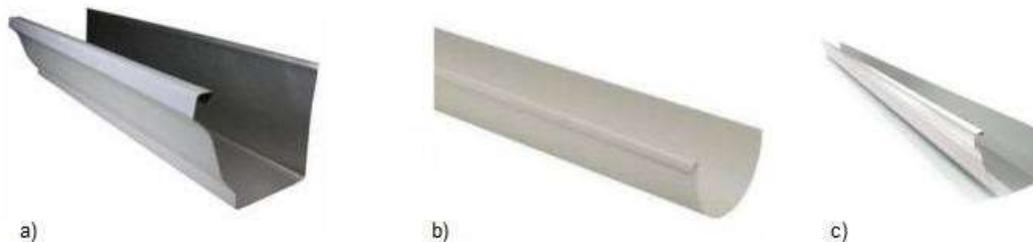
Figura 12 - Calha de beiral (a), calha de platibanda (b) e calha de água-furtada (c)



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).

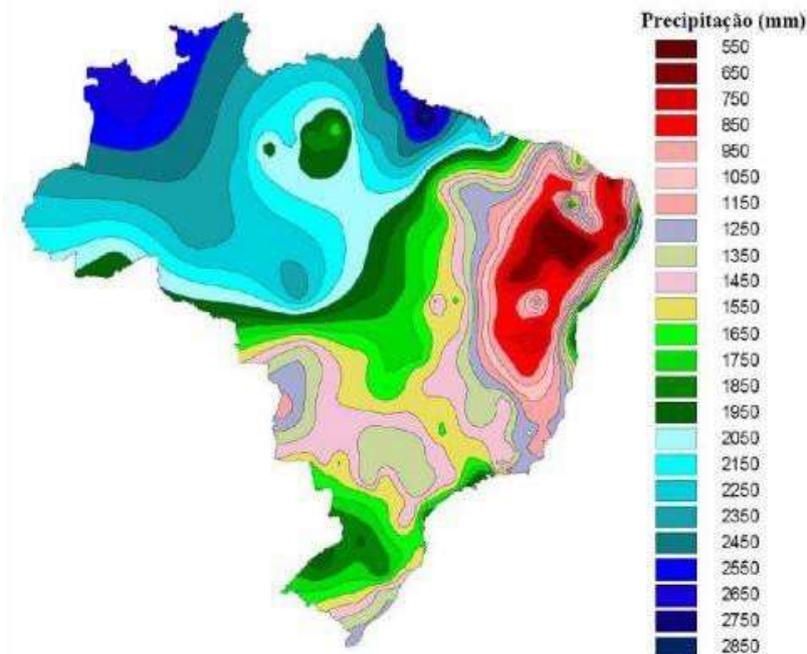
Precipitação

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

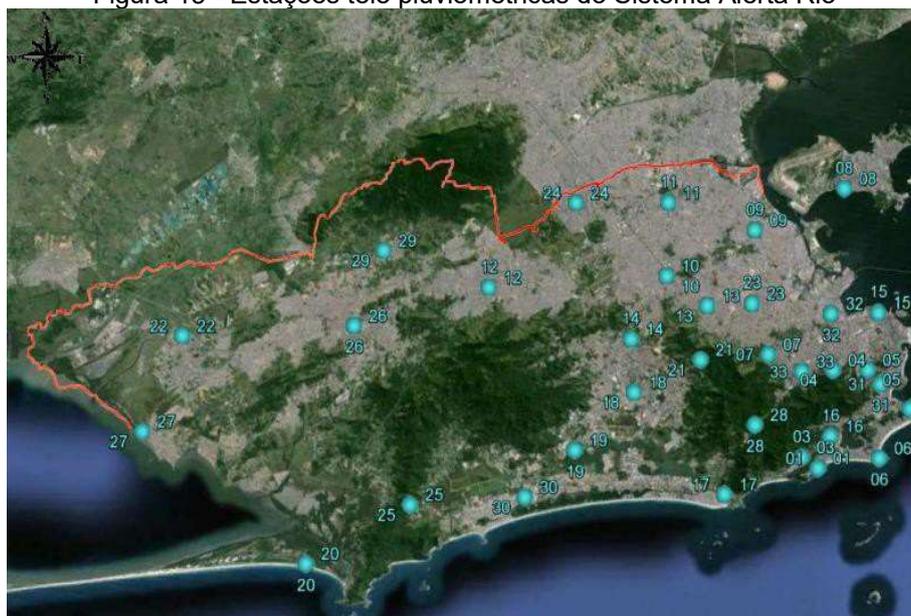


Fonte: ANA, 2007.

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 (η_{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.

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín}(V; D) \times 0,06 \quad (9)$$

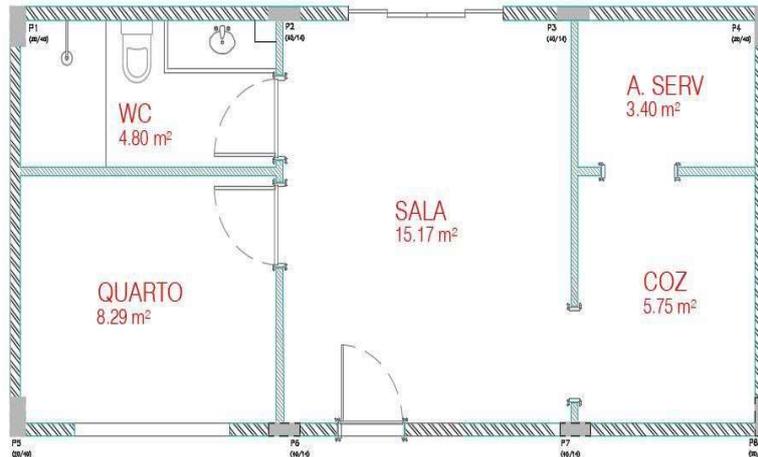
DESENVOLVIMENTO

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 m² 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

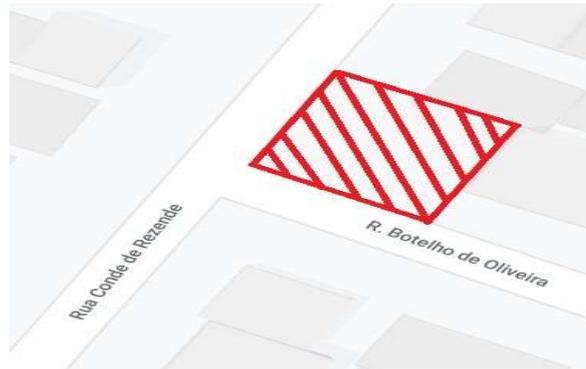
O terreno (Figura 17) em que será projetado o agrupamento se encontra na Rua Conde de Rezende, no bairro de Marechal Hermes, no município do Rio de Janeiro. A localização do mesmo está demarcada na Figura 18.

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)



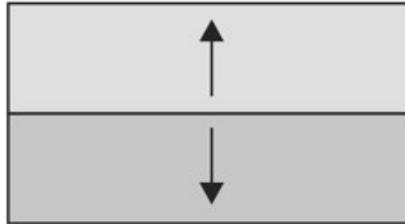
Fonte: INMET, 2010 - Elaborada pelo Autor, 2021.

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).

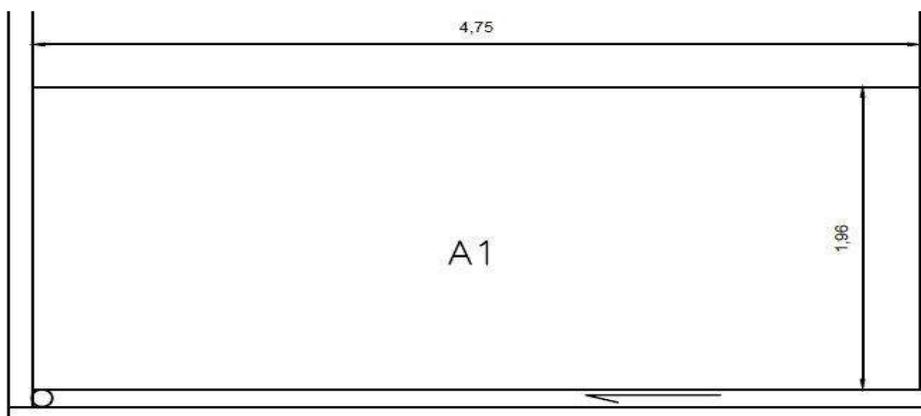
Calha 1

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

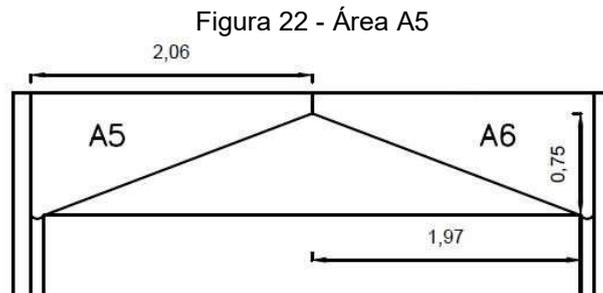
$$A = (a + h/2) \cdot b \quad (10)$$

$$A1 = (1,97 + 0,75/2) \cdot 4,75$$

$$A1 = 11,14 \text{ m}^2$$

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

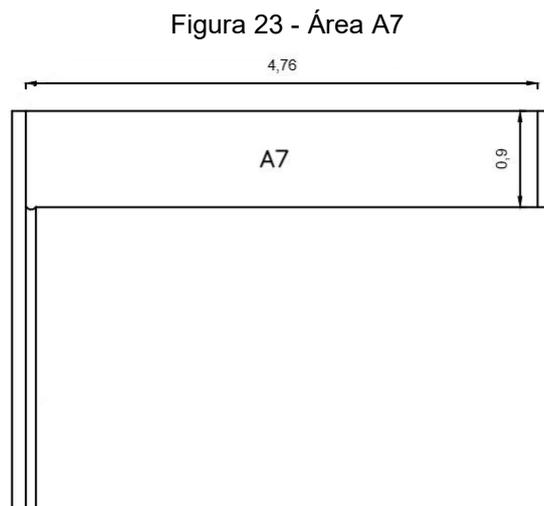
$$A = (B + b) \cdot h / 2 \quad (11)$$

$$A5 = (0,15 + 0,9) \cdot 2,06 / 2$$

$$A5 = 1,08 \text{ m}^2$$

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 m², 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 13,33m². 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.

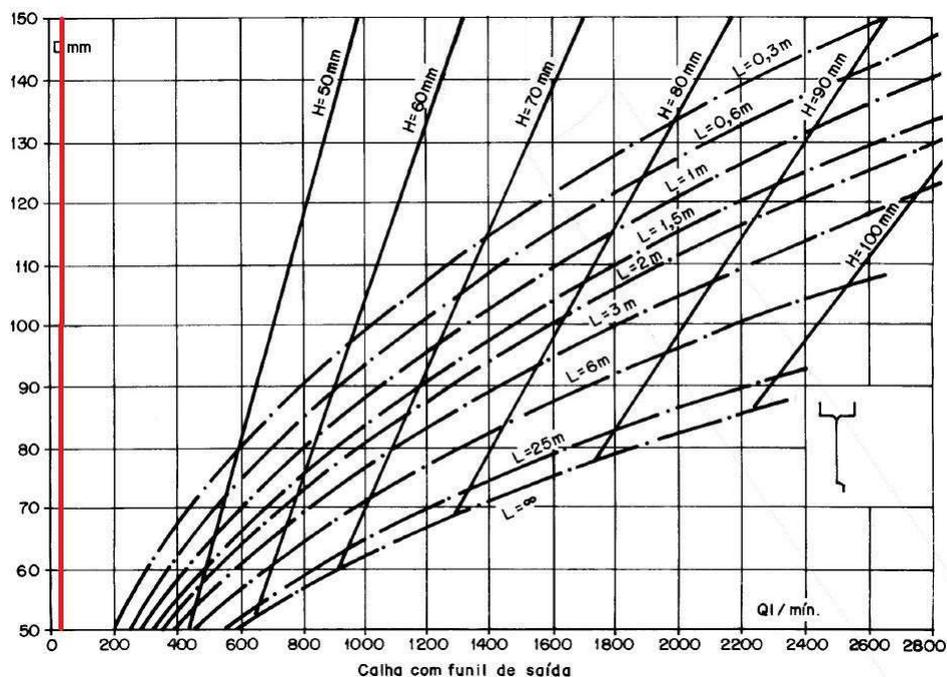
Condutor vertical

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 = 33,37m²
Calha 1: Trecho 2 = 33,37m²
Calha 2: Trecho 1 = 33,37m²
Calha 2: Trecho 2 = 33,37m²

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 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>."

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>.

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>.

FILHO, et. al. **Reuso da água**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2007. Disponível em: < 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>.

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>.

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>>.