

**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

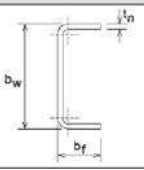
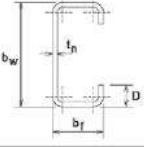
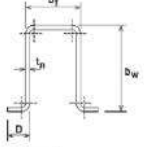
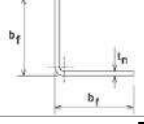
Tipo de Revestimento	Perfis Estruturais	
	Massa mínima do revestimento <sup>a</sup> g/m <sup>2</sup>	Denominação do revestimento conforme as seguintes normas
Zincado por imersão a quente	275 (ABNT NBR 7008-1)	Z275 (ABNT NBR 7008-1)
Alumínio-zinco por imersão a quente	150 (ABNT NBR 15578)	AZ150 (ABNT 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**

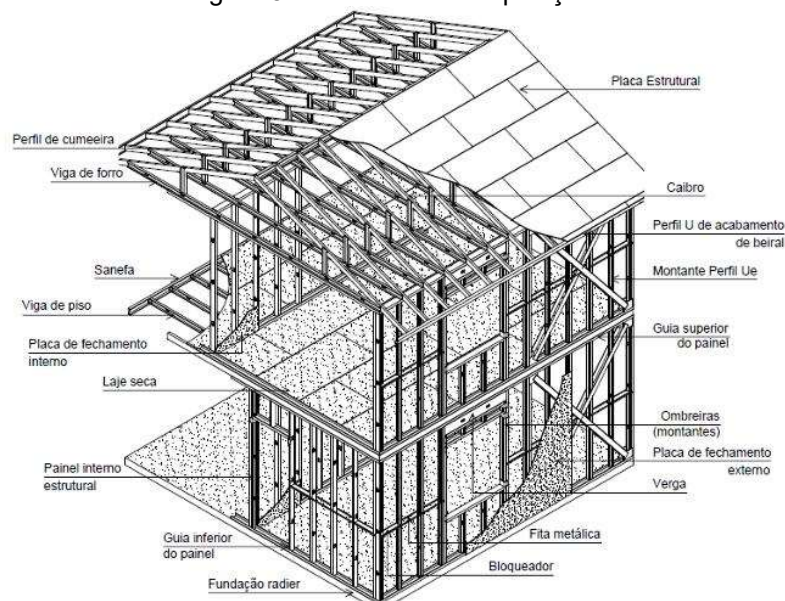
O LSF é um sistema construtivo de conceitos racionais, cuja características principais são estruturas compostas por perfis de aço galvanizado formados a frio, que são utilizados para a composição de painéis estruturais e não-estruturais, vigas de piso, vigas secundárias, tesouras de telhado e demais 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.

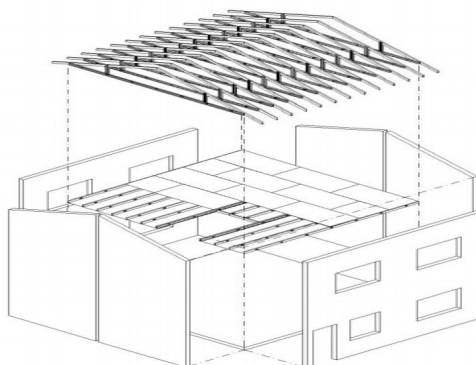
Figura 6 - Aplicação do método stick



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.

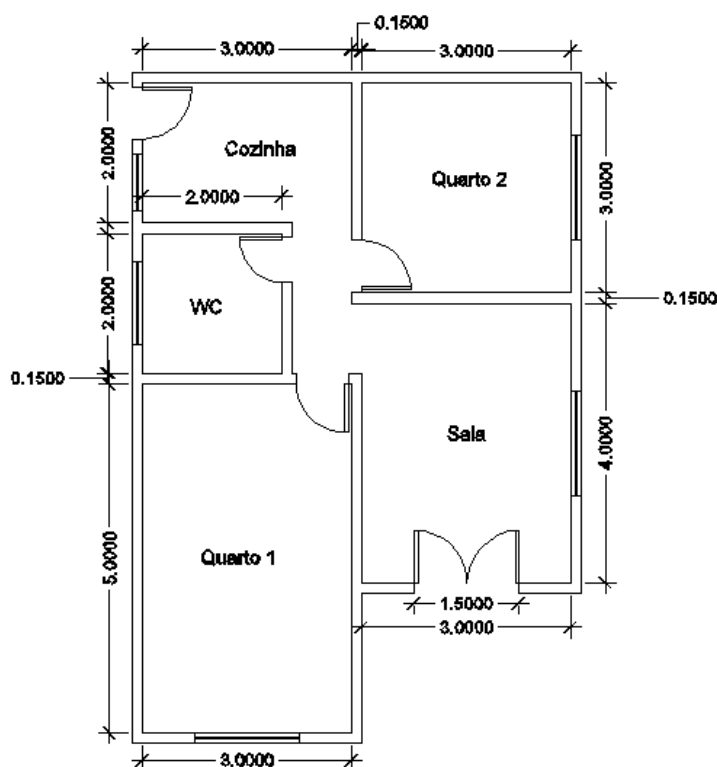
## DESENVOLVIMENTO

### 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.