

COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE O SISTEMA *LIGHT STEEL FRAMING* E SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL

ILDA MARIA MOURA DA SILVA¹
KÊNIA ARAÚJO DE LIMA SCARIOT²
ANDRÉIA ALVES BOTIN³

RESUMO: A construção civil no Brasil é um dos setores de maior importância ao desenvolvimento do país, visto que tem um crescimento considerável de demanda e de avanços tecnológicos. Em confirmação, o *Light Steel Framing* é um sistema industrializado, proporcionando uma obra limpa, agilidade na execução, ótimo isolamento termoacústico e redução da taxa de desperdício. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo realizar o comparativo de custos da estrutura e vedação dos sistemas construtivos *LSF* e alvenaria convencional. A pesquisa foi baseada em um projeto arquitetônico de uma residência, para tanto desenvolveu-se o projeto estrutural e posteriormente a realização do orçamento em lojas da cidade de Sinop/MT. O projeto estrutural em *LSF* foi recebido junto com o arquitetônico e, com a realização de seu quantitativo, o orçamento por uma empresa de outro estado. O sistema *Light Steel Framing* apresentou um valor de 61,65% superior ao sistema alvenaria convencional, sendo a estrutura com 43,26% e a vedação em 76,32%. A diferença evidente pode ser devida falta de fornecedores em todo o país como também o tamanho da edificação.

PALAVRAS-CHAVE: Construção a seco; Engenharia sustentável; Redução de resíduos.

COMPARISON OF COSTS BETWEEN THE LIGHT STEEL FRAMING SYSTEM AND A CONVENTIONAL CONSTRUCTION SYSTEM

ABSTRACT: Civil construction in Brazil is one of the most important sectors for the development of the country, since it has a considerable growth in demand and technological advances. In confirmation, the *Light Steel Framing* is an industrialized system, providing a clean work, agility in execution, excellent thermoacoustic insulation and reduction of the waste rate. In this sense, the present work aimed to compare the costs of the structure and sealing of the *LSF* and conventional masonry construction systems. The research was based on an architectural project of a residence, for which the structural project was developed and later the budget was realized in stores in the city of Sinop/MT. The structural project in *LSF* was received along with the architectural project and, with the realization of its quantity, the budget by a company from another state. The *Light Steel Framing* system presented a value of 61,65% higher than the conventional masonry system, with the structure with 43,26% and the fence with 76,32%. The obvious difference may be due to the lack of suppliers across the country as well as the size of the building.

KEYWORDS: Dry construction; Sustainable engineering; Waste reduction.

¹ Acadêmica de Graduação, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe – UNIFASIFE. Endereço eletrônico: ildamoura.mss@gmail.com.

² Professor Mestra, em Engenharia Civil e Ambiental, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe - UNIFASIFE. Endereço eletrônico: keniaaraujolima@hotmail.com.

³ Professora Doutora, em Biotecnologia e Biodiversidade, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe – UNIFASIFE. Endereço eletrônico: andreia.botin@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil é uma das partes principais para o desenvolvimento socioeconômico do país, tendo uma grande importância tanto na participação da composição do PIB (Produto Interno Bruto) quanto na geração de novos empregos em todo o seu ciclo (VIEIRA; NOGUEIRA, 2018).

Apesar de estar entre os maiores e mais importantes setores para o desenvolvimento do país, a construção civil é muito defasada, visto que ainda utiliza meios pouco desenvolvidos, também conta com pouca mecanização em todo o seu processo e estrutura se comparado a outras áreas, isso pode ser observado em vários tipos de construções, desde as mais precárias às grandes edificações (OLIVEIRA, 2018).

Segundo Souza (2023) a construção civil pode ser apontada como uma das maiores causadoras de impacto ambiental em todo o seu ciclo produtivo. Desde a captação de matéria-prima para a produção dos materiais envolvidos na construção, execução do projeto no canteiro de obras e destinação final dos resíduos gerados, há grande impacto ambiental (BARRETO, 2005).

O Serviço Brasileiro de Apoios às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2022) diz que atualmente o mercado oferece diversos meios tecnológicos que funcionam como suporte ao setor da construção civil, que visam trazer o melhor desenvolvimento para a realidade de cada empresa, auxiliando no seu desenvolvimento e produtividade, além de padronizar as atividades realizadas, reduzir o desperdício de materiais bem como tempo de serviço. Com o crescimento de demanda e de avanços na tecnologia, a indústria da construção necessita buscar sistemas que sejam mais eficientes, visando o crescimento da produtividade e diminuição de desperdício gerado pelas obras (CRASTO, 2005).

Assim, pode-se citar sistemas como o *Light Steel Framing (LSF)*, painéis EPS, Sistema de lajes mistas, Monoforte, Tecnologia móvel como o uso do smartphone que permite a melhor organização de informações pertinentes à obra, além da utilização de softwares BIM para a compatibilização de projetos, trazendo melhor qualidade para a construção (SEBRAE, 2022).

De acordo com Gaspar (2013) o *LSF* possui sua estrutura mais leve, também possuindo características que lhe atribui a resistência necessária para suportar grandes cargas, e devido ser mais leve, este tipo de estrutura irá exigir menos esforço da fundação, uma vez que não precisará suportar tanta carga, resultando em uma fundação menor.

Segundo Grubler (2021) o meio construtivo mais difundido no Brasil é a alvenaria convencional, pois tem-se uma mão de obra mais barata e material em fácil acesso, porém essa mão de obra na maior parte é desqualificada para o trabalho, acarretando pouca produtividade e muito desperdício de material. Oliveira e Nunes (2017) cita que a desqualificação de mão de obra, e falta de controle de qualidade (por ser uma técnica construtiva manual) gera preocupação em relação ao desempenho estrutural e funcional da edificação, já que não é realizado o controle rigoroso no processo.

Segundo Rodrigues e Caldas (2016) o *Steel Framing* possui um diferencial em seu sistema construtivo, pois é composto por elementos/subsistemas que funcionam em conjunto. Utilizar este meio pode trazer uma série de benefícios em relação a outros, como por exemplo: maior durabilidade, maior precisão e controle de montagem e qualidade; possui uma estrutura mais leve feita toda em aço e maior resistência a corrosão, além de possuir 100% do material reciclável e incombustível (RODRIGUES; CALDAS, 2016).

Neste sentido a presente pesquisa teve como objetivo o estudo de caso de uma residência de 2 pavimentos, com área total de 78,21m², sendo realizado a análise de custo entre

a estrutura e vedação dos sistemas alvenaria convencional e *Light Steel Framing*, bem como indicar o método construtivo que apresentar o melhor custo-benefício.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 História da alvenaria convencional

A alvenaria é uma das formas mais antigas de construção e tem sido utilizada largamente pelo homem em suas habitações ao longo da história (ACCETTI, 1998). Segundo Franco (1998), há indícios de utilização de tijolos secados ao sol em edificações assírias e persas desde 10.000 a.C., e queimados em fornos a cerca de 3.000 a.C. de acordo com o mesmo autor, entre as construções de alvenaria realizadas na antiguidade podem ser destacadas o Coliseu de Roma, que foi concluído em 82 d.C. e a Muralha da China, construída entre 300 e 200 a.C.

De acordo com Ramalho e Correa (2003) este sistema teve início pelo simples empilhamento de peças, blocos ou tijolos, a fim de se executar a projeção, sendo que também poderia haver vãos, mas utilizando meios de apoio, como pedras ou vigas madeira.

Em contrapartida o concreto armado tem indícios de início mais recente. Andrade (2016) descreve que a cal hidratada e a pozolana já era familiarizada pelos romanos como aglomerante e foi pelo mesmo povo que este aglomerante foi associado a um metal. Segundo este autor, no ano de 1970 em Paris, o ferro teve associação com pedras para a execução de vigas, com barras longitudinais suportando tração e barras transversais suportando a cortante.

Andrade (2016) também cita que em 1849 na França teve início o cimento armado, sendo o primeiro objeto do material um barco, que era composto de telas com fios finos de ferro e preenchido com argamassa, este que foi apresentado pelo francês Lambot em 1855, sendo o começo do tão utilizado concreto armado.

A alvenaria convencional é o sistema construtivo mais utilizado no país, sendo marcada por seu perfil artesanal, também por suas qualidades como resistência, bom isolamento termoacústico e durabilidade, mas em contraposição possui baixa produtividade e consumo elevado de recursos naturais (COSTA, 2017).

2.1.1 Composição estrutural do sistema alvenaria convencional

De acordo com Grubler (2021) o modelo construtivo alvenaria convencional hoje é composto por lajes, vigas, pilares e fundação em concreto armado, com vedação em tijolo cerâmico. O autor ainda cita que o peso da edificação é distribuído nas lajes, vigas, pilares e fundações, sendo que a alvenaria de vedação não possui nenhuma função estrutural. A estrutura em concreto armado, formada por aço e concreto aproveita os benefícios que os dois materiais oferecem, uma vez que o concreto resiste muito bem a compressão e para complementar, o aço tem o papel de suportar a tração (BASTOS, 2019).

A norma ABNT (2023) NBR 6118 Procedimentos de estruturas de concreto – Procedimento é a responsável pelo dimensionamento de estruturas de concreto simples, armado e protendido no Brasil.

A laje é um elemento plano e bidimensional, tendo a finalidade de servir de cobertura ou como piso, além de receber as ações verticais que são aplicadas como a de móveis ou pessoas por exemplo, estas ações são enviadas às vigas ou diretamente aos pilares (BASTOS, 2019). O autor ainda relata que as ações são na maioria das vezes perpendiculares à laje:

- Distribuída: contrapiso, revestimento, peso próprio etc.;
- Linear: carga de parede;
- Concentrada: pilar.

De acordo com a norma ABNT (2023) NBR 6118 traz que as lajes nervuradas são moldadas *in loco* ou com nervuras pré-moldadas, tendo a zona de tração para momentos fletores positivos localizados nas nervuras, podendo colocar material inerte entre elas, como o EPS (poliuretano expandido) ou lajotas cerâmicas.

Segundo a Bastos (2005) a laje com preenchimento em EPS pode ser unidirecional ou bidimensional, apresentando nervuras em apenas uma direção no sistema unidirecional, sendo que as nervuras são compostas pelas vigotas treliçadas.

Este tipo de laje apresenta benefícios em relação a outros meios de construção (BASTOS, 2005):

- Eliminação do uso de formas;
- Redução da quantidade de escoramentos;
- Emprego de elementos pré-moldados com armaduras pré-incorporadas em áreas industriais.

Bastos (2017) descreve que as vigas são elementos lineares em que seu comprimento longitudinal é cerca de três vezes maior que sua dimensão da seção transversal. Servem como apoio para paredes e lajes, levando suas cargas para serem distribuídas nos pilares, podem ser classificadas como viga bi apoiada, onde possuem dois pontos de apoio, cada um situado em uma extremidade, sendo simples ou engastadas; viga contínua, quando possuem mais de dois pontos de apoio; viga em balanço, quando possuem apenas uma das extremidades com apoio, onde toda sua carga é lançada a este ponto (LIBRELOTTO; FERROLI, 2022).

A norma ABNT (2023) NBR 6118 traz que os pilares são componentes que sofrem maior efeito da força de compressão, estão alocados no eixo vertical reto, agindo no sistema de contraventamento e mantendo a estabilidade da estrutura em questão.

2.1.2 Vantagens e desvantagens presentes no método construtivo alvenaria convencional

Segundo Telles (1994), o sistema construtivo de alvenaria convencional possui alta demanda no Brasil, como razão tem-se a tradição cultural do país, que por ser difundido a muito tempo, acarretou padronizações, desenvolvimento de novas técnicas e apoio do setor comercial do ramo.

De acordo com Prudêncio (2013) este sistema construtivo é totalmente artesanal, gerando um alto desperdício de materiais e baixa produtividade. Isso ocorre por ser um método executado *in loco*, o que ocasiona uma execução de projeto mais lenta, além de ter mão de obra de baixa qualidade, ocasionando desperdício de materiais em excesso e muito retrabalho (HASS; MARTINS, 2011).

Vasques (2014) cita as seguintes vantagens e desvantagens deste sistema construtivo através do quadro 1.

Quadro 1: Vantagens e desvantagens do sistema construtivo alvenaria convencional

Vantagens	Desvantagens
Boa durabilidade;	Baixa produtividade;
Facilidade de produção;	Dificuldade na limpeza e higienização;
Flexibilidade e versatilidade;	Massa elevada por m ² de superfície;
Ótimo isolamento termoacústico;	Necessidade de quebrar a alvenaria para execução de rede hidrossanitária e elétrica, gerando gastos e retrabalho.
Boa resistência mecânica ao fogo.	

Fonte: Vasques (2014)

2.2 História do *Light Steel Frame*

O *LSF* surgiu em derivação do método *Wood Frame* quando por volta do ano de 1810 nos Estados Unidos houve um crescimento da população e foi necessário suprir esta demanda de habitação, recorrendo às técnicas originárias da Revolução Industrial, onde havia conceitos de praticidade, velocidade e produtividade, e assim se fez utilizando madeira local (RODRIGUES; CALDAS, 2016). Neste método a estrutura era formada por peças de madeira serrada com uma pequena seção transversal, mais conhecida por *Baloon Framing*.

As edificações em *Wood Frame* se tornaram cada vez mais comuns nos Estados Unidos, sendo lançado na Feira Mundial de Chicago, aproximadamente um século depois, um modelo de residência em *Light Steel Framing*, substituindo a estrutura de madeira por perfis em aço (FRECHETTE, 1999).

2.2.1 Definição do *Light Steel Framing*

Para os autores Santiago, Freitas e Crasto (2012) o *LSF* é marcado por ser um sistema muito industrializado, facilitando que a construção seja mais limpa, sendo feita a seco e com alta agilidade de execução, tendo em sua composição vários elementos e subsistemas, como por exemplo a fundação, instalações elétricas e hidrossanitárias, vedação interna e externa, isolamento termoacústico. Os autores ainda citam que o *LSF* é formado com base na conformação de perfis de aço galvanizado formados a frio, compondo vigas, tesouras de telhado, painéis estruturais e não estruturais, dentre outros (Figura 1).

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012) existem três métodos de construção em *LSF*, dentre eles:

- Método *stick*: método *in loco*, onde é realizado o corte e montagem dos perfis no canteiro de obras. Os perfis podem vir perfurados para realização de passagem de instalações elétricas e hidráulicas, sendo os subsistemas realizados após a montagem da estrutura.
- Método por painéis: a montagem dos painéis é pré-fabricada, como painéis de paredes, lajes, estruturas de telhado e contraventamento, podendo também ser aplicada a placa de fechamento para ganhar tempo na execução (Figura 2). Possui vantagens, dentre elas: alto controle de qualidade, diminuição do trabalho no canteiro, elevada precisão dimensional;
- Método modular: unidades totalmente pré-fabricadas, incluindo acabamentos como revestimentos internos, bancadas e louças por exemplo, sendo executado apenas o encaixe dos elementos na obra.

Figura 1: Estrutura em *LSF*



Fonte: Smart (2022)

Figura 2: Painel em *LSF*



Fonte: Build Steel (2022)

2.2.2 Sistema estrutural componente

Segundo Ribeiro (2018), o *LSF* é considerado um sistema construtivo industrializado, é formado por estruturas de aço galvanizado distribuídas de modo que cada uma resista a uma pequena fração do somatório de cargas a fim de distribuí-las a fundação. O *LSF* tem em sua composição a estrutura em perfis formados a frio, obtidos através de dobramento de tiras de chapas ou bobinas, ou por conformação em conjunto de matrizes rotativas, ambos os processos com o aço mantido em temperatura ambiente (RODRIGUES; CALDAS, 2016).

A norma ABNT (2022) NBR 16970-2 rege os projetos estruturais em *LSF*. Ela ainda cita os componentes do sistema listados abaixo:

- Painel reticulado;
- Contenção lateral ou contraventamento;
- Vigas;
- Laje seca.

O painel reticulado é formado por perfis que são ligados entre si, estando associado ou não a uma placa de vedação. Santiago, Freitas e Crasto (2012), traz que os painéis podem ser estruturais ou apenas de fechamento, sendo que estes de vedação cumprem os mesmos papéis das paredes do sistema alvenaria convencional. O autor ainda cita que os painéis estruturais recebem cargas horizontais de vento e cargas verticais, como peso próprio, carga de telhado e cargas acidentais como pessoas e móveis, assim, a função destes painéis é receber estas cargas e transmiti-las à fundação.

Para a composição dos painéis, tem-se perfis em seção transversal do tipo Ue (enrijecido) no sentido vertical chamados de montantes e perfis tipo U no sentido horizontal chamados de guias (Figura 3) (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

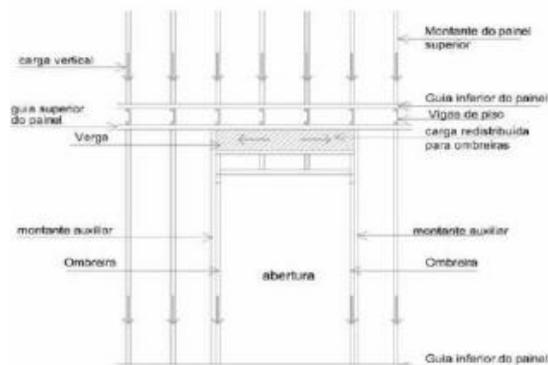
A distribuição de esforços é realizada da seguinte maneira: os montantes realizam a transferência de esforços de cargas verticais através de contato direto por suas almas, sendo que suas seções devem coincidir com o outro nível, assim como vigas de piso, treliças, tesouras de telhados também devem estar alinhadas como mostrados na Figura 4, caso não estejam, este alinhamento é forçado, colocando uma viga sob o painel, a fim de distribuir de modo uniforme as cargas excêntricas (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

Quando há abertura de vão nos painéis, é realizado a execução de uma verga, assim como no sistema de alvenaria convencional, com o intuito de redistribuir as cargas dos montantes aos montantes de margem o vão, chamados de ombreiras, indicados através da Figura 5 (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

O autor relata que a verga é feita geralmente de dois perfis Ue, com um perfil U aparafusado em suas extremidades, tendo uma altura igual à da verga menos a aba da guia superior do painel e também por outra peça denominada guia de verga, sendo fixada nas mesas inferiores dos perfis U e, esta guia de verga é fixada nas ombreiras para evitar a rotação que a verga possa sofrer, além de possibilitar a instalação de *cripples* (montantes de composição), que permitem a instalação de placas de fechamento (Figura 6) (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

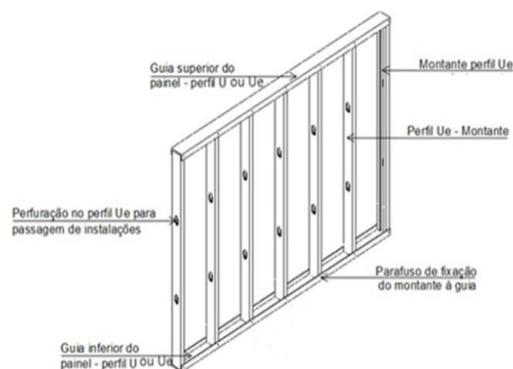


Figura 3: Componentes do painel reticulado



Fonte: ABNT NBR 16970-

Figura 4: Transmissão de carga vertical



Fonte: ABNT NBR 16970-2 (2022)

Figura 5: Distribuição de cargas da verga para a ombreira



Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012)

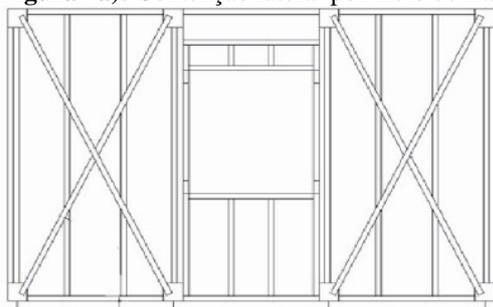
Figura 6: Detalhamento de verga



Fonte: Rodrigues e Caldas (2016)

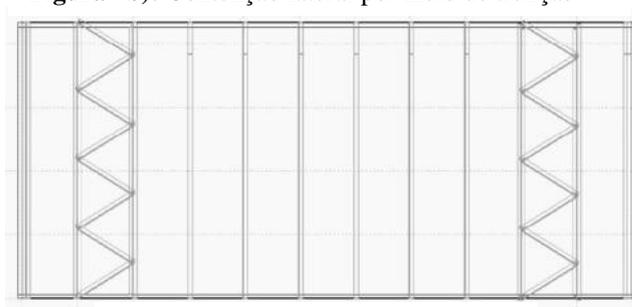
A contenção lateral ou contraventamento possui a finalidade de restringir ou diminuir os deslocamentos e deformação do painel, através de treliças verticais ou fitas metálicas (Figuras 7a e 7b) (ABNT NBR 16970-2, 2022).

Figura 7a): Contenção lateral por meio de fitas



Fonte: ABNT NBR 16970-2 (2022)

Figura 7b): Contenção lateral por meio de treliças

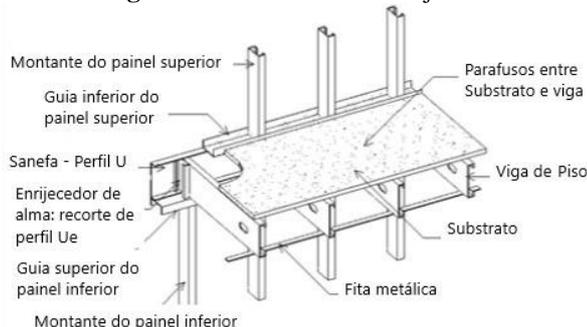


Fonte: ABNT NBR 16970-2 (2022)

As vigas recebem os esforços a elas impostos, como cargas de pessoas, móveis, peso próprio e outros, tem a função de destiná-los aos painéis, mas também podem servir como apoio para contrapiso, no caso de lajes (BARROS, 2017).

A laje seca é empregada para o sistema de piso, formada por elementos estruturais e base de piso (Figura 8) (ABNT NBR 16970-2, 2022).

Figura 8: Detalhamento de laje seca



Fonte: ABNT NBR 16970-2 (2022)

As lajes têm o mesmo preceito dos painéis, precisam que suas vigas estejam alinhadas aos montantes, para ter a melhor performance estrutural, tendo seus perfis, assim como os de toda a estrutura de aço galvanizado e com disposição das vigas na horizontal. (OLIVEIRA, 2018).

2.2.3 Vantagens e desvantagens presentes no método construtivo *Light Steel Framing*

De acordo com Crasto (2005) o sistema *LSF* possui as seguintes vantagens:

- Durabilidade da estrutura, devido à galvanização que os perfis recebem no processo de fabricação;
- Manuseio, transporte e montagem facilitados proporcionado pela leveza dos perfis;
- Construção a seco, diminuindo o uso de recursos naturais;
- Rigoroso controle de qualidade no processo de fabricação dos perfis.

Martins, Rosa, Santos, Silva (2017) indica que o aumento na construção civil traz preocupações em relação à sustentabilidade e cita que o *LSF* possui diversos benefícios, dentre eles estão:

- Ótima resistência mecânica de acordo com sua massa;
- Elementos pré-fabricados mais facilmente;
- Alto índice de reciclagem e reutilização;
- Prazo reduzido de montagem da edificação.

Pedroso, Franco, Basso, Bombonato (2014), cita que o *LSF* também apresenta algumas desvantagens, indicadas abaixo:

- Número máximo de 5 pavimentos;
- Exigência de mão de obra com maior especialização;
- Risco de danificação às paredes e a estrutura ao pendurar objetos pesados não considerados em etapa de projeto.

2.2.4 Utilização do *Light Steel Framing* para habitações de emergência

De acordo com Campos (2014) os acontecimentos derivados da alta precipitação pluviométrica são grandes responsáveis pelos desastres naturais, podendo citar como exemplo: enxurradas, deslizamentos, alagamentos e inundações. Considerando as informações citadas, observa-se que estas catástrofes deixam um número considerável de pessoas desabrigadas, tendo como consequência a instalação das mesmas em abrigos comunitários.

O *LSF* pode se considerar uma opção ativa para a reestruturação das famílias que sofrem todos os anos com os desastres naturais, fornecendo menos tempo de permanência nos respectivos abrigos e proporcionando a retomada da vida cotidiana da população afetadas pelas ocorrências (CAMPOS, 2014).

2.3 Fundação rasa tipo *radier*

O *radier* é um elemento de fundação rasa, composto por concreto armado ou protendido, seu comprimento é duas vezes maior que sua menor dimensão, é um elemento rígido, com finalidade de receber e distribuir, 70% ou mais das cargas de toda a estrutura (Figura 9) (ABNT NBR 6122, 2022).

Conforme Ferreira (2016) cita que a estrutura em *LSF* é mais leve e, portanto, requer menos resistência da fundação, contudo ela possui uma forma de distribuição de cargas uniforme, fazendo com que a fundação necessite ser contínua para receber os painéis. Ainda de acordo com o autor, os tipos mais comuns são sapata corrida e *radier*.

Sempre que houver um terreno favorável que permita, deve-se optar pelo meio mais usual de fundação para este sistema, sendo a fundação do tipo *radier*, que irá abarcar toda a edificação (Figura 10) (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

Figura 9: Fundação *radier*

Figura 10: Detalhamento de *radier* para estrutura em *lsf*



Fonte: Gestor de Obras (2019)

Fonte: ConsulSteel (2002)

2.4 Trabalhos correlatos

Outros autores já estudaram o tema *Análise entre Alvenaria convencional e Light Steel Frame*, Korn (2018) teve como tema de seu TCC a *Análise comparativa da alvenaria convencional e do steel frame como elementos de vedação vertical*: um estudo de caso do empreendimento Vega Offices, onde foi verificado o custo de execução e o desempenho termoacústico de ambos os sistemas, tendo como resultado a diferença de 18,27% a favor do *Light Steel Framing*.

Filho (2020) teve seu TCC com o tema: *Análise comparativa de custos de uma construção em Light Steel Framing e sistema convencional*, realizado na cidade de Goiânia/GO o comparativo de custos de serviços preliminares, infraestrutura, supraestrutura, vedação, cobertura, administração e mão de obra. Chegou à conclusão de que para o *LSF* o maior gasto foi com a estrutura e para o sistema convencional o maior gasto foi com administração e mão de obra, se tornando o *LSF* mais oneroso em 24,22%.

Melo, Almeida, Costa, Batista, Garcia (2022) realizaram seu artigo de TCC com o tema: *Análise comparativa do custo final da obra e tempo de execução dos métodos construtivos: Alvenaria convencional e Light Steel Framing - LSF*, sendo objeto de estudo uma edificação de aproximadamente 350m². As análises foram realizadas conforme as tabelas SETOP e SINAPI do Estado de Minas Gerais e como resultado obtiveram os dados apresentados através das Figuras 11 e 12.

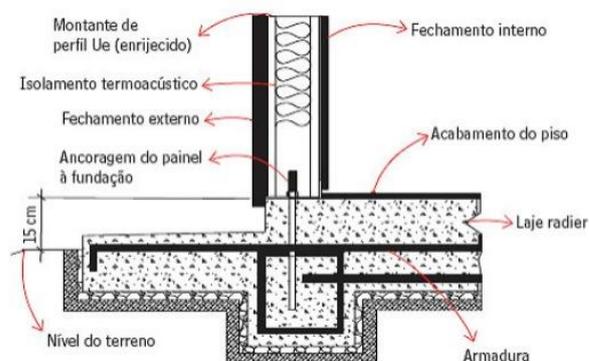
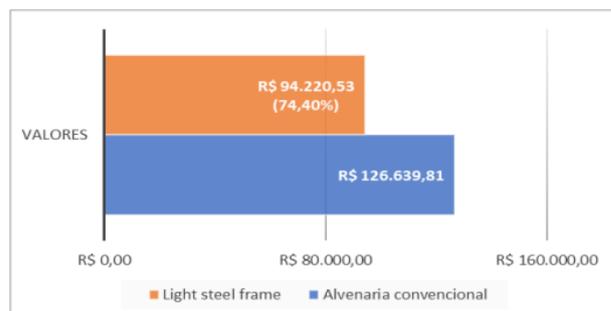
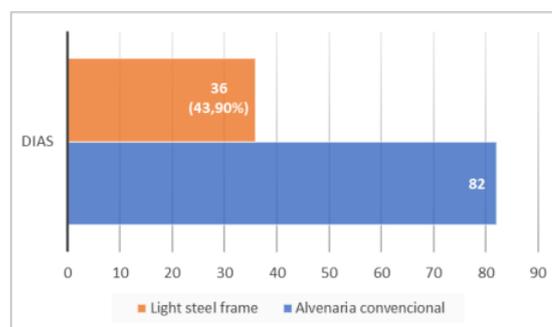


Figura 11: Gráfico comparativo de custos da vedação em *light steel framing* e em alvenaria convencional

Figura 12: Gráfico comparativo de custos da vedação em *light steel framing* e em alvenaria convencional



Fonte: Melo et al. (2022)



Fonte: Melo et al. (2022)

A diferença de tempo que resultada foi de 46 dias a menos com o sistema *LSF*, representando 43,90% do tempo com o sistema convencional.

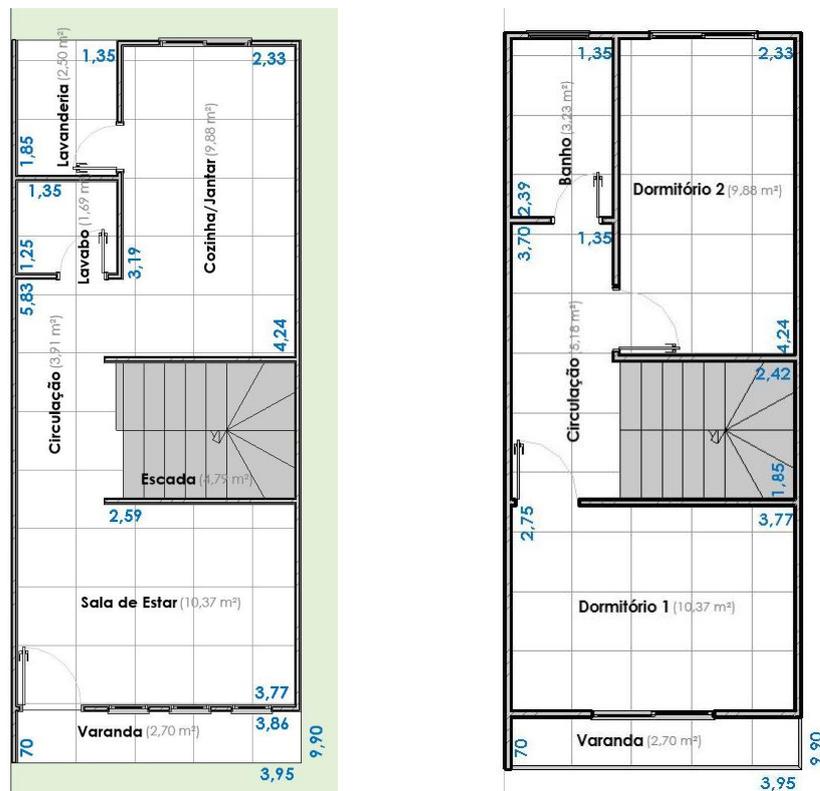
A conclusão do trabalho de Melo et al (2022) mostrou que o sistema *Light Steel Framing* teve menor custo, com a possibilidade de execução em menos tempo, além de apresentar maior controle de qualidade ao longo de todos os processos do sistema.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente capítulo descreve de forma detalhada os meios e procedimentos utilizados para se atingir os objetivos do trabalho, tais como: a descrição dos procedimentos para extração de dados quantitativos e a descrição dos meios que foram utilizados na análise dos resultados.

O projeto arquitetônico e o projeto estrutural foram fornecidos por uma empresa da cidade de Sinop/MT. A residência é um sobrado unifamiliar que possui 78,21 m², sendo o térreo com 39,105 m² e o primeiro pavimento com as mesmas dimensões, ou seja, 39,105 m². Possui uma pequena varanda de entrada, sala de estar, cozinha, circulação, lavabo e área de serviço no térreo, também conta com dois quartos, um banheiro e uma pequena varanda no primeiro piso, como é mostrado nas plantas das Figuras 13 e 14.

Figura 13: Planta baixa do pavimento térreo **Figura 14:** Planta baixa do 1º pavimento



Fonte: Acervo da empresa x (2023)

Através da Figura 15, pode-se observar a estrutura da edificação em azul, a laje de piso em verde e a laje para a cobertura em amarelo.

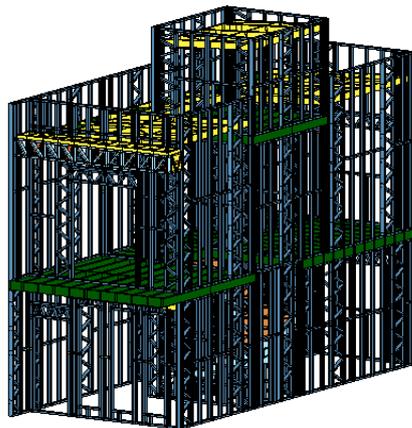
A composição de custos do sistema *LSF* foi composta através do quantitativo de materiais, com base no caderno de montagem do projeto estrutural, considerando guias e montantes para os painéis e lajes, bem como a estrutura da escada, e para a vedação se utilizou o projeto arquitetônico como base, considerando placas *Glassroc* para a parte externa e placas *Performa* para a parte interna, além de possuir vedação entre essas placas com lã de vidro, também foram consideradas placas *RU* para áreas molhadas e placas *OSB*.

Com estes dados, os orçamentos foram realizados, sendo que o orçamento dos itens para a estrutura foi efetuado pela empresa *Tecno Frame* de Arujá, estado de São Paulo, já incluindo o frete para a cidade de Sinop/MT. Para os itens de vedação, exemplificados nos quadros apresentados no presente trabalho, a cotação de preços foi realizada em três empresas locais, e o valor utilizado foi a média encontrada.

Para a realização do projeto estrutural em concreto armado, foi tido como base o projeto arquitetônico recebido. Sendo realizado o dimensionamento dos pilares, vigas, escada e lajes, através do software *AltoQi Eberick 2023*, levando em consideração cargas variáveis e permanentes de acordo a norma *ABNT NBR 6120 (2019)* e seguindo o uso do tipo da edificação, como descritas no Quadro 2.

Figura 15: 3D do projeto estrutural *LSF*

Quadro 2: Cargas na estrutura de concreto armado



Fonte: Acervo da empresa x (2023)

Cargas permanentes	
Tijolo 14x19x24cm	1,9 kN/m ²
Peso Próprio do concreto armado	25 kN/m ³
Revestimento	1 kN/m ²
Cargas variáveis	
Carga do vento	30 m/s
Carga acidental para laje de piso	1,5 kN/m ²
Carga acidental para laje da cobertura	0,1 kN/m ²
Carga acidental para a escada	2,5 kN/m ²

Fonte: Acervo próprio (2023)

A concepção do projeto estrutural em concreto armado levou em consideração pilares e vigas inicialmente padronizados nas dimensões de 14x30 cm, a fim de amenizar o tempo de trabalho na obra com a execução de vários tamanhos de caixaria. Para o concreto, inicialmente foi utilizado a resistência característica à compressão aos 28 dias (F_{ck}) de 25 MPa. Também foi considerado uma laje de piso e uma laje de forro, ambas projetadas com o sistema de laje treliçada com preenchimento em EPS. O aço utilizado no projeto foi o aço CA60 para as armaduras transversais e o aço CA50 para as armaduras longitudinais.

Para a composição de custos do sistema convencional, o quantitativo de materiais da estrutura (exceto fundação) foi extraído com a lista que o software gera, considerando o aço, concreto e formas para vigas, pilares, laje de piso e laje para cobertura, sendo para estes dois itens, foi considerado as treliças para as vigotas e o EPS para enchimento. Para a composição dos materiais de vedação, foi utilizado o projeto arquitetônico como fonte e extraídos quantidades de tijolos e argamassas. Com os quantitativos prontos, as listas foram encaminhadas à três materiais de construção da cidade, sendo que a cotação do tijolo foi realizada diretamente com as olarias locais.

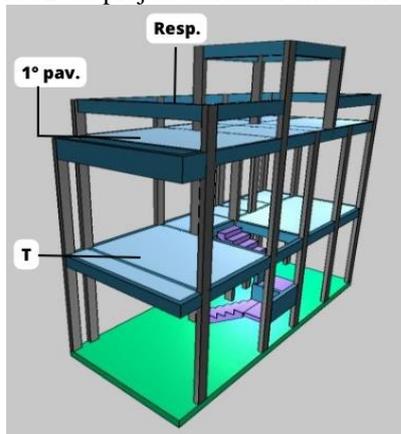
As planilhas orçamentárias de ambos os sistemas construtivos não contam com valores das fundações, bem como BDI, Lei Social e Mão de obra. Também não foram realizados os orçamentos dos itens de instalações hidrossanitárias, pintura, telhado, revestimento e acessórios, pois estes itens podem, em alguns casos, ser os mesmos para ambos os sistemas e com isso, não influenciaria de forma significativa no valor final do comparativo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto estrutural em concreto armado foi dimensionado utilizando resistência característica à compressão aos 28 dias (F_{ck}) de 25 MPa. Contando com duas lajes treliçadas com enchimento em EPS H8 x 330 x 1000 mm, sendo uma laje de piso e uma laje de forro. Foi dividido em 3 pavimentos, sendo térreo, 1º pavimento e cobertura. No pavimento térreo foram dispostos 14 pilares nas dimensões 14x30 cm e 13 vigas com as mesmas dimensões dos pilares. Foi necessário criar um pavimento intermediário 148,8 cm para o lançamento da viga do patamar da escada, a mesma contendo 14x64,5 cm.

O 1º pavimento contou com 14 pilares nas dimensões 14x30 cm e 12 vigas com dimensões 14x30 cm. O pavimento respaldo teve 10 pilares com dimensões de 14x30 cm e 7 vigas de fechamento da estrutura como mostrado na Figura 16.

Figura 16: 3D do projeto estrutural em concreto armado



Fonte: Acervo próprio (2023)

A escada do projeto arquitetônico foi projetada no modelo em leque, sendo seu pisante com 30 cm e espelho com 17,50 cm. Por ser em leque, os pisos no nível intermediário foram lançados como patamar.

4.1 Orçamento da estrutura e vedação para o sistema convencional

O quantitativo dos materiais da estrutura foi extraído da lista de materiais que o software fornece e realizado o orçamento em 3 lojas da cidade como mostrado no Quadro 3.

Quadro 3: Composição de custos da estrutura em concreto armado

Estrutura em concreto armado					
Descrição	Item	Quantidade	Unidade	Valor unt.	Valor Total
Concreto	C-25	13,6	m³	R\$ 635,25	R\$ 8.639,40
Forma	Área de forma - madeirite plastificado 12mm	170,8	m²	R\$ 80,46	R\$ 13.742,57
Aço CA60	Ø 5.0 mm	295,1	kg	R\$ 9,08	R\$ 2.679,51
Aço CA50	Ø 6.3 mm	50,5	kg	R\$ 8,27	R\$ 417,64
Aço CA50	Ø 8.0 mm	258,6	kg	R\$ 7,57	R\$ 1.957,60
Aço CA50	Ø 10.0 mm	346,4	kg	R\$ 7,27	R\$ 2.518,33
Aço CA50	Ø 12.5 mm	28,4	kg	R\$ 7,77	R\$ 220,67
Aço CA60	TR 08644	140,5	kg	R\$ 13,64	R\$ 1.916,42
EPS Unidirecional	B8/30/100	173,0	und	R\$ 6,47	R\$ 1.119,23
				Valor	R\$ 33.211,36

Fonte: Acervo próprio (2023)

Através do projeto arquitetônico, foi extraído o quantitativo de áreas das paredes internas e externas. Com estes valores, foi utilizada uma planilha calculadora de materiais para a extração de dados individuais de cada item, e após, realizado o orçamento em 3 lojas da cidade, como mostrado através do Quadro 4.

Quadro 4: Composição de custos da vedação do sistema convencional

Fechamento em alvenaria				
Descrição	Und	Quantidade	Valor/und	Valor total
Tijolo cerâmico 14x19x24cm	und	4820	R\$ 1,94	R\$ 9.350,80
Areia média	m³	24	R\$ 80,32	R\$ 1.927,68
Cimento Portland	sc	90	R\$ 45,92	R\$ 4.132,80
Cal	sc	78	R\$ 21,89	R\$ 1.707,42
Aditivo impermeabilizante TecPlus 1 18kg	und	3	R\$ 84,90	R\$ 254,70
			Valor	R\$ 17.373,40

Fonte: Acervo próprio (2023)

4.2 Orçamento da estrutura e vedação para o sistema LSF

O quantitativo foi realizado com base no caderno de montagem do projeto estrutural, sendo contabilizado cada perfil utilizado e anotados em metros lineares. Também foram quantificados os parafusos de fixação dos perfis para formação dos painéis, fitas de travamento (FLAT 40-1.0 e FLAT 181-1.0) e chumbadores utilizados para fixar a estrutura na fundação, mostrados no Quadro 5.

Quadro 5: Composição de custos LSF.

Estrutura em LSF				
Descrição	Und	Quantidade	Valor/unt	Valor total
Perfil 89S-41-1.0	m	1737,21	R\$ 20,99	R\$ 36.464,04
Perfil 89T-1.0	m	21,66	R\$ 19,28	R\$ 417,60
Perfil 150S-41-1.0	m	176,55	R\$ 27,99	R\$ 4.941,63
Perfil 200S-41-1.0	m	137,96	R\$ 33,74	R\$ 4.654,77
Perfil 200T-1.0	m	52,29	R\$ 21,41	R\$ 1.119,53
Perfil FLAT 40-1.0	m	7,15	R\$ 4,67	R\$ 33,39
Perfil FLAT 181-1.0	m	5,62	R\$ 20,99	R\$ 117,92
Parafuso Flangeado 4,8x19PB	und	8144	R\$ 0,22	R\$ 1.791,68
Chumbador 3/8"x2.2/1"	und	35	R\$ 2,75	R\$ 96,25
Transporte				
Transporte de Arujá/SP para Sinop/MT				R\$ 8.900,00
			Total	R\$ 58.536,82

Fonte: Acervo próprio (2023)

Para o quantitativo da vedação do sistema LSF, as áreas de pares internas, externas e de banheiro foram extraídas do projeto arquitetônico. Com estes dados, foi realizado o quantitativo de materiais através do consumo de cada item por metro quadrado com o auxílio da ficha técnica do material, derivada do fornecedor. Os valores abaixo representam o custo unitário de cada produto na região de Sinop/MT e são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6: Composição de custos da vedação para o sistema *LSF*

Fechamento em LSF					
Item	Descrição	Und	Quantidade	Valor/unt	Valor total
1.1 Fechamento Externo					
	Membrana hidrófuga Tyvek	m ²	211,00	R\$ 16,25	R\$ 3.428,61
	Placa Glasroc X 1,20x2,00m	und	90,00	R\$ 220,00	R\$ 19.800,00
	Parafuso Glasroc 3,5x25mm PB OM	und	3151	R\$ 0,25	R\$ 772,00
	Malha GRX para juntas 10cm	und	10,00	R\$ 75,00	R\$ 750,00
	Massa Basecoat 20kg	und	72,00	R\$ 155,00	R\$ 11.160,00
1.2 Fechamento Interno					
	Lã de Vidro	m ²	274,92	R\$ 9,56	R\$ 2.629,15
	Placa Performa 1,20x1,80m	und	114,00	R\$ 99,30	R\$ 11.320,20
	Parafuso Glasroc 3,5x25mm PB OM	und	3692	R\$ 0,25	R\$ 904,54
	Fita de papel	und	8	R\$ 58,00	R\$ 464,00
	Placomix E 25kg	und	6	R\$ 98,50	R\$ 591,00
1.3 Banheiro					
	Placa RU 1,20x1,80x0,125m	und	23,00	R\$ 66,00	R\$ 1.518,00
	Fita Hydro Tape	und	4	R\$ 81,25	R\$ 324,99
	PR Hydro	kg	16,2	R\$ 168,50	R\$ 2.729,65
	Parafuso Glasroc 3,5x25mm PB OM	und	698	R\$ 0,25	R\$ 171,01
	Lã de Rocha	m	143	R\$ 15,00	R\$ 2.145,00
1.4 Escada					
	Placa OSB estrutural 1,22x2,44x0,18m	und	3	R\$ 380,00	R\$ 1.140,00
	Parafuso 4,2x32mm PA	und	106	R\$ 0,94	R\$ 99,64
2.4 Laje de Piso					
	Placa OBS estrutural 1,22x2,44x0,18m	und	28	R\$ 380,00	R\$ 10.640,00
	Parafuso 4,2x32mm PA	und	1174	R\$ 0,94	R\$ 1.103,56
	Placa XPS 0,60x1,20m	und	110,00	R\$ 4,36	R\$ 480,00
	Cola PVA 1kg	und	50,00	R\$ 24,00	R\$ 1.200,00
Valor					R\$ 73.371,34

Fonte: Acervo próprio (2023)

4.3 Comparativo

Através dos quadros de composição de custos, foi realizado o comparativo entre os sistemas e expostos no quadro 7.

Quadro 7: Comparativo de custos das estruturas e da vedação dos sistemas construtivos

Comparativo de valores			
	Valor	Valor/m ²	Percentual de diferença <i>LSF</i> > Sistema convencional
Vedação <i>LSF</i>	R\$ 73.371,34	R\$ 938,13	76,32%
Vedação em alvenaria	R\$ 17.373,40	R\$ 222,14	
Estrutura <i>LSF</i>	R\$ 58.536,82	R\$ 748,46	43,26%
Estrutura em concreto armado	R\$ 33.211,36	R\$ 424,64	
<i>LSF</i>	R\$ 131.908,16	R\$ 1.686,59	61,65%
Concreto armado	R\$ 50.584,76	R\$ 646,78	

Fonte: Acervo próprio (2023)

De acordo com os dados apresentados observou-se que a estrutura do projeto com o método *LSF* teve um valor final de R\$ 58.536,82, sendo 43,26% superior à obra em alvenaria convencional, com um custo de R\$ 748,46 por m², enquanto a estrutura em concreto armado resultou num valor de R\$ 33.211,36, gerando um valor de R\$ 424,64 por m².

Comparando os sistemas de vedação, nota-se que o sistema *LSF* teve o valor de R\$ 73.371,34, tornando-se 76,32% maior em relação a este mesmo item do sistema contraposto, e com o custo de R\$ 938,13 por m². Em contrapartida, a vedação da alvenaria convencional resultou num valor de R\$ 222,14 por m² e valor final de R\$ 17.373,40.

Como exposto, os materiais do projeto com o sistema *LSF* teve o valor do m² em R\$ 1.686,59, sendo 61,65% a mais que o de alvenaria convencional, que teve o custo de R\$ 646,78 por m². Onde a maior diferença de valor, sendo estrutura e vedação, ocorreu no primeiro item (vedação), com o *LSF* em 76,33% superior ao outro sistema.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil é um grande produtor de aço, e somando isso ao grande número de construções no país, principalmente na região de Sinop/MT, se torna um campo favorável ao crescimento de construções sustentáveis com o uso do *Light Steel Framing*. Este aumento seria benéfico tanto à indústria, quanto aos consumidores, fornecedores de mão de obra, meio ambiente e população no geral, visto que seria uma obra mais limpa, organizada e rápida.

Através dos resultados obtidos com o presente trabalho, observou-se que para residência em estudo, o sistema construtivo *Light Steel Framing* teve um valor por m² de R\$ 1.686,59 e o sistema construtivo em alvenaria convencional o valor de R\$ 646,78 por m². Com isso, o *LSF* teve o valor final de 61,65% superior ao outro método analisado.

Ficou evidente que valor apresentado pelo sistema *LSF* foi muito superior ao sistema convencional, porém este método ainda é novo na região, com isso, conta com poucos fornecedores de materiais e mão de obra, esta que precisa ser especializada. Com isto, e diante à crescente demanda no mercado da construção civil, verifica-se que o *Light Steel Framing* pode ser um sistema potencial, visando menos tempo de obra, menos desperdício de materiais e utilização de materiais recicláveis.

REFERÊNCIAS

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

ABNT NBR 6120: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT NBR 6120: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execuções de fundações** Rio de Janeiro, 2022.

ABNT NBR 16970-2: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Light Steel Framing – Sistemas construtivos estruturados por perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas Parte 2: Projeto estrutural**. Rio de Janeiro, 2022.

ACCETTI, K. M. **Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria.** Tese (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1998.

ANDRADE, B. S. O. **Concreto armado, um estudo sobre o processo histórico, características, durabilidade, proteção e recuperação de suas estruturas.** Monografia (Especialização em Tecnologia e produtividade das construções) – Escola de Engenharia, UFMG, Rio de Janeiro, 2016.

BARRETO, I. M. C. B. N. **Gestão de resíduos na construção civil.** Aracaju: SENAI/SE; SENAI/DN; COMPETIR; SEBRAE/SE; SINDUSCON/SE, 2005. 28p. il.

BARROS, V. V. B. **Estruturas em Light Steel Framing: Projeto e Dimensionamento em softwares 3D.** Orientadora: Lorena Costa Campos. 2017. 127f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, UFU, Uberlândia, 2017.

BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do Concreto Armado.** Departamento de Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista. Bauru/SP, 2019.

BASTOS, P. S. S. **Lajes de concreto.** Departamento de Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista. Bauru/SP, 2005.

BASTOS, P. S. S. **Notas de aula de Estruturas de Concreto II, Pilares de Concreto Armado.** Departamento de Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista. Bauru/SP, 2017.

BUILD STEEL. **A Builder's Guide to Steel Frame Construction.** Disponível em: <https://buildsteel.org/why-steel/cold-formed-steel-101/builders-guide-steel-framing/>. Acesso em: 22 nov. 2022.

CAMPOS, P. F. **Light Steel Framing: uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento.** Orientador: Arthur Hunold Lara. 2014. 231 f. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

COSTA, J. E. M. **Sistemas Construtivos Industrializados Utilizados No Brasil: uma revisão sistemática da literatura.** In: **5º Encontro em Engenharia de Edificações e Ambiental.** 2017.

CONSULSTEEL. **Construcción con acero liviano – Manual de Procedimiento.** Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 1 CD-ROM.

CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: light steel framing.** Orientadora: Arlene Maria Cunha Sarmanho. 2005. 231 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

FERREIRA, V. P. **Estudo comparativo entre sistemas construtivos: alvenaria convencional e light steel frame.** Orientador: Robson Donizeth Gonçalves da Costa. 2016.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2016.

FILHO, M. A. B. P. M. **Análise comparativa de custos de uma construção em Light Steel Framing e sistema convencional.** Orientador: Robson Lopes Pereira. 2020. 12f. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Engenharia - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020.

FRANCO, L. S. O projeto das vedações verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, 1998, São Paulo **Anais**. v. 1, p. 221-236.

FRECHETTE, L. A. **Build Smarter with Alternative Materials.** Illustrated edition. Craftsman Book Company, 1999. 333p.

GASPAR, A. P. **Construção de edifícios de habitação em light steel framing:** Alternativa viável à construção tradicional. Orientador: Rui Furtado. 2013. 152f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Faculdade de comunicação, arquitetura, artes e tecnologias da informação - Universidade Lusófona Do Porto, Porto, 2013.

GESTOR DE OBRAS. **Saiba tudo o que é necessário para executar um Radier.** São Paulo, 2019 Disponível em: <https://www.gestordeobras.com.br/saiba-tudo-o-que-e-necessario-para-executar-um-radier-bonus-para-download/>. Acesso em: 08/09/2022.

GRUBLER, T. H. **Estudo comparativo entre os métodos construtivos light steel frame, alvenaria convencional e alvenaria estrutural.** Orientadora: Cristina Eliza Pozzobon. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2021.

HASS, D. C. G.; MARTINS, L. F. **Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo Steel Frame como método construtivo para habitações sociais.** Orientadora: Marcia Keiko Ono Adriaçola. 2011. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia de Produção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

KORN, B. G. **Análise comparativa da alvenaria convencional e do steel frame como elementos de vedação vertical: um estudo de caso do empreendimento Vega Offices.** Orientadora: Geórgia Cristina Roveda Campos. 2018, 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário – Católica de Santa Catarina, Joinville, 2018.

LIBRELOTTO, L. I.; FERROLI, P. C. M. **Estruturas [conceito].** Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina: Portal Virtuhab, 28 out 2022. Disponível em: <https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/estruturas-conceito/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

MARTINS, C.; ROSA, N.; SANTOS, P.; SILVA, L.S. Edifícios com estrutura leve em aço enformado a frio (LSF): Vantagens e desvantagens do sistema. In: **XI Congresso de Construção Metálica e Mista, Coimbra.** 2017.

MELO, E. C.; ALMEIDA, E. F.; COSTA, F. M.; BATISTA, M. M.; GARCIA, V. F. **Análise comparativa do custo final da obra e tempo de execução dos métodos construtivos: alvenaria convencional e light steel frame-lsf.** Orientador: Laisa Cristina Carvalho. 2022. 17f. Artigo Científico – UNA, Pouso Alegre, 2022

OLIVEIRA, G. S. **Light steel frame: potencial do sistema construtivo para customização de habitações pré-fabricadas.** Orientador: Clécio Magalhães do Vale. 2018. 146f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

OLIVEIRA, M. L.; NUNES, M. A **Necessidade da Qualificação na Mão de Obra na Construção Civil.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 03. Ano 02, Vol. 01. pp 566-579. Junho de 2017. ISSN:2448-0959

PEDROSO, S. P.; FRANCO, G. A.; BASSO, G. L.; BOMBONATO, F. A. Steel frame na construção civil. *In:* ECCI-12º ENCONTRO CIENTÍFICO CULTURAL INTERINSTITUCIONAL. 2014. Cascavel. **Anais.** 14f.

PRUDÊNCIO, M. V. M. V. **Projeto e Análise comparativa de custo de uma residência unifamiliar utilizando os sistemas construtivos convencional e light steel framing.** Orientador: Ronaldo Rigobello. 2013. 66f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação 98 em Engenharia de Produção Civil) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural.** São Paulo: PINI, 2003. 174p.

RIBEIRO, V. M. **VANTAGENS EM ADOTAR O LIGHT STEEL FRAME: Comparativo entre o método construtivo Light Steel Frame e o método convencional de alvenaria.** Orientadora: Laísa C. Carvalho. 2018. Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas – UNIS-MG. Varginha, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/644>. Acesso em: 18/08/2022.

RODRIGUES, F. C.; CALDAS, R. B. **Steel framing: engenharia.** 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Aço Brasil /CBCA, 2016. 224p. ISBN 978-85-89819-39-8.

SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M.S.; CRASTO, R. C. M. **Steel framing: arquitetura.** 6. Ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012. 151p. ISBN 978-85-89819-32-9.

SEBRAE, 2022. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/use-a-tecnologia-para-aumentar-a-produtividade-na-construcao-civil,bc7e424bf57bf410VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 20 nov. 2022.

SMART STEEL FRAMING. **Casa Catálogo 54m².** Ponta Grossa-PR, 2022. Disponível em: <https://smartsistemasconstrutivos.com.br/casa-54m%C2%B2/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

SOUZA, F. R. **Gestão de projetos x impactos ambientais na construção civil.** Orientadora: Dr^a. Danielle Meireles de Oliveira. 2023. 37 f. Monografia (Especialização em Construção



Civil: Área Gestão e Avaliações nas Construções) - Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2023.

TELLES, P. C. S. **História da Engenharia no Brasil: séculos XVI a XIX**. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Clavero, 1994.

VASQUES, C. C. P. C. F. **Comparativo de sistemas construtivos, convencional e wood frame em residências unifamiliares**. 2014. 17f. Artigo (Bacharelado em Engenharia de Estruturas) – Centro Universitário de Lins – Unilis, Lins. 2014.

VIEIRA, B. A.; NOGUEIRA, L. (2018), “**Construção civil: crescimento versus custos de produção civil**”, *Sistemas & Gestão*, Vol. 13, No. 3, pp. 366-377. Disponível em: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/1419>. Acesso em: 01 de Nov. 2023.