

**Estudo da viabilidade técnica e econômica do método construtivo
Light Steel Frame e alvenaria convencional**
**Study on the Technical and Economic Feasibility of the Light Steel
Frame Construction Method and Conventional Masonry**

Autor: Lucas Brun Dos Santos¹
Liercio Feital Motta Júnior²

RESUMO

O trabalho avalia a viabilidade técnica e econômica do Light Steel Frame (LSF) e da alvenaria convencional, métodos construtivos distintos. O LSF, moderno e sustentável, destaca-se pela agilidade na execução e redução de resíduos, graças à construção a seco. Já a alvenaria convencional, amplamente utilizada no Brasil, tem custo inicial mais baixo e boa resistência, mas gera mais resíduos e exige maior mão de obra. O estudo mostra que, embora o custo inicial do LSF seja 20,94% superior, ele reduz o tempo de construção em até um terço comparado ao método convencional. Além disso, oferece vantagens como fundações mais econômicas, isolamento térmico e acústico superior e menor impacto ambiental. Por outro lado, a alvenaria, enraizada na cultura brasileira, enfrenta desafios como maior desperdício e processos mais lentos. A pesquisa conclui que, apesar das barreiras culturais e de custo, o LSF é uma alternativa promissora devido à sua sustentabilidade e eficiência. Recomenda-se maior conscientização dos profissionais da construção civil para ampliar sua adoção no Brasil, promovendo uma transformação nos métodos construtivos e fortalecendo práticas mais inovadoras e sustentáveis.

Palavras-chave: Steel Frame, alvenaria convencional, comparação, método construtivo, viabilidade técnica e econômica.

ABSTRACT

The study evaluates the technical and economic feasibility of Light Steel Frame (LSF) and conventional masonry, two distinct construction methods. LSF, a modern and sustainable approach, stands out for its execution speed and waste reduction due to its dry construction process. Conventional masonry, widely used in Brazil, has a lower initial cost and good durability but generates more waste and demands more labor.

The research shows that, although the initial cost of LSF is 20.94% higher, it reduces construction time by up to one-third compared to the conventional method. Additionally, it offers advantages such as more economical foundations, superior thermal and acoustic insulation, and reduced environmental impact. On the other hand, masonry, deeply rooted in Brazilian construction culture, faces challenges such as higher material waste and slower processes.

The study concludes that, despite cultural and cost-related barriers, LSF is a promising alternative due to its sustainability and efficiency. Greater awareness among construction professionals is recommended to encourage its adoption in Brazil, fostering a transformation in construction methods and promoting more innovative and sustainable practices.

Keywords: Steel Frame, conventional masonry, comparison. construction method, technical and economic feasibility.

¹ Rede de Ensino Doctum – Unidade Juiz de Fora – e-mail: lucasbrun765@gmail.com – Graduando em Engenharia Civil

² Rede de Ensino Doctum – Unidade Juiz de Fora – e-mail: liercioengenhariajf@doctum.edu.br

1.INTRODUÇÃO

Durante o século XX surgiu uma nova modalidade na construção civil denominado de *Light Steel Frame* (LSF). O sistema construtivo LSF, também conhecido como estrutura em aço leve, faz parte do sistema Construção Energitêmica Sustentável (CES) (PEDROSO, ET AL, 2014). Contudo este tem sido pouco usado no Brasil, cerca de 3% do total. A indústria brasileira ainda permanece enraizada no sistema construtivo artesanal, com índices de desperdícios altos e pouca produtividade.

Nota-se porém que o mercado tem sentido a necessidade de mudanças, com a utilização de novas tecnologias com adequação da construção civil para a racionalização dos processos (DOGONSKI, 2016). O que predomina no Brasil ainda é o método de construção de alvenaria convencional, sendo este responsável por uma grande quantidade (63,7%) de resíduos que causam impactos ambientais (RIBEIRO; CARVALHO, 2016)

Conforme Marcomini et al., (2023) as técnicas modernas de construção civil, tem contribuído para a sustentabilidade, fator de preocupação das empresas sustentáveis e modernas. Desta forma a utilização de sistemas LSF enquadra-se perfeitamente, pelo fato ser uma construção a seco composta por perfis de aço galvanizado, contribuindo também para estruturas mais leves com maior agilidade no processo.

Tem-se também que a utilização do LSF favorece o sistema construtivo pois possui características diferenciadas, como: maior resistência a esforços físicos e mecânicos, resistência ao fogo, resistência ao impacto, isolamento acústico.

O termo *Light* também conhecido como leve, expressa a estrutura de aço Steel permitindo que a edificação tenha uma redução no peso. O termo "Framing", do Inglês, é usado para definir o esqueleto estrutural composto pelo aço e outros elementos que ligados entre si funcionam para suportar a obra (PEDROSO, ET AL, 2014).

Uma importante característica do LSF dos demais métodos, está associada a limpeza do canteiro, justamente por ser um método construtivo a seco denominado *Drywall*, desconsiderando o uso de concreto e cimento. Uma das características é a viabilidade nos cálculos, determinando maior precisão na quantidade de material a ser aplicado, na mão de obra a ser utilizada e no tempo

de execução, conseqüentemente a redução nos custos da obra (PEDROSO, ET AL, 2014).

Souza (2014) informa que determinadas iniciativas para inovação do setor que rompem com as práticas tradicionais do mercado brasileiro, com um ciclo de amadurecimento, contudo não havia no Brasil um delineamento inicial presente em outros países como normas e conhecimentos específicos destas iniciativas. Ainda na visão de Souza (2014, p. 8):

Melo et al. (2022) e Guimarães (2021) concordam que ainda no Brasil as vedações em vãos pelo método tradicional, ainda são evidências da construção civil no Brasil. A busca por este método, geralmente está relacionado ao acabamento, as instalações complementares, assim como, as questões estruturais, desta forma o investimento total da obra, as vedações podem ser responsáveis em até 40% do mesmo.

Mediante os conceitos apresentados o presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo geral realizar uma comparação econômica entre os métodos construtivos *Light Steel Frame* e alvenaria convencional.

Para a elaboração deste trabalho será realizado um estudo de caso, assim como uma revisão com autores que já discutiram acerca do tema e analisaram sobre *Light Steel Frame*. Buscar-se-á informação em livros, artigos, teses, Leis e sites especializados no assunto, voltados para a construção civil. Para tanto serão analisados fatos históricos e progressivos da construção civil. Além disso, serão apresentados estudos de acasos onde foi utilizado o método construtivo *Light Steel Frame*.

Trata-se de um estudo com coleta de dados realizada a partir de fontes secundárias, por meio de uma revisão bibliográfica. Este método proporciona a síntese de conhecimento e a incorporação da aplicabilidade dos resultados de estudos significativos (GIL, 2019).

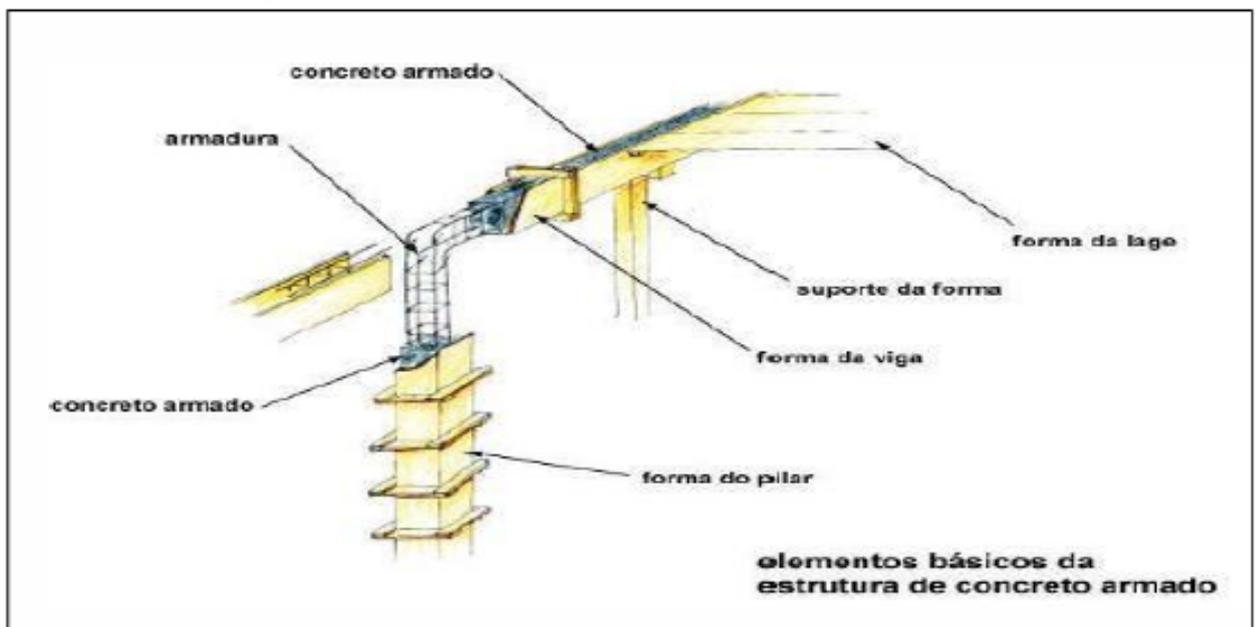
2. A CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL EM ALVENARIA

A alvenaria convencional, ou alvenaria de vedação, é o método mais comum em construções no Brasil. Isso se deve ao fato de que essa técnica está profundamente inserida na cultura do país e pode ser aplicada em uma ampla variedade de projetos, especialmente em edifícios de grande altura. Segundo Salomão et al. (2019), a alvenaria convencional, representada na Figura 1, é um

método construtivo no qual a estrutura é composta por laje, viga, pilar e fundação, todos moldados in loco em concreto armado. Essa estrutura tem a função de suportar as cargas geradas pela edificação e transmiti-las ao solo.

As paredes, por outro lado, não possuem função estrutural, servindo apenas como vedação e separação dos ambientes. São construídas com blocos cerâmicos (tijolos), que utilizam recursos não renováveis em sua produção. Na execução, emprega-se argamassa no assentamento dos tijolos, além de chapisco nas superfícies internas e externas para possibilitar a fixação do emboço e reboco. (SILVA ET.AL 2022)

Figura 1 – Elementos de estrutura da alvenaria convencional



Fonte: Salomão et al (2019)

Segundo Araújo et al 2016, o concreto armado é composto por uma combinação entre concreto e aço, aproveitando de modo vantajoso as qualidades dos dois materiais considerando que o concreto tem uma resistência superior aos esforços de compressão, todavia, a resistência aos esforços de tração é menor. Portanto, unificar o aço ao concreto é um modo de munir a falta dos esforços de tração, reforçando sua resistência à compressão. De maneira que o aço absorve os esforços de cisalhamento ou cortantes que atuam nos elementos do concreto.

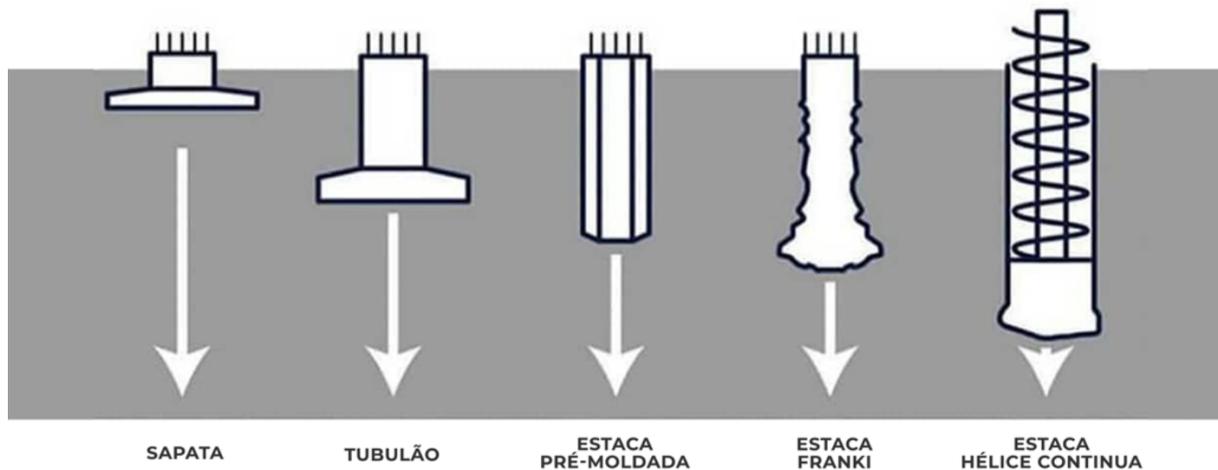
Biazzoto (2024) menciona que este método construtivo é amplamente artesanal em muitas regiões, acompanhada de características de baixa produção e

um alto índice de desperdício de materiais, isso se dá conta porque suas etapas construtivas in loco, tendem a demorar na execução do projeto. Vale ressaltar, que grande parte da mão de obra não tem preparação, onde gera o desperdício em excesso e o retrabalho. (SOUZA 2019).

2.1. FUNDAÇÃO

Segundo Rabello (2021), ao definir a escolha das fundações e suas dimensões, é essencial que o engenheiro responsável tenha um conhecimento prévio do solo onde a obra será construída. Para isso, são realizadas sondagens que permitem observar as características do terreno, como a identificação das diferentes camadas do solo, a classificação de cada uma, a presença de água e a análise de suas resistências. As fundações são divididas em dois grupos: superficiais e profundas (FIGURA 2).

Figura 2 – Tipos de fundação existentes



Fonte: Campelo (2020)

2.2 ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO

O concreto segundo Camargo (2021), nada mais é que uma mistura de cimento areia sendo o agregado miúdo, britado como gráudo, água e ar com a possibilidade de incrementar aditivos químicos, com a ideia de otimizar ou mudar as suas propriedades básicas, como por exemplo tempo de cura, tempo de pega, adensamento, etc. A ideia de concreto armado surge da mistura do concreto com barras de aço. Por si só o concreto é um material que aponta elevado resistência a

compressão, mas baixa resistência a tração, logo, tem-se a necessidade de incluir no concreto um material com elevada resistência a tração, para resistir às tensões de tração exercida na estrutura (CAMARGO 2021)

Nas edificações em alvenaria convencional, a estrutura é por completo feita em concreto armado, dando forma ao esqueleto da edificação. É nele que os elementos mais comuns em estruturas de concreto armado são encontrados, são eles: pilares, as vigas e as lajes (CAMARGO 2021).

A NBR 6118 (2014, item 14.4.1.2, p 59) conceitua “pilares como elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes”. Camargo (2021), complementa informando que é de função dos pilares a transmitir as ações, recebidas normalmente de lajes e vigamentos, para as fundações. Podendo transmitir também para outros elementos apoiadores.

Por conceito, as vigas são “elementos lineares em que a flexão é preponderante.” (NBR 6118, 2014, item 14.4.1.1, p. 59). A classificação pode-se dar como barras retas, estabelecidas horizontalmente, que recebem os esforços de outras vigas, lajes e paredes de alvenaria, entre outros. Com função de superar os vãos e transmitir os esforços nelas dispostos para seus apoios, que geralmente são pilares. (CAMARGO 2021).

As lajes, segundo Camargo (2021), são recursos planos que têm a possibilidade de receber a maior parte de cargas aplicadas em uma edificação, algumas delas são, pisos, paredes, pessoas, móveis etc. Esse tipo de carga geralmente é transmitido para uma viga de apoio, que fica nas bordas das lajes.

2.3 ALVENARIA DE VEDAÇÃO E ESQUADRIAS

A alvenaria convencional, também conhecida como alvenaria de vedação, é um método construtivo que se caracteriza por alguns modelos, os modelos de alvenaria mais usados são os que usam tijolos e blocos cerâmicos. Chama-se alvenaria de vedação quando a mesma é dimensionada apenas para suporte de seu próprio peso. É um dever da alvenaria possuir algumas características de vedação como por exemplo: isolamento térmico e acústico, resistência a fogo, resistência mecânica, estanqueidade e durabilidade (CAMARGO 2021).

No processo de levantamento das paredes, de acordo com Camargo (2021) os vãos de esquadrias devem ser reservados, sendo que onde há portas o vão já

se inicia a partir da primeira fileira de tijolos e nas janelas o vão deve iniciar a partir do peitoril definido pelo projetista. Em relação aos vãos das portas deve-se instalar vergas e das janelas vergas e contravergas

Ao fim da subida da alvenaria, antes de alcançar a estrutura, que pode ser viga ou até mesmo laje, é preciso realizar o travamento da mesma, que é realizado por encunhamento, que é o assentamento de blocos de cerâmica maciços inclinados, ou pode-se então preencher um vão de 2 a 3,5 cm com argamassa expansiva. (Salomão et al 2019). Salomão et al (2019) ressalta se preciso realizar rasgos na alvenaria, que deve ser feito após o travamento da mesma, ou seja, através do encunhamento.

Figura 3 – Construção em alvenaria convencional



Fonte: Projeto Pronto (2024))

A alvenaria convencional é caracterizada por um alto índice de retrabalhos e quebras de materiais durante sua execução, o que aumenta os custos. Isso ocorre frequentemente devido a falhas na verificação de compatibilização dos projetos, algo comum na construção civil. Esses problemas podem impactar diretamente o prazo de conclusão da obra (SOARES, 2022).

2.4 TELHADO

Os telhados conforme Schardong (2020), podem ser separados em estrutura, cobertura e sistema de captação de águas pluviais, logo a estrutura é o apoio para a própria cobertura, sendo as coberturas o sistema de vedação que evita que as intempéries da natureza o prejudique, quanto ao sistema de captação de águas pluviais é para que as águas das chuvas escoam.

São estes os elementos de uma estrutura de um telhado: tesouras e arcos, que podem ser de madeira, metálico ou até concreto, terças; caibros; ripas; contraventamentos; mão francesa. As tesouras, geralmente estruturadas em madeira, são mais usuais nas edificações tradicionais (SCHARDONG 2020).

2.5 INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

De acordo com Tenório (2024), na execução de instalações hidráulicas são feitos cortes na alvenaria para a passagem de tubos, o que resulta em resíduos, matéria prima desperdiçada e retrabalho. A instalação hidro sanitária tem como seus elementos água fria, água quente, captação de águas pluviais, esgoto e sistema de incêndio. Está obrigado a projetar as instalações para que consertos futuros possam ser realizados com facilidade. Não se deve embutir as tubulações em qualquer componente da estrutura de concreto armado, mas se houver necessidade, deve ser calculado em projeto caminhos nas estruturas. (LIMA 2020).

2.6 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Souza (2014) informa que os projetos elétricos prediais são extremamente importantes em uma construção. Uma execução ruim ou um dimensionamento mal feito, embora sejam usados materiais de qualidade, podem ocasionar prejuízos enormes e acidentes como incêndios. Para que essas instalações sejam executadas, é necessário realizar novamente os cortes na alvenaria, para a passagem de eletrodutos, caixas e quadros, novamente gerando desperdícios de matéria prima, resíduos sólidos, retrabalho e onerando o custo. Depois de instaladas as tubulações elétricas, passa-se o cabeamento conforme o projeto e assim finaliza com a instalação dos acabamentos, como caixas de interruptores e tomadas.

2.7 REVESTIMENTO DE PAREDE E PINTURA

Os revestimentos de paredes, conforme Lima (2020), podem ser repartidos em argamassados e não argamassados. Os argamassados são divididos em três etapas, chapiscado, emboçado e rebocado. Os não argamassados são aqueles que não necessitam de argamassa, como revestimentos e azulejos.

Lima (2020) determina chapisco com argamassa de aderência, que estabelece condições de fixação para a próxima etapa, o emboço. O emboço é a argamassa de regularização, com funcionalidade de evitar que haja infiltrações de águas recorrentes de chuvas e regularizar e uniformizar a superfície. E finalizando o reboco é a preparação para que a pintura seja realizada.

Não tendo apenas função estética, a pintura tem como objetivo combater a deterioração dos componentes, resistindo à corrosão e destruição e à higiene. Pode ser definida em 3 classes, pintura arquitetônica, manutenção e comunicação visual. Pintura arquitetônica tem como objetivo decorar o ambiente, pintura de manutenção como primazia proteger e pintura de comunicação tem o papel de precaver os acidentes, são elas que identificam equipamentos de segurança, delimitações de áreas etc. (LIMA 2020).

2.8 REVESTIMENTO DE PISO

Os revestimentos de pisos são classificados segundo seus componentes físicos e configuração como juntas, permeabilidade, entre outros. Lima (2020) emprega o termo pavimentação referindo-se a revestimentos de pisos. Segundo ele, o pavimento precisa se encontrar em concordância com o acabamento do espaço e ser harmonizável com o tipo de ambiente, como por exemplo, não se deve instalar um piso cerâmico em saguão de hotel cinco estrelas e tampouco madeira em banheiros e áreas úmidas. A pavimentação precisa ter atrito eficiente e resistir à degradação devido a circulação, ser de fácil limpeza, ser econômica, manutenção fácil e decorativo.

2.9 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ALVENARIA CONVENCIONAL

Segundo Camargo (2021) a alvenaria convencional é uma técnica de construção bastante conhecida e amplamente usada, baseada no uso de materiais como tijolos, blocos cerâmicos ou blocos de concreto. É um método confiável, mas

como qualquer técnica, traz consigo vantagens e desafios que precisam ser bem analisados antes de decidir por sua aplicação.

Um dos principais atrativos da alvenaria convencional é a sua facilidade de execução. Como já é uma prática dominada pela maior parte dos profissionais da construção civil, a obra tende a fluir de forma mais simples e com menos complicações. Outro ponto importante é o custo inicial. Dependendo da localização da obra, onde há abundância de tijolos e blocos, os materiais e a mão de obra podem ter um preço mais acessível. Além disso, essa técnica é conhecida por sua resistência e durabilidade: as estruturas são robustas, capazes de suportar grandes cargas, o que a torna uma excelente escolha para edifícios de vários andares. (SOUZA 2014)

A versatilidade também é um grande diferencial. A alvenaria oferece flexibilidade na criação e adaptação de projetos, permitindo que ajustes sejam feitos tanto durante a obra quanto em eventuais reformas no futuro. Outro benefício é o bom isolamento térmico e acústico que pode ser obtido, especialmente se forem utilizados materiais como tijolos cerâmicos, o que pode ser uma vantagem em comparação a outros métodos mais industrializados. E, por fim, os materiais utilizados nesse tipo de construção são amplamente disponíveis, facilitando o acesso e reduzindo possíveis complicações logísticas. (LIMA 2021)

Por outro lado, é importante considerar alguns desafios. O tempo de execução é um deles: a construção com alvenaria convencional tende a ser mais demorada em comparação a métodos mais modernos, como drywall ou pré-fabricados. Se for preciso fazer reformas ou reparos, o custo pode ser mais elevado, especialmente se houver necessidade de mexer em paredes estruturais, que são mais complexas de modificar. Outro ponto negativo é o desperdício de material. A obra pode gerar bastante entulho, como restos de tijolos e cimento, o que não é ideal do ponto de vista da sustentabilidade. (LIMA 2021).

A questão da modificação estrutural também pode ser um entrave. Se for necessário alterar o layout da construção, como remover ou modificar paredes, esse processo pode ser complicado e caro, principalmente em paredes que sustentam a estrutura. Além disso, o peso das estruturas de alvenaria é considerável, o que exige fundações mais robustas e, portanto, mais custosas. E quando se trata de instalações, como a passagem de tubulações e fios elétricos, pode ser preciso fazer cortes nas paredes, o que pode comprometer a estrutura e

demandar mais tempo para a execução. Outro detalhe importante é que, como a execução é manual, a qualidade do acabamento final pode variar de acordo com a habilidade da equipe, muitas vezes exigindo ajustes extras para se alcançar um bom resultado. (DOGONSKI 2016)

Em resumo, a alvenaria convencional é uma técnica sólida e eficaz para muitos tipos de construções, mas é essencial equilibrar seus prós e contras com base nas necessidades específicas do projeto. (DOGONSKI 2016)

3 O SISTEMA LIGHT STEEL FRAME – LSF

O Light Steel Frame - LSF- é um sistema construtivo que surgiu no século XX, voltado para a racionalização dos processos construtivos, como parte de uma busca por maior eficiência e sustentabilidade na construção civil. Conforme Pedroso et al. (2014), o LSF faz parte do sistema de *Construção Energética Sustentável* (CES), sendo utilizado em larga escala em países como Estados Unidos, Japão e Canadá, enquanto no Brasil sua aplicação ainda é limitada, representando cerca de 3% do total das construções.

Uma das principais características do LSF é ser uma construção a seco, utilizando perfis de aço galvanizado para compor a estrutura, o que resulta em edificações mais leves e rápidas de executar. Essa abordagem apresenta diversas vantagens em termos de agilidade na construção, limpeza do canteiro e precisão na quantidade de materiais a serem utilizados, como destacado por Marcomini et al. (2023). Além disso, o sistema é visto como uma alternativa sustentável, pois minimiza a geração de resíduos sólidos, um dos maiores problemas da construção convencional.

A construção civil no Brasil é caracterizada predominantemente por métodos artesanais, com destaque para a alvenaria tradicional, resultando em baixa produtividade, controle de qualidade limitado e uma alta produção de resíduos sólidos. Apesar dessas desvantagens, esses métodos construtivos ainda são preferidos pelos construtores brasileiros (CAMARGO, 2021).

Entre os principais desafios enfrentados na construção civil, destacam-se a necessidade de redução do tempo de construção, a busca por práticas mais sustentáveis e a minimização da geração de resíduos sólidos. O método de construção *Steel Frame* surge como uma alternativa que visa abordar essas necessidades (MARCOMINI, ET AL., 2023).

Schardong (2020) observa que o sistema LSF tem ganhado espaço no mercado nacional. O Brasil já conta com todos os insumos necessários para a produção e execução de sistemas em LSF, e, mesmo com a demanda baixa, tem ocupado espaço no mercado.

O sistema LSF teve sua origem estimada entre os anos de 1810 e 1850. O conceito de *Steel Framing* pode ser dividido em duas partes distintas. Primeiramente, o termo 'Frame' refere-se a uma estrutura projetada para moldar e sustentar a edificação, constituindo o esqueleto estrutural composto por elementos leves, tais como perfis formados a frio (PFF). A união e interligação desses elementos é definida como Framing (Marcomini, et al., 2023). Consequentemente, é possível encontrar em referências internacionais expressões como LSF Holding na Europa e Residential *Cold-Formed Steel Framing* nos Estados Unidos. Essa terminologia reflete a abordagem adotada nos diferentes contextos regionais para descrever o sistema de construção *Steel Frame*.

O LSF foi idealizado pelos colonizadores a partir de um outro método de construção chamado *Wood Framing* (Estrutura feita em Madeira), que foi desenvolvido para atender o forte crescimento populacional nos Estados Unidos. A aplicação do sistema LSF é amplamente difundida em diversos países fora do Brasil há bastante tempo, como nos Estados Unidos, Canadá e Japão, onde a maioria das construções habitacionais e edifícios é realizada utilizando esse método. No entanto, no Brasil, a alvenaria convencional ainda é o sistema mais comum em nossas construções (ROSSIGNOLI; GASPAR, 2021).

O LSF é essencialmente um sistema que faz uso de perfis de aço galvanizado formados a frio, caracterizados por sua esbeltez, para compor a estrutura. Isso significa que as vigas de aço e as seções dos pilares são mais esbeltas do que as feitas em concreto, permitindo uma melhor utilização do espaço interno, ampliação de vãos e aumento da área útil, especialmente em garagens (ROSSIGNOLI; GASPAR, 2021). Uma distinção significativa do LSF em relação a outros métodos está relacionada à limpeza do canteiro, uma vez que é um método construtivo a seco, conhecido como *Drywall*, que dispensa o uso de concreto e cimento. Entre suas características está a viabilidade nos cálculos, proporcionando uma precisão maior na determinação da quantidade de material a ser empregado, na mão de obra necessária e no tempo de execução, resultando em uma redução consequente nos custos da obra (MARCOMINI, ET AL., 2023).

O LSF é um método construtivo enxuto amplamente utilizado em países como Estados Unidos, Japão e em toda a Europa. Este método envolve a montagem da estrutura utilizando perfis de aço galvanizado perfilados a frio, juntamente com fechamentos verticais internos e externos, que podem ser compostos por materiais como *drywall*, placas cimentícias, madeira, entre outros. (FIGURA 4)

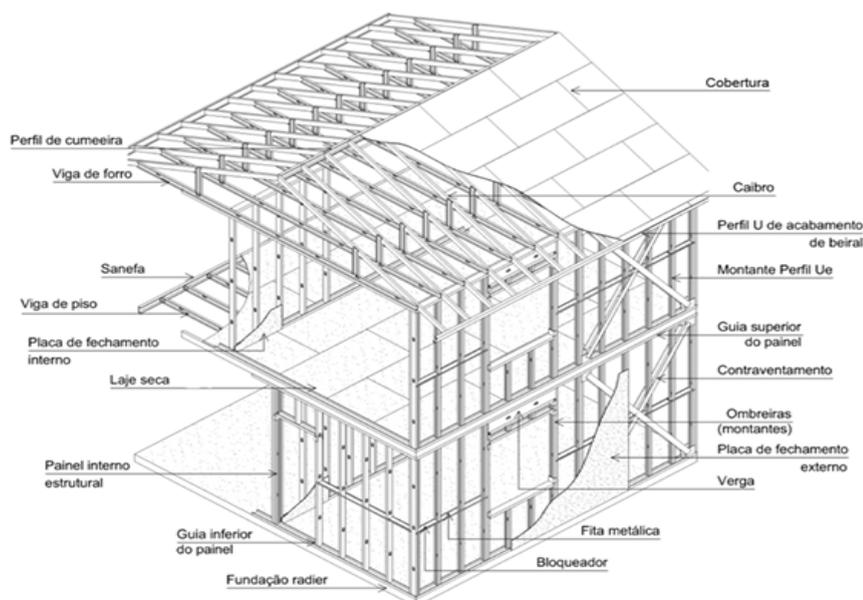
Essa abordagem industrializada e racionalizada traz uma série de benefícios, incluindo rápida execução, melhor organização no canteiro de obras, redução significativa do desperdício de matéria-prima e um impacto ambiental menor (CAMARGO, 2021).

O relato histórico da origem do *Drywall* remonta à sua evolução como uma técnica construtiva inovadora, cujos materiais essenciais estão intrinsecamente ligados às suas características distintivas. Esta técnica, também conhecida como construção a seco devido à ausência de água em seu processo, fundamenta-se no uso de chapas de gesso acartonado (NIGELSK, TANNO, 2019).

A aplicação do *Drywall* abrange uma variedade de contextos na construção civil atual, desde projetos de médio a grande porte até ambientes diversos. Suas chapas são desenvolvidas para oferecer resistência à umidade, ao fogo e proporcionar isolamento acústico. Esta versatilidade destaca-se como uma de suas principais vantagens, contribuindo para sua empregabilidade em diferentes cenários construtivos (COSTA, 2023).

Além disso, a viabilidade e sustentabilidade do *Drywall* na construção contemporânea são aspectos relevantes a serem considerados. Sua eficiência no uso de recursos, juntamente com a redução do desperdício durante a instalação, demonstra seu potencial para promover práticas mais sustentáveis na indústria da construção (Luz, 2024). Dessa forma, o sistema *Drywall* não apenas representa um marco na evolução das técnicas construtivas, mas também se destaca como uma solução eficaz e consciente para as demandas da construção civil moderna (SILVA ET.AL 2022)

Figura 4: Principais componentes do Steel Frame



Fonte: Maciel et al (2021)

Conforme Scheidegger (2019) o *Drywall* tem conquistado amplo espaço com um sistema industrializado composto por aço galvanizado e chapas de gesso acartonado aparafusadas em ambos os lados. Esse sistema já é bastante utilizado no exterior e no Brasil ainda enfrenta uma grande barreira cultural e vem tentando criar um novo conceito de parede por ser limpo, rápido, econômico e racional. Uma característica significativa que distingue o LSF de outros métodos está relacionada à limpeza do canteiro de obras, uma vez que é um método construtivo a seco, conhecido como *Drywall*, que dispensa o uso de concreto e cimento.

Ao analisar o método LSF em relação a construção e design são as seguintes: a utilização de painéis estruturais na estrutura, a modulação dos diversos materiais aplicados na edificação e a disposição alinhada dos elementos estruturais para garantir predominantemente a transferência de cargas axiais (Lima; Santos, 2021).

Os perfis metálicos e as placas possuem dimensões padronizadas, o que contribui para a eficiência do projeto e evita desperdícios. Embora o sistema LSF apresenta semelhanças com a alvenaria, destaca-se por oferecer melhores opções

para detalhamento e um rendimento mais eficaz dos materiais utilizados no projeto (LIMA; SANTOS, 2021).

De acordo Oliveira (2018) a estrutura em LSF é composta por paredes, pisos e cobertura, que, quando combinados, proporcionam a integridade estrutural da edificação, resistindo aos esforços solicitados à estrutura". Embora esses elementos sejam comuns em qualquer tipo de edificação, apresentam aspectos distintos neste sistema.

O LSF também é reconhecido por ser uma forma de construção a seco, na qual os materiais são fabricados em áreas industriais, dispensando assim a utilização de água no canteiro de obras, com exceção das etapas de construção das fundações e da aplicação de revestimentos específicos (FERREIRA, 2023).

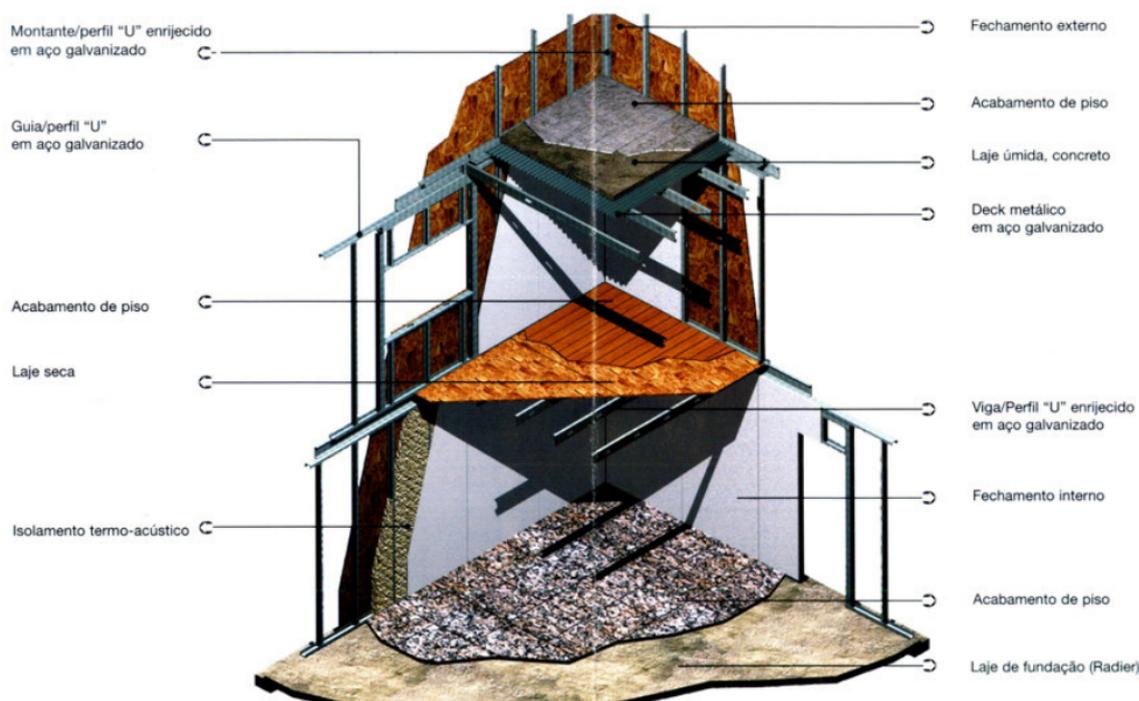
3.1 MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO

Segundo Salomão et al (2019) existem três modelos de construção que são utilizados no LSF: construção tradicional (Stick-built): Modelo de construção que tem como referência a montagem in loco. Os cortes nos perfis são feitos, e logo são montados e aparafusados no chão ou em cavaletes e depois desse processo é suspenso em sua posição final.

Construção em painéis (panelized): Modelo onde todos os painéis são pré-fabricados fora da obra em oficinas e/ou galpões, transportados e montados somente no local. Alguns painéis como os de fechamento podem ser incluídos na pré-fabricação para que o tempo de serviço na edificação cujo as construções têm um curto prazo de entrega possa diminuir, pois a montagem é rápida.

Construção modular: unidades pré-fabricadas entregues na edificação com todos os acabamentos internos assim como, louças sanitárias, bancadas, revestimentos, imobiliários fixos, metais, instalações elétricas e hidráulicas. (Santiago 2008). A montagem da estrutura é feita com perfis pré-fabricados que formam o esqueleto da edificação, seguido da aplicação de camadas de fechamento e de isolamento térmico e acústico. As paredes externas são revestidas com chapas cimentícias, enquanto as internas recebem chapas de gesso acartonado (MACIEL ET.AL,2021) (FIGURA 5).

Figura 5 - Sistema construtivo LSF



Fonte: Santiago (2008)

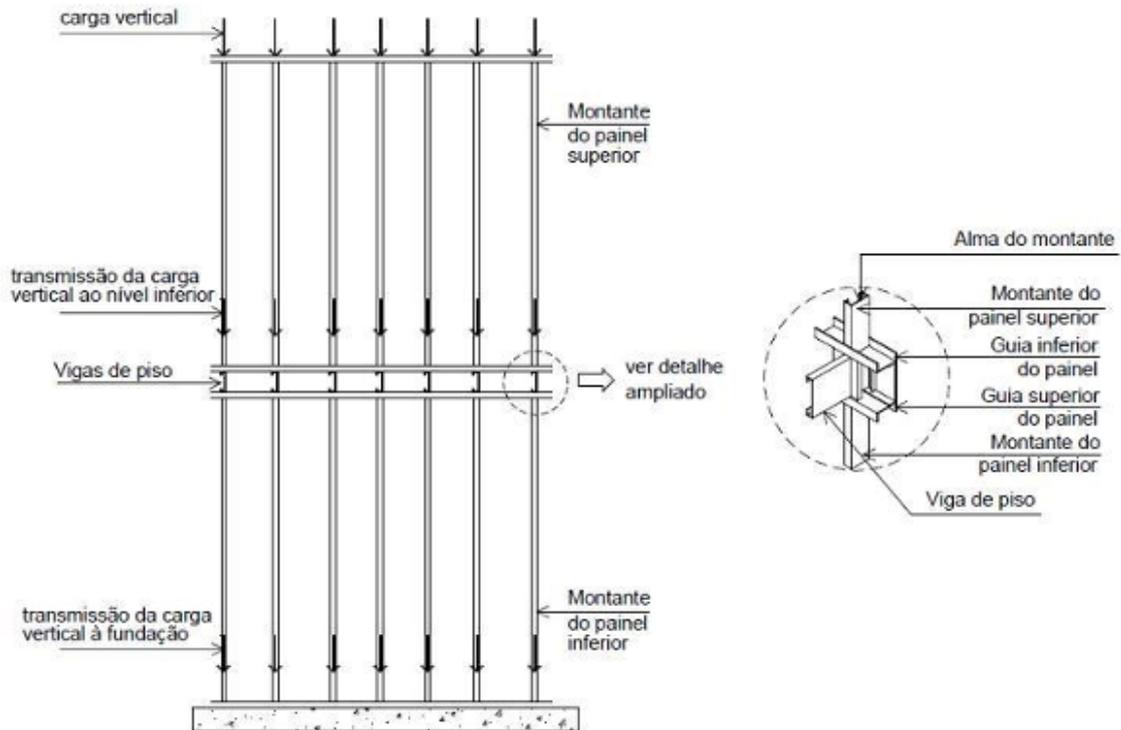
O LSF, ou Sistema Autoportante em Aço de Construção a Seco, é constituído por uma estrutura de paredes, pisos e cobertura que trabalham em conjunto para assegurar a integridade estrutural da edificação.

3.1.1 PAINÉIS

Segundo Maciel et al os painéis do método construtivo *LSF* dispõem de duas principais funções, sendo elas: suporte para vedação e estrutural, quando a função estrutural é solicitada, os esforços horizontais são transferidos (normalmente a causa são os ventos) e os verticais (carga de uso e peso próprio da estrutura) diretamente para a fundação. O alinhamento dos montantes de cada painel é extremamente importante para que as cargas excêntricas sejam evitadas. Caso haja múltiplos pavimentos diferentes, e quando a estrutura está em um alinhamento perfeito, os esforços são transferidos na vertical pelo contato entre a alma dos perfis, onde deve ocorrer de fato esse fenômeno. Os painéis em LSF são estruturas de sustentação, incumbidos de transferir as cargas exigidas para a fundação, esquema descrito na FIGURA 6, além de formarem paredes e elementos de vedação. Formados por perfis galvanizados do tipo U enrijecido com medidas de alma(bw), com variações de 90 a 300 mm, com a possibilidade de serem

instalados nas posições verticais e horizontais como vigas de piso. (SALOMÃO ET AL 2019).

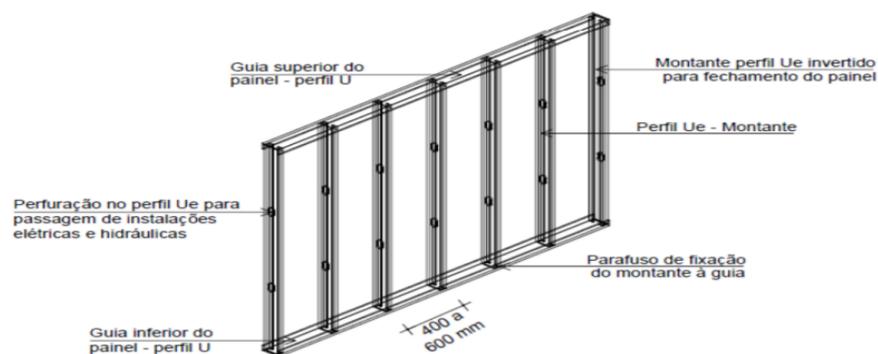
Figura 6: Esquema de transferência de cargas verticais



Fonte: Maciel et.al (2021)

Em sua maioria os painéis verticais são portantes, isto é, tem a função estrutural da edificação com espaços entre montantes de 400 a 600 mm de eixo a eixo podendo ser de até 200 mm dependendo da solicitação, recebendo as cargas atuantes fornecendo estabilidade ao conjunto. (PRUDENCIO,2013).

Figura 7: Painel estrutural LSF



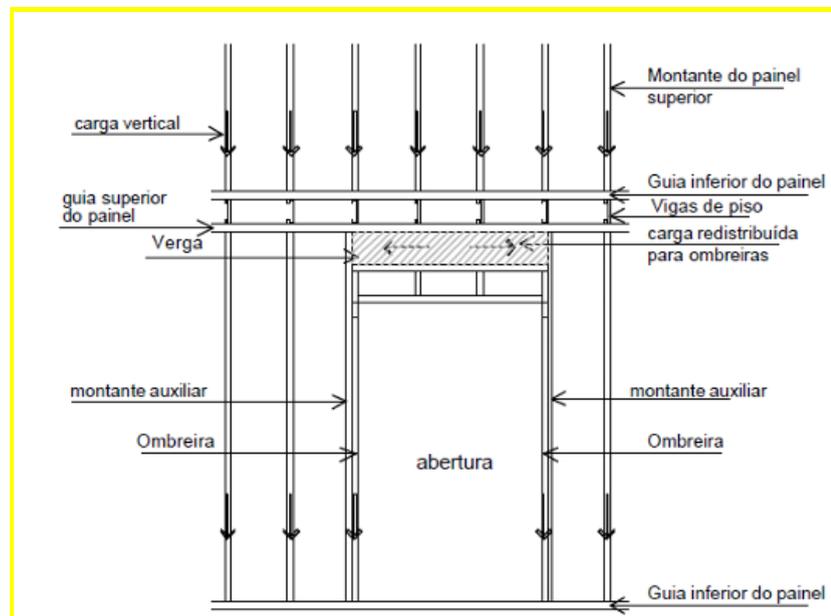
Fonte: Prudêncio (2013)

A unificação dos perfis que integram a estrutura, normalmente é feita por método meio de parafusos galvanizados do tipo auto perforantes ou autoatarrachantes. O modelo específico de parafuso (comprimento, cabeça, diâmetro, ponta) variam segundo as peças a unir e sua função na estrutura. (PRUDÊNCIO 2013)

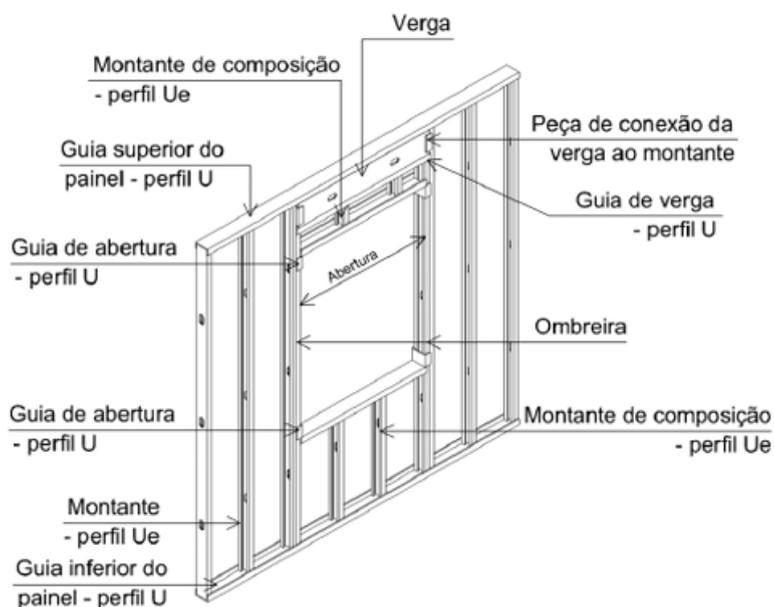
3.1.2 VERGAS E OMBREIRAS

Conforme Santiago (2008) os painéis com aberturas de portas e janelas necessitam de reforços adicionais em suas aberturas, conhecidos como Vergas, com a função de redistribuir as solicitações nos painéis são instaladas verga e ombreira onde os montantes são interrompidos. A verga é formada por cantoneiras ou perfis U enrijecida que conecta um ao outro por uma peça parafusada em seus extremos. As ombreiras são os montantes instalados nas laterais das aberturas para que possa suportar as cargas redistribuídas com a finalidade de apoiar e evitar a rotação da verga. (FIGURA 8).

Figura 8 Distribuição das cargas da verga para as ombreiras



Fonte: Maciel et al 2021

Figura 9 Detalhe de perfil Estrutural com abertura

Fonte: Maciel et al 2021

Nas montagens de edificações em LSF existem painéis sem função estrutural. Esses painéis não estruturais são aqueles que não suportam o peso da estrutura, porém apenas o peso próprio dos seus elementos. Suas atribuições são de fechamento tanto externo quanto interno dos espaços. Embora não suportem as cargas da edificação, devem ser capazes de resistir esforços de contraventamento. Para solucionar as aberturas nos painéis é simples, como não existem cargas verticais para suportar, não existe necessidade de usar vergas e ombreiras. Sendo assim, a delimitação lateral do vão é realizada com um único montante, onde é fixado o marco da abertura. As delimitadas superiores e inferiores são realizadas com guia cortada e parafusada no montante lateral. (SANTIAGO 2008)

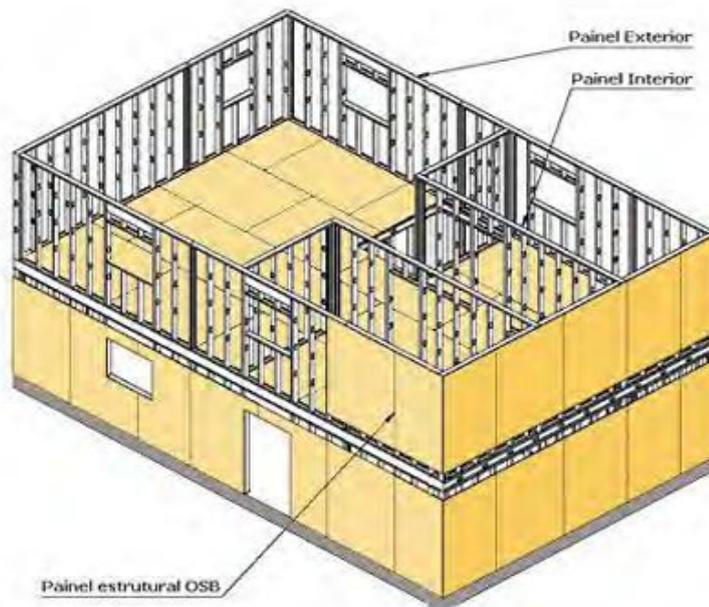
3.1.3 FECHAMENTOS VERTICAIS

Em uma obra de Steel Frame, o fechamento vertical consiste nas paredes internas e externas da edificação. Os componentes de fechamento são colocados na parte externa da estrutura, formando uma “pele” e paralelamente com os perfis de aço galvanizado formam a vedação interna e externa da edificação. (CAMARGO 2021).

A vedação vertical é fundamental nas edificações, pois, contribui na proteção de agentes externos que podem ser usados para a criação de divisas em ambientes. Estes painéis de fechamento são industrializados modulados, sendo eles placas OSB, e as placas cimentícias posicionadas e fixados na parte externa da estrutura, juntamente com a opção das chapas de gesso acartonado (*Drywall*) para os fechamentos internos. (SALOMÃO ET AL 2019).

O OSB que se origina da expressão inglesa *Oriented Strand Board* FIGURA derivado da madeira, tem como composição pequenas lascas em camadas cruzadas juntadas por resinas onde são prensadas seguindo uma determinada direção, que lhe garante alta resistência e rigidez. O mesmo é tratado para resistir a fatalidades e ataque de insetos como por exemplo cupins, podendo ter diversas aplicações como, piso, telhados e fechamento de paredes externas e internas. (SOUZA 2014) FIGURA 10.

Figura 10: Aplicação do OSB no LSF



Fonte:

Souza (2014)

Figura 11: Fechamento externo com Placas OSB



Fonte: Salomão 2019

- Placas cimentícias

Produzidas em fibrocimento a partir do cimento Portland e agregados naturais sinteticamente reforçados com fios com a possibilidade de ser utilizada tanto em áreas secas, e também em molhadas externamente (fachadas por exemplo) e em ambientes internos como cozinhas e banheiros, onde os fechamentos da estrutura é realizado. Compondo as paredes da construção. Em razão da sua característica mais resistente a umidade sua aplicabilidade é própria para as áreas úmidas e que sofrem a ação de intempéries. (SANTIAGO ET AL (2008)

- Placas de gesso acartonado

O gesso acartonado, ou *drywall*., é uma chapa de gesso muito usada em projetos de arquitetura e design de interiores, basicamente por sua multifuncionalidade e praticidade, entretanto, devido suas características são utilizados apenas para fechamento de ambientes internos (SCHARDONG 2020)

3.1.4 CONTRAVENTAMENTO

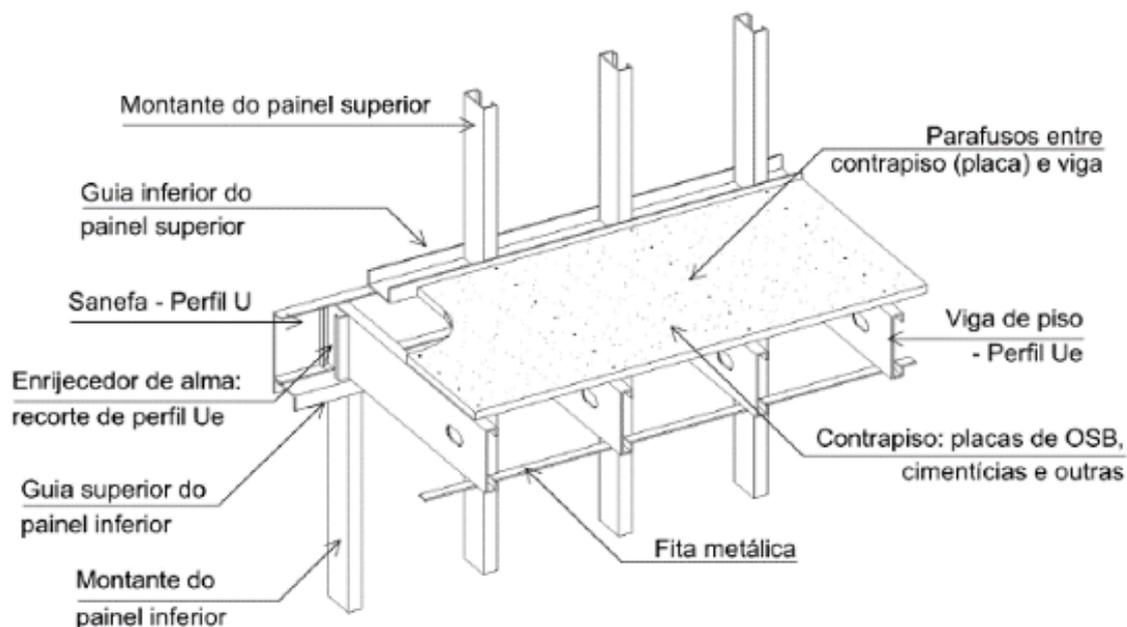
Elementos principais do contraventamento são as ligações entre os componentes de uma estrutura com a finalidade de aumentar a rigidez da edificação. É uma maneira de proteger a edificação contra as ações do vento e demais solicitações que possam provocar o deslocamento. Como uma estrutura metálica tradicional, o LSF também a existe a necessidade de projetar os contraventamentos, que geralmente são executados com fitas de aço galvanizado

parafusadas em placas de Gusset que se encontram nas quinas do painel. Podendo assumir formas de X ou K, os contraventamentos preferencialmente tem como inclinação das diagonais entre 30° e 60° dependendo das condições estabelecidas pelo projeto. (FARIAS ET AL 2014).

3.1.5 LAJES SECAS E ÚMIDAS

A laje seca no sistema LSF conforme, Salomão (2019), utiliza do mesmo princípio dos painéis, com formação a frio a partir de perfis galvanizados U enrijecidos paralelamente dispostos nas horizontais compondo vigas, com a responsabilidade de suportar reações originadas de sobrecarga e seus carregamentos permanentes de materiais que compõe a superfície do contrapiso. Para redução de ruídos entre os pavimentos que pode ser gerado na utilização normal do piso, recomenda-se a instalação de lã de vidro e manta de polietileno expandido entre o contrapiso e a estrutura. As vantagens do uso da laje seca são os carregamentos gerados pelo próprio peso que é menor, e como uma construção a seco, não há necessidade de uso de água na obra. (MACIEL ET AL 2021)

Figura 12: Esquema Laje Seca LSF

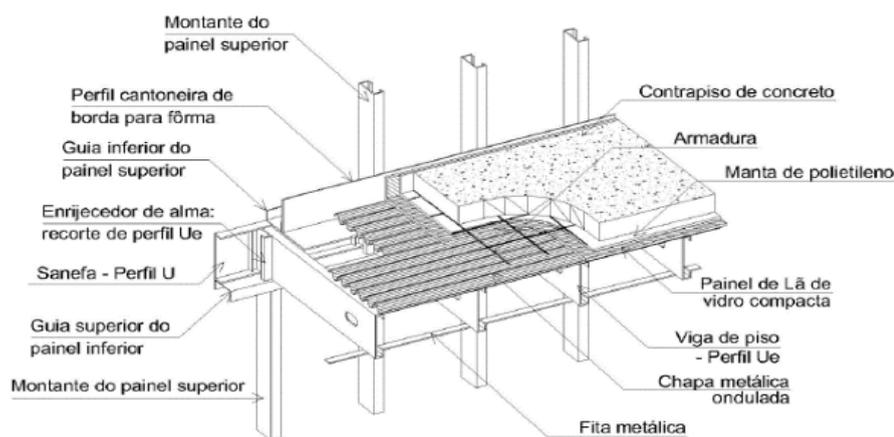


Fonte: Maciel et.al 2021

Composta por uma chapa metálica ondulada servindo de forma para o concreto e sendo parafusada nas vigas de piso, a laje úmida também é composta

por uma camada simples de concreto com altura de 4 a 6 cm que forma a superfície do contrapiso. Antecipando a instalação da chapa metálica, é fixado em toda a borda do piso, um perfil galvanizado do modelo cantoneira servindo de forma lateral para o concreto. (CAMARGO 2021).

Figura 13: Esquema Laje Úmida LSF



Fonte: Camargo 2021

4.1 ISOLAMENTO TÉRMICO-ACÚSTICO

O isolamento térmico- acústico é obtido a partir da combinação dos produtos isolantes e revestimento entre as placas e paredes, e o forro é revestido de lã, que é aproximadamente de duas de a três vezes superiores ao desempenho da alvenaria convencional, podendo então ser utilizado o vidro, rocha ou poliéster. Além de controlar a qualidade do ambiente interno de modo que lhe proporcione conforto não permitindo que as condições externas influenciem, evitando a transmissão de sons e evitando as perdas ou ganhos de calor sendo essa uma apresentável vantagem deste método construtivo. (SCHARDONG 2020)

4.2 FUNDAÇÕES

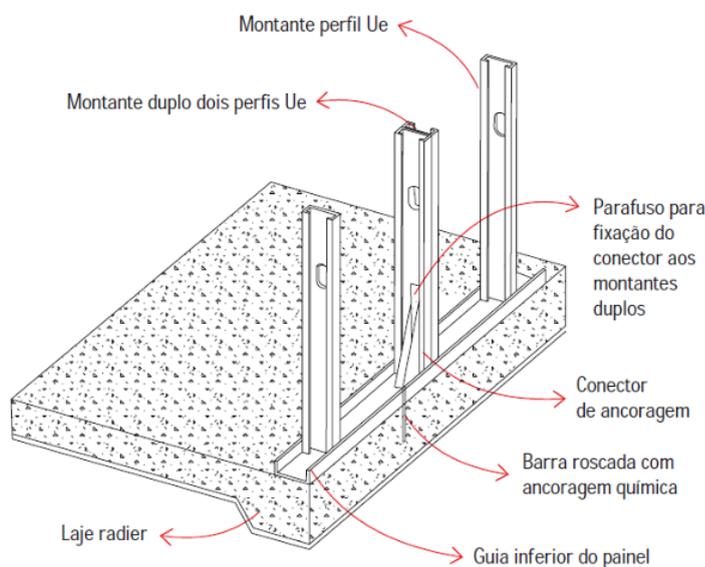
Segundo Campos (2009), as construções em LSF se caracterizam como edificações de baixo peso estrutural, espantosamente menor que de uma construção em alvenaria convencional, de modo que suas fundações se mostram mais vantajosas financeiramente do que outros sistemas construtivos. Vale ressaltar que o tipo de fundação a ser escolhida não depende exclusivamente do peso estrutural, deve ser considerado o tipo de solo para a escolha mais adequada.

Para Santiago et al.2012, o LSF sendo uma construção leve, sua fundação é considerada simples em comparação ao sistema convencional, tendo como mais usados mundialmente sapata corrida e radier. Conforme Salomão et al., a fundação que mais se adequa depende de uma análise de solo, cálculo estrutural, topografia e o nível do lençol freático no terreno. De mesma forma em qualquer outra fundação, é necessário o cuidado para com a impermeabilização para que sejam evitadas futuras infiltrações e umidade na estrutura.

4.2.1 LAJE RADIER

A laje radier é o método que mais se adequa para esse tipo de estrutura, e segundo Maciel et al, (2021), é um tipo de fundação rasa que tem a mesma função de uma laje, e transporta as cargas da estrutura para o solo. (Figura 14) Os elementos estruturais fundamentais são a laje de concreto contínua, e as vigas no contorno da laje e sob as paredes estruturais ou pilares, e onde houver mais necessidade fornecer rigidez ao longo da fundação. Sempre que o tipo de solo permite, o radier é a fundação mais comum utilizada para construção em LSF.

Figura 14: Estrutura Laje Radier - LSF

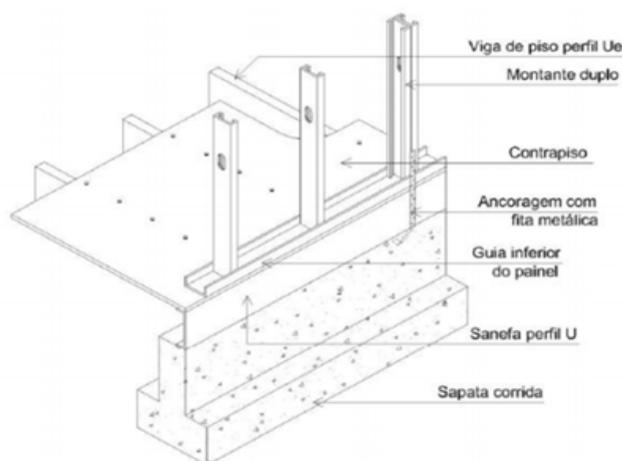


Fonte: Maciel et al (2021)

4.2.2 SAPATA CORRIDA

Embora menos usual, a sapata corrida é uma boa opção para construção em LSF, de acordo com Souza (2014) ela é uma fundação indicada para construções com paredes portantes, onde divisão das cargas são contínuas ao longo das paredes. (FIGURA 15). Formado por vigas, que podem ser de concreto armado, blocos de concreto e até mesmo alvenaria que são instalados abaixo dos painéis estruturais.

Figura 15: Sapata Corrida - LSF



Fonte: Maciel et al (2021)

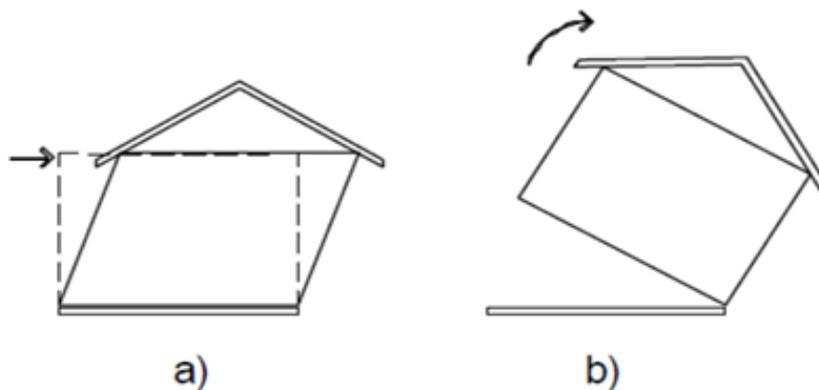
Podendo ser em concreto ou por perfis galvanizados apoiados sobre a fundação, o contrapiso do pavimento térreo é composto por uma estrutura de suporte aos materiais que formam a superfície do contrapiso, como ocorre com as lajes de pisos. (SALOMÃO ET AL 2019).

4.3 FIXAÇÃO/ANCORAGEM

Em razão da ação do vento a estrutura tende a se movimentar, e devido ser um tipo de estrutura leve, a força do vento agride muito o LSF e por isso os painéis e toda a superestrutura devem ser ancorados nos componentes de fundação para que seja evitado movimentos na edificação. Segundo Camargo (2021), esses mesmos movimentos podem ser de Translação (FIGURA 16A), que é uma ação onde a construção se desloca lateralmente em razão à ação do vento, podendo ocorrer um Tombamento (FIGURA 16B), sendo uma elevação da estrutura onde a

rotação pode ser causada por uma divergência na direção dos ventos que atingem a edificação.

Figura 16: Efeitos resultantes do vento na estrutura: a) Translação; b) Tombamento



Fonte: Camargo (2021)

4.4 BARREIRA IMPERMEÁVEL A ÁGUA E PERMEÁVEL AO VAPOR

A membrana hidrófuga é composta de polietileno, material utilizado nos sistemas de LSF, formando uma camada impermeável à água e permeável ao vapor. Com função de dificultar a penetração de água, de maneira a permitir a entrada de vapor e ar, deixando uma ventilação favorável das paredes, de maneira que evita a multiplicação de fungos (SALOMÃO 2019).

5. COBERTURA

A cobertura de um edifício em LSF pode ser projetada de muitas maneiras, conforme o mesmo método dos telhados em madeira. Estrutura com perfis de aço galvanizado, citados anteriormente, construindo treliças ou tesouras convencionais de telhado com caibros, terças possibilitando ser planos inclinados, etc. Utilizando-se de diversos modelos de telhas, desde as cerâmicas (as mais usuais em habitações) até as metálicas e asfálticas. O telhado asfáltico sendo o mais indicado em função do seu peso baixo, cerca de quatro vezes menor que as telhas cerâmicas, e sendo comercialmente conhecidas como *shingle* (SALOMÃO 2019).

6. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - LSF

No caso das instalações elétricas em uma obra de LSF o kit é composto pelo quadro elétrico e todo o conjunto de fiação. Alguns componentes são desenvolvidos especificamente para esse tipo de construção, como as caixas de eletricidade, que são projetadas para serem instaladas diretamente nas placas de revestimento. Os conduítes são passados pelos furos já existentes nos montantes e vigas de piso, o que facilita a passagem dos cabos. Para garantir o bom funcionamento das instalações e evitar deslocamentos indesejados durante a passagem dos fios, os conduítes devem ser fixados corretamente nos perfis da estrutura. (CAMPOS 2014).

Figura 17: Instalação elétrica em construção- LSF



Fonte: Campos (2014)

Figura 18: Eletroduto com trava e caixas elétricas para LSF



Fonte: Campos (2014)

Ainda de acordo com Campos (2014), os materiais utilizados para as instalações em uma construção de Steel Frame podem ser os mesmos usados em obras convencionais. No entanto, a grande diferença está no momento da execução: no Steel Frame, as instalações são feitas antes do fechamento das paredes e já se conectam às esperas previstas na fundação. Em contrapartida, no sistema construtivo tradicional, as paredes são erguidas e, depois, quebradas para a passagem das tubulações, sendo fechadas novamente com argamassa. Esse processo acaba gerando resíduos, desperdício de materiais e retrabalho, algo que o Steel Frame evita de forma significativa.

7. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E ESGOTO - LSF

Entre os sistemas de instalações hidráulicas para água quente e fria disponíveis no mercado, o sistema PEX se destaca como o mais adequado para construções em Light Steel Framing. Ele oferece grande flexibilidade, rapidez e facilidade de instalação. Os kits hidráulicos geralmente incluem um cavalete com tubulações rígidas de esgoto, que são embutidas nas paredes, além dos chicotes, que consistem em tubulações PEX flexíveis para a distribuição de água fria e quente, além de conexões e registros. (CAMPOS 2014).

Para a fixação dos registros, é necessário instalar uma peça auxiliar, que pode ser feita de metal ou policarbonato, no interior da parede, garantindo a estabilidade e o correto funcionamento do sistema. O uso de PEX facilita bastante o processo de instalação, tornando-o mais ágil e eficiente dentro do conceito construtivo do Steel Frame. (CAMPOS 2014).

Figura 19: Sistema PEX Hidráulico -LSF



Fonte: Campos (2014)

Figura 20: Instalação predial executada antes do fechamento interno- LSF



Fonte: Campos (2014)

Conforme observado por Santiago et al (2012), uma das principais vantagens do sistema PEX em termos de produtividade está no uso de tubos flexíveis. Esses tubos eliminam a necessidade de conexões para mudanças de direção e reduzem as emendas ao longo do trajeto da tubulação, além de minimizar o desperdício de material, já que são fornecidos em rolos. O sistema também oferece alta resistência química, é resistente à corrosão, tem baixa perda de calor e é atóxico, o que o torna uma escolha muito eficiente. Quando se trata de instalações hidráulicas em construções de LSF, não é recomendada a instalação de vasos sanitários com válvula de descarga convencional. Esse tipo de sistema pode causar vibrações indesejadas e não possui peças adequadas para fixação nas placas de revestimento. O ideal é utilizar bacias sanitárias com caixa acoplada, que são alimentadas por pontos comuns de água fria, oferecendo maior compatibilidade com o sistema. (SANTIAGO ET AL 2012).

Assim como nas instalações de água quente e fria, as instalações de esgoto e águas pluviais em LSF são bastante similares às de construções em alvenaria convencional. É possível utilizar os mesmos materiais com algumas adaptações necessárias para a fixação de certos componentes. No entanto, um ponto importante é a limitação do diâmetro das tubulações, que deve respeitar a largura nominal dos montantes (90 mm). Tubos com diâmetro de 100 mm ou mais, comuns em esgoto e drenagem pluvial de edifícios com múltiplos andares, não podem ser embutidos nas paredes do LSF, exigindo soluções alternativas para esse tipo de instalação. (SANTIAGO ET AL 2012).

Figura 21: Prumada água pluvial a ser embutida em shaft -LSF



Fonte: Campos (2014)

8.VANTAGENS E DESVANTAGENS DO LSF

O sistema de construção em Light Steel Frame (LSF) apresenta vantagens significativas em termos de sustentabilidade, como aponta Facco (2014). Esse método utiliza pouca água e energia, além de reduzir o uso de recursos naturais, o desperdício e a geração de entulhos. A construção com LSF também é mais rápida, levando cerca de um terço do tempo necessário para construções tradicionais. Para uma edificação de 100 m², é possível concluir o projeto em até 30 dias, o que acelera o retorno do investimento para o empreendedor. (FACCO 2014).

Os componentes do LSF possuem furos que facilitam as instalações elétricas e hidráulicas, e sua leveza simplifica o processo de montagem. Essa característica permite uma economia de até 75% nos custos de fundação em relação ao método construtivo convencional (FARIAS, 2013). Para Klein e Maronezi (2013), o LSF é especialmente vantajoso em projetos de grande escala, como conjuntos habitacionais e prédios multifamiliares, onde o custo por unidade é reduzido. Mais uma de suas vantagens segundo Salomão (2019), é que consideravelmente essa construção pode ser sustentável, pois quase não se utiliza água e energia, além de proporcionar a redução da utilização dos materiais naturais, tal como o desperdício e o ajuntamento de entulho.

No entanto, ao considerar o orçamento de uma residência unifamiliar de 40 m², o custo do LSF pode ser até 7% maior do que o da alvenaria convencional, o que torna a técnica menos competitiva para edificações menores (FACCO, 2014). Além disso, o LSF tem limitações, como o número de andares, que não pode exceder cinco pavimentos no Brasil, devido à leveza da construção. A disponibilidade de mão de obra especializada e de fornecedores também é limitada em algumas regiões, o que dificulta a popularização do método no país (MORAIS 2014)

Assim como todo método construtivo contém seus pontos de desvantagem, com o LSF não é diferente. Inicialmente, a obra, por conter um menor peso, possui um limite de andares, não podendo ultrapassar de cinco pavimentos no Brasil. Outro atributo desvantajoso é o fato de não existir fornecimento e mão de obra em toda região, limitando o conhecimento deste novo método de construção no Brasil. Outro fator não menos importante é o fato que dependendo do material instalado

no interior da construção, a parede e a estrutura podem ser prejudicadas ao pendurar objetos muito pesados. (FACCO 2014).

9. METODOLOGIA

A pesquisa é de caráter quanti-qualitativa, também conhecida como pesquisa mista, combina elementos de abordagens quantitativas e qualitativas em um único estudo. Para alcançar se o objetivo que fora sugerido, este trabalho se iniciará expondo o projeto arquitetônico de uma edificação, que utilizar-se-á para se obter dados de custos e tempo de execução de execução de uma construção em relação aos sistemas construtivos LSF e alvenaria convencional. Utilizou-se da pesquisa bibliográfica com o intuito de levantar as principais informações correspondentes ao tema e aderir os atributos e complacência entre os métodos.

As palavras chaves utilizadas para a busca formar “Comparação”; “Métodos construtivos”; “*Light Steel Frame*” e “alvenaria convencional” Foram encontrados 558 artigos, e após a análise e leitura dos resumos foram eliminados 528, ficando 30 para análise e pesquisa.

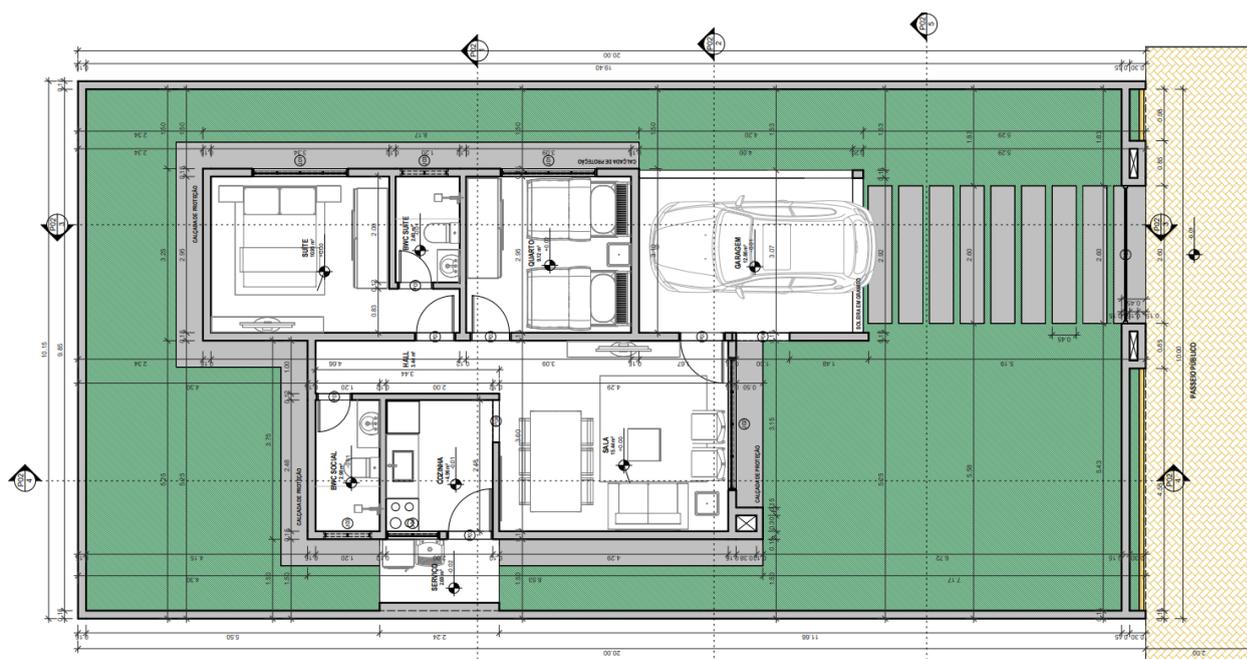
10. ESTUDO DE CASO

A residência estudada tem como referência uma casa térrea de dois dormitórios sendo um suíte, sala de jantar e estar conjugada, cozinha, banheiro social, área de serviço, corredor de circulação e garagem, contendo 73,32 m² de construção conforme indicado na FIGURA 22, esta, na qual representa a planta baixa da residência. Levando em consideração que o projeto de residência foi elaborado pela Engenheira Gleice Damasceno cujo o autor do trabalho tem parceria cotidianamente de acordo com os parâmetros básicos de dimensionamento e concepções arquitetônicas, estruturais, vedação, instalações e acabamentos.

O preço dos materiais utilizados no orçamento foi obtido através da tabela do SETOP/SEINFRA – Minas Gerais, publicado em agosto de 2023, na tabela dos preços médios dos insumos a serem utilizados no sistema convencional. Já para o LSF a partir do projeto foi realizado um levantamento de preços junto as lojas que comercializam e instalam os materiais, Innovare Construção Seca localizada em Juiz de Fora-MG e Steel F Design localizada na cidade do Rio de Janeiro-RJ.

É fundamental ressaltar que alguns tipos de subsistemas não foram considerados, pelo fato de não existirem diferenças entre um processo construtivo ao outro. Sendo os subsistemas desconsiderados como os serviços preliminares, fundação, cobertura, as instalações elétricas e hidráulicas, assim também como os revestimentos de piso e parede, esquadrias e pinturas.

Figura 22: Planta Baixa do Pavimento Térreo



Fonte: Autor, 2024

No método construtivo convencional inicialmente foi elaborado um projeto estrutural de maneira a adquirir as dimensões de seus componentes estruturais e a classe de concreto e aço a utilizar nos pilares e vigamentos e laje levando em conta que sua estrutura é constituída em concreto armado. O cálculo estrutural foi elaborado com o *software* TQS.

Para a edificação foram calculados 17 pilares de 15x25 cm com 2,80 m de altura, 58,20 metros linear de vigas 15x40 cm e 63,84 m² de laje pré-fabricada de 10 cm de espessura. A classe do concreto a ser utilizada é C20. Para o projeto estrutural do LSF os dimensionamentos foram fornecidos pelas empresas cujo o levantamento do projeto como um todo fora solicitado.

Para os montantes foram atribuídos 210 perfis de tipo U enrijecido de 90x40x12x0,95mm de 3 metros e para as guias horizontais da base e topo dos painéis, foram 25 perfis do tipo U simples de 92x40x0,95mm de 6 m. Para a laje seca foram atribuídas 45 vigas de cobertura com espaçamentos na horizontal de perfil do tipo montante de 140 x 40 x 12 x 0,95 mm com 6 metros de comprimento.

O fechamento no sistema convencional suas paredes externas e divisórias internas foram usadas lajotas cerâmicas de 14x19x29 cm com revestimento de reboco de 2 mm internamente e externamente. Logo, para o LSF foram utilizados produtos industrializados de aplicação rápida conforme orientação dos profissionais. Em seus painéis externos conforme o método utilizou-se, membrana hidrófugas, Chapa OSB com dimensões de 120 x 240 x 1,1 cm e placas cimentícias de 120 x 240 x 0,8 cm. O fechamento interno dos painéis se dá com a instalação de chapa de gesso acartonado com dimensões de 120 x 240 x 1,1 cm, e a lã de vidro com 9 cm de espessura entre as paredes com função térmica e acústica.

10.1. CUSTOS DOS SISTEMAS

Conforme apresentado anteriormente foi realizado uma comparação de custos sobre um projeto. As informações coletadas e propostas serão discutidas de maneira sistemática. A tabela 1 apresenta os custos obtidos para o método convencional e a tabela 2 informa os resultados do LSF.

TABELA 1:Orçamento do método construtivo alvenaria convencional

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	TOTAL PARCIAL
ESTRUTURA					
RO-42416	Concreto estrutural Fck 20MPA, virado in loco	m ³	6	R\$ 563,04	R\$ 3.378,24
ED-8471	Forma e desforma de tábuas de pinus (aproveitamento 5x)	m ²	105,2	R\$ 43,04	R\$ 4.527,81
RO-41387	Armação de aço CA-50 (Vide projeto estrutural)	kg	253,6	R\$ 9,54	R\$ 2.419,34
ED-50250	Laje Pré-fabricada	m ²	65,4	R\$ 176,33	R\$ 11.531,98
FECHAMENTO					
ED-48226	Alvenaria de lajota cerâmica e=14 a revestir	m ²	194,3	R\$ 73,30	R\$ 14.242,19
REVESTIMENTO					
ED-50727	Chapisco de aderencia a colher	m ²	431,2	R\$ 8,56	R\$ 3.691,07
ED-50761	Reboco com argamassa cimento/cal e areia 1:2:8	m ²	431,2	R\$ 32,34	R\$ 13.945,01
				TOTAL	R\$ 53.735,64

Fonte: Autoria Própria (2024)

TABELA 2:Orçamento do método construtivo Light Steel Frame

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	TOTAL PARCIAL
ESTRUTURA				
Guia 90 mm Estrutural #0,95 C/6,00m	PEÇA	35	R\$ 133,42	R\$ 4.669,70
Montante 90 mm Estrutural #0,95 C/ 3,00 m	PEÇA	215	R\$ 73,06	R\$ 15.707,90
Banda Acústica rolo de 10m x 90 mm	ROLO	9	R\$ 62,00	R\$ 558,00
Montante 140 mm Estrutural #0,95 C/ 6,00 m	PEÇA	40	R\$ 183,44	R\$ 7.337,60
FECHAMENTO				
Chapa OSB para Laje seca 1200x2400mm	UNI	30	R\$ 154,00	R\$ 4.620,00
Chapa OSB para fechamento externo 1200x2400mm	UNI	56	R\$ 210,00	R\$ 11.760,00
Chapa Cimentícia fechamento externo 1200x2400mm	UNI	56	R\$ 106,08	R\$ 5.940,48
Placa de Gesso Acartonado para forro 1200x2400mm	UNI	24	R\$ 56,56	R\$ 1.357,44
Placa de Gesso Acartonado fechamento interno 1200x2400mm	UNI	74	R\$ 83,10	R\$ 6.149,40
Lã de vidro 1.2 X 15m X 50mm	UNI	17	R\$ 299,90	R\$ 5.098,30
Membrana Hidrófuga 1,05 X 50m	ROLO	9	R\$ 530,26	R\$ 4.772,34
			TOTAL	R\$ 67.971,16

Fonte: Autoria Própria (2024)

Equiparando o total em valores encontrados de R\$53.735,64 para o método convencional e valor total de R\$67.971,16 para o LSF, como demonstra a tabela 02, pode ser alcançada a diferença em percentual sobre os custos de ambos sistemas. Observando o valor total do método convencional como base, o LSF indicou um custo 20,94% maior que o sistema convencional.

O gráfico 1 ilustra os custos totais dos dois métodos, permitindo uma análise visual clara das diferenças de custos. Embora o LSF tenha um custo inicial superior, sua eficiência em termos de tempo de construção e seus benefícios sustentáveis podem justificar o investimento adicional, dependendo das especificidades do projeto.

Gráfico 1- Comparativo de Custo entre os métodos

Fonte: Autoria Própria (2024)

O custo unitário por metro quadrado de construção seguiu-se em R\$732,89/m² para o método convencional e R\$927,04 para o método LSF. Todavia, de acordo com Salomão et al (2019) os períodos de construção são reduzidos em 1/3 para o método LSF em relação ao convencional.

10.2. PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS

De acordo com Salomão et al (2019), para calcular a agilidade de produção entre os métodos citados, utiliza-se o meio da produtividade individual de cada item pertencente ao sistema, apontados no trabalho. Dessa forma, para gerar o total de horas, a produção (horas/m²) individual de cada item foi multiplicada pela área do item, obtendo o total de horas. O quadro número 3 apresenta a produção gerada para o método LSF e o quadro 4 aponta os resultados gerados para o convencional.

Os dados de produtividade apresentados nas próximas tabelas foram extraídos diretamente de fontes originais específicas. Todos os outros valores, cálculos e análises apresentados nestas tabelas foram desenvolvidos exclusivamente pelo autor, com base no projeto e nos parâmetros adotados.

TABELA 3:Produtividade do método LSF

SISTEMA LSF			
DESCRIÇÃO	PRODUTIVIDADE (HORA/m ²)	QUANTIDADE	TOTAL(HORAS)
MONTAR PAINÉIS	0,25	179,4	44,85
FECHAMENTO EXTERNO COM PLACA CIMENTÍCIA	0,22	112,65	24,78
FECHAMENTO EXTERNO COM OSB	0,22	112,65	24,78
FECHAMENTO DO FORRO	0,22	58,31	12,83
FECHAMENTO INTERNO COM GESSO ACARTONADO	0,22	197,64	43,48
ISOLAR COM LÃ DE VIDRO	0,6	197,64	11,68
INSTALAR MEMBRANA HIDRÓFUGA	0,6	112,65	6,76
		TOTAL DE HORAS	169,16
		ÁREA DA CASA(m ²)	73,32
		PRODUTIVIDADE (m ²)	2,307146754

Fonte: Adaptado de Domarascki e Fagiani (2024)

Percebe-se na tabela 3 que o acúmulo de horas necessárias para as etapas de estrutura e fechamentos do método LSF é de 169,31 horas. Tendo a produtividade do sistema correspondente a 2,307 horas/m².

TABELA 4:Produtividade do método alvenaria convencional

SISTEMA CONVENCIONAL			
DESCRIÇÃO	PRODUTIVIDADE (HORA/m ²)	QUANTIDADE	TOTAL(HORAS)
MONTAR ARMADURA (METRO CORRIDO)	0,4	112,32	44,93
FORMA	0,042	101,58	4,26
FECHAMENTO COM BLOCO CERÂMICO	2,1	186	390,6
CHAPISCO	0,5	430,25	215,12
REBOCO	1,71	430,25	735,73
		TOTAL DE HORAS	1390,64
		ÁREA DA CASA(m ²)	73,32
		PRODUTIVIDADE (m ²)	18,96672122

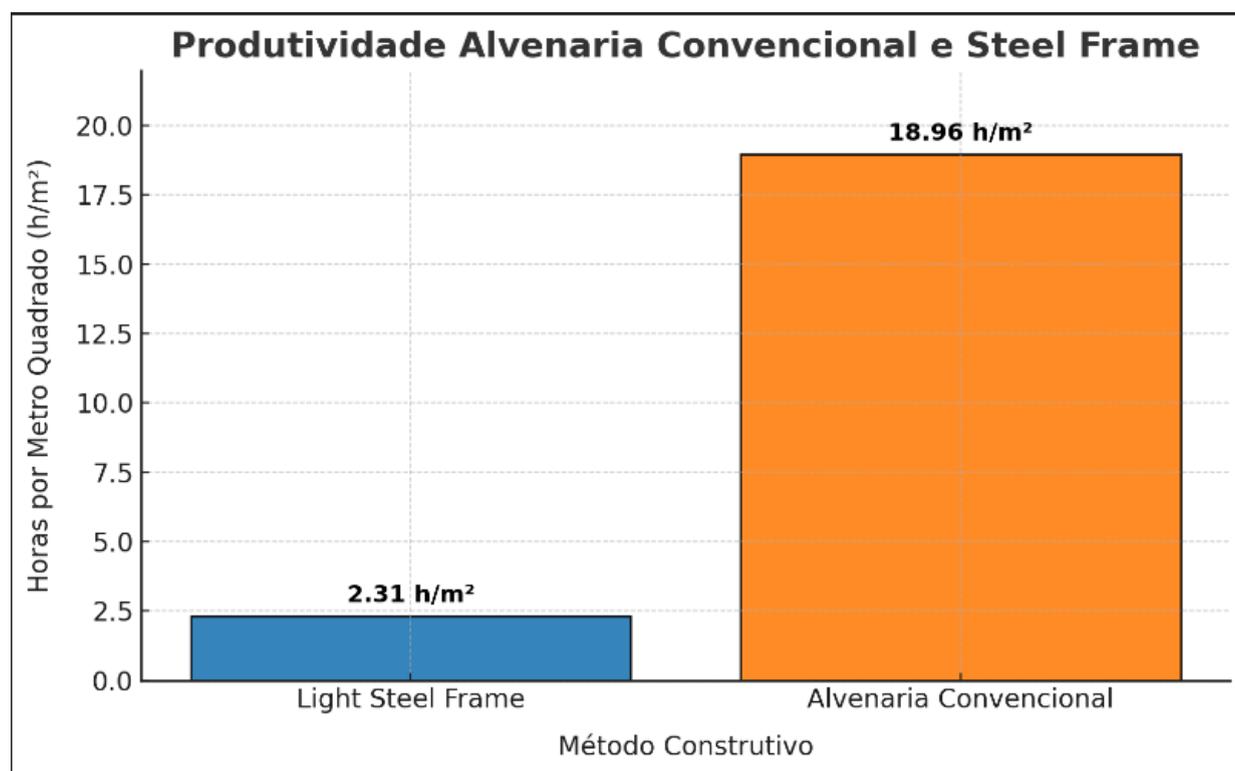
Fonte: Adaptado de Domarascki e Fagiani (2024)

Para o método em alvenaria convencional nota-se na tabela 4 que o acumulado de horas necessárias foi de 1390,64 e a produtividade em 18,96 horas/m². Examinar os dados coletados fez-se capaz de comparar as produtividades exibidas, notando que o LSF aponta uma diferença de agilidade construtiva 3,5 vezes em comparação com a construção convencional.

O gráfico 2 ilustra a comparação entre a produtividade dos dois métodos, permitindo uma avaliação clara das diferenças no desempenho durante a construção. Embora o método tradicional possa apresentar uma produtividade constante ao longo do processo, o LSF tende a se destacar devido à sua maior

rapidez na execução. A utilização de componentes pré-fabricados e o menor tempo de montagem contribuem para uma aceleração significativa na obra, reduzindo o prazo total de construção. Isso pode ser um fator determinante, especialmente em projetos com prazos mais apertados. A análise da produtividade entre os métodos, portanto, evidencia como o LSF pode ser mais eficiente, trazendo ganhos de tempo importantes, apesar de um custo inicial mais elevado.

Gráfico 2- Comparativo de Produtividade entre os métodos



Fonte: Autoria Própria (2024)

O cálculo do prazo para a conclusão apontado na tabela 5, foi montado ponderando uma equipe especialista em montagem ou pedreiro e dois ajudantes. Levando em conta o total de horas disponíveis por dia calculado do seguinte modo:

TABELA 5: Cálculo de prazo de término de obra por equipe

CALCULO DE PRAZO DE TERMINO DE OBRA POR EQUIPE			
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE DE COLABORADORES	HORAS/DIA	HORAS/COLAB./DIA
COLABORADORES	3	9	27

Fonte: Autoria Própria (2024)

Para obter o total de dias necessários para o término das etapas construtivas de cada método citado na tabela 6, reparte-se o montante de horas de cada sistema pelo montante de horas disponíveis na equipe de colaboradores.

TABELA 6: Cálculo de prazo de término de obra

TOTAL DE DIAS PARA FINALIZAÇÃO DO LSF		
MONTANTE DE HORAS NECESSÁRIAS	TOTAL DE HORAS COLABORADOR/DIA	QUANTIDADE DE DIAS
169,31	27	6,270740741
TOTAL DE DIAS PARA FINALIZAÇÃO DO CONVENCIONAL		
MONTANTE DE HORAS NECESSÁRIAS	TOTAL DE HORAS COLABORADOR/DIA	QUANTIDADE DE DIAS
1390,64	27	51,50518519

Fonte: Autoria Própria (2024)

Para essa pesquisa não foram apontados prazos de espera de cura da estrutura em concreto armado, no tocante a alvenaria convencional. Logo, no LSF não se fez necessário por seus componentes serem industrializados, chegando prontos para montagem na obra. Enxerga-se por este exposto a viabilidade de construção pelo sistema LSF no que diz respeito à produtividade.

CONCLUSÃO

Este trabalho comparou dois métodos construtivos amplamente utilizados: o Light Steel Frame (LSF) e a alvenaria convencional, buscando entender suas vantagens, desafios e impactos, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico. A análise trouxe informações importantes para ajudar na escolha entre essas tecnologias, considerando não apenas o custo, mas também fatores como tempo de execução, sustentabilidade e eficiência.

O LSF se destaca como um sistema inovador e moderno. Ele oferece agilidade na execução das obras, maior precisão no uso de materiais e uma significativa redução de resíduos no canteiro. Por ser um método industrializado, é possível ter um maior controle da qualidade e menor dependência de processos manuais. Além disso, sua leveza estrutural diminui os custos com fundações, e as vantagens em isolamento térmico e acústico tornam o sistema ainda mais atrativo. Apesar disso, o custo inicial do LSF é mais elevado, sendo cerca de 20,94% superior ao da alvenaria convencional no caso analisado. No entanto, essa

diferença pode ser compensada pela rapidez de execução (o tempo de construção é reduzido a um terço) e pela economia em manutenções e intervenções futuras.

Já a alvenaria convencional, muito presente na cultura brasileira, é reconhecida pela familiaridade dos profissionais, pelo custo inicial mais acessível e pela robustez de suas estruturas. No entanto, esse sistema tem limitações significativas, como o maior tempo de execução, o desperdício de materiais e a dificuldade de realizar ajustes ou reformas depois que a obra é concluída. Além disso, o método gera mais resíduos, o que aumenta os impactos ambientais.

O estudo de caso mostrou que, apesar do maior custo inicial do LSF, ele é um método com grandes vantagens em projetos que buscam eficiência, sustentabilidade e agilidade. Por outro lado, a alvenaria convencional ainda é uma escolha sólida para obras em que o orçamento inicial é o principal fator de decisão. Ambos os sistemas têm suas qualidades e limitações, e a escolha deve considerar as características específicas de cada projeto.

A pesquisa também revelou que a maior barreira para o crescimento do LSF no Brasil é a falta de mão de obra qualificada e o custo mais elevado dos materiais, além de questões culturais que ainda favorecem métodos tradicionais. Para que o LSF se popularize, é essencial que profissionais da construção civil se capacitem e conscientizem empresários e consumidores sobre os benefícios dessa tecnologia. Com o tempo, espera-se que a adoção do LSF cresça, permitindo a redução dos custos e ampliando seu alcance no mercado.

Concluímos que o Light Steel Frame, embora inicialmente mais caro, é uma alternativa promissora para transformar o setor da construção civil no Brasil. Ele alia sustentabilidade, modernidade e rapidez, sendo uma solução cada vez mais relevante em um mercado que busca eficiência e menor impacto ambiental. Ao mesmo tempo, a alvenaria convencional segue como uma opção confiável, principalmente em projetos que priorizam custos iniciais baixos e mão de obra acessível.

Por fim, é importante que o setor continue investindo em estudos e discussões sobre essas tecnologias. Com o avanço da construção civil no Brasil, a expectativa é que métodos mais sustentáveis e inovadores, como o LSF, sejam cada vez mais competitivos e acessíveis, ajudando a construir um futuro mais moderno e sustentável.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Tomás Oliveira Fernandes. **Ferramenta de dimensionamento de pavilhões metálicos**. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico do Porto (Portugal). 2022.

ARAÚJO, D.; LIMA, F. T.; SILVA, J. C. Análise de desempenho do concreto armado em construções verticais. Revista Brasileira de Engenharia Civil, v. 8, n. 2, p. 120-135, 2016.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14715-2: chapas de gesso acartonado – parte 2: chapas de gesso para —drywallll. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15253: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações. Rio de Janeiro, 2005.

BIAZOTTO, Marlon Henrique. **Estudo da viabilidade técnica, econômica e ambiental do método construtivo light steel frame**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Norte do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Civil, Arapongas, 2021. Disponível em:
https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/42159/1/MARLON_HENRIQUE_BIAZOTTO.pdf. Acesso em: 13 de abril de 2024.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Fundamentos do Concreto Armado. 2006. Notas de Aula – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru. 2006. Disponível em:
<http://www.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2021.

CAMPOS, A. F. Soluções práticas para a instalação de sistemas hidráulicos e elétricos em construções com Light Steel Frame. Revista de Engenharia e Construção Civil, v. 7, n. 2, p. 98-110, 2014.

CAMARGO, Matheus Peixoto. **Análise comparativa entre light steel frame e alvenaria convencional**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Pitágoras Unopar, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Civil. Arapongas, 2021.

COSTA, Sâmio Rodrigues. **O avanço da industrialização da Construção Civil: a importância da construção modular no Brasil para os próximos anos e seus impactos**. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão para o grau de Bacharel em Engenharia Civil. Bacabal,

2023. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/jspui/handle/123456789/2474>. Acesso em 11 abril de 2024.

DOS SANTOS CAMPELO, Yan Bremer. Análise de Custo e Viabilidade entre Métodos Construtivos de Alvenaria Estrutural e Convencional: Métodos Construtivos de Alvenaria Estrutural. 2021/1. 32 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Anhanguera, Anápolis, 2021. Disponível em <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/38940>. Acesso em 19-setembro de 202

DOGONSKI, Betina Lopes. **Estudo da viabilidade técnica e econômica do método construtivo light steel frame em habitações sociais**. Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Civil. Santa Rosa, 2016.

FACCO, A. R. Análise da sustentabilidade e eficiência do sistema construtivo Light Steel Frame na construção civil. Revista Brasileira de Engenharia e Arquitetura, v. 9, n. 3, p. 45-58, 2014.

FARIAS, Lucas Menezes; MARINHO, Jefferson Luiz Alves. Construções sustentáveis: Perspectivas sobre práticas utilizadas na construção civil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 16023-16033, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/8257>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

FERREIRA, Acioli Da Rosa. **Sistema construtivo light steel framing**: estudo de caso de uma residência na cidade de Gravataí – RS. Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em (nome do curso) do Centro Universitário UniRitter, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel, Porto Alegre, 2023.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7 ed. Atlas, 2023

GIL. Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7 ed. Barueri, SP: Atlas, 2023.

GUIMARÃES, Marcio Martins; GONÇALVES, José Roberto Moreira Ribeiro; NORTE, Luciana Carreiras; MARTINS, Fabiano Battemarco da Silva. Comparação das características físicas e financeiras entre os sistemas de vedação drywall e alvenaria convencional – estudo de caso. **Brazilian Journal**, v.7, n.5, p. 48760-48775, 2021. Disponível em: Acesso em: 10 de abril de 2024.

HAUBRICK, S.; GONÇALVES, J. R. Medidas de redução de geração de resíduos sólidos na construção civil como atendimento dos requisitos de sustentabilidade do PBQP-H/SIAC. **Revista Augustus**, v. 25, n. 50, p. 12-32, 23 mar. 2020. Disponível em: <https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/revistaaugustus/article/view/511>. Acesso em 13 de abril de 2024

KLEIN, L. F.; MARONEZI, M. E. O impacto econômico e a viabilidade do sistema construtivo Light Steel Frame em projetos de grande escala. *Revista de Tecnologia e Construção*, v. 6, n. 1, p. 29-41, 2013.

LIMA, RODRIGUES DE J. L.; SANTOS, SETTE T. Análise comparativa dos sistemas construtivos habitacionais: light steel frame x alvenaria convencional. **Revista Multidisciplinar do Sertão**, v. 3, n. 4, p. 442-449, 23 dez. 2020. Disponível em: <https://revistamultisert1.websiteseuro.com/index.php/revista/article/view/372>. Acesso em 11 de abril de 2024.

LIMA, R. P. Comparação de métodos construtivos: alvenaria convencional e drywall. *Revista Brasileira de Construção e Engenharia*, v. 9, n. 2, p. 112-125, 2021.

LOHMANN V, SANTOS P. Trombe Wall Thermal Behavior and Energy Efficiency of a Light Steel Frame Compartment: Experimental and Numerical **Assessments. Energies**, v. 13, n 11, p. 2744-2755, 2020. <https://doi.org/10.3390/en13112744>. Acesso em: 13 de abril de 2024.

LUZ, Fernanda Catarina Ribeiro da. **Uso do sistema BIM na quantificação dos resíduos gerados na construção civil**: utilização do Revit e Dynamo aliados a linguagens de programação Python. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/55468>. Acesso em 11 abril de 2024.

MACIEL, Luiz Felipe Marques; GAZINEU, Filipe Cunha; SANTOS, Marthus Lobato dos. **Light steel framing**: dimensionamento e concepção estrutural de um sobrado no df: estudo de caso. Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação de Engenharia Civil do Centro Universitário do Distrito Federal - UDF, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Engenharia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.up.edu.br/jspui/handle/123456789/3148>. Acesso em: 13 de abril de 2024.

MARCOMINI, Luiz Henrique de Brito, et al. Estudo comparativo de vedação entre uma parede utilizando o método light steel framing e a alvenaria convencional. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 2, p. 330–345, 2023. DOI: 10.51891/rease.v9i2.8470. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/8470>. Acesso em: 11 abr. 2024.

MARCOMINI, Luiz Henrique de Brito; et al.. Estudo comparativo de vedação entre uma parede utilizando o método light steel framing e a alvenaria convencional. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 2, p. 330–345, 2023. DOI: 10.51891/rease.v9i2.8470. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/8470>. Acesso em: 15 abr. 2024.

MELO, Eduardo Carvalho, et al. **Análise comparativa do custo final da obra e tempo de execução dos métodos construtivos**: alvenaria convencional e light steel frame – LSF. Artigo de graduação no Curso de Engenharia Civil na Faculdade UMA, 2022.

MIRANDA, Caio Vitor et al. Estudo comparativo entre o sistema Light Steel Framing e o sistema construtivo convencional. **Arquitetura e engenharia: ensaios multidisciplinares**, Capítulo 4, p. 52-66, 2022. DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.4. disponível em: <https://ayaeditora.com.br/wp-content/uploads/Livros/L135C4.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2024.

MORAIS, D. P. F. Desafios e perspectivas na implementação do sistema Light Steel Frame no Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Civil*, v. 11, n. 2, p. 58-70, 2014.

NARVÁEZ, Nathaly Sarasty; GUERRA, Pedro Victor de Moraes. Projeto estrutural em light steel framing aplicado ao programa de habitação social de Brasília. **Revista de Arquitetura: Cidade e Habitação**, v.1, n.2, p. 1-6, 2021. Doi: <https://doi.org/10.5102/ra.v1i2.8354>. Acesso em: 13 de abril de 2024.

NASCIMENTO, E. R. do .; MORAIS, D. P. F. de .; LOPES, S. C. . Sustainability in civil construction in Brazil: a review of the literature. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e524111436611, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i14.36611. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/36611>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

NIGELSKI, Tiago Abreu; TANNO, Vitor. **Estudo do Sistema Drywall na Construção Civil**. Artigo apresentado como requisito parcial para o término do curso de Engenharia Civil, da Instituição Universidade Norte do Paraná, 2019. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/50838/1/TIAGO_ABREU_NIGELSKI.pdf. Acesso em: 11 abril de 2024.

OLIVEIRA, Georgia de Souza. **Light steel frame: potencial do sistema construtivo para customização de habitações pré-fabricadas**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Metálica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Construção Metálica. Ouro Preto, 2018.

PEDROSO, Sharon Passini, et al. **Steel frame na construção civil**. 12º Encontro Científico Cultural Internacional. 2014. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/ecci/anais/559532ca64bc5.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2024.

PRUDÊNCIO, L. P. Análise estrutural e dimensionamento do sistema Light Steel Frame. *Revista de Engenharia Civil*, v. 6, n. 2, p. 78-92, 2013.

RABELO, L. F. Fundamentos de análise de solo e escolha de fundações na construção civil. *Revista Brasileira de Engenharia Geotécnica*, v. 12, n. 4, p. 78-94, 2021.

RAMOS, Alexandre GOMES; Dias, Felipe da Cruz. A sustentabilidade na construção civil. **Revista FT**, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2022. DOI: 10.5281/zenodo.7398943.

Disponível em: <https://revistaft.com.br/a-sustentabilidade-na-construcao-civil/>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

RIBEIRO, Vitor de Melo; CARVALHO, Laísa Cristina. **Vantagens em adotar o light steel frame**: Comparativo entre o método construtivo Light Steel Frame e o método convencional de alvenaria. 2016. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/644/1/Vitor.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2024.

ROSSIGNOLI, Marlon; GASPARI, Geisla Aparecida Maia Gomes. **CONSTRUÇÃO EM LIGHT STEEL FRAME: Uma Forma mais sustentável e rápida para habitações populares. Construção em Light Steel Frame: Uma Forma mais sustentável e rápida para habitações populares**, 2021.

SALOMÃO, P. E. A., Suski, A., Pinheiro, W. F., & de Amorim Andrade, A. L. (2019). Corrosion protection study in construction steel armor. *Research, Society and Development*, 8(1), 181504.

SANTIAGO, J. L. O uso do sistema Light Steel Frame na construção civil: vantagens e desafios. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 4, n. 1, p. 50-62, 2008.

SANTIAGO, J. L.; OLIVEIRA, M. F.; SOUSA, R. C. Análise do sistema de instalações hidráulicas e sanitárias em construções de Light Steel Frame. *Revista Brasileira de Engenharia e Construção*, v. 3, n. 4, p. 134-146, 2012.

SANTOS, Anailton Simião Dos. **Os desafios e oportunidades do LSF para projeto unifamiliar no Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Centro Universitário Mario Pontes Jucá- UMJ, como parte da exigência para a conclusão do Curso de Arquitetura e Urbanismo - AU, para obtenção do título de Bacharelado, Maceió, 2023.

SCHEIDEGGER, Guilherme Marchiori. Análise física do sistema drywall: uma revisão bibliográfica. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 4, n. 3, p. 19-41, 2019. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sistema-drywall>. Acesso em: 11 de abril de 2024

SHARDONG, J. R. Sistemas de telhados em construções: análise comparativa de eficiência e custo. *Revista Brasileira de Arquitetura e Engenharia*, v. 5, n. 1, p. 101-115, 2020.

SILVA, Cintia Loiola. **Comparativo de custo e desempenho entre os sistemas de vedação interno de alvenaria e de gesso acartonado**: estudo de caso de uma obra hospitalar. 2022. 48 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022. Disponível em: <https://monografias.ufop.br/handle/35400000/5212>. Acesso em: 11 de abril de 2024.

SOUZA, Eduardo Luciano de. **Construção civil e tecnologia: estudo do sistema construtivo light steel framing**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG, 2014.

SOUZA, R. T. Impactos do desperdício de materiais na construção civil: análise das práticas em obras convencionais. *Revista de Engenharia e Sustentabilidade*, v. 7, n. 3, p. 45-58, 2019.

SOARES, M. A. Desafios e desperdícios na execução de obras com alvenaria convencional. *Revista de Engenharia Civil Contemporânea*, v. 10, n. 2, p. 33-47, 2022.

TENÓRIO LIMA, P. V. Análise de viabilidade da construção modular como alternativa á construção convencional no sertão do Pajeú. **Revista Multidisciplinar do Sertão**, v. 6, n. 1, p. 15-25, 10 fev. 2024. Disponível em: <https://www.revistamultisertao.com.br/index.php/revista/article/view/704>. Acesso em: 11 de abril de 2024.

TEÓFILO, Jussara Cristina Santos; CARVALHO, Laísa Cristina. **Sistema construtivo light steel framing**: Um estudo de viabilidade financeira e técnica para construções residenciais no município de Campo Belo/MG, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <http://192.100.247.84:8080/bitstream/prefix/1407/1/Jussara%20Cristina%20Santos%20Te%c3%b3filo.pdf>. Acesso em: 13 de abril de 2024.