



FACULDADE EDUFOR - SÃO LUÍS/MA
CURSO: ENGENHARIA CIVIL

ALBINO CARLOS MARTINS

**BENEFÍCIO DA CONSTRUÇÃO A SECO EM COMPARAÇÃO A CONSTRUÇÃO
CONVENCIONAL (ALVENARIA)**

São Luís

2025

ALBINO CARLOS MARTINS

**BENEFÍCIO DA CONSTRUÇÃO A SECO EM COMPARAÇÃO A CONSTRUÇÃO
CONVENCIONAL (ALVENARIA)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Faculdade
EDUFOR, como requisito para a obtenção de nota
na disciplina TCC II.

Professor Me. Franklin Roosevelt Rodrigues do Ó.

São Luís

2025

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela benção de estar comigo nesta caminhada em tudo.

A Ana Claudia, minha esposa, pelo companheirismo sempre.

Alexon Lima, genro, principal incentivador.

Laydiane e Suzanas, filhas, pelas relevantes contribuições.

Helena, mãe, pelas constantes orações.

Francisco de Assis Vieira, Pastor, grande incentivador.

BENEFÍCIO DA CONSTRUÇÃO A SECO EM COMPARAÇÃO A CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL (ALVENARIA)

Albino Carlos Martins¹
Me. Franklin Roosevelt Rodrigues do Ó²

RESUMO

A construção civil brasileira enfrenta desafios relacionados ao crescimento urbano, à sustentabilidade e à busca por métodos construtivos mais eficientes. Neste contexto, o sistema Light Steel Frame (LSF) surge como uma alternativa promissora ao modelo convencional de alvenaria, por ser um método a seco, com estrutura em aço galvanizado leve e uso de componentes pré-fabricados. Este trabalho tem como objetivo analisar o custo-benefício do LSF em comparação à alvenaria tradicional, considerando aspectos técnicos, econômicos, ambientais e funcionais. A pesquisa foi desenvolvida por meio de revisão bibliográfica, com base em livros, artigos, dissertações, manuais técnicos e fontes digitais. Os resultados revelam que o LSF apresenta vantagens significativas, como agilidade na execução, menor geração de resíduos, uso de materiais recicláveis, racionalização de recursos e bom desempenho termoacústico. Em contrapartida, a alvenaria demanda maior tempo de obra, consumo de materiais e mão de obra intensiva. Conclui-se que o LSF representa uma solução tecnicamente viável e sustentável para o cenário nacional, embora ainda enfrente desafios relacionados à qualificação profissional e à aceitação no mercado.

Palavras-chave: Light Steel Frame. Construção a seco. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Brazilian construction is facing challenges related to urban growth, sustainability and the search for more efficient construction methods. In this context, the Light Steel Frame (LSF) system has emerged as a promising alternative to the conventional masonry model, as it is a dry method, with a light galvanized steel structure and the use of prefabricated components. This work aims to analyze the cost-benefit of LSF compared to traditional masonry, considering technical, economic, environmental and functional aspects. The research was carried out by means of a bibliographical review, based on books, articles, dissertations, technical manuals and digital sources. The results show that LSF has significant advantages, such as agility in execution, less waste generation, use of recyclable materials, rationalization of resources and good thermoacoustic performance. On the other hand, masonry requires more construction time, material consumption and intensive labor. The conclusion is that LSF represents a technically viable and sustainable solution for the national scenario, although it still faces challenges related to professional qualifications and market acceptance.

Keywords: Light Steel Frame. Dry construction. Sustainability.

¹ Concluinte bacharelado em Engenharia Civil. Email: albino.carlos.martins@alunoedufor.com.br

² Mestre em Engenharia Elétrica. E-mail: franklin.doo@edufor.edu.br.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura em LSF.....	08
Figura 2 – Radier.....	10
Figura 3 - Painel estrutural em aço galvanizado.....	12
Figura 4 - Estrutura em aço galvanizado.....	12
Figura 5 – Placas de OSB.....	13
Figura 6 – Placas De Gesso Acartonado.....	14
Figura 7 – Placas de EPS.....	15
Figura 8 – Placas cimentícia.....	17
Figura 9 – Lã de vidro.....	19
Figura 10 – Lã de Pet.....	20
Figura 11 - Instalações de hidráulica e elétrica.....	21
Figura 12 – Estrutura de aplicação.....	21
Figura 13 – Laje Mista.....	22
Figura 14 – Laje Seca.....	23
Figura 15 – Laje Úmida.....	24
Figura 16 - Cobertura em aço galvanizado.....	25

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	07
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO.....	07
2.1	Sistema construtivo Light Steel Frame (LSF).....	07
2.2	Vantagens da Construção a seco Light Steel Frame.....	09
2.3	Fundação para o sistema LSF.....	10
2.4	Tipos de materiais utilizados no Sistema LSF.....	11
2.4.1	Aço Galvanizado.....	11
2.4.1.1	Placas de OSB.....	13
2.4.1.2	Placas de gesso acartonado.....	14
2.4.1.3	Placas de EPS.....	15
2.4.1.4	Placa cimentícia.....	16
2.4.1.5	Isolamento Termoacústico.....	18
2.4.1.6	Lã de vidro.....	18
2.4.1.7	Lã de pet.....	19
2.5	Facilidade nas Instalações no Sistema LSF.....	20
2.5.1	Instalações das Lajes.....	22
2.5.1.1	Laje mista.....	22
2.5.1.2	Laje seca.....	23
2.5.1.3	Laje Úmida.....	24
2.6	Cobertura.....	24
2.7	Sistema Construtivo Convencional.....	26
3	CONCLUSÃO.....	27
	REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores que mais impactam o meio ambiente, a economia e a sociedade no Brasil. O crescimento populacional e o conseqüente aumento da demanda por habitações e edificações comerciais e institucionais têm exigido soluções cada vez mais eficientes, econômicas e sustentáveis (Santiago; Freire; Castro, 2012). Nesse contexto, surge o sistema construtivo Light Steel Frame (LSF) como uma alternativa inovadora e sustentável, que atende às exigências técnicas e ambientais contemporâneas. O LSF é um método de construção a seco, baseado em estruturas de aço galvanizado leve, combinadas com painéis industrializados, como placas cimentícias, placas de OSB, gesso acartonado e materiais isolantes. Trata-se de um sistema amplamente utilizado em países desenvolvidos e que vem ganhando espaço no Brasil devido às suas diversas vantagens ambientais, econômicas e funcionais (Marinho, 2020).

Diante desse contexto, surge a questão norteadora: *qual é o custo-benefício do sistema construtivo Light Steel Frame em comparação ao sistema convencional de alvenaria no cenário da construção civil brasileira?*

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo principal analisar o custo-benefício do sistema construtivo Light Steel Frame em comparação ao sistema convencional em alvenaria, evidenciando suas principais características, vantagens e limitações, especialmente no que se refere à rapidez na execução, sustentabilidade, racionalização de materiais e eficiência construtiva. Portanto, a presente pesquisa justifica-se pela sua atualidade, aplicabilidade prática e potencial transformador, tanto na formação de futuros profissionais da engenharia civil quanto na promoção de soluções construtivas mais responsáveis e alinhadas às exigências ambientais, econômicas e sociais do século XXI.

Para o desenvolvimento deste trabalho, a metodologia utilizou-se a pesquisa bibliográfica, com base em livros, artigos científicos, dissertações, manuais técnicos e fontes digitais atualizadas, visando embasar a análise comparativa entre os sistemas construtivos. Essa abordagem permitiu reunir e interpretar diferentes perspectivas teóricas e práticas sobre o Light Steel Frame e a alvenaria convencional.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO

2.1 Sistema Construtivo Light Steel Frame (LSF)

O sistema LSF, ou estrutura leve de aço, é uma inovação na construção civil caracterizada pelo uso de perfis metálicos galvanizados formados a frio, que substituem os elementos convencionais de alvenaria por componentes pré-fabricados (Marinho, 2020). Por ser um método industrializado e a seco, dispensa o uso de argamassa e grandes volumes de água, o que reduz resíduos, aumenta a produtividade e melhora o controle de qualidade. Sua estrutura é composta por montantes e guias metálicas que recebem chapas internas (como gesso acartonado ou OSB) e externas (como placas cimentícias), podendo ser preenchidas com materiais isolantes como lã de vidro, lã de rocha ou EPS, proporcionando conforto térmico e acústico à edificação (Masisa, 2007). Entre as principais características técnicas do LSF, destacam-se o Alto nível de industrialização; a Redução de prazos de execução; o Melhor desempenho térmico e acústico; e a Sustentabilidade.

O sistema LSF é dimensionado conforme normas técnicas como a NBR 14762 e a NBR 15253, e sua leveza permite o uso de fundações mais econômicas, como o radier. Contudo, sua adoção plena ainda enfrenta desafios, como a falta de mão de obra qualificada e a resistência cultural (Steel Frame Brasil, 2018). Mesmo assim, o LSF vem ganhando espaço por oferecer uma construção sustentável, rápida e tecnicamente eficiente, sendo uma alternativa promissora à alvenaria convencional.

Figura 1 – Estrutura em LSF



Fonte: (Espaço Smart, S.d)

O LSF tem como principal vantagem é a leveza dos materiais, que reduz o peso próprio da estrutura e permite o uso de fundações mais simples, como lajes radier, sendo indicado para construções de até cinco pavimentos, promovendo economia e eficiência estrutural. Originado do sistema Wood Frame dos EUA, o LSF evoluiu com a industrialização do aço após a Segunda Revolução Industrial, destacando-se a apresentação do primeiro protótipo em aço galvanizado em 1933, que marcou a substituição da madeira pelo aço e a racionalização construtiva (Masisa, 2007; Light Steel Frame Eng, 2017). No Brasil, o LSF foi introduzido na década de 1990, mas

enfrentou obstáculos como custo inicial elevado, falta de mão de obra qualificada e a predominância da alvenaria tradicional (Santiago; Freire; Castro, 2012). Mesmo assim, o sistema vem ganhando espaço em projetos que valorizam rapidez, sustentabilidade, qualidade e redução de resíduos.

2.2 Vantagens da construção a seco Light Steel Frame

O grande diferencial nesta construção é a rapidez, qualidade e produtividade, pois o aço é um material de alto nível nesse ramo de industrialização que possibilita uma durabilidade e estabilidade tanto para o comprador quanto para o engenheiro da obra. Nesta virtude, o sistema LSF tem conquistado o ramo da construção civil e a cada dia cresce o percentual de aceitação no mercado nacional. Além disso, por ser um sistema construtivo industrializado garante maior rigor na realização das etapas construtivas.

O sistema LSF se destaca pela rapidez na execução, graças ao uso de componentes pré-fabricados que agilizam a montagem e reduzem o tempo total da obra, gerando economia de mão de obra e antecipação do retorno do investimento, especialmente em empreendimentos residenciais e comerciais (Steel Frame Brasil, 2018). Seus perfis de aço galvanizado seguem padrões rigorosos, garantindo resistência, durabilidade e precisão, o que eleva a qualidade do acabamento e minimiza erros e retrabalhos comuns em construções convencionais. Além de leve, o aço é reciclável, resistente a pragas, fogo e corrosão, ampliando a durabilidade da estrutura.

Segundo Steel Frame Brasil (2018), o aço utilizado na construção civil apresenta dimensões e tolerâncias normatizadas em milímetros, o que garante uniformidade e qualidade, independentemente do fabricante. Essas especificações asseguram o desempenho mecânico, a padronização das estruturas e facilitam reparos futuros. Os perfis de aço utilizados tanto no sistema LSF quanto no *Drywall* estão disponíveis no mercado em diversas medidas, variando de barras de 6 metros a lista de corte personalizadas, fornecidas já cortadas e prontas para montagem na obra. Além disso, esses perfis recebem camadas de galvanização, que protegem a estrutura contra a corrosão, aumentando sua durabilidade (Steel Frame Brasil, 2018). O LSF é flexível, adapta-se a diversos projetos e pode ser integrado a outros sistemas construtivos, promovendo ainda redução de resíduos, uso racional da água e emprego de materiais sustentáveis, alinhando-se às demandas da construção sustentável.

O sistema LSF se destaca pela rapidez na execução, graças ao alto grau de industrialização e pré-fabricação de seus componentes, que chegam ao canteiro prontos para

montagem, reduzindo o tempo de obra e imprevistos comuns em construções convencionais (Steel Frame Brasil, 2018). A preparação simultânea do terreno e fundações com a fabricação da estrutura otimiza o cronograma. Além disso, o baixo peso do LSF permite o uso de fundações rasas, como o radier, que distribuem cargas uniformemente e facilitam o embutimento das instalações elétricas, hidráulicas e de comunicação, evitando retrabalhos. A flexibilidade do sistema, que pode ser integrado a outras técnicas construtivas como o concreto armado, amplia suas aplicações e reforça sua viabilidade em diversos projetos.

2.3 Fundação para o Sistema LSF

O sistema construtivo LSF, por ser consideravelmente mais leve do que os sistemas tradicionais em alvenaria ou concreto armado, permite a utilização de fundações mais simples e econômicas, como é o caso do radier, amplamente adotado em edificações com essa tecnologia (Sua Obra, 2025). O radier é classificado como um tipo de fundação rasa, caracterizando-se por uma laje de concreto armado ou protendido, moldada diretamente sobre o solo, que distribui as cargas da edificação de forma uniforme por toda a área de contato com o terreno (Marinho, 2020).

Figura 2 – Radier



Fonte: (Sua Obra, 2025)

O radier é um tipo de fundação rasa que atua como uma laje de concreto armado ou protendido, posicionada diretamente sobre o solo e responsável por distribuir uniformemente as cargas da edificação para o terreno. Essa fundação é composta por uma laje contínua e vigas dispostas nas bordas e sob as paredes ou colunas estruturais, oferecendo rigidez e estabilidade ao conjunto, especialmente nas áreas mais solicitadas estruturalmente (Santiago; Freitas; Castro, 2012).

Devido ao seu desempenho, o radier é amplamente adotado sempre que o solo apresenta capacidade de suporte compatível, sendo considerado uma das soluções mais práticas e econômicas nesse tipo de construção. Antes da concretagem, é comum a instalação das redes hidráulicas, elétricas e de comunicação sob a laje, evitando cortes e retrabalhos posteriores. Essa etapa contempla tubulações de esgoto, águas pluviais, entradas de energia e dados, o que contribui para a racionalização do processo construtivo e redução de desperdícios (Célere, 2024).

Conforme Santiago, Freitas e Castro (2012), quando o solo apresenta resistência adequada, o radier é a solução mais indicada para edificações em LSF, pois se alinha à leveza da estrutura e à necessidade de rapidez no cronograma. Além de eficiente do ponto de vista estrutural, o radier facilita a instalação das infraestruturas hidráulicas, elétricas e de comunicação, que são posicionadas sob a laje antes da concretagem, evitando rasgos posteriores e otimizando o processo construtivo. Sua execução demanda menor escavação e movimentação de terra, o que reduz o impacto ambiental e os custos da obra. No entanto, sua aplicação requer análise geotécnica prévia, por meio de sondagens, para garantir que o solo suporte adequadamente as cargas da edificação.

2.4 Tipos de materiais utilizados no Sistema LSF

2.4.1 Aço Galvanizado

O aço galvanizado é o principal componente estrutural utilizado no sistema construtivo LSF. Sua aplicação é estratégica, pois alia leveza, resistência mecânica, durabilidade e sustentabilidade, sendo perfeitamente compatível com os princípios da construção a seco. O processo de galvanização consiste na aplicação de uma camada de zinco sobre o aço, proporcionando proteção contra corrosão e aumentando significativamente a vida útil do material, mesmo em ambientes com alta umidade ou exposição a intempéries (Marinho, 2020). Portanto, o aço galvanizado é utilizado como principal elemento de estrutura desse sistema construtivo LSF, para produzir os mais diversos elementos construtivos que vai desde a composição dos painéis de fechamento, como vigas, tesouras, escadas e demais componentes que são concebidos e calculados para que possam suportar as diversas cargas atuantes na edificação trabalhando concomitantemente (Marinho, 2020)

Por ser um material industrializado, o aço galvanizado apresenta altíssimo grau de padronização, o que permite a produção em larga escala com dimensões e especificações normatizadas. Essa característica favorece a precisão no corte e na montagem dos componentes

estruturais, reduzindo falhas durante a execução e otimizando o tempo de obra. Além disso, seu reaproveitamento e reciclagem são facilitados, contribuindo para a redução do impacto ambiental (Santiago; Freire; Castro, 2012).

Figura 3 - Painel estrutural em aço galvanizado



Fonte: (Marinho, 2020)

O baixo peso do aço galvanizado facilita o transporte, o manuseio no canteiro de obras e permite o uso de fundações mais leves, como o radier, sem comprometer a resistência estrutural. Trata-se de um material com alta resistência à tração e compressão, ideal para suportar cargas verticais e horizontais, conferindo rigidez e estabilidade à edificação. Segundo Marinho (2020), são projetados para resistir a peso próprio, sobrecargas, ações do vento e deformações térmicas, assegurando desempenho técnico, segurança e funcionalidade à construção.

Figura 4 - Estrutura em aço galvanizado



Fonte: (Engprime, S.d.)

O uso do aço galvanizado no sistema LSF apresenta diversas vantagens técnicas e funcionais. Segundo Camargo (2021), sua combinação com materiais como placas de OSB, fitas metálicas, bloqueadores e revestimentos de gesso ou cimentícios garante maior resistência ao cisalhamento, contraventamento e desempenho termoacústico, além de segurança contra

incêndios. De acordo com Soares (2021), o LSF proporciona menor tempo de execução, redução de desperdício, menor demanda de mão de obra e maior controle de qualidade, especialmente quando associado a tecnologias como BIM. Ademais, as estruturas em aço galvanizado exigem pouca manutenção, pois são resistentes à umidade, ao fogo e a pragas como cupins e fungos, gerando mais economia e segurança ao longo do tempo.

2.4.1.1 Placas de OSB

As placas Oriented Strand Board (OSB) são chapas estruturais amplamente utilizadas no sistema LSF, especialmente em painéis de vedação, contraventamento e revestimentos. Produzidas com tiras de madeira orientadas em camadas cruzadas, unidas com resinas sintéticas e prensadas sob alta pressão e temperatura, essas placas apresentam elevada rigidez, resistência mecânica e estabilidade dimensional. Segundo Masisa (2007), essa configuração permite melhor distribuição de tensões e torna o OSB ideal para aplicações estruturais em construções leves, com padronização que facilita seu uso em projetos de diferentes escalas.

Figura 5 – Placas de OSB



Fonte: (Tahara Comercial, S.d)

As placas de OSB são valorizadas por seu baixo custo, versatilidade e sustentabilidade, pois são produzidas a partir de madeira reflorestada e resíduos florestais, gerando pouco desperdício e sendo consideradas ecologicamente corretas em comparação aos compensados tradicionais (Marinho, 2020). No sistema LSF, essas placas são essenciais para reforçar a estrutura de vedação, atuando no contraventamento dos painéis para resistir a esforços horizontais como vento e movimentos sísmicos. Elas são aplicadas sobre perfis metálicos galvanizados, formando um conjunto com materiais isolantes e revestimentos internos e externos (Marinho, 2020).

No entanto, segundo Santiago, Freitas e Castro (2012), devido à alta absorção de umidade, as placas OSB necessitam de impermeabilização adequada quando usadas externamente, para preservar sua durabilidade e resistência mecânica. Marinho (2020) destaca

a importância do uso de membranas hidrófugas e sistemas de proteção contra umidade, principalmente em regiões com alta umidade ou chuvas frequentes.

2.4.1.2 Placas de gesso acartonado

As placas de gesso acartonado, conhecidas como *Drywall*, são amplamente usadas no sistema LSF para vedação interna, oferecendo leveza, facilidade de manutenção e acabamento limpo, embora não tenham função estrutural (Tahara Comercial, [S.d]). Compostas por um núcleo de gesso revestido por lâminas de papel cartão, apresentam resistência à tração e flexão, garantindo estabilidade dimensional adequada para diversos ambientes. Sua fixação é feita diretamente sobre perfis metálicos galvanizados, seguindo a norma ABNT NBR 14715:2010, e o acabamento das juntas é realizado com fita e massa específicas, permitindo superfícies uniformes prontas para pintura ou revestimentos leves (Steel Frame Brasil, 2018).

Figura 6 – Placas De Gesso Acartonado



Fonte: (Viva Decora, 2024).

Existem, atualmente, três principais tipos de placas de gesso acartonado disponíveis no mercado brasileiro, como a Placa ST (Standard) que é indicada para ambientes secos, como salas, quartos, escritórios e corredores. Apresenta coloração branca ou cinza clara e é a mais comum em projetos residenciais e comerciais (Marinho, 2020). A outra é Placa RU (Resistente à Umidade) que é recomendada para ambientes úmidos, como cozinhas, lavabos, banheiros e áreas de serviço. Possui coloração verde e aditivos hidrofugantes que reduzem a absorção de água, protegendo o núcleo de gesso contra o apodrecimento (Viva Decora, 2024). E, por fim, a Placa RF no qual é resistente ao Fogo, destina-se a locais que demandam maior resistência ao calor e à propagação de chamas, como escadas enclausuradas, salas de equipamentos elétricos

e rotas de fuga. Possui coloração rosa e fibras especiais em sua composição, que retardam o avanço do fogo em caso de incêndio (Viva Decora, 2024).

Além das aplicações convencionais, as placas de gesso acartonado podem ser reforçadas internamente com perfis metálicos ou camadas de OSB para suportar objetos pesados ou aumentar a rigidez, oferecendo vantagens como rápida instalação, limpeza no canteiro, facilidade de manutenção e possibilidade de modificações posteriores (Marinho, 2020). Comparado à alvenaria tradicional, o *Drywall* reduz significativamente a carga estrutural, sendo ideal para construções em LSF que valorizam leveza e racionalização.

2.4.1.3 Placas de EPS

O poliestireno expandido (EPS) é um material plástico celular rígido, composto por 98% de ar e 2% de poliestireno, o que o torna extremamente leve e eficiente para isolamento térmico e acústico, justificando seu uso em sistemas construtivos industrializados como o LSF. Conforme Santiago, Freire e Castro (2012), sua capacidade de ser moldado em diferentes formas o torna versátil para aplicações na construção civil, como enchimentos leves e isolamento de lajes, telhados, paredes e fachadas, sendo utilizado no LSF para vedação interna e externa, melhorando o desempenho térmico e o conforto acústico das edificações.

Figura 7 – Placas de EPS



Fonte: Todo Material.

De acordo com Santiago, Freire e Castro (2012), o EPS apresenta características técnicas que o tornam altamente vantajoso para a construção civil, como baixo peso específico, resistência à umidade e durabilidade elevada, já que se trata de um material não biodegradável. Ele é à prova d'água, não sofre deterioração por ação de fungos ou cupins, e não se decompõe

com facilidade, o que garante vida útil prolongada mesmo sob condições adversas de temperatura ou umidade.

Marinho (2020) destaca que as placas de EPS são amplamente utilizadas como revestimento térmico, aplicadas entre as camadas de vedação das paredes e em coberturas. Sua elevada capacidade de isolamento térmico contribui para a redução da necessidade de sistemas de climatização artificial, o que impacta diretamente no desempenho energético da edificação. Além disso, por possuírem boa resistência mecânica, mesmo com baixa densidade, as placas são capazes de se adaptar a movimentações da estrutura, sem comprometer sua integridade.

Entre as principais características técnicas do EPS, destacam-se a sua composição leve; a autoextinguível; Resistência a pragas; Flexibilidade; Baixa condutividade térmica; e Propriedades acústicas (Marinho, 2020). Além dos benefícios técnicos, o EPS também se destaca por ser um material reciclável, o que o alinha às práticas de construção sustentável. Por ser leve, reduz os custos logísticos e o esforço físico durante a instalação.

2.4.1.4 Placa cimentícia

As placas cimentícias são componentes fundamentais no sistema LSF, especialmente aplicadas em áreas que exigem maior resistência à umidade, intempéries ou exposição direta ao ambiente externo. Trata-se de painéis produzidos a partir do fibrocimento, uma mistura composta basicamente por cimento Portland, fibras de reforço (vegetais ou minerais), aditivos e água. Essas fibras atuam como elementos de reforço, conferindo resistência à tração e à flexão, além de reduzir o risco de fissuração (Steel Frame Brasil, 2018).

As placas cimentícias apresentam uma série de características que as tornam altamente vantajosas para a construção civil. São incombustíveis, ou seja, não alimentam o fogo, o que contribui para a segurança contra incêndios. Devido à sua composição majoritariamente à base de cimento, possuem baixa absorção de água, sendo ideais para áreas sujeitas à umidade. Por não conterem metais em sua formulação, são inoxidáveis e, além disso, não são perecíveis, o que evita o desenvolvimento de micro-organismos como fungos e bactérias. São também duráveis e resistentes às intempéries, características que as tornam adequadas para ambientes externos. Apresentam boa compatibilidade com diversos tipos de acabamentos, como pintura, textura ou revestimentos cerâmicos. Dependendo do tipo de fibra incorporada à sua composição, essas placas podem oferecer resistência à tração e à flexão. Outro destaque é sua sustentabilidade, já que geram pouco entulho, são recicláveis e seu resíduo é classificado como

não perigoso. Além disso, por serem leves, podem pesar até dez vezes menos que uma parede convencional de alvenaria (Steel Frame Brasil, 2018).

Figura 8 – Placas cimentícia



Fonte: (Steele glass, S.d)

Segundo a Esplane (2020), o processo de produção dessas placas consiste na prensagem das fibras com o cimento em moldes planos, formando chapas homogêneas, leves e resistentes. Dependendo da composição e da finalidade, as placas cimentícias podem apresentar diferentes dimensões, espessuras e densidades, o que as torna versáteis para múltiplas aplicações no LSF, tanto em paredes internas quanto externas, fachadas, áreas úmidas, forros e até pisos. Entre as principais características técnicas das placas cimentícias, destacam-se a incombustibilidade; a baixa absorção de água; a inoxidabilidade; a impermeabilidade biológica; a resistência a intempéries; leveza e sustentabilidade (Steele Glass, [S.d]). Essas placas aceitam diversos acabamentos: como pintura, textura, cerâmica ou revestimentos vinílicos, bem como possuem uma alta resistência mecânica: dependendo da composição das fibras, apresentam excelente desempenho à tração e à flexão (Esplane, 2020).

De acordo com Santiago, Freitas e Castro (2012), as placas cimentícias são indicadas como alternativa às placas de gesso acartonado em ambientes com maior umidade ou exposição direta à água, como banheiros, cozinhas, áreas de serviço e fachadas externas. A instalação dessas placas é realizada sobre perfis de aço galvanizado, fixadas com parafusos especiais e respeitando os espaçamentos e dilatações previstos nas normas técnicas. Quando aplicadas em pisos, necessitam de elementos de apoio, como chapas de madeira, para garantir resistência à flexão e evitar deformações, atuando como revestimento de piso técnico compatível com acabamentos variados. Devido à sua durabilidade, desempenho técnico e versatilidade, as placas cimentícias têm ganhado crescente uso em projetos com sistema LSF, substituindo

eficazmente materiais convencionais de vedação e assegurando qualidade, segurança e conforto térmico às edificações.

2.4.1.5 Isolamento Termoacústico

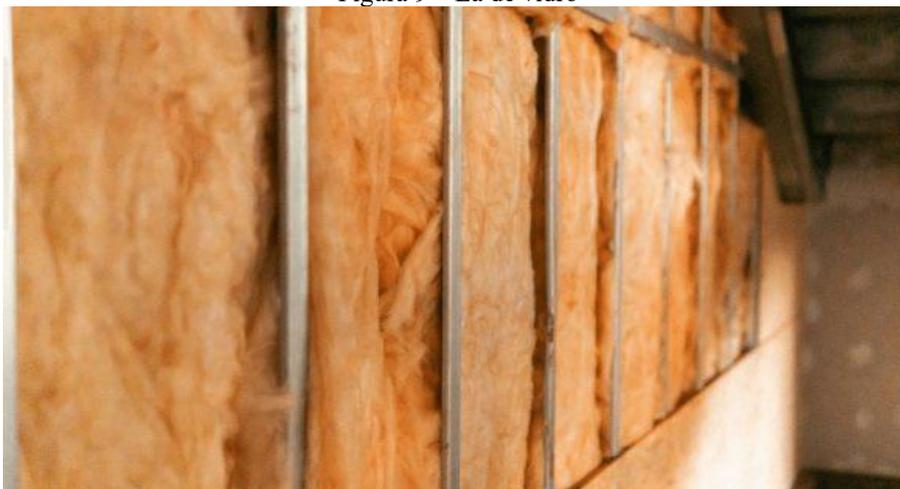
O isolamento termoacústico é um componente essencial para o desempenho e o conforto ambiental de edificações construídas pelo sistema LSF. Em uma construção leve e industrializada como essa, o controle da temperatura interna e a redução da transmissão de ruídos são aspectos fundamentais para garantir bem-estar aos usuários e eficiência energética ao projeto. Segundo Marinho (2020), o isolamento termoacústico é utilizado como mecanismo de controle do conforto ambiental uma vez que busca a redução na propagação dos ruídos sonoros e a manutenção da temperatura ideal do ambiente evitando as trocas de calor entre os ambientes contíguos ou com o meio externo.

O isolamento térmico no sistema LSF é essencial para reduzir as trocas de calor entre o interior e o exterior da edificação, promovendo estabilidade térmica, diminuindo a necessidade de climatização artificial e, conseqüentemente, reduzindo o consumo de energia. Os materiais isolantes são aplicados entre as camadas de fechamento das paredes, formando um “sanduíche” estrutural que aproveita o espaço entre os perfis metálicos para instalação de placas de OSB, gesso acartonado ou cimentícias (Camargo, 2021).

2.4.1.6 Lã de vidro

A lã de vidro é um dos materiais isolantes mais utilizados em construções do tipo LSF, devido à sua excelente performance tanto no isolamento térmico quanto no isolamento acústico. Trata-se de um material fibroso, produzido a partir de filamentos de vidro fundido, obtidos por meio da combinação de matérias-primas como sílica, areia, barrilha (carbonato de sódio) e outros compostos silicosos. Esses componentes são fundidos em alta temperatura, cerca de 1.100 °C, e, em seguida, transformados em fibras finas por meio de processos mecânicos e de centrifugação. As fibras são então aglomeradas com resina sintética e moldadas em mantas ou painéis flexíveis (Espaço Smart, 2022).

Figura 9 – Lã de vidro



Fonte: (Espaço Smart, 2022)

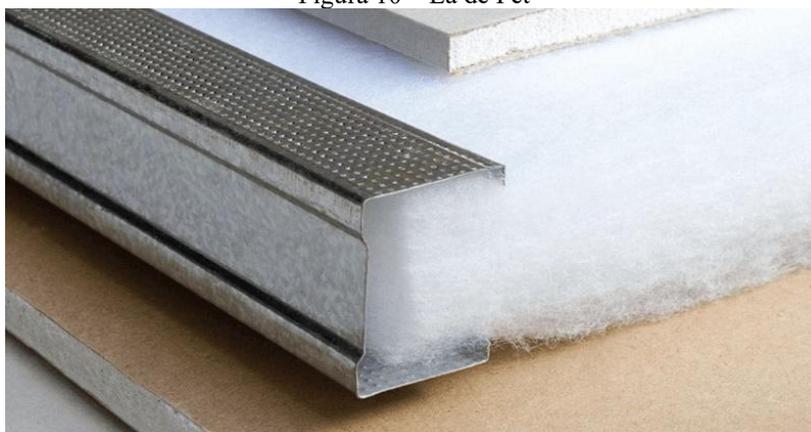
Segundo o Viva Decora (2024), a lã de vidro possui uma estrutura porosa e leve que absorve ondas sonoras e reduz a transferência de calor, funcionando como um isolante termoacústico eficiente devido ao ar aprisionado entre suas fibras, que retarda a propagação do som e do calor. Na construção a seco, esse material é amplamente utilizado nas divisórias internas, instalado entre perfis metálicos galvanizados e placas de fechamento como gesso acartonado ou OSB, sendo indicado para ambientes que demandam alto conforto acústico e controle térmico, como residências, escritórios, escolas, teatros, hospitais, cinemas e hotéis.

Entre as principais vantagens da lã de vidro, destacam-se as resistências ao fogo, à umidade e à proliferação de microorganismos; isolamento acústico duradouro; leveza e flexibilidade e sustentabilidade (Steel Frame Brasil, 2018). Além disso, o uso da lã de vidro no LSF segue o princípio da massa-mola-massa, em que a combinação de camadas rígidas (como placas de gesso) com uma camada elástica (lã de vidro) entre elas proporciona alta eficiência no controle da transmissão sonora.

2.4.1.7 Lã de pet

A lã de PET é um material isolante térmico e acústico produzido a partir da reciclagem de garrafas PET, sendo uma opção sustentável e tecnicamente eficiente para o sistema LSF. Por ser derivada de plástico reciclado, a lã de PET representa uma solução ecologicamente responsável, alinhada às exigências contemporâneas de construção sustentável, com baixo impacto ambiental e reaproveitamento de resíduos (Espaço Smart, 2022).

Figura 10 – Lã de Pet



Fonte: (Espaço Smart, 2022)

Segundo Santiago, Freitas e Castro (2012), o desempenho do sistema LSF depende da qualidade dos materiais de vedação e isolamento usados nas paredes, sendo essencial a instalação correta dos isolantes térmicos e acústicos para garantir conforto interno e proteção contra variações de temperatura e ruídos. A lã de PET se destaca por oferecer desempenho termoacústico comparável à lã de vidro, com a vantagem de ser hipoalergênica e livre de fibras irritantes, tornando-a mais segura para manuseio e adequada para ambientes sensíveis como escolas, hospitais e residências com crianças.

Entre as principais características técnicas da lã de PET, destacam-se a sustentabilidade; o isolamento acústico e térmico; segurança; resistência; facilidade de instalação; e saúde e segurança. A lã de PET é aplicada no interior dos painéis de vedação, entre as chapas de fechamento, como parte do sistema "sanduíche" típico do LSF. Atua de forma eficaz como barreira termoacústica, contribuindo para o desempenho global do sistema sem comprometer a leveza da estrutura ou a sustentabilidade do projeto (Santiago; Freitas; Castro, 2012).

2.5 Facilidade nas instalações no Sistema LSF

Um dos principais diferenciais do sistema LSF é a facilidade na execução das instalações prediais, como redes hidráulicas, elétricas e de ar-condicionado, já que suas paredes ocas, formadas por perfis metálicos entre placas de fechamento, funcionam como *shafts* técnicos contínuos que permitem a passagem das tubulações sem necessidade de quebra ou danos estruturais. Além disso, os perfis metálicos possuem furos pré-perfurados conforme projeto, facilitando a organização e instalação eficiente dos sistemas de infraestrutura, ao contrário da construção convencional em alvenaria, que requer rompimento das paredes (Steel Frame Brasil, 2018).

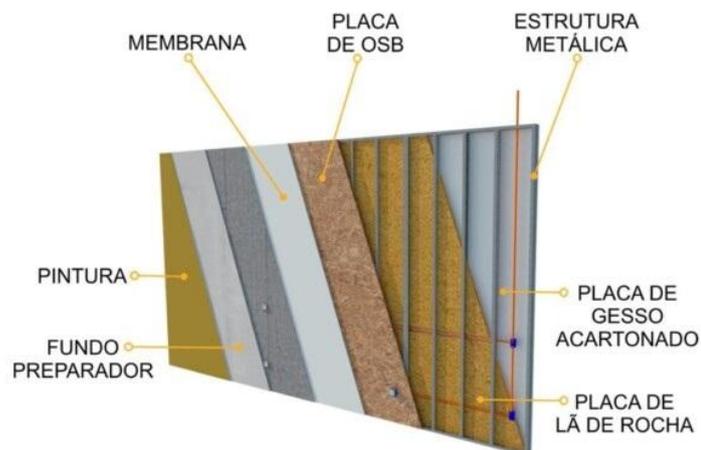
Figura 11 - Instalações de hidráulica e elétrica



Fonte: (Steel Frame Brasil, 2018)

Segundo o portal Steel Frame Brasil (2018), essa estrutura racionalizada reduz significativamente o desperdício de materiais, uma vez que elimina a necessidade de cortes e demolições parciais, comuns em paredes de alvenaria. Também contribui para a diminuição do volume de entulho gerado na obra, reforçando o caráter sustentável do sistema. A execução torna-se mais limpa, rápida e eficiente, refletindo diretamente na produtividade do canteiro e no cumprimento dos prazos estipulados.

Figura 12 – Estrutura de aplicação



Fonte: (Celere, 2024)

A precisão do projeto executivo no sistema LSF possibilita um planejamento detalhado das instalações prediais, reduzindo retrabalhos e otimizando o uso de mão de obra especializada, o que diminui significativamente o tempo e os custos envolvidos na execução das redes hidráulicas e elétricas. Além disso, o sistema facilita a integração com modernos

sistemas de climatização, como dutos de ar-condicionado do tipo split ou VRF, que podem ser embutidos nas paredes e tetos sem comprometer a estabilidade ou estética da construção. O LSF também é vantajoso para edificações inteligentes, permitindo a passagem flexível de cabamentos estruturados, como rede lógica, fibra ótica e sensores de automação, mantendo a edificação alinhada às demandas tecnológicas atuais.

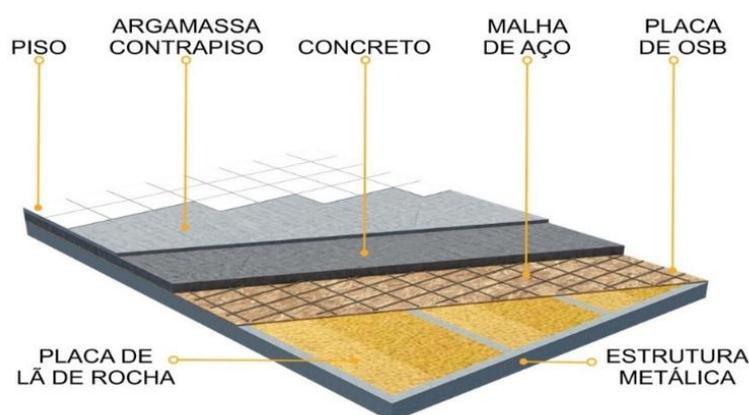
2.5.1 Instalações das Lajes

No sistema LSF, a escolha do tipo de laje a ser utilizada está diretamente relacionada às exigências estruturais e funcionais do projeto, bem como às condições do terreno e da obra. As lajes mais comuns nesse sistema são a laje seca, a laje úmida e a laje mista, cada uma com características específicas de composição, execução e desempenho.

2.5.1.1 Laje mista

A laje mista no sistema LSF é uma solução construtiva que combina elementos leves e industrializados com materiais tradicionais, como o concreto, resultando em uma estrutura eficiente, resistente e versátil. Conforme descrito pela Espaço Smart (2022), esse tipo de laje é composto inicialmente por placas estruturais de madeira, geralmente placas de OSB, que são apoiadas sobre perfis metálicos e atuam como base para a execução do sistema.

Figura 13 – Laje Mista



Fonte: (Celere, 2024)

Sobre a base de OSB é aplicada uma lâmina impermeável de polietileno para proteger a estrutura contra a umidade e aumentar a durabilidade dos materiais, seguida pela execução de um contrapiso de concreto, reforçado com tela metálica conforme o projeto estrutural, formando

uma laje com bom desempenho mecânico e acústico para pavimentos térreos e superiores. Essa laje mista permite a instalação direta dos painéis de vedação e da estrutura do pavimento superior sobre as placas de OSB ou o contrapiso, oferecendo flexibilidade, rapidez na execução e integração eficiente entre os pavimentos.

2.5.1.2 Laje seca

A laje seca é uma solução amplamente adotada no sistema LSF por seu caráter leve, racionalizado e 100% industrializado. Trata-se de um tipo de laje sem adição de concreto, composta essencialmente por placas estruturais de OSB fixadas diretamente sobre as vigas metálicas que compõem o piso. Essa configuração permite eliminação completa do uso de água na execução, característica que reforça o conceito de construção a seco e garante agilidade à obra (Soares, 2021).

Figura 14 – Laje Seca



Fonte: (Espaço Smart, 2022)

De acordo com Espaço Smart (2022), a laje seca dispensa o contrapiso tradicional, pois as placas de OSB servem diretamente como base para revestimentos leves como pisos vinílicos, carpetes, laminados e tábuas corridas, o que reduz etapas, gera menos resíduos e acelera a entrega da obra. Essa solução estrutural se destaca pelo baixo peso próprio, aliviando as cargas sobre a fundação e permitindo o uso de fundações mais econômicas, além de facilitar o transporte, manuseio e eventuais alterações no layout ou manutenções futuras.

Conforme Santiago, Freitas e Castro (2012), a laje seca promove alta produtividade, sendo especialmente indicada para pavimentos superiores em edificações modulares ou de rápida execução, como escolas, hospitais, escritórios e residências, com montagem limpa e ágil que possibilita a instalação simultânea das infraestruturas hidráulicas, elétricas e de

climatização integradas aos perfis metálicos. Além disso, a laje seca pode incorporar materiais isolantes termoacústicos, como lã de vidro ou lã de PET, melhorando o conforto ambiental interno, e é compatível com sistemas de piso elevado, o que amplia sua flexibilidade de uso e facilita a manutenção das instalações técnicas.

2.5.1.3 Laje Úmida

A laje úmida é uma solução utilizada no sistema LSF quando há necessidade de maior robustez e compatibilidade com revestimentos rígidos, como pisos cerâmicos, pedras naturais ou porcelanatos. Sua execução envolve a combinação de elementos metálicos com o uso de concreto, caracterizando-se como uma solução híbrida entre construção a seco e métodos tradicionais (Camargo, 2021).

Figura 15 – Laje Úmida



Fonte: (Espaço SMART, 2022).

Segundo Santiago, Freitas e Castro (2012), a laje úmida é composta por uma chapa metálica ondulada, geralmente de aço galvanizado, fixada sobre as vigas metálicas, que atua como forma colaborante, moldando o concreto e contribuindo estruturalmente para rigidez e distribuição das cargas; após a fixação, é colocada a armação com tela metálica para evitar fissuras, seguida pelo lançamento e adensamento do concreto, formando uma base sólida e resistente para os acabamentos. A principal vantagem dessa laje é sua capacidade de suportar cargas pontuais elevadas e a compatibilidade com revestimentos pesados, tornando-a ideal para cozinhas, banheiros e varandas, embora exija cura e controle de umidade, sendo ainda uma opção mais leve que as lajes convencionais devido ao menor volume de concreto utilizado.

2.6 Cobertura

O telhado da construção é parte fundamental responsável em proteger a edificação das intempéries, garantir conforto termoacústico e até proporcionar estilos esteticamente agradável (Santiago; Freitas; Castro, 2012). A cobertura é um dos elementos fundamentais de qualquer edificação, sendo responsável por proteger a estrutura contra as intempéries climáticas, como sol, chuva e vento, além de garantir o conforto termoacústico no interior dos ambientes e contribuir significativamente para a estética arquitetônica da construção. No sistema LSF, as coberturas seguem os mesmos princípios estruturais de telhados convencionais, porém com materiais e métodos mais modernos, leves e duráveis.

Segundo Santiago, Freitas e Castro (2012), o telhado em LSF é formado por perfis metálicos galvanizados que substituem a madeira tradicional, com as almas das tesouras e caibros alinhadas às almas dos montantes dos painéis para garantir transmissão axial eficiente das cargas, reduzindo tensões estruturais; essa cobertura inclui elementos metálicos como tesouras, longarinas, terças e contraventamentos, que suportam as telhas — metálicas, cerâmicas, fibrocimento ou ecológicas — escolhidas conforme o projeto arquitetônico e as necessidades térmicas e acústicas da edificação.

Conforme Ana Cláudia Thomaz, os telhados metálicos do tipo LSF oferecem uma série de vantagens técnicas e funcionais, tais como resistência a insetos como formigas e cupins, comum em estruturas de madeira; bem como uma elevada resistência estrutural, mesmo com perfis leves; um menor desperdício de materiais devido ao corte preciso e industrializado; uma maior vida útil quando comparado às estruturas convencionais de madeira; a montagem rápida e segura, com menor necessidade de mão de obra intensiva. (Espaço Smart, 2022).

Com dimensionamento técnico preciso, com boa estabilidade e desempenho, uma compatibilidade com diversos tipos de telhas, assim adaptando-se a diferentes projetos e com uma redução do peso próprio da cobertura, o que favorece o dimensionamento de fundações mais econômicas.

Figura 16 - Cobertura em aço galvanizado



Fonte: (Espaço Smart, 2022)

Além desses aspectos, a cobertura metálica permite fácil instalação de sistemas complementares, como isolamentos térmicos, acústicos e mantas impermeabilizantes, elevando ainda mais o desempenho do conjunto. A leveza da estrutura também facilita intervenções posteriores, como ampliações ou manutenções, sem comprometer a integridade da edificação.

2.7 Sistema Construtivo Convencional

O sistema construtivo convencional, baseado em alvenaria estrutural ou de vedação com concreto armado, é o mais comum no Brasil, caracterizando-se por processos artesanais e úmidos que demandam muita mão de obra e tempo; embora tradicional e amplamente utilizado devido à familiaridade dos profissionais, fácil acesso aos materiais e oferta de trabalhadores, esse método envolve elementos estruturais como blocos cerâmicos ou de concreto, colunas, vigas e lajes moldadas in loco ou pré-moldadas, com etapas complexas como fundações, armação, fôrmas, concretagem e revestimentos, sendo a fundação crítica para distribuir as cargas da edificação ao solo com segurança (Santiago; Freire; Castro, 2012). Destaca-se no processo da alvenaria estrutural, a fundação.

Segundo Camargo (2021), a fundação é uma etapa inicial e fundamental da obra, responsável por transmitir ao solo as cargas da edificação de forma segura e estável, prevenindo recalques diferenciais e rupturas estruturais; sua escolha deve considerar a natureza do solo, as cargas, a profundidade da resistência e o custo-benefício, sendo as fundações classificadas em rasas (diretas), indicadas para solos com boa capacidade de suporte a pequenas profundidades (1 a 3 metros), e profundas (indiretas). Conforme Soares (2021) e Cerâmica Mônaco (2025), as fundações rasas só devem ser executadas quando for possível obter com exatidão a resistência para o assentamento superficial do terreno.

Nesses casos, a carga da edificação é transmitida diretamente à camada resistente do solo, sem a necessidade de elementos estruturais de grande comprimento. A NBR 6122:2019, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define que uma fundação é considerada rasa quando a tensão admissível do solo superficial é suficiente para suportar os esforços transmitidos pela edificação. Para isso, é indispensável a realização de sondagens geotécnicas, que identificam as características e profundidade das camadas do solo, auxiliando na tomada de decisão quanto ao tipo de fundação a ser adotada (Marinho, 2020).

Assim, enfatiza-se os principais tipos de fundações rasas que são as sapatas isoladas para cargas concentradas; sapata corrida sob paredes com carga linear; os blocos de fundações utilizados com pilares e ligações entre estacas e o radier.

Já as fundações profundas são indicadas quando o solo resistente se encontra em camadas mais profundas, geralmente quando o solo superficial é fraco ou sujeito a recalques excessivos. Segundo Camargo (2021), esse tipo de fundação transfere as cargas da estrutura para camadas mais estáveis e firmes, por meio de elementos estruturais alongados, como estacas ou tubulões. Sendo os principais tipos de fundações profundas no qual incluem as estacas Strauss; estacas tipo Franki; estacas hélice contínua; estacas raiz; estacas metálicas; estacas pré-moldadas de concreto armado.

Em ambas as categorias, é fundamental que o dimensionamento da fundação seja feito por profissionais especializados, utilizando-se de dados obtidos em ensaios de sondagem e cálculos geotécnicos, assegurando que a estrutura da edificação se mantenha segura e estável ao longo de sua vida útil.

3 CONCLUSÃO

A análise comparativa entre o sistema construtivo LSF e o sistema convencional de alvenaria revelou diferenças significativas nas dimensões técnica, ambiental, econômica e funcional. O LSF destaca-se pela rapidez na execução, graças ao uso de componentes pré-fabricados que otimizam o cronograma e a mão de obra, aspecto crucial para redução de custos e maior previsibilidade em obras. Além disso, apresenta vantagens ambientais importantes, como menor geração de resíduos, uso de materiais recicláveis e economia de recursos naturais, sobretudo água, por ser um sistema predominantemente seco, além de oferecer bom desempenho termoacústico com isolantes como lã de vidro, lã de PET ou EPS.

Em contraste, o sistema convencional, embora consolidado e confiável, demanda maior consumo de materiais, água, geração de resíduos e mão de obra intensiva, resultando em prazos mais longos e custos que podem aumentar devido a baixa produtividade e manutenção. No âmbito estrutural, o LSF se beneficia do baixo peso próprio, permitindo fundações mais simples e econômicas, enquanto a alvenaria exige fundações robustas e mais onerosas, influenciando diretamente o custo e a complexidade da obra.

Conclui-se, portanto, que o LSF representa uma alternativa eficiente, sustentável e tecnicamente sólida, especialmente para construções que priorizam agilidade, economia e qualidade. Apesar dos desafios no Brasil, como a necessidade de capacitação e adaptação cultural, o avanço do setor tende a consolidar o LSF como uma solução cada vez mais presente no mercado nacional. Este trabalho reforça a importância de incentivar sistemas construtivos

inovadores e ampliar pesquisas que promovam sustentabilidade, eficiência e qualidade nas edificações brasileiras.

REFERÊNCIAS

CAMARGO, M. P. **Análise comparativa entre Light Steel Frame e Alvenaria Convencional**. 28f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Pitágoras Unopar, Curso Bacharelado em Engenharia Civil. Arapongas, 2021. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/42161/1/MATHEUS_PEIXOTO_CAMARGO.pdf. Acesso em: 10 jun. 2025.

CÉLERE Engenharia. **Tipos de fundação para construções com Steel Frame**. 2024. Disponível em: <https://celere-ce.com.br>. Acesso em: 10 jun. 2025.

CERÂMICA MÔNACO. **Tipos de fundações rasas**. 2025. Disponível em: <https://ceramicamonaco.com.br/blog/tipos-de-fundacoes-rasas/>. Acesso em: 12 jun. 2025.

ENGPRIME. **Manual_SF_Arquitetura_web**. [S.d]. Disponível em: https://engprime.com.br/wp-content/uploads/2020/07/Manual_SF_Arquitetura_web.pdf. Acesso em: 13 jun. 2025.

ESPAÇO SMART. **Steel Framing**. [S.d]. Disponível em: <https://www.espacosmart.com.br/steel-framing>. Acesso em: 13 jun. 2025.

ESPAÇO SMART. **Tipos de laje no Sistema Steel Frame**. 2022. Disponível em: <https://conteudo.espacosmart.com.br/tipos-laje-steel-frame/>. Acesso em: 13 jun. 2025.

ESPLANE – Espaços Planejados. Placa cimentícia: tudo o que você precisa saber. *In: Blog Espaço Smart*. 2020. Disponível em: <https://blog.esplane.com.br/steel-frame-placas-cimenticias/placa-cimenticia-tudo-o-que-precisa-saber/>. Acesso em: 13 jun. 2025.

LIGHT STEEL FRAME ENG. **Quando o steel frame chegou no Brasil: história e futuro do sistema**. 2017. Disponível em: <http://lightsteelframe.eng.br/quando-o-steel-frame-chegou-no-brasil-historia-e-futuro-do-sistema/>. Acesso em: 13 jun. 2025.

SOARES, E. R. **Light Steel Frame - Conhecendo o sistema construtivo a seco**. IFSRG: Charqueadas, 2021.

MARINHO, L.D. Viabilidade da utilização do Sistema Light Steel Frame para construção de habitações populares. 2020. *In: Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. ISSN 2448-0959. 2020. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/arquitetura/sistema-light-steel-frame>. Acesso em: 13 jun. 2025.

MASISA. **Memoria Anual**. 2007. p. 190. Disponível em: https://corporativo.masisa.com/wp-content/files_mf/1418102435MemoriaAnualMasisa2007.pdf. Acesso em: 11 jun. 2025.

SANTIAGO, C.; FREITAS, E.; CASTRO, M. **Manual técnico do sistema construtivo Light Steel Framing**. São Paulo: ABCEM, 2012. p. 26.

TAHARA COMERCIAL. **Chapa de OSB canteiro 1220×2440 mm**. [S,d]. Disponível em: <https://loja.taharacomercial.com.br/produto/chapa-de-osb-canteiro-1220x2440mm/>. Acesso em: 13 jun. 2025.

STEEL FRAME BRASIL. **Como fazer manutenções numa parede de Steel Frame**. 2018. Disponível em: <http://steelframebrasil.com.br/como-fazer-manutencoes-numa-parede-de-steel-frame/>. Acesso em: 13 jun. 2025.

STEELE GLASS. **Placa cimentícia – aplicações e benefícios**. S.d. Disponível em: <https://steeleglass.com.br>. Acesso em: 13 jun. 2025.

SUA OBRA. **Portal da construção civil**. 2025. Disponível em: <https://www.suaobra.com.br>. Acesso em: 11 jun. 2025.

VIVA DECORA. **Lã de vidro: o que é, vantagens e onde usar**. 2024. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br>. Acesso em: 13 jun. 2025.