

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

LEONARDO AUGUSTO CANHA CACURI

**OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS CONSTRUTIVOS:
UMA ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE EM LIGHT STEEL FRAME (LSF)**

Ilha Solteira - SP
2026



LEONARDO AUGUSTO CANHA CACURI

**OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS CONSTRUTIVOS:
UMA ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE EM LIGHT STEEL FRAME (LSF)**

TCC apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS), para obtenção do título de Grau acadêmico Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador(a): Prof. Dr. Jorge Luís Akasaki

Ilha Solteira - SP

2026

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- C119o Cacuri, Leonardo Augusto Canha.
Otimização de processos construtivos: uma análise da produtividade em Light Steel Frame (ISF) / Leonardo Augusto Canha Cacuri. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2026
58 f. : il.
- Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2026
- Orientador: Jorge Luís Akasaki
- Inclui bibliografia
1. Light Steel Frame. 2. Construção Industrializada. 3. Painéis pré-fabricados . 4. Otimização de processos . 5. Construção a seco.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno: **LEONARDO AUGUSTO CANHA CACURI**

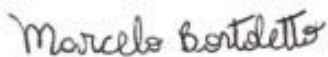
Título: **OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS CONSTRUTIVOS: UMA ANÁLISE DA
PRODUTIVIDADE EM LIGHT STEEL FRAME (LSF)**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil, junto ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Jorge Luís Akasaki
(Orientador)



Prof. Dr. Marcelo Bortoletto
(Examinador)

 Documento assinado digitalmente
RODRIGO GAROZI DA SILVA
Data: 16/06/2026 16:47:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rodrigo Garozi da Silva
(Examinador)

Ilha Solteira

16/06/2026

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado força, saúde e sabedoria ao longo desta caminhada, permitindo que eu superasse os desafios encontrados durante a graduação e a elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, Mônica e Fabio, ao meu padasto, Paulo, e a minha avó, Selma, agradeço por todo amor, apoio, incentivo e confiança depositados em mim. Obrigado por estarem ao meu lado em todos os momentos, por acreditarem no meu potencial e por nunca me deixarem desistir, mesmo diante das dificuldades.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), especialmente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, agradeço pela estrutura oferecida, pelas oportunidades proporcionadas ao longo da graduação e por todo o conhecimento adquirido durante minha formação acadêmica e profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jorge Luís Akasaki, agradeço pela orientação, disponibilidade, paciência e contribuições durante o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso. Seus ensinamentos foram fundamentais para a realização desta pesquisa.

À CórTEX Engenharia, agradeço pelo apoio e pela oportunidade de acompanhar as obras que contribuíram para o desenvolvimento deste estudo. Em especial, agradeço ao Vinicius, à Patrícia e ao Lenoir, pela atenção, disponibilidade e colaboração durante esta etapa.

Aos meus amigos André, Ana Carolina e Samira, agradeço pelo companheirismo, apoio e presença ao longo desta trajetória. Obrigado por estarem comigo nos momentos de dificuldade e por tornarem essa caminhada mais leve.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para minha formação acadêmica, pessoal e profissional, e que fizeram parte desta importante etapa da minha vida.

RESUMO

A construção civil busca constantemente métodos capazes de reduzir desperdícios, otimizar etapas executivas e melhorar a organização dos canteiros de obras. Nesse contexto, o sistema Light Steel Frame apresenta-se como uma alternativa construtiva industrializada, caracterizada pelo uso de perfis leves de aço galvanizado e pela possibilidade de utilização de painéis pré-fabricados. Este trabalho teve como objetivo analisar a produtividade e a otimização do processo construtivo em Light Steel Frame, com foco no uso de painéis produzidos off-site e posteriormente transportados para montagem no canteiro de obras. A pesquisa foi desenvolvida por meio de acompanhamento in loco de quatro obras executadas com esse sistema, sendo duas residenciais, uma guarita e um salão de festas. Foram observadas etapas como fundação, transporte e recebimento dos painéis, montagem e fixação, instalações elétricas e hidráulicas, coberturas, fechamentos e acabamentos. Os resultados indicaram que o uso de painéis pré-fabricados contribuiu para maior agilidade na montagem, redução de atividades executadas diretamente no canteiro, melhor organização da obra e menor geração de resíduos quando comparado à alvenaria convencional. Entretanto, também foram identificados pontos que exigem atenção, como a precisão da fundação, o cuidado no transporte dos painéis, a compatibilização dos projetos e a necessidade de evitar retrabalhos durante as instalações e fixações. Por fim, conclui-se que o Light Steel Frame apresenta potencial significativo para a otimização de processos construtivos, desde que associado a planejamento adequado, controle técnico e integração entre projeto, fabricação, transporte e execução.

Palavras-chave: Light Steel Frame; construção industrializada; painéis pré-fabricados; otimização de processos; construção a seco.

ABSTRACT

The construction industry has increasingly sought methods capable of reducing waste, improving construction site organization, and optimizing execution processes. In this context, the Light Steel Frame system stands out as an industrialized construction method based on lightweight galvanized steel profiles and the use of prefabricated panels. This study aimed to analyze the productivity and optimization of the construction process in Light Steel Frame, focusing on the use of off-site prefabricated panels later transported and assembled on site. The research was developed through on-site monitoring of four construction projects using this system, including two residential buildings, a guardhouse, and an event hall. The monitored stages included foundation, transportation and receiving of panels, assembly and fixing, electrical and hydraulic installations, roofing, closing panels, and finishing. The results showed that the use of prefabricated panels contributed to faster assembly, reduction of activities performed directly on site, better organization of the construction site, and lower generation of waste when compared to conventional masonry. However, some critical aspects were also identified, such as the need for foundation accuracy, careful transportation of panels, project compatibility, and prevention of rework during installation and fixing stages. Therefore, it is concluded that the Light Steel Frame system presents significant potential for optimizing construction processes, provided that it is associated with proper planning, technical control, and integration between design, manufacturing, transportation, and on-site execution.

Keywords: light steel frame; industrialized construction; prefabricated panels; process optimization; dry construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho esquemático de uma residência em Light Steel Framing.	18
Figura 2 – Perfis utilizado em LSF e suas aplicações.	20
Figura 3 – Painel em LSF com contraventamento.	21
Figura 4 – Painel com abertura de janela.....	21
Figura 5- União entre dois painéis.....	22
Figura 6- Alinhamento entre os caibros e as vigas com os montantes do painel.	23
Figura 7- Elementos da tesoura utilizada no LSF.....	23
Figura 8- Tipos de painéis mais utilizados em fechamento do sistema LSF	24
Figura 9 – Registros da Obra	26
Figura 10 – Painel produzido off-site	28
Figura 11 – Obra 1 após a execução dos fechamentos e acabamentos externos	30
Figura 12 – Obra 2 executada em Light Steel Frame durante a etapa de cobertura.	31
Figura 13 – Obra 3 Guarita executada em LSF.....	32
Figura 14 – Obra 4 Salão de festas executado em LSF.....	33
Figura 15 – Locação das tubulações antes da concretagem do radier da obra 1	34
Figura 16 – Concretagem do radier da obra 1.....	34
Figura 17 – Radier da obra 1 finalizado	35
Figura 18 – Locação da fundação com o auxílio da topografia	35
Figura 19 – Estacas moldadas in loco da obra 3.....	36
Figura 20 – Estacas pré-moldadas utilizadas na obra 2.....	37
Figura 21 – Alinhamento e montagem das formas das vigas baldrame	37
Figura 22 – Posicionamento das tubulações na viga baldrame	38
Figura 23 – Concretagem das vigas baldrame	39
Figura 24 – Vigas baldrame finalizadas.....	40
Figura 25 – Transporte dos Painéis pré-fabricados de LSF	41
Figura 26 – Danos causados nos painéis durante o transporte	42
Figura 27 – Içamento e posicionamento dos painéis	43
Figura 28 – Manta asfáltica adesiva na base dos painéis	44
Figura 29 – Conferência do esquadro entre as paredes	45
Figura 30 - Parabolts.....	45
Figura 31 – Retiradas dos fechamentos para a fixação dos painéis	46
Figura 32 – Instalações elétricas no sistema construtivo LSF	47
Figura 33 – Distribuição hidráulica com PEX no sistema LSF	48

Figura 34 – Instalações hidráulicas no sistema LSF	49
Figura 35 – Cobertura com platibanda no sistema LSF	51
Figura 36 – Telhado em estrutura metálica e telhas shingle	51
Figura 37 – Acabamento das paredes em LSF	52
Figura 38 - Comparação entre canteiros de obras em fase de acabamento.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características das obras acompanhadas	29
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LSF	Light Steel Frame
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PFF	Perfis Formados a Frio
OSB	Oriented Strand Board
EIFS	Exterior Insulation and Finish System

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVO GERAL.....	14
1.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	14
1.3	JUSTIFICATIVA	14
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1	CONTEXTO HISTÓRICO.....	15
2.2	O SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME.....	16
2.3	ETAPAS CONSTRUTIVAS DO LSF	19
2.3.1	FUNDAÇÃO	19
2.3.2	ESTRUTURA	20
2.3.3	COBERTURA.....	22
2.3.4	FECHAMENTO	24
3	METODOLOGIA	25
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	25
3.2	COLETA E REGISTRO DOS DADOS.....	26
3.3	CRITÉRIOS DE ANÁLISE	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1	CARATERIZAÇÃO DAS OBRAS ACOMPANHADAS.....	28
4.2	ANÁLISE DAS ETAPAS CONSTRUTIVAS ACOMPANHADAS	33
4.2.1	FUNDAÇÃO E PREPARAÇÃO DA BASE	33
4.2.2	TRANSPORTE E RECEBIMENTO DOS PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS.....	40
4.2.3	MONTAGEM E FIXAÇÃO DOS PAINÉIS.....	42
4.2.4	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS.....	47
4.2.5	COBERTURA E ACABAMENTOS	50
4.3	COMPARATIVO ENTRE LSF E ALVENARIA CONVENCIONAL	53
5	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a geração de resíduos na construção civil é um tema central na engenharia atual, visto que o acúmulo desses materiais gera grandes problemas ao meio ambiente, além de comprometer o cronograma e a produtividade da obra. Uma alternativa para contornar esse problema seria a adoção de técnicas construtivas que minimizem a geração de resíduos e sejam mais sustentáveis.

Nesse contexto, o sistema Light Steel Frame (LSF) destaca-se por sua alta eficiência. Trata-se de uma técnica construtiva baseada em estruturas de aço leve pré-fabricadas, que vem ganhando espaço no mercado brasileiro (Silva et al., 2020). O LSF se estabeleceu como uma solução de engenharia avançada, sendo amplamente reconhecido por sua natureza industrializada e "a seco", promovendo uma significativa redução no ciclo total da obra.

Um dos grandes diferenciais desse sistema é a rapidez na execução em relação aos sistemas convencionais utilizados no Brasil, essa eficiência se dá pela pré-fabricação, as peças já chegam ao canteiro com as dimensões exatas e prontas para a montagem "*in loco*". Além disso, o Steel Frame é mais sustentável do que a construção convencional, pois produz menos resíduos e utiliza menos recursos naturais (Puga & Oliveira, 2019).

Apesar do cenário de modernização, o uso do Light Steel Frame (LSF) no Brasil ainda não é muito utilizado quando comparado aos sistemas convencionais, devido a barreiras culturais e a forte tradição da alvenaria no país. Portanto, entender a fundo as etapas desse sistema é fundamental para que se possa quebrar esse paradigma tradicional, extraindo o máximo de eficiência do método, garantindo que a agilidade e a limpeza prometidas pelo LSF se concretizem na prática construtiva.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a produtividade do sistema Light Steel Frame na construção civil, com foco no ganho de eficiência proporcionado pelo uso de painéis pré-fabricados, estabelecendo uma análise comparativa e crítica sobre a aplicação deste método como estratégia de otimização de processos.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Documentar as etapas executivas de obras realizadas em *Light Steel Frame*, através do acompanhamento *in loco*, registrando de forma técnica desde a fundação até o acabamento.

Descrever o fluxo executivo de montagem dos painéis industrializados *off-site*, detalhando desde a logística de chegada ao canteiro até o posicionamento final sobre a fundação.

Avaliar o desempenho produtivo na instalação dos sistemas elétricos e hidráulicos dentro dos painéis pré-montados (com fechamentos e isolamentos integrados), verificando a eficácia do método e possíveis dificuldades encontradas.

Analisar uso do sistema Steel Frame na construção de residências e as vantagens e desvantagens do método em relação aos métodos tradicionais.

1.3 JUSTIFICATIVA

A construção civil brasileira ainda é marcada pela predominância de métodos construtivos convencionais, principalmente a alvenaria, que, apesar de amplamente conhecida e utilizada, apresenta limitações relacionadas à geração de resíduos, maior tempo de execução e maior dependência de atividades realizadas diretamente no canteiro de obras. Nesse contexto, torna-se importante estudar alternativas construtivas que contribuam para a racionalização dos processos, melhoria da produtividade e organização das etapas executivas.

Nesse contexto, o Light Steel Frame se destaca como uma alternativa construtiva industrializada, principalmente quando associado ao uso de painéis pré-fabricados produzidos *off-site*. Essa forma de execução permite que parte das atividades seja realizada fora do canteiro, reduzindo serviços manuais no local da obra e favorecendo maior controle sobre a montagem, transporte e instalação dos elementos.

A escolha deste tema se justifica pela necessidade de compreender, na prática, como o uso de painéis pré-fabricados em Light Steel Frame pode influenciar a produtividade da obra, a organização das etapas construtivas e a redução de retrabalhos. Além dos benefícios esperados, o sistema também exige cuidados técnicos, como precisão na fundação, compatibilização dos projetos e planejamento adequado da logística de transporte e montagem.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. O capítulo 1 apresenta a introdução do tema, destacando a importância de métodos construtivos mais eficientes e o uso do Light Steel Frame como alternativa à construção convencional.

O capítulo 2 traz a revisão bibliográfica, abordando o histórico do sistema, suas principais características e as etapas construtivas do LSF, como fundação, estrutura, cobertura e fechamentos.

O capítulo 3 apresenta a metodologia adotada, explicando como foram acompanhadas as obras, como os dados foram registrados e quais critérios foram utilizados na análise. Já no capítulo 4 reúne os resultados e discussões, com a análise das obras acompanhadas, das etapas executivas observadas e da comparação entre o Light Steel Frame e a alvenaria convencional.

Por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões do trabalho, destacando os principais resultados obtidos e as contribuições do sistema Light Steel Frame para a otimização dos processos construtivos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

O surgimento do Light Steel Frame está relacionado ao desenvolvimento dos sistemas construtivos leves nos Estados Unidos, durante o século XIX. Nesse período, o crescimento populacional, impulsionado pela expansão territorial e pela imigração, aumentou a necessidade de construções habitacionais mais rápidas, econômicas e adaptadas aos materiais disponíveis. Inicialmente, a madeira foi amplamente utilizada, dando origem ao sistema Wood Frame. Entretanto, com o avanço da industrialização e a crescente preocupação com a exploração das florestas, tornou-se necessário buscar alternativas construtivas que pudessem substituir parcialmente a madeira, favorecendo o uso de perfis metálicos leves nas edificações (Marinho, 2020).

Segundo Borges e Tanno (2022), no período pós-Segunda Guerra Mundial, o Japão passou a utilizar o sistema LSF como alternativa para reconstruir edificações destruídas pelos bombardeios. Como o uso da madeira foi restringido pelo governo, devido à sua contribuição para a propagação de incêndios, a indústria japonesa começou a desenvolver perfis de aço leves para aplicação na construção civil, o que contribuiu para o avanço do país nesse setor.

A própria nomenclatura do Light Steel Framing (LSF) já evidencia a leveza estrutural no canteiro de obras como sua principal característica. Esse diferencial técnico justifica sua ampla predominância e aceitação em países desenvolvidos, figurando como o método construtivo mais adotado no território norte-americano, em solo japonês e em grande parte do continente europeu (Dias; Villela, 2024).

De acordo com Soares (2021), o sistema chegou ao Brasil por volta da década de 1990, introduzido por profissionais vindos dos Estados Unidos. Porém, sua disseminação ocorreu lentamente devido à falta de conhecimento do público, à escassez de mão de obra qualificada, ao alto custo inicial dos materiais, que eram importados na época, e ao baixo custo da mão de obra na construção convencional, fator que desestimulava a industrialização do setor.

No Brasil, o sistema construtivo LSF ainda não é muito utilizado, por fatores culturais e econômicos, utiliza-se muito a alvenaria convencional. Segundo o IBGE (2024) 89,3% da população brasileira vive em domicílios construídos a partir de métodos construtivos convencionais, evidenciando a predominância desse modelo no país.

2.2 O SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME

O sistema construtivo Light Steel Frame (LSF) é composto por perfis de aço galvanizados leves dobrados a frio que atuam para suportar as cargas atuantes na edificação, sendo versátil e flexível quando comparado ao sistema de alvenaria convencional, podendo ser estrutural e não estrutural, sendo possível utilizá-lo em diversas etapas da construção, como fechamento, vedações, lajes e telhados (Neiva, 2021).

Porém o LSF não se resume a somente a sua estrutura, por se tratar de um sistema construtivo, ele é formado por diferentes componentes e subsistemas que atuam de maneira integrada. Dentre eles a fundação, o isolamento térmico e acústico,

os fechamentos internos e externos, além das instalações elétricas e hidráulicas (Consul Steel, 2002).

De acordo com Jelčić Rukavina et al. (2022), o desempenho dos sistemas em Light Steel Frame está relacionado à escolha adequada de seus componentes, como perfis de aço, placas de fechamento e materiais isolantes, pois esses elementos podem influenciar aspectos como desempenho térmico, resistência ao fogo, desempenho acústico e resistência mecânica do sistema construtivo.

Segundo Santiago (2012), por ser um método industrializado, ele é considerado como um sistema construtivo a seco. Isso se deve ao fato de que seus componentes são previamente fabricados, chegando prontos ao canteiro de obras para montagem. Sem necessidade da utilização de processos úmidos como o uso de argamassa e concreto, reduzindo o consumo de água durante a execução da obra. Segundo Vivan e Paliari (2021), a produção de edificações modulares em Light Steel Frame pode ser organizada por meio de linhas de montagem, permitindo maior controle do processo produtivo e redução do tempo de execução das obras realizadas com o método construtivo.

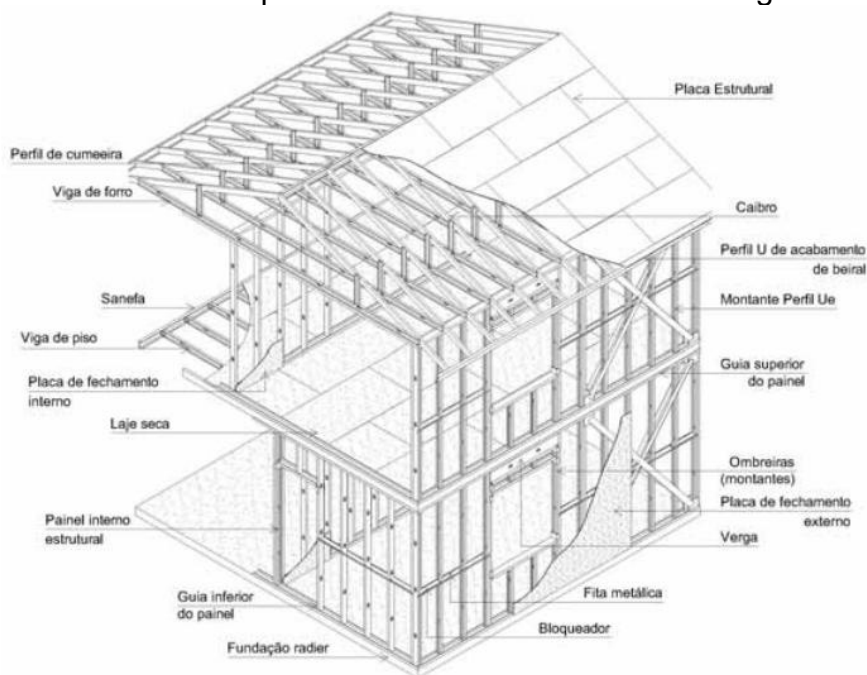
A produtividade em edificações executadas em Light Steel Frame pode ser analisada a partir de fatores como a organização das etapas construtivas, a racionalização do canteiro de obras, a facilidade de montagem, manuseio e transporte dos componentes, bem como a possibilidade de parte das peças ser montada previamente em fábrica ou no próprio canteiro, contribuindo para maior rapidez de execução da edificação (Moreira; Santos Júnior; Santos, 2023).

De acordo com Frare et al. (2021), o LSF apresenta como principal benefício a velocidade de execução, com potencial para diminuir o prazo da obra em aproximadamente 50% em relação à alvenaria convencional. Por isso, esse sistema pode ser uma alternativa vantajosa em construções que exigem maior rapidez para serem finalizadas e entregues para uso. Já o método convencional se destaca principalmente pelo custo mais acessível e pela facilidade de encontrar materiais disponíveis no mercado.

De acordo com Crasto (2005), devido à sua semelhança com o “drywall”, amplamente utilizado em vedações internas para a divisão de ambientes, a principal diferença entre eles é que o “drywall” não possui função estrutural, ele utiliza perfis de aço galvanizado com espessuras menores, dependendo de uma estrutura independente para suportar as cargas da edificação. Quanto à estruturação do LSF,

as peças de aço galvanizado são conectadas para a formação de painéis estruturais, que são parafusados e espaçados conforme o projeto estrutural, geralmente com distanciamentos de 400 ou 600 mm. A Figura 1 ilustra esquematicamente, a estrutura e os subsistemas de uma casa em LSF (Santiago; Freitas; Crasto, 2012).

Figura 1 – Desenho esquemático de uma residência em Light Steel Framing.



Fonte: Manual Steel Framing: Arquitetura (2012).

A ordem das etapas construtivas é semelhante ao método de alvenaria convencional, iniciando pela limpeza do terreno, execução da topografia e o nivelamento do local, em seguida realiza-se a fundação, montagem da estrutura, instalações elétricas e hidráulicas, fechamento das paredes, montagem das esquadrias e por fim acabamentos e revestimentos (Ribeiro, 2018).

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012), o sistema Light Steel Frame pode ser empregado em edificações residenciais e comerciais de até quatro pavimentos. Além disso, o método apresenta flexibilidade de aplicação, podendo ser utilizado em diferentes tipos de construções, como residências, hotéis, hospitais, escolas, lojas e edifícios comerciais.

O sistema LSF apresenta como uma de suas principais vantagens a rapidez de execução, pois seus componentes podem ser produzidos de forma industrializada e montados com maior agilidade no canteiro de obras. Essa característica contribui para o aumento da produtividade, redução do tempo de obra e melhor organização das

etapas construtivas, principalmente quando comparado aos métodos convencionais, que dependem de processos mais artesanais e com maior uso de materiais úmidos (Moreira; Santos Júnior; Santos, 2023).

Por outro lado, o custo inicial pode ser superior ao da alvenaria convencional, principalmente pela utilização de materiais industrializados, componentes específicos e necessidade de mão de obra especializada. Dessa forma, mesmo que o sistema proporcione ganho de produtividade e redução do prazo de execução, sua viabilidade deve ser analisada considerando não apenas o custo direto da obra, mas também o tempo de execução, a qualidade final, a redução de desperdícios e o planejamento do empreendimento (FRARE et al., 2021).

2.3 ETAPAS CONSTRUTIVAS DO LSF

2.3.1 FUNDAÇÃO

A fundação é uma das etapas mais importantes no processo construtivo Light Steel Frame (LSF), pois é responsável por receber e transmitir ao solo as cargas solicitantes da edificação, garantindo estabilidade, segurança e desempenho estrutural. Embora o sistema LSF se caracterize pela leveza de seus componentes em comparação aos sistemas construtivos convencionais, a definição da fundação não deve ser feita apenas em função da redução de peso da estrutura, mas também considerando as características geotécnicas do terreno, as cargas atuantes, o número de pavimentos e as especificidades do projeto. Os tipos de fundações mais utilizados em obras realizadas com o LSF são fundações superficiais, como radier, sapatas corridas e vigas baldrame (Santiago; Freitas; Crasto, 2012).

Segundo Consul Steel (2002), as cargas são distribuídas de forma uniforme, diferente das construções convencionais, em que as cargas dos pilares são transmitidas para as fundações e das fundações para o solo. As instalações elétricas e hidrossanitárias devem ser previstas e executadas de forma integrada a etapa de fundação (Ribeiro, 2018). Uma vez que a passagem de tubulações e eletrodutos precisam ser alocadas em suas devidas posições antes de realizar a concretagem da fundação. Esse planejamento evita a necessidade de realizar cortes posteriores na estrutura e reduz o retrabalho, além de contribuir para a qualidade e agilidade na execução da obra.

A fixação dos painéis é definida de acordo com o projeto estrutural. Essa ligação é normalmente realizada por meio de chumbadores, parabolts ou outros

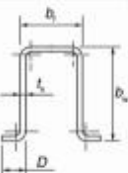
dispositivos de ancoragem. Elas devem ser dimensionadas para resistir as cargas verticais e as cargas horizontais, como a ação do vento e possíveis deslocamentos (Santiago; Freitas; Crasto,2012).

2.3.2 ESTRUTURA

A estrutura do sistema Light Steel Frame é composta por perfis formados a frio de aço galvanizado leve. O tipo “U”, utilizado como guia na base e no topo dos painéis, ou o tipo “C” ou “Ue” enrijecido para montantes e vigas, com limite de escoamento mínimo de 230 MPa (Crasto,2005).

Em relação aos perfis formados a frio (PFF) é importante definir quais são os principais tipos empregados no sistema LSF. No Brasil, esses perfis são regulamentados pela ABNT conforme a norma NBR 15253:2014, sendo caracterizados por possuírem revestimento metálico e aplicação em painéis reticulados de edificações, A Figura 2 apresenta os tipos de perfis e suas respectivas aplicações.

Figura 2 – Perfis utilizado em LSF e suas aplicações.

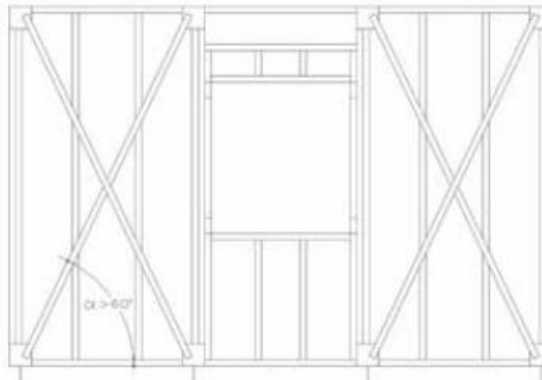
Seção transversal	Denominação ABNT NBR 6355	Utilização
	U simples $U\ b_1 \times b_2 \times t_1$	Guia Ripa Bloqueador Guia de entrepiso Terça
	U enrijecido $Ue\ b_1 \times b_2 \times D \times t_1$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga Terça Guia enrijecida (sistema com encaixes estampados)
	Canal $C\ b_1 \times b_2 \times D \times t_1$	Ripa
	Cantoneira de abas desiguais $L\ b_1 \times b_2 \times t_1$	Cantoneira

Fonte: NBR 15253: 2014

As espessuras das chapas variam entre 0,80 até 3,0mm (NBR 15253, 2005). Segundo Santiago (2012), os montantes sozinhos não conseguem suportar os

esforços horizontais que atuam na estrutura. Para manter a estabilidade, é necessário utilizar ligações rígidas, como os contraventamentos. O tipo mais comum é o de formato de “X”, feito com fitas de aço galvanizado fixadas na face do painel como ilustrado a Figura 3.

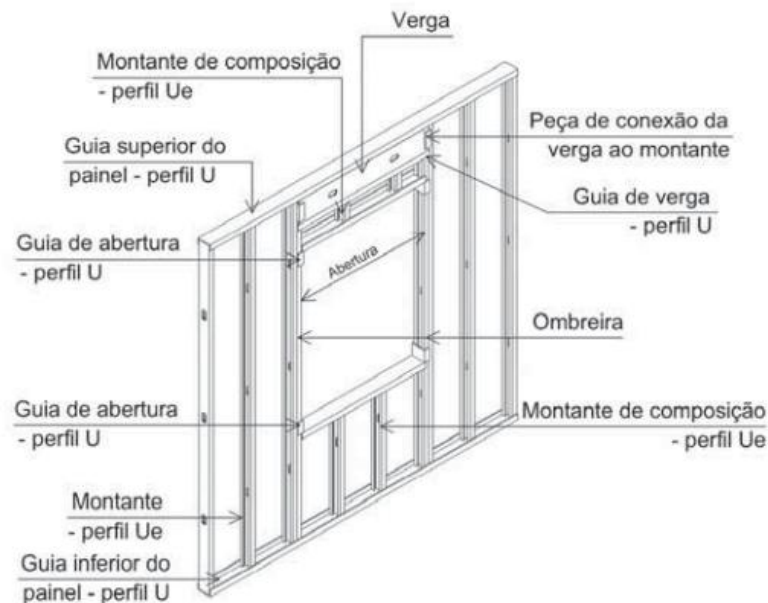
Figura 3 – Painel em LSF com contraventamento.



Fonte: Manual Steel Framing: Arquitetura (2012).

Segundo Ribeiro (2018) em painéis que há aberturas para portas e janelas, é necessário o uso de uma peça para realizar a função da verga, com o intuito de distribuir os esforços nesse espaço para os montantes laterais, os quais são chamados de ombreiras, conforme ilustrado na figura 4.

Figura 4 – Painel com abertura de janela

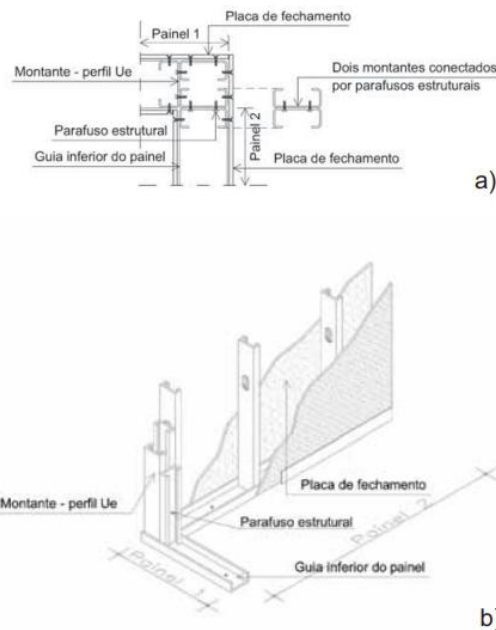


Fonte: Crasto, 2005

Nas ligações entre painéis estruturais, podem ser adotadas diferentes tipos de conexões, as quais dependem da quantidade de painéis envolvidos e do ângulo formado entre eles. Nesses encontros, é fundamental assegurar a rigidez do conjunto, sua capacidade de resistir aos esforços solicitantes, o uso racional dos materiais e, ainda, garantir uma base adequada para a fixação dos painéis de vedação internos e externos (Crasto, 2005).

A ligação entre os painéis é realizada através da conexão entre os montantes, podendo utilizar peças pré-montadas para facilitar a execução dessa montagem, conectados normalmente com parafusos sextavados que são de uso estrutural (Santiago; Freitas; Crasto, 2012). Na Figura 5 é mostrado como é realizada a conexão entre os painéis.

Figura 5- União entre dois painéis



Fonte: Manual Steel Framing: Arquitetura (2012).

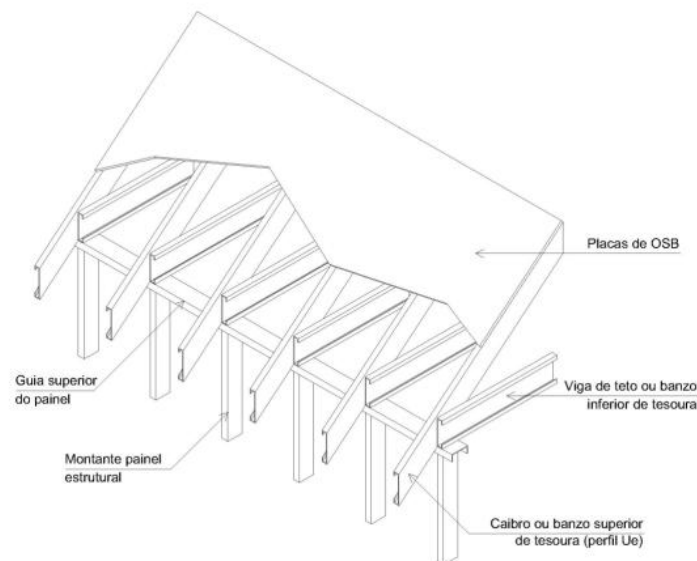
Legenda: a) planta; b) perspectiva.

2.3.3 COBERTURA

Existem diversas alternativas estruturais para a execução da cobertura de uma edificação em LSF. A definição da solução mais adequada está relacionada a diferentes aspectos, como o vão a ser vencido, as cargas atuantes, os critérios estéticos e a viabilidade econômica. Podendo ser planas ou inclinadas (Santiago; Freitas; Crasto, 2012).

Segundo Vivan (2011) a cobertura utiliza o mesmo material dos painéis estruturais, sendo composto por tesouras e caibros. A estrutura do telhado é semelhante à de construções de uma obra convencional, O alinhamento com os montantes deve ser respeitado para assegurar a adequada transmissão axial das cargas, conforme mostra a figura 6.

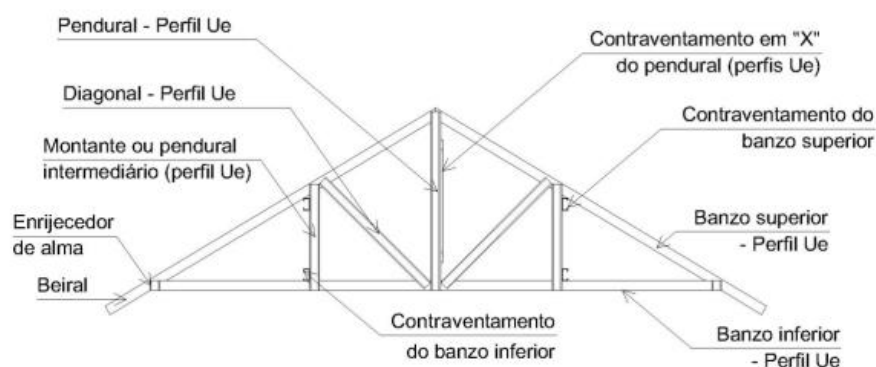
Figura 6- Alinhamento entre os caibros e as vigas com os montantes do painel.



Fonte: Crasto,2005

De acordo com Crasto (2005), a cobertura do LSF permite usar qualquer tipo de telha. No caso do uso da telha shingles, é necessário que seja utilizado placas estruturais como o OSB (Oriented Strand Board), servindo como base de fixação das telhas e dispensando o uso de contraventamento, funcionando como um diafragma rígido travando as tesouras. A figura 7 mostra os elementos de uma tesoura utilizada no Sistema de LSF.

Figura 7- Elementos da tesoura utilizada no LSF.

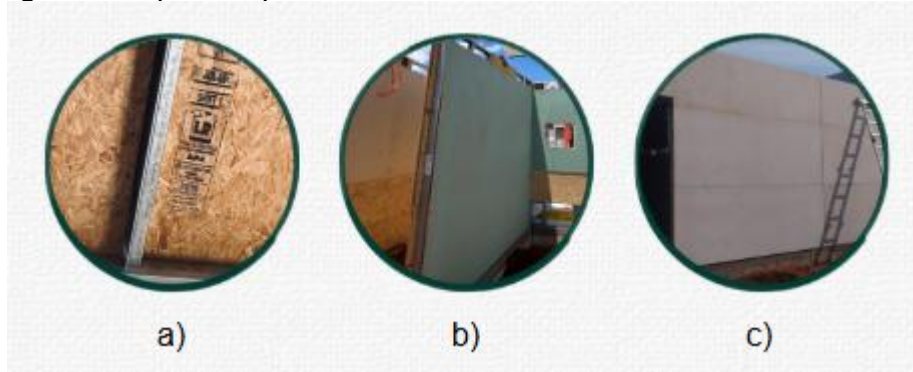


Fonte: Crasto, 2005.

2.3.4 FECHAMENTO

Segundo Santiago (2008), nos fechamentos verticais em LSF, os materiais mais utilizados na face externa são os painéis de OSB, que podem receber acabamentos como o *siding*, argamassa ou EIFS, além das placas cimentícias. Na face interna, os materiais mais empregados são o gesso acartonado e as placas cimentícias. Na figura 8 é mostrado os tipos de fechamentos utilizados.

Figura 8- Tipos de painéis mais utilizados em fechamento do sistema LSF



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Legenda: a) placa de OSB; b) gesso acartonado; c) placas cimentícias.

O sistema LSF destaca-se pelo seu potencial de industrialização, uma vez que a modulação estrutural é definida de modo a otimizar o aproveitamento de chapas e placas. Por essa razão, em grande parte das aplicações, esses componentes são fabricados com largura de 1,20 m compatível com módulos de 400 mm ou 600 mm, como ocorre com as placas cimentícias e de gesso acartonado (Crasto, 2005).

As placas de OSB podem ser empregadas nas faces internas e externas dos painéis, além de atuarem como substrato da cobertura. Devido às suas características, elas não devem ficar expostas diretamente a chuva e ao tempo, necessitando de um acabamento impermeável, principalmente para áreas externas. As placas de gesso acartonado favorecem a construção a seco, pois ela dispensa a utilização de argamassa para realizar seu acabamento (Fabrício, 2008).

As placas cimentícias constituem uma alternativa de acabamento tanto para a face externa quanto para a face interna dos fechamentos verticais em Light Steel Framing. Sua fabricação utiliza a tecnologia CRFS (Cimento Reforçado com Fios Sintéticos), sem adição de amianto, sendo compostas por uma mistura homogênea

de cimento Portland, agregados naturais de celulose e fios sintéticos de polipropileno para reforço (Santiago, 2008).

Os materiais utilizados no fechamento vertical do sistema Light Steel Frame permitem a aplicação de lã de rocha ou lã de vidro entre as placas, contribuindo para o isolamento térmico e acústico da edificação (Vivan, 2011). Entretanto, como o sistema é composto por perfis metálicos, é necessário considerar a influência do aço na transmissão de calor. Segundo Milovanović et al. (2022), esses perfis podem aumentar as perdas térmicas do sistema de fechamento, devido à elevada condutividade térmica do aço, favorecendo a formação de pontes térmicas. Dessa forma, o uso adequado de materiais isolantes é fundamental para melhorar o desempenho térmico e energético da edificação.

Para garantir a estanqueidade do sistema de fechamento, é fundamental que as juntas sejam corretamente dimensionadas e devidamente seladas. Devem ser previstas juntas de dessolidarização entre os painéis e os elementos estruturais, como pilares, vigas e lajes, com largura mínima de 6 mm. Além disso, entre as placas, recomenda-se a adoção de juntas variando entre 3 mm e 6 mm, conforme a espessura do material e as orientações do fabricante (COSTA, 2004). As placas de fechamento são fixadas por meio de parafusos auto-brocantes ou auto-atarraxantes (Santiago; Freitas; Crasto, 2012).

3 METODOLOGIA

O estudo desenvolvido classifica-se como pesquisa aplicada, por analisar em situação real de obra, a produtividade do sistema construtivo Light Steel Frame e a otimização do processo na construção civil. Quanto à abordagem, apresenta um caráter qualitativo, utilizando como base a observação, descrição e interpretação das etapas executivas acompanhadas em campo, registrando tecnicamente o processo construtivo e relacionando suas características, vantagens e limitações em comparação com o método convencional.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo consistiu em obras executadas com o sistema Light Steel Frame, utilizando o método off-site. Nesse modelo construtivo, os painéis estruturais foram previamente montados em fábrica e posteriormente transportados ao canteiro de obras para instalação. Os painéis chegaram prontos, já contendo manta de lã de

pet e painéis de fechamento acoplados, o que reduziu significativamente a necessidade de montagem detalhada no local.

A obra 1 corresponde a uma edificação residencial localizada em um condomínio no município de Ilha Solteira-SP. Nesse mesmo condomínio, também foram acompanhadas as obras 3 e 4, referentes, respectivamente, à guarita e ao salão de festas. Já a obra 2 foi executada na zona rural do município de Esmeralda-SP. Isso permitiu observar a aplicação do sistema em diferentes tipos de edificações.

A escolha desse objeto de estudo se justifica pelo crescente uso da industrialização na construção civil e pela necessidade de compreender, na prática, como a utilização de painéis pré-fabricados influencia o desempenho da obra, em relação a produtividade, organização do canteiro de obra e racionalização de serviços executivos.

3.2 COLETA E REGISTRO DOS DADOS

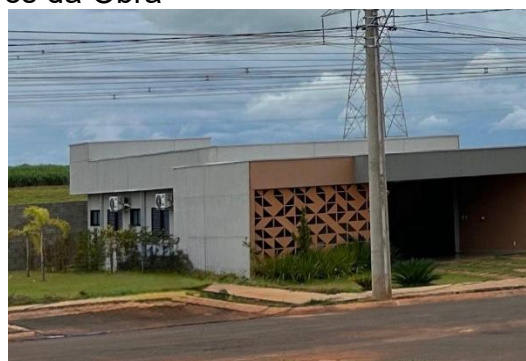
A coleta de dados foi realizada por meio de observação direta em campo, registro fotográfico e anotações técnicas, a partir do acompanhamento in loco de quatro obras executadas no sistema Light Steel Frame. Esse procedimento permitiu reunir informações sobre as etapas construtivas, a logística dos painéis pré-montados e as atividades realizadas no canteiro.

O acompanhamento ocorreu desde as etapas iniciais da obra até sua finalização, registrando desde a execução da fundação até o fechamento e acabamento. Durante o processo, foram registradas todas as etapas observadas, com o objetivo de documentar tecnicamente o desenvolvimento da obra e possibilitar uma análise mais completa. Desde a preparação da base para receber os painéis até a execução dos acabamentos. Na Figura 9 é mostrado a obra 1 na etapa inicial e finalizada.

Figura 9 – Registros da Obra



a)



b)

Fonte: O Autor

Legenda: a) etapa inicial; b) casa finalizada

O registro fotográfico foi utilizado como principal recurso para documentar o desenvolvimento da obra. Por meio das imagens, foi possível acompanhar as etapas executivas, identificar as soluções adotadas no canteiro e registrar as dificuldades encontradas durante a execução.

As anotações técnicas complementaram esse material, permitindo descrever com maior precisão as condições verificadas durante a execução. Foram registrados aspectos como a sequência das atividades, os métodos empregados, as interferências entre serviços, bem como as facilidades e dificuldades encontradas ao longo da obra. Também foram considerados pontos relacionados ao uso dos painéis pré-fabricados no sistema off-site e sua influência sobre o andamento da execução.

Durante essa análise, foram observados fatores como a compatibilização entre projetos, a necessidade de ajustes em campo, a ocorrência de retrabalhos, a organização do canteiro de obras e a influência da pré-fabricação sobre a agilidade e racionalização das etapas executivas.

3.3 CRITÉRIOS DE ANÁLISE

A análise dos dados foi realizada de forma qualitativa, com base na observação das etapas executivas acompanhadas em campo e na comparação entre as práticas verificadas nas obras. Os principais critérios considerados foram a organização do canteiro, a sequência executiva, a logística de transporte e recebimento dos painéis pré-fabricados, a precisão da fundação, o alinhamento e fixação dos painéis, a compatibilização das instalações elétricas e hidráulicas, a execução dos fechamentos, coberturas e acabamentos, bem como a ocorrência de ajustes ou retrabalhos durante o processo.

Também foram considerados aspectos relacionados à otimização do processo construtivo, como a redução de atividades realizadas diretamente no canteiro, a agilidade na montagem dos painéis, a menor geração de resíduos, a racionalização do uso de materiais e a melhoria na organização da obra. Esses critérios foram definidos com o objetivo de avaliar como o uso de painéis pré-fabricados produzidos off-site influencia o desempenho executivo do sistema Light Steel Frame.

Além disso, foi realizada uma análise comparativa entre o sistema Light Steel Frame e a alvenaria convencional, considerando principalmente a organização do canteiro de obras e a geração de resíduos em etapas semelhantes de execução. Essa comparação teve como finalidade verificar as diferenças práticas entre os sistemas construtivos e identificar as contribuições do LSF para a otimização do processo construtivo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARATERIZAÇÃO DAS OBRAS ACOMPANHADAS

A análise dos resultados foi desenvolvida a partir do acompanhamento de obras executadas pelo sistema construtivo Light Steel Frame. O foco principal era otimizar o processo de construção.

As obras analisadas usaram painéis pré-fabricados que foram feitos fora do canteiro de obras, caracterizando o processo off-site. Esses painéis chegaram ao local já montados, com manta e painéis de fechamento acoplados, reduzindo parte das atividades que normalmente seriam realizadas diretamente no canteiro. Essa característica possibilitou avaliar como a industrialização dos componentes pode contribuir para a racionalização da construção, a redução do tempo de execução e a melhoria da organização da obra. Na Figura 10 é mostrado o painel produzido off-site, vindo de fábrica com as mantas e fechamentos acoplados.

Figura 10 – Painel produzido off-site



Fonte: O Autor

O acompanhamento das obras ocorreu em diferentes etapas, como fundação, montagem da estrutura, execução das instalações e acabamentos, identificando tanto os ganhos de produtividade quanto os cuidados necessários para o bom desempenho do LSF. Entre os principais aspectos observados, destacam-se a precisão da fundação, a logística de recebimento dos painéis, a sequência de montagem, a compatibilização dos projetos e a execução dos fechamentos.

O Quadro 1 mostra a caracterização das obras acompanhadas, reunindo as principais informações utilizadas para a análise dos resultados.

Quadro 1 – Características das obras acompanhadas

Obra	Tipo de edificação	Sistema Construtivo	Etapas acompanhadas	Características dos painéis
Obra 1	Residencial	Light Steel Frame	Fundação, montagem, instalações e acabamentos.	Painéis pré-fabricados off-site com manta e peineis de fechamento acoplados
Obra 2	Residencial	Light Steel Frame	Fundação, montagem e instalações.	Painéis pré-fabricados off-site com manta e painéis de fechamento acoplados
Obra 3	Guarita	Light Steel Frame	Fundação, montagem, instalações.	Painéis pré-fabricados off-site com manta e painéis de fechamento acoplados
Obra 4	Salão de Festas	Light Steel Frame	Fundação e montagem.	Painéis pré-fabricados off-site com manta e painéis de fechamento acoplados

Fonte: Elaborado pelo autor.

A primeira obra acompanhada corresponde a uma obra residencial. Foi acompanhado desde as etapas iniciais de fundação até a fase de acabamento. Por

se tratar de uma edificação de pequeno porte, a obra possibilitou analisar a aplicação prática do LSF, considerando a sequência executiva adotada, a organização do canteiro, a montagem dos elementos estruturais, a execução dos fechamentos e as etapas finais da construção.

Como pode ser observado na Figura 11, a residência encontra-se finalizada, com os fechamentos e acabamentos externos concluídos, demonstrando o aspecto final da edificação executada em sistema Light Steel Frame com painéis pré-fabricados.

Figura 11 – Obra 1 após a execução dos fechamentos e acabamentos externos



Fonte: O Autor

A segunda obra analisada é uma residência construída com o sistema LSF, localizada em uma área rural. Assim como a primeira obra, ela também utilizou os painéis pré-fabricados, montados off-site, possibilitando analisar a aplicação do sistema em um contexto com características diferentes, especialmente em relação ao acesso ao canteiro, à logística de transporte dos materiais e à organização das etapas executivas.

O acompanhamento ocorreu desde a fase de fundação até a execução da cobertura, permitindo observar a preparação da base, o recebimento e o posicionamento dos painéis, a montagem dos elementos estruturais e o progresso da construção até a cobertura. Até o momento da análise, a obra ainda estava em andamento, com etapas complementares em execução, como a construção da

piscina. Por isso, não conseguimos acompanhar a fase de acabamento final da residência.

Por estar situada em área rural, a obra permitiu observar a importância do planejamento logístico no sistema LSF. Os painéis pré-fabricados precisam chegar ao local em boas condições para a montagem. A Figura 12 mostra a edificação durante a execução da cobertura, evidenciando o estágio em que a construção se encontrava no período acompanhado.

Figura 12 – Obra 2 executada em Light Steel Frame durante a etapa de cobertura



Fonte: O Autor

A terceira obra acompanhada corresponde à execução de uma guarita pelo sistema construtivo LSF. Por se tratar de uma edificação de menor porte e com função específica de controle de acesso, a obra permitiu observar a aplicação do sistema em uma tipologia diferente das residências analisadas anteriormente.

A escolha de usar painéis pré-fabricados foi muito benéfica, pois permitiu que a montagem fosse feita de forma mais rápida e organizada. Isso aconteceu porque os elementos chegaram ao canteiro de obras já preparados, o que reduziu a necessidade de cortes e ajustes durante a execução. Além disso, o uso de painéis com manta e fechamento acoplados ajudou a tornar o processo de construção mais eficiente, diminuindo o número de etapas que precisavam ser feitas diretamente no local da obra.

Na guarita, observou-se também a importância da integração entre a estrutura em LSF e os demais elementos da construção, especialmente a cobertura metálica. Por apresentar uma cobertura com grande projeção, a obra exigiu atenção ao alinhamento dos painéis, à fixação dos elementos estruturais e à compatibilização entre a edificação principal e a estrutura de cobertura.

A Figura 13 apresenta a guarita executada em Light Steel Frame, permitindo visualizar a aplicação do sistema em uma edificação de apoio, demonstrando que o

Light Steel Frame pode ser utilizado não apenas em residências, mas também em construções de menor porte e de uso funcional.

Figura 13 – Obra 3 Guarita executada em LSF



Fonte: O Autor

A quarta obra acompanhada corresponde a um salão de festas executado pelo sistema construtivo LSF. Diferentemente das obras anteriores, o acompanhamento dessa construção ocorreu apenas nas etapas de fundação e montagem dos painéis.

A observação dessa obra permitiu analisar a fase inicial de implantação do sistema, especialmente quanto à preparação da base, ao recebimento dos painéis industrializados e ao processo de posicionamento e fixação dos elementos estruturais. Por se tratar de uma edificação com finalidade diferente das residências acompanhadas, a obra contribuiu para ampliar a análise sobre a aplicação do Light Steel Frame em diferentes tipologias construtivas.

A Figura 14 apresenta o salão de festas, realizado com o sistema LSF, onde pode-se observar como ficou a estrutura após a montagem e fixação dos painéis.

Figura 14 – Obra 4 Salão de festas executado em LSF



Fonte: O Autor

4.2 ANÁLISE DAS ETAPAS CONSTRUTIVAS ACOMPANHADAS

4.2.1 FUNDAÇÃO E PREPARAÇÃO DA BASE

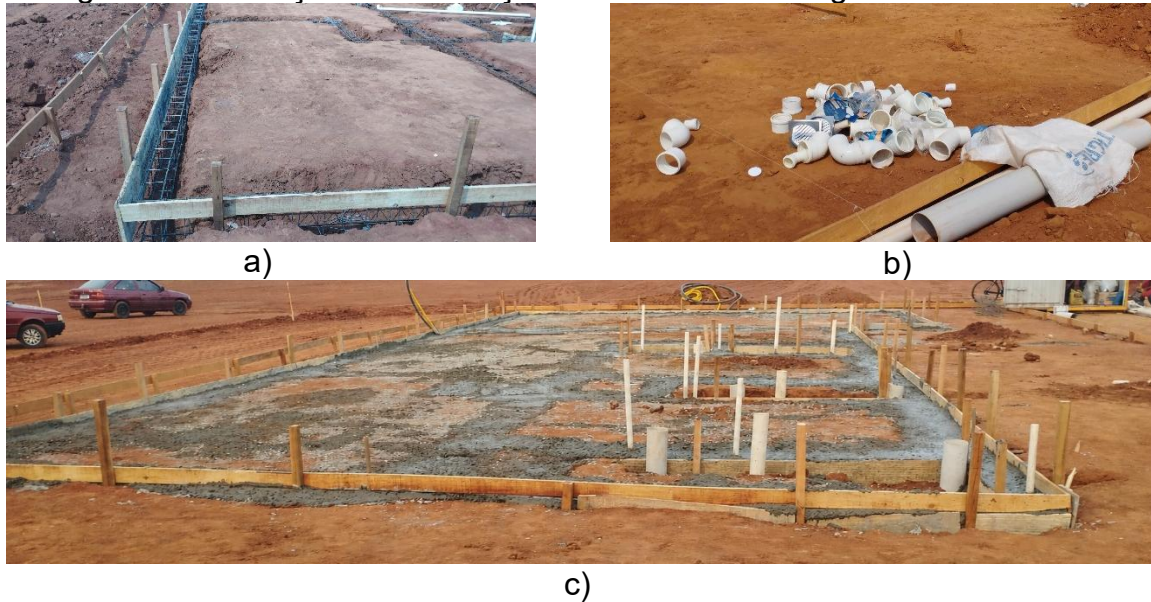
A etapa de fundação foi a primeira etapa observada do processo construtivo das obras acompanhadas, essa fase é a base de toda a edificação, sendo essencial para o bom desempenho do sistema LSF. Apesar do sistema construtivo ser considerado leve em relação aos demais, ele necessita que a fundação seja bem executada, garantindo o alinhamento, nivelamento e compatibilidade dos projetos de fundação e montagem dos painéis.

Nas obras analisadas, foram identificados diferentes tipos de fundação. Em uma das obras foi utilizado o sistema de radier, enquanto nas demais foram executadas fundações compostas por estacas e viga baldrame. Apesar das diferenças entre os sistemas usados, notou-se que ambos exigiram de atenção quanto à locação da edificação, ao nivelamento da base e à conferência das dimensões antes da montagem dos painéis.

No caso da utilização do radier a base funciona como uma laje de concreto apoiada diretamente sobre o solo, permitindo a formação de uma superfície contínua para receber a estrutura da edificação. Esse tipo de fundação pode contribuir para a agilidade da obra, pois concentra em uma única etapa a execução da base estrutural e do piso inicial. No entanto, exige planejamento prévio rigoroso, principalmente em relação ao posicionamento das instalações que ficarão embutidas ou passarão pela

base. Na Figura 15 é mostrado as etapas de locação das tubulações antes da concretagem do radier.

Figura 15 – Locação das tubulações antes da concretagem do radier da obra 1



Fonte: O Autor

Legenda: a) base preparada para receber as tubulações; b) tubulações para serem alocadas; c) tubulações posicionadas para a concretagem do radier.

Após o posicionamento das tubulações, foi iniciada a concretagem do radier. A Figura 16 apresenta o início desse processo, bem como o desempenamento da base, etapa necessária para garantir o adequado nivelamento da superfície.

Figura 16 – Concretagem do radier da obra 1



Fonte: O Autor

Legenda: a) concretagem do radier; b) desempenamento e nivelamento do radier.

Após a concretagem e o desempenamento da superfície, o radier foi finalizado com nivelamento adequado para o recebimento dos painéis em Light Steel Frame, conforme apresentado na Figura 17.

Figura 17 – Radier da obra 1 finalizado



Fonte: O Autor

Além da fundação em radier, nas demais obras acompanhadas foi utilizado o sistema de fundação composto por estacas e vigas baldrame. Essa solução foi utilizada como base para o recebimento dos painéis em LSF, garantindo a função de transmitir as cargas da edificação para o solo e garantir uma superfície adequada para o posicionamento e fixação dos elementos estruturais.

Inicialmente, foi realizada a locação da obra, etapa responsável por definir os pontos de execução das estacas e o alinhamento das vigas baldrame, conforme previsto em projeto. Essa fase é importante para garantir que a fundação esteja compatível com as dimensões dos painéis pré-fabricados, uma vez que esses elementos chegam ao canteiro previamente dimensionados. Com o auxílio da topografia foi realizado a marcações dos pontos e garantir o esquadro entre as vigas baldrame, conforme pode ser observado na Figura 18.

Figura 18 – Locação da fundação com o auxílio da topografia



a)



b)

Fonte: O Autor

Legenda: a) marcação dos pontos de fundação; b) conferência dos pontos de fundação.

Após a locação, foram executadas as estacas, responsáveis pela transferência das cargas da edificação para camadas mais resistentes do solo. Mesmo sendo o Light Steel Frame um sistema construtivo leve em comparação aos métodos tradicionais, a fundação deve ser executada com precisão, pois qualquer erro de posicionamento pode interferir diretamente na montagem dos painéis.

Foram utilizados diferentes tipos de estaca, em uma das obras foram utilizadas estacas pré-moldadas, enquanto nas demais foram utilizadas estacas moldadas in loco. A Figura 19 apresenta a etapa de perfuração das estacas moldadas in loco e o posicionamento da armadura após a concretagem. Já a Figura 20 mostra as estacas pré-moldadas, posicionadas nos pontos previamente definidos com auxílio da topografia.

Figura 19 – Estacas moldadas in loco da obra 3



a)



b)



c)

Fonte: O Autor

Legenda: a) perfuratriz perfurando o solo para receber a armadura e a concretagem da estaca; b) estaca após a concretagem e o posicionamento da armadura; c) vista geral das estacas moldadas in loco.

Figura 20 – Estacas pré-moldadas utilizadas na obra 2



Fonte: O Autor

No caso das estacas pré-moldadas, realizou-se o arrasamento com auxílio de martelete, com o objetivo de regularizar sua altura, atingir a cota de projeto e possibilitar a amarração adequada da armadura da estaca com a viga baldrame.

O próximo passo foi garantir o alinhamento e a realização das formas para a viga baldrame, para isso, foram traçados os eixos de cada viga e, posteriormente, executadas as formas com compensado naval ou tábuas de pinus. A Figura 21 apresenta o alinhamento e a montagem das formas das vigas baldrames.

Figura 21 – Alinhamento e montagem das formas das vigas baldrames



a)



b)



c)



d)

Fonte: O Autor

Legenda: a) forma de tábua de pinus e armadura da viga baldrame posicionadas da obra 4; b) formas de compensado naval para viga baldrame da obra 2; c) linhas de eixo traçada e montagem das formas da obra 2; d) nivelamento e alinhamento para o recebimento das formas da obra 2.

Assim como na fundação em radier, antes da concretagem das vigas baldrames foi realizado o posicionamento das tubulações hidrossanitárias. Essa etapa é importante para garantir a compatibilização das instalações com a fundação, evitando cortes e adaptações posteriores. A Figura 22 apresenta um exemplo de como as tubulações foram posicionadas antes da concretagem.

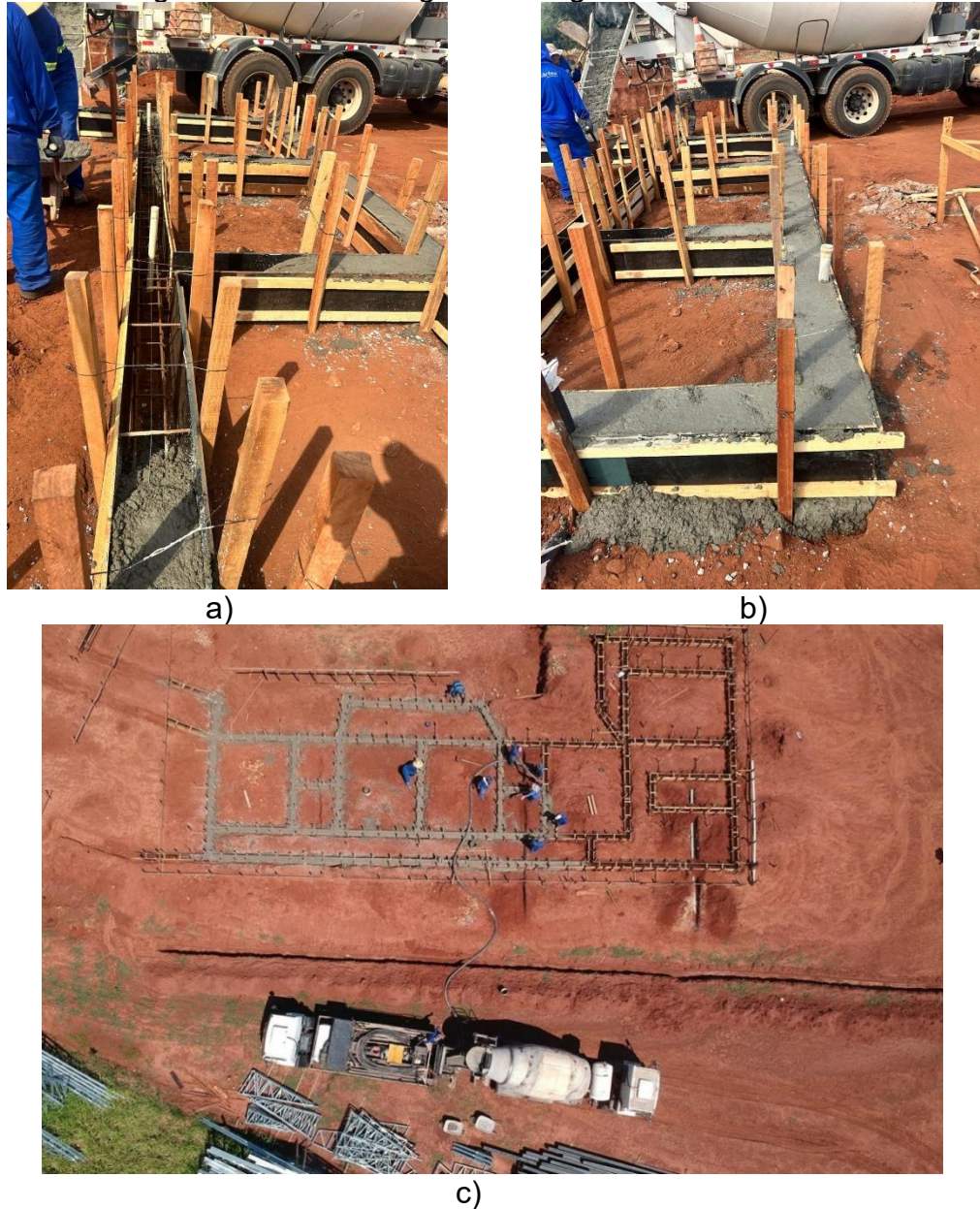
Figura 22 – Posicionamento das tubulações na viga baldrame



Fonte: O Autor

Após a locação das tubulações, foi realizada a concretagem das vigas baldrame, utilizando concreto usinado. Na Figura 23, é possível observar as vigas durante o processo de concretagem.

Figura 23 – Concretagem das vigas baldrame



Fonte: O Autor

Legenda: a) concretagem da viga baldrame da obra 4 com auxílio de uma carriola; b) concretagem da viga baldrame da obra 4 com auxílio de uma carriola; c) concretagem das vigas baldrames da obra 2 com auxílio de uma bomba.

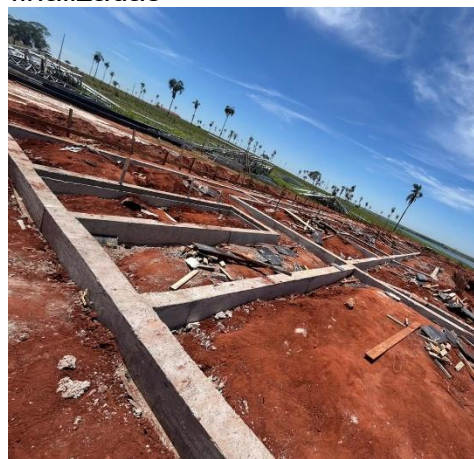
Depois da concretagem, foi realizado o desempenamento e a conferência do alinhamento das vigas baldrame, a fim de garantir uma base adequada para o

recebimento dos painéis em LSF, sem interferências no posicionamento e na fixação dos elementos. Na Figura 24, observam-se as vigas finalizadas.

Figura 24 – Vigas baldrame finalizadas



a)



b)

Fonte: O Autor

Legenda: a) viga baldrame finalizada, obra 3; b) viga baldrame finalizada, obra 2.

Após a finalização das fundações, ambas receberam impermeabilização adequada antes da continuidade das etapas construtivas. Essa etapa é fundamental para proteger a base da edificação contra a umidade proveniente do solo, contribuindo para a durabilidade dos elementos construtivos e para o desempenho adequado do sistema Light Steel Frame.

Assim, foi possível verificar que a fundação exerce papel determinante na otimização do sistema construtivo. Quando executada com precisão, devidamente impermeabilizada e compatível com o projeto, ela contribui para uma montagem mais rápida, organizada e eficiente dos painéis, reduzindo ajustes em campo e favorecendo a continuidade das etapas seguintes da obra.

4.2.2 TRANSPORTE E RECEBIMENTO DOS PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS

Após a execução e preparação da fundação, a etapa seguinte consistiu no transporte e recebimento dos painéis pré-fabricados em Light Steel Frame. Nas obras acompanhadas, a utilização de painéis produzidos previamente em fábrica e montados off site, foi adotada com o objetivo de otimizar o processo construtivo, reduzindo o número de atividades executadas diretamente no canteiro e proporcionando maior agilidade às etapas de montagem.

Os painéis chegaram às obras por meio de caminhões, já com as placas de fechamento acopladas e manta de isolamento. Na Figura 25 mostra como foi feito o transporte dos painéis de LSF montados off site.

Figura 25 – Transporte dos Painéis pré-fabricados de LSF



Fonte: O Autor

Legenda: a) içamento dos painéis; b) painéis alocados no caminhão; c) transporte dos painéis até a obra.

Após o transporte dos painéis pré-fabricados, observou-se que algumas peças estruturais apresentaram danos possivelmente decorrentes do posicionamento inadequado no caminhão e dos deslocamentos ocorridos durante o trajeto até o canteiro de obras. A Figura 26 apresenta exemplos dos danos observados em alguns painéis.

Figura 26 – Danos causados nos painéis durante o transporte



Fonte: O Autor

Legenda: a) dano causado na parte superior do painel; b) dano causado na parte inferior do painel.

Em função disso, foi necessário realizar ajustes em determinados elementos, a fim de garantir as condições adequadas para a montagem e a continuidade da execução.

Essa situação evidencia que, embora a utilização de painéis pré-fabricados contribua para a otimização do processo construtivo, o transporte representa uma etapa que exige planejamento e cuidado técnico. Como os painéis chegam à obra prontos para a instalação, qualquer dano pode comprometer a sequência de montagem, gerar atrasos e aumentar a necessidade de retrabalho.

Dessa forma, pode verificar a importância de adotar medidas preventivas durante o transporte e armazenamento dos painéis, garantindo sua correta fixação no caminhão e proteção contra impactos. Esses cuidados são fundamentais para que os painéis cheguem ao canteiro de obras em boas condições de uso.

4.2.3 MONTAGEM E FIXAÇÃO DOS PAINÉIS

Após o recebimento dos painéis pré-fabricados no canteiro, iniciou-se a etapa de montagem e fixação dos elementos estruturais em Light Steel Frame. Essa fase representa um dos principais momentos de análise da otimização do processo construtivo, pois evidencia a redução de atividades executadas em campo, uma vez que os painéis chegam a obra previamente montados, com placas de fechamento e manta interna acopladas.

A montagem dos painéis ocorreu a partir do posicionamento dos elementos sobre a fundação previamente executada, respeitando a sequência definida no projeto de montagem. Para o transporte dos painéis até o local demarcado para sua fixação,

foi utilizado um caminhão Munck, responsável pelo içamento e deslocamento dos painéis até os pontos indicados no projeto. Na Figura 27, é possível observar o içamento dos painéis até o local onde seriam fixados.

Figura 27 – Içamento e posicionamento dos painéis



a)



b)



c)



d)

Fonte: O Autor

Legenda: a) içamento e posicionamentos dos painéis da obra 1; b) içamento e posicionamentos dos painéis da obra 2; c) içamento e posicionamentos dos painéis da obra 3; d) içamento e posicionamentos dos painéis da obra 4.

A utilização de painéis pré-fabricados contribuiu para maior agilidade na montagem das paredes, pois diminuiu a necessidade de montagem individual dos perfis metálicos in loco. Diferentemente da alvenaria convencional, em que a execução das paredes ocorre de forma gradual, por meio do assentamento manual de blocos, o sistema acompanhado permitiu a instalação de grandes trechos da edificação em menor intervalo de tempo.

Na base dos painéis foi aplicada uma faixa de manta asfáltica adesiva, com o objetivo de promover a impermeabilização da região de contato entre a fundação e a estrutura. Essa medida contribui para proteger os componentes metálicos contra a umidade e auxilia na durabilidade do sistema construtivo. Na Figura 28, é possível observar a manta asfáltica já posicionada na base do painel.

Figura 28 – Manta asfáltica adesiva na base dos painéis



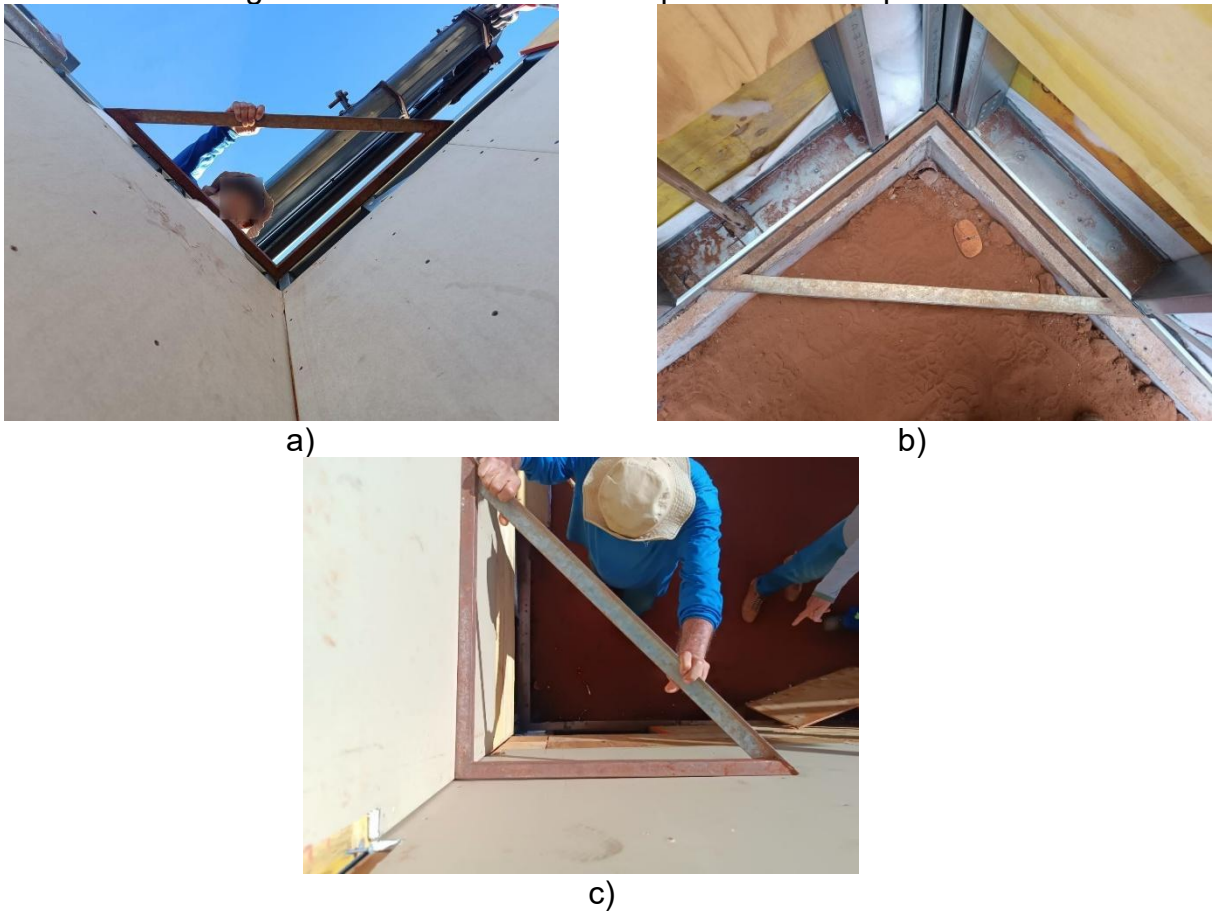
Fonte: O Autor

Legenda: a) detalhe da manta aplicada; b) painel com a manta na base, antes da fixação.

Durante a montagem, verificou-se também a importância da conferência constante das medidas e do posicionamento dos painéis. Como os elementos são produzidos em fábrica, qualquer divergência entre projeto, fundação e painel pode gerar dificuldades de encaixe, necessidade de ajustes e possíveis atrasos na execução. Dessa forma, a precisão das etapas anteriores, especialmente da fundação e da logística de recebimento, influenciou diretamente o desempenho da montagem.

Antes da fixação dos painéis, foram verificados o esquadro e o alinhamento dos elementos, garantindo o posicionamento correto da estrutura de acordo com o projeto. A Figura 29 apresenta a conferência do esquadro realizada durante essa etapa.

Figura 29 – Conferência do esquadro entre as paredes

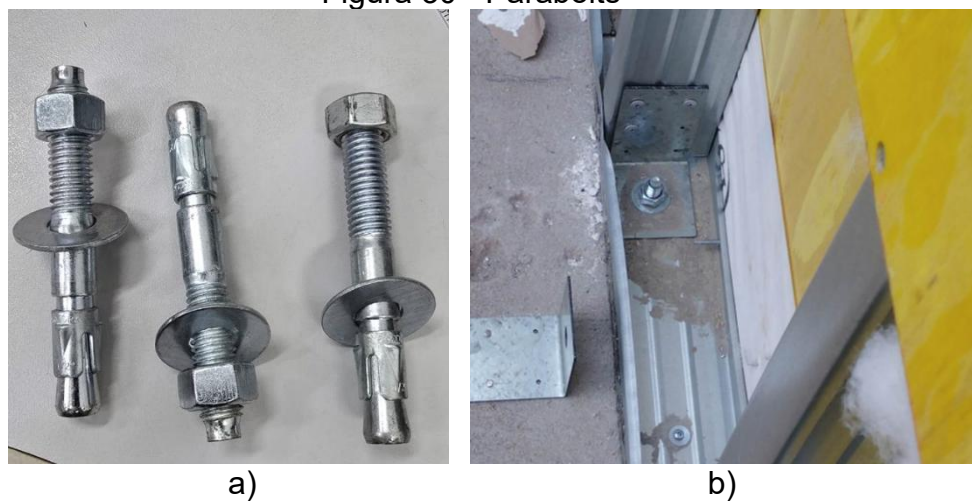


Fonte: O Autor

Legenda: a) conferência do esquadro na parte superior; b) conferência do esquadro na parte inferior; c) conferência do esquadro no centro.

Após o alinhamento dos painéis e a conferência do esquadro, foi realizada a fixação dos elementos à fundação com a utilização de chumbadores mecânicos tipo Parabolts, conforme apresentado na Figura 30.

Figura 30 - Parabolts



Fonte: O Autor

Legenda: a) parabolts utilizados na fixação; b) exemplo de painel fixado.

De modo geral, a montagem com painéis pré-fabricados mostrou-se vantajosa para a otimização do processo construtivo, principalmente pela rapidez na execução. Como os painéis já chegam prontos da fábrica, com parte dos fechamentos e da manta interna acoplados, reduz-se a necessidade de montagem individual dos perfis no canteiro, tornando a execução mais ágil e organizada.

No entanto, durante o acompanhamento, também foi possível observar uma limitação desse método. Para realizar a fixação dos painéis na fundação e permitir a conexão com as tubulações previamente posicionadas, foi necessário remover parte dos fechamentos inferiores que já estavam instalados. Essa situação gerou retrabalho, pois alguns componentes precisaram ser retirados em campo, mesmo já tendo sido acoplados durante a fabricação dos painéis. A Figura 31 apresenta esse procedimento, evidenciando a necessidade de adaptação dos painéis durante a etapa de montagem.

Figura 31 – Retiradas dos fechamentos para a fixação dos painéis



Fonte: O Autor

Dessa forma, verifica-se que a pré-fabricação contribui para a redução do tempo de execução, mas exige maior compatibilização entre projeto, fabricação e montagem. A previsão dos pontos de fixação e das passagens das tubulações ainda na etapa de fábrica pode evitar desmontagens parciais no canteiro, reduzindo retrabalhos e melhorando o desempenho do sistema Light Steel Frame.

4.2.4 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS

Após a montagem e fixação dos painéis, foram analisadas as etapas referentes às instalações elétricas e hidráulicas nas obras acompanhadas. Nas instalações elétricas, observou-se que o processo executivo apresenta semelhanças com o sistema utilizado em obras de alvenaria convencional, principalmente quanto à distribuição dos pontos, passagem dos conduítes, posicionamento das caixas elétricas e passagem das fiações. No entanto, no LSF, a passagem dos conduítes ocorre de forma mais facilitada pela própria configuração dos perfis metálicos, que permitem a condução das tubulações elétricas com menor necessidade de cortes ou intervenções na estrutura.

Essa facilidade está diretamente relacionada ao planejamento prévio dos pontos elétricos em projeto. Como os painéis chegam ao canteiro previamente montados, é necessário que os locais de passagem dos conduítes, interruptores, tomadas e demais pontos estejam definidos antes da execução. Dessa forma, a compatibilização entre o projeto elétrico e o projeto dos painéis torna-se essencial para evitar interferências durante a montagem e reduzir a ocorrência de retrabalhos em campo. A Figura 32 apresenta os procedimentos executivos e os pontos previamente definidos para as instalações elétricas nos painéis em LSF.

Figura 32 – Instalações elétricas no sistema construtivo LSF



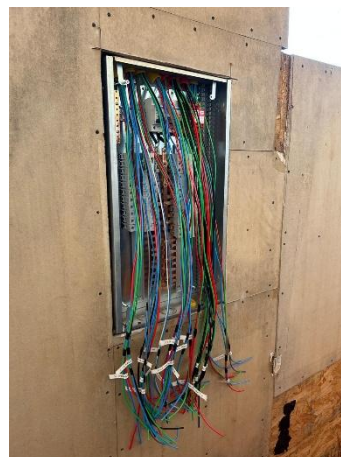
a)



b)



c)



d)

Fonte: O Autor

Legenda: a) pontos de instalações elétricas previamente definidos em projeto; b) ponto de instalação do ar-condicionado e passagem dos conduítes pelo painel; c) organização dos conduítes elétricos em direção ao quadro de distribuição; d) concentração dos circuitos no quadro de distribuição.

Em relação às instalações hidráulicas, foi observada a utilização do sistema PEX, material composto por tubulações flexíveis de polietileno reticulado, empregado na condução de água. Esse tipo de tubulação apresenta maior flexibilidade em comparação aos tubos rígidos convencionais, o que facilita sua passagem pelos espaços internos dos painéis e contribui para uma instalação mais adaptada ao sistema.

Apesar da diferença no material utilizado, a execução das instalações hidráulicas segue princípios semelhantes aos sistemas convencionais, com definição dos pontos de consumo, distribuição das tubulações e conexão aos equipamentos hidráulicos previstos no projeto. Assim, a principal diferença observada está no tipo de tubulação e na forma de passagem dentro dos painéis, e não necessariamente no funcionamento geral do sistema. Na Figura 33 mostra como é feita a distribuição do sistema hidráulico com as tubulações de PEX.

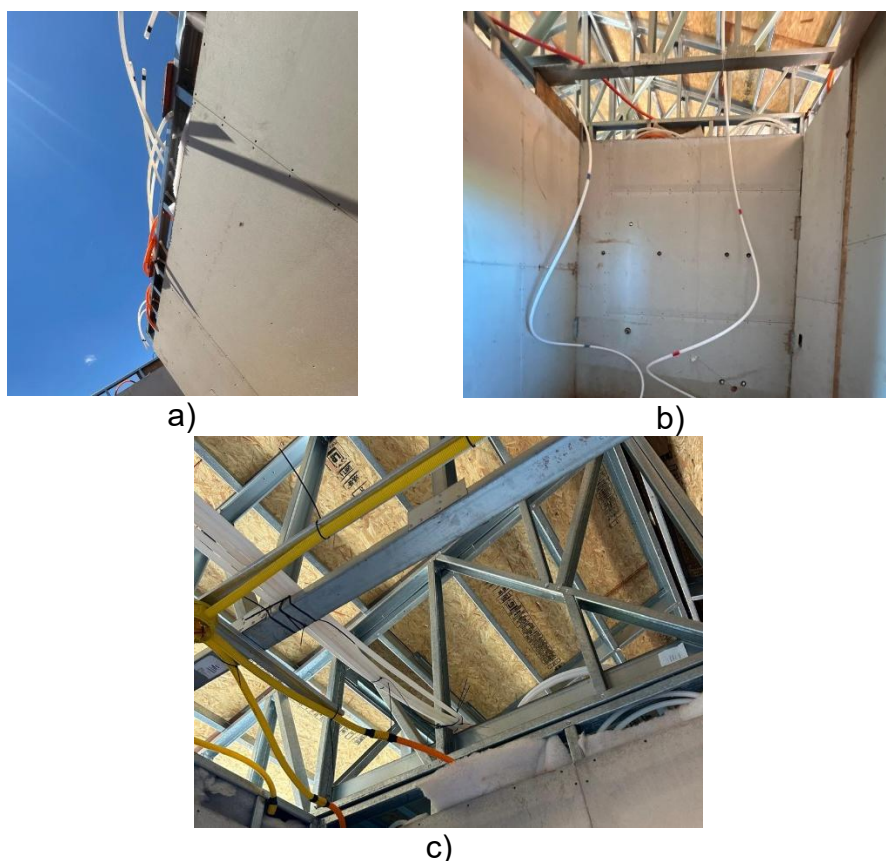
Figura 33 – Distribuição hidráulica com PEX no sistema LSF



Fonte: O Autor

A utilização do PEX mostrou-se adequada ao sistema Light Steel Frame, principalmente por sua flexibilidade e facilidade de manuseio. Essa característica pode contribuir para a otimização do processo construtivo, pois reduz a necessidade de cortes extensos, facilita a passagem das tubulações e permite maior adaptação aos espaços internos dos painéis. No entanto, assim como nas instalações elétricas, seu bom desempenho depende da compatibilização prévia entre os projetos e da correta definição dos pontos de passagem. Na Figura 34 os procedimentos executivos das instalações hidráulicas, os pontos e passagem das tubulações previamente definidas.

Figura 34 – Instalações hidráulicas no sistema LSF



Fonte: O Autor

Legenda: a) tubulações previamente instaladas conforme projeto; b) passagem da tubulação hidráulica; c) direcionamento das tubulações pela estrutura de cobertura.

Durante o acompanhamento, observou-se que as instalações elétricas e hidráulicas não apresentaram grandes dificuldades quando os pontos já estavam previstos em projeto. No entanto, foi possível observar que alterações realizadas após a fabricação ou montagem dos painéis podem gerar dificuldades. Quando os fechamentos já estão instalados, qualquer mudança nos pontos elétricos ou

hidráulicos pode exigir a retirada parcial das placas ou até mesmo necessidade de substituição delas, ocasionando retrabalho e reduzindo os ganhos esperados com a pré-fabricação.

Dessa maneira, a etapa de instalações reforçou a importância da compatibilização entre os projetos elétrico, hidráulico, estrutural e arquitetônico. Quando essa compatibilização é realizada de forma adequada, o sistema LSF permite uma execução mais organizada, com menor necessidade de adaptações em campo. Assim, as instalações elétricas e hidráulicas demonstraram contribuir para a otimização do processo construtivo, desde que sejam planejadas antes da fabricação dos painéis e executadas de acordo com as definições do projeto.

4.2.5 COBERTURA E ACABAMENTOS

Nas obras acompanhadas, foi possível observar diferentes soluções adotadas para a execução das coberturas. Entre elas, destacaram-se a cobertura com platibanda e a cobertura com estrutura metálica associada a telhas shingle. A análise dessa etapa foi importante para compreender como o sistema Light Steel Frame se integra aos demais elementos construtivos da edificação, especialmente após a montagem dos painéis e a execução dos fechamentos.

Nas obras em que foi utilizada a cobertura com platibanda, as telhas ficaram embutidas, não sendo aparentes na fachada. Esse tipo de solução contribui para um aspecto arquitetônico moderno e linear, porém exige atenção especial quanto à execução dos caimentos, calhas, rufos e demais elementos responsáveis pelo escoamento da água pluvial. Nesse sistema, foi utilizada telha sanduiche com EPS, solução que permitiu o fechamento da cobertura de forma compatível com a proposta arquitetônica e colaborou com o isolamento térmico e acústico da edificação. Na Figura 35 mostra o tipo de telha utilizado na platibanda e o telhado acabado após a instalações das telhas.

Figura 35 – Cobertura com platibanda no sistema LSF



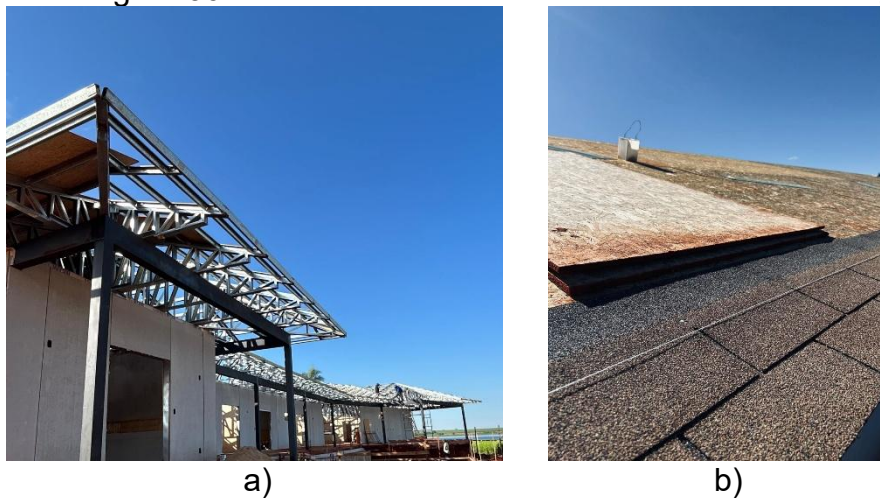
Fonte: O Autor

Legenda: a) telhas sanduiches com EPS e cobertura sem as telhas; b) cobertura finalizada com os devidos caimentos.

Já em outra obra, foi adotada uma cobertura com estrutura metálica e telhas shingle, solução que apresenta bom desempenho estético e é comumente utilizada em coberturas inclinadas. As telhas shingle são compostas por mantas asfálticas estruturadas, caracterizadas pela leveza, flexibilidade e facilidade de adaptação à geometria do telhado. Essas características tornam o material compatível com o sistema Light Steel Frame, pois não gera grandes sobrecargas na estrutura e contribui para uma execução mais racionalizada.

Foi fixado painéis de OSB sobre a estrutura metálica, e assim foram fixadas as telhas. A Figura 36 apresenta o telhado executado com telhas shingle.

Figura 36 – Telhado em estrutura metálica e telhas shingle





c)

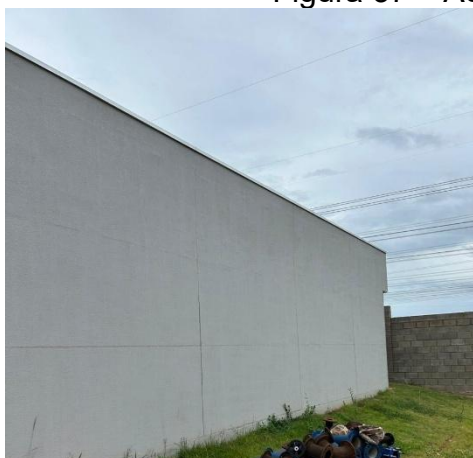
Fonte: O Autor

Legenda: a) estrutura metálica antes da instalação das placas OSB e telhas shingle; b) instalação das placas de OSB e telhas shingle; c) telhado finalizado com as telhas shingle instaladas.

Durante o acompanhamento, pode observar que a etapa de cobertura exige compatibilização adequada com os painéis estruturais, principalmente nos pontos de apoio e fixação. Qualquer falha de alinhamento ou diferença de nível pode interferir na montagem da cobertura e gerar ajustes em campo. Dessa forma, assim como nas etapas anteriores, o planejamento prévio mostrou-se essencial para evitar retrabalhos.

Em relação aos acabamentos foi necessário realizar o tratamento das juntas entre as placas, etapa fundamental para garantir melhor acabamento superficial e evitar o aparecimento de fissuras ou irregularidades nas áreas de encontro dos painéis. Esse procedimento contribui diretamente para a qualidade final da edificação, pois prepara a superfície para as etapas posteriores, como aplicação de massa, revestimentos e pintura. A Figura 37 apresenta um exemplo de falha decorrente da ausência ou execução inadequada do tratamento das juntas, demonstrando a importância dessa etapa para garantir a regularidade da superfície e a qualidade final do acabamento.

Figura 37 – Acabamento das paredes em LSF



a)



b)

Fonte: O Autor

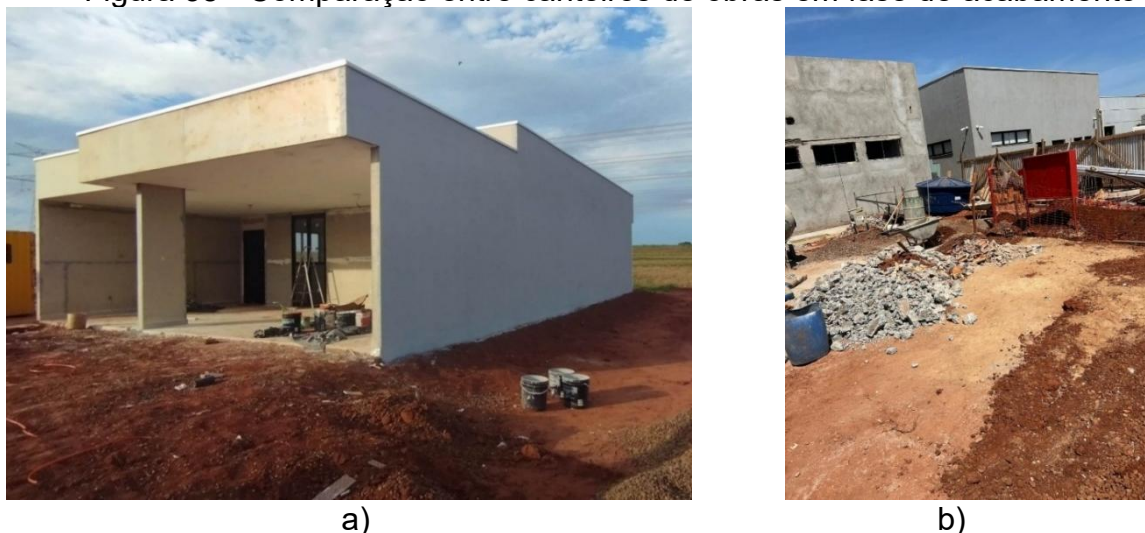
Legenda: a) parede externa que não foi realizado o tratamento das juntas corretamente; b) parede interna que foi realizado o tratamento das juntas corretamente.

Portanto, a etapa de acabamento demonstrou que o sistema Light Steel Frame, apesar de apresentar maior racionalização e rapidez nas fases iniciais, também exige cuidado técnico nas fases finais da obra. A boa execução dos fechamentos, o tratamento adequado das juntas e a compatibilização entre os materiais utilizados são essenciais para garantir a qualidade final da construção.

4.3 COMPARATIVO ENTRE LSF E ALVENARIA CONVENCIONAL

A análise comparativa entre os sistemas Light Steel Frame e alvenaria convencional foi realizada a partir da observação de obras em etapa semelhante de acabamento. Essa comparação permitiu verificar a diferença entre a organização do canteiro, geração de resíduos e a racionalização das etapas executivas. A Figura 38 evidencia essa diferença entre os dois sistemas em uma fase semelhante da obra.

Figura 38 - Comparação entre canteiros de obras em fase de acabamento



Fonte: O Autor

Legenda: a) edificação em Light Steel Frame; b) edificação em alvenaria convencional.

Na obra executada em LSF, observou-se um canteiro mais limpo e organizado, com menor concentração de entulhos e materiais dispersos. Essa condição está relacionada ao próprio método construtivo, uma vez que os painéis chegaram à obra pré-fabricados, com parte dos fechamentos já acoplados, reduzindo a necessidade de cortes, quebras e preparo de materiais diretamente no local. Dessa forma, houve menor movimentação de insumos como blocos, areia, cimento e argamassa, comuns em sistemas convencionais.

Já na obra em alvenaria convencional, verificou-se maior presença de resíduos e materiais espalhados pelo canteiro, como restos de argamassa, blocos, concreto e

entulho resultante de cortes e ajustes executados durante a obra. Esse aspecto é característico de métodos mais artesanais, nos quais grande parte das etapas é realizada diretamente no canteiro, aumentando a geração de resíduos e a necessidade de limpeza constante ao longo da execução.

5 CONCLUSÃO

A análise realizada permitiu compreender a aplicação do sistema Light Steel Frame em diferentes etapas do processo construtivo, com foco no uso de painéis pré-fabricados produzidos off-site. A partir do acompanhamento das obras, foi possível observar que esse método contribui para a racionalização das atividades, a organização do canteiro e a redução de serviços executados diretamente em campo.

Os resultados indicaram que a utilização de painéis pré-fabricados favorece maior agilidade na montagem, uma vez que os elementos chegam à obra previamente montados, com manta interna e placas de fechamento acopladas. Essa característica reduz a necessidade de montagem individual dos perfis no canteiro, tornando o processo mais rápido e organizado quando comparado aos métodos convencionais.

Outro ponto identificado foi que o desempenho do sistema depende diretamente do planejamento das etapas anteriores à montagem. A fundação deve apresentar alinhamento, nivelamento e esquadro adequados, enquanto o transporte dos painéis exige cuidados específicos para evitar danos às peças e possíveis retrabalhos. Além disso, a compatibilização entre projetos mostrou-se essencial para garantir a correta execução das instalações elétricas e hidráulicas, principalmente quando os painéis já estão fechados ou parcialmente montados.

Nas etapas finais, observou-se que o sistema permite diferentes soluções de cobertura e acabamento, desde que sejam respeitadas as especificações de projeto e os cuidados técnicos, como o tratamento adequado das juntas entre as placas. A comparação com a alvenaria convencional demonstrou que o LSF apresentou um canteiro mais limpo e racionalizado, principalmente por se tratar de um sistema construtivo a seco, com menor uso de argamassa, menor geração de resíduos e redução de cortes e quebras durante a execução.

Dessa maneira, o Light Steel Frame com painéis pré-fabricados apresenta potencial relevante para a otimização de processos construtivos, especialmente pela rapidez de montagem, organização do canteiro e redução de desperdícios. Entretanto, para que esses benefícios sejam alcançados, é necessário planejamento técnico,

compatibilização entre projetos, cuidado logístico e mão de obra capacitada. Assim, o LSF se mostra uma alternativa eficiente em relação à alvenaria convencional, desde que compreendido como um sistema industrializado que exige integração entre projeto, fabricação, transporte e montagem.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15253: perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16970-1: Light Steel Framing: sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas: parte 1: desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16970-3: Light Steel Framing: sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas: parte 3: interfaces entre sistemas. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

BEVILAQUA, R. **O sistema Light Steel Framing**. São Paulo: Instituto de Engenharia; CBCA, 2019. Apresentação de slides.

BORGES, V. da S.; TANNO, V. A. **Potencial de crescimento do Steel Frame e Wood Frame no Brasil**. 2022. Artigo acadêmico (Engenharia Civil) – Faculdade Anhanguera de Anápolis, Anápolis, 2022. Repositório PGSSCOGNA.

CONSUL STEEL. **Construcción con acero liviano**: manual de procedimiento. Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 1 CD-ROM (258 p.).

DIAS, T. de L.; VILLELA, M. M. **Sistema Construtivo Steel Frame**. [S. l.]: Kroton/Cogna, 2024. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/62438/1/Sistema%20Construtivo%20Steel%20Frame.pdf>. Acesso em: 26 maio 2026.

FABRÍCIO, M. M. **Industrialização das construções: uma abordagem contemporânea**. 2008. Tese (Livre-Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

FRARE, A. *et al.* Comparativo entre alvenaria convencional e light steel frame em um projeto residencial de Guarapuava-PR. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2021, [S. l.]. **Anais [...]**. [S. l.]: CONTECC, 2021.

GOMES, C. E. M.; VIVAN, A. L.; SICHIERI, E. P.; PALIARI, J. C. **Light steel frame na produção de moradias no Brasil**. In: CONGRESSO DE CONSTRUÇÃO METÁLICA E MISTA, 9.; CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO METÁLICA SUSTENTÁVEL, 1., 2013.

HOLANDA, D. K. de S. L. *et al.* Light steel frame: uma revisão da literatura. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 7, p. 149-156, ago. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua**: características gerais dos domicílios e dos moradores 2024. Rio de Janeiro: IBGE, 2025.

JELČIĆ RUKAVINA, M. *et al.* **Development of lightweight steel framed construction systems for nearly-zero energy buildings.** Buildings, v. 12, n. 7, p. 929, 2022. DOI: 10.3390/buildings12070929.

KLEIN, B. G.; MARONEZI, V. Comparativo orçamentário dos sistemas construtivos em alvenaria convencional, alvenaria estrutural e light steel frame para construção de conjuntos habitacionais. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

MAIOLA, C. H. **Ligações parafusadas em chapas finas e perfis de aço formados a frio.** 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-23032016-094035/>. Acesso em: 3 mar. 2026.

MILAN, G. S.; NOVELLO, R. V.; REIS, Z. C. dos. A viabilidade do sistema light steel frame para construções residenciais. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 7, n. 1, p. 189-209, 2011.

MILOVANOVIĆ, B.; BAGARIĆ, M.; GAŠI, M.; VEZILIĆ STRMO, N. **Case Study in Modular Lightweight Steel Frame Construction: Thermal Bridges and Energy Performance Assessment.** *Applied Sciences*, v. 12, n. 20, p. 10551, 2022. DOI: 10.3390/app122010551.

MOREIRA, Débora Santos; JÚNIOR, José Carlos dos Santos; SANTOS, Anne Caroline Salvador. Produtividade em edificações com o Sistema Light Steel Frame. In: WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS, 4., 2023. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2023. DOI: 10.46421/tecsic.v4.2650. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/tecsic/article/view/2650>. Acesso em: 30 maio. 2026.

RIBEIRO, V. de M.; CARVALHO, L. C. Vantagens em adotar o Light Steel Frame: comparativo entre o método construtivo Light Steel Frame e o método convencional de alvenaria. Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS-MG), [S. l.], 2018.

RODRIGUES, F. C.; CALDAS, R. B. **Steel Framing: engenharia.** 2. ed. rev. Rio de Janeiro: CBCA, 2016.

SANTIAGO, A. K. **O uso do sistema light steel framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não estrutural.** 2008. 153 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de. **Steel Framing: arquitetura.** 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil; CBCA, 2012.

SOARES, E. R. **Light Steel Frame: conhecendo o sistema construtivo a seco.** Produto educacional: apostila de apoio. Charqueadas: Instituto Federal Sul-rio-grandense, 2021.

VIVAN, A. L.; PALIARI, J. C.. Assembly line for the production of light gauge steel frame modular housing. **Gestão & Produção**, v. 28, n. 2, p. e5213, 2021.

VIVAN, A. L. **Projetos para produção de residências unifamiliares em light steel framing**. 2011. 209 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.