

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS SERTÃO
DELMIRO GOUVEIA
ENGENHARIA CIVIL

MARIA CLARA DUARTE FERREIRA

**Uso do Steel Frame para construção de uma residência unifamiliar no litoral:
estudo de caso**

Delmiro Gouveia – AL
2023

MARIA CLARA DUARTE FERREIRA

**Uso do Steel Frame para construção de uma residência unifamiliar no litoral:
estudo de caso**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Alverlando Silva Ricardo.

Delmiro Gouveia – AL

2023

Catálogo na fonte**Universidade Federal de Alagoas****Biblioteca do Campus Sertão****Sede Delmiro Gouveia**

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

F383u Ferreira, Maria Clara Duarte

Uso de *Steel Frame* para construção de uma residência unifamiliar no litoral: estudo de caso / Maria Clara Duarte Ferreira. - 2023. 54 f. : il.

Orientação: Alverlando Silva Ricardo.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2023.

1. Construção civil. 2. Construção limpa. 3. Sustentabilidade. 4. *Light Wood Frame*. 5. Residência unifamiliar. 6. Produtividade. I. Ricardo, Alverlando Silva. II. Título.

CDU: 624.05

Folha de Aprovação

MARIA CLARA DUARTE FERREIRA

Uso do Steel Frame para construção de uma residência unifamiliar no litoral: estudo de caso

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à banca examinadora do curso
de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Alagoas e aprovada em 08 de
Maio de 2023.

(Orientador - Dr. Alverlando Silva Ricardo – UFAL.)

Banca examinadora:

(Examinadora Externa) – Engenheira Civil Thauany Alves Pastor – UFAL)

(Examinador Interno) – Mestre Alexandre Nascimento de Lima – UFAL)

Dedico este trabalho à Deus e a minha família.

AGRADECIMENTOS

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu. ” (Eclesiastes 3,1)

Agora sim vem chegando ao fim mais um ciclo da minha vida, depois de 7 anos, e eu tenho certeza que sozinha não teria conseguido. Foram muitos dias de angústia, muitas crises de V ansiedade, incertezas, inseguranças, choros, noites viradas de estudo ou apenas de desespero em conjunto, mas também foram os melhores anos que pude viver, muito riso leve, amizades que quero levar pro resto da vida, famílias que ganhei nessa cidade.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por sempre ter sido minha fortaleza, e por terem sido anos em que me aproximei cada dia mais dEle, e que mesmo em meio a inconstâncias e muitos altos e baixos, Ele sempre caminhou comigo, e nunca soltou minha mão.

Agradeço a minha família por ter sido apoio, e por estarem sempre ao meu lado, e por me darem tanto amor em cada dia, em especial a: meu pai José Romero, minha mãe Vera Lúcia, minha irmã Isadora e meu irmão Alan. Sem esquecer de toda minha família que demonstra tanto orgulho por mim.

Para viver esses 7 anos da minha vida longe de casa, Deus mandou pessoas essenciais para partilhar dessa loucura comigo, e viver cada experiência em conjunto. Por isso, não é uma conquista só minha, se não fossem essas pessoas teria sido bem mais difícil. Obrigada minhas meninas: Maria Paula, Maria Katarina, Andreza Souza, Katarina Beatriz, Maria Beatriz, Tereza Cristina, Anne Gabrielle, Ariany Carnaúba, Lara Karine. Essas foram as que acompanharam do início até aqui, algumas dividimos a casa, o quarto, outras era a rotina da faculdade e da vida como um todo, incluindo até quando se juntava até para chorar, gratidão a vocês, saibam que tem todo meu amor e admiração por cada uma.

Ainda não parou por aqui, tenho muito a agradecer a pessoas que cruzaram meu caminho no decorrer desse curso e que tanto me ajudaram e ajudam até hoje, Renata Soares foi aquela amiga que era a que me colocava em equilíbrio, e passamos muito sufoco juntas, e que nossa amizade foi ficando cada vez mais firme, e me atura até hoje, tenho muita admiração por você e muito amor.

E uma pessoa que não posso deixar de mencionar é o Micael, aquele que chegou para ficar já na fase final do curso, em meio a estágio, e que pude partilhar da

vida profissional de verdade, aprender tanto com ele, e sou muito feliz com essa amizade tão leve e sincera, muito obrigada. Mencionando novamente Andreza aqui porque nós três estávamos inseridos na mesma empresa, vivendo cada perrengue de obra, loucura, desânimo, tudo com vocês se tornava mais leve, tenho muita admiração, orgulho e amor por vocês.

Deus age de forma precisa e que não entendemos, mas Ele me presenteou com um movimento que roubou meu coração de verdade e não consigo me ver longe dele de jeito nenhum, o Treinamento de Liderança Cristã me chamou logo quando cheguei à Delmiro Gouveia, e foi algo essencial na minha vida cristã e pessoal, me capacitou para tantos âmbitos da minha vida, e junto dele vieram as famílias que ganhei nas pessoas: Carlos Barboza, Thayane Alves, Jordana Sandes, Camila Oliveira, Ailton Gabriel, Joan Gino, Juliana Holanda, Amanda Monteiro, Juliana Barros, Beatriz Marques, Luiz Felipe, Thiago Santos e Jessyca Oliveira, que são verdadeiros anjos em minha vida, gratidão.

Agradeço à Ethica Engenharia, empresa que me deu oportunidade de vivenciar o dia a dia de uma obra, abriu portas para mim nesse mercado de trabalho, e me trouxe vários ensinamentos, desde o estágio até profissional mesmo, e autorizou o estudo de caso em uma de suas obras, auxiliando em tudo que precisei, e por ser uma obra em que estava presente.

Agradecer ao Gustavo Franklin, pela confiança que sempre foi depositada, e por tanto aprendizado, conversas e lições da vida, não somente profissional, também agradeço à Ffabricyca, que muito além de trabalho, virou uma grande amiga, que eu tenho tanto respeito e que sempre era nossa psicóloga, à Mirella que chegou depois e conquistou rapidinho um grande espaço e que tenho muito carinho, e por fim ao Paulo Henrique, que eu pude conviver de forma mais próxima o último mês, e que sempre em cada momento era um aprendizado, obrigada também por sua amizade além do trabalho.

Agradeço ao meu orientador Alverlando Ricardo por toda paciência, ajuda, sugestões, para que eu fizesse da melhor forma este trabalho, admiração grande pelo profissional que és. Também ao professor Rogério de Jesus por ter iniciado nessa caminhada comigo, e por sua amizade para além da sala de aula.

RESUMO

O sistema construtivo Light Steel Frame (LSF) é uma técnica baseada em estruturas de aço leve pré-fabricadas, utilizada em outros países e que vem ganhando espaço no mercado brasileiro. Embora tenha várias vantagens, como rapidez de construção, flexibilidade de projeto e sustentabilidade, ainda há poucos estudos que avaliem sua eficiência no Brasil. Assim, este trabalho apresenta um estudo de caso sobre o uso do sistema LSF na construção de uma residência unifamiliar, avaliando suas vantagens e desafios, com objetivo de apresentar a análise de custo com auxílio da curva ABC e a análise de tempo e produtividade com auxílio do gráfico de Gantt. Os resultados mostraram que o uso do gráfico de Gantt foi eficiente na segregação das tarefas, distribuição das responsabilidades, definição de prazos de entrega e acompanhamento do andamento da obra, apresentando uma boa produtividade e um prazo de obra curto. Quando se fala com relação aos custos, conseguiu ser avaliado quais itens mais tiveram influência no orçamento total da obra, podendo observar meios de economizar ainda mais. Portanto, se pode observar que o sistema LSF pode ser uma alternativa promissora para a construção de edificações unifamiliares no Brasil.

Palavras-chave: steel frame; produtividade; método construtivo.

ABSTRACT

The Light Steel Frame (LSF) construction system is a technique based on prefabricated light steel structures, used in other countries and that has been gaining ground in the Brazilian market. Although it has several advantages, such as speed of construction, design flexibility and sustainability, there are still few studies that evaluate its efficiency in Brazil. Thus, this work presents a case study on the use of the LSF system in the construction of a single-family residence, evaluating its advantages and challenges, with the objective of presenting the cost analysis with the help of the ABC curve and the analysis of The results showed that the use of the Gantt chart was efficient in the segregation of tasks, distribution of responsibilities, definition of delivery times and monitoring of the progress of the work, presenting a good productivity and a short work deadline. When talking about costs, it was possible to evaluate which items had the most influence on the total budget of the work, being able to observe ways to save even more. Therefore, it can be observed that the LSF system can be a promising alternative for the construction of single-family buildings in Brazil.

Keywords: steel frame; productivity; constructive method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Balloon Framing x Plataform Framing.....	16
Figura 2 - Esqueleto estrutural Steel Frame.....	18
Figura 3 - Seções usuais de perfis para LSF.....	19
Figura 4 - Desenho esquemático do painel típico de LSF.....	19
Figura 5 - Métodos de estrutura da escada.....	20
Figura 6 - Foto aérea da residência.....	27
Figura 7 - Foto aérea da residência.....	27
Figura 8 - Foto aérea da localidade.....	28
Figura 9 - Foto aérea da localidade.....	28
Figura 10 - Estrutura de aço pesado.....	29
Figura 11 - Planta baixa térreo.....	30
Figura 12 - Planta baixa 1º pavimento.....	31
Figura 13 - Perspectiva final.....	32
Figura 14 - Perspectiva final.....	32
Figura 15 - Modelo de treliça para ser confeccionada para laje.....	33
Figura 16 - Modelo de parede.....	33
Figura 17 – Treliças.....	34
Figura 18 - Confeção das paredes.....	34
Figura 19 – Gráfico Gantt.....	38
Figura 20 - Passagem da infraestrutura.....	39
Figura 21 - Tubulação hidrosanitária.....	40
Figura 22 - CURVA ABC.....	41
Figura 23 - Sistema de fechamento de fachada.....	46
Figura 24 - Aplicação das placas da fachada.....	46
Figura 25 - Aplicação da membrana e placa na fachada.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Prazos para as realizações das Tarefas.....	35
Tabela 2 - Tabela com % acumulada.....	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo Geral	14
1.2 Objetivos específicos	14
1.2.1 Análise de custo com auxílio da curva ABC;.....	14
1.2.2 Análise de tempo e produtividade com auxílio do gráfico de Gantt.	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1Histórico do steel frame	15
2.1.1 Uso do Steel Frame na construção civil e os perfis utilizados	17
2.1.2 Revestimentos de escadas em LSF.....	20
2.1.3 Uso do <i>Steel Frame</i> na construção mista	21
2.2 Vantagens e desvantagens do <i>Steel Frame</i>	21
2.3 Custo do <i>Steel Frame</i>	23
2.4 Utilização do <i>steel frame</i> em construções no litoral	24
2.5 Análise de custo com auxílio da curva ABC	24
2.6 Análise de tempo e produtividade com auxílio do gráfico de Gantt	25
3 METODOLOGIA	26
3.1 TIPO DE PESQUISA: ESTUDO DE CASO	26
3.2 Localização do empreendimento e fotos da construção estudada	26
3.3 Descrição do empreendimento	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 O gráfico de Gantt	35
4.2 Instalações	39
4.3 Curva ABC	41
4.4 Ajuste de erros em obra <i>Steel Frame</i>	45
4.5 Sistema da fachada	46
5 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

O sistema *Light Steel Frame* (LSF) é uma técnica construtiva baseada em estruturas de aço leve pré-fabricadas, que vem ganhando espaço no mercado brasileiro (Silva *et al.*, 2020). Embora já seja amplamente utilizada em outros países, há poucos estudos que avaliem sua eficiência em relação a outras técnicas construtivas no Brasil. Desse modo torna-se necessário realizar um estudo sobre o uso do *Steel Frame* em residências para avaliar suas vantagens e desafios.

Uma das principais vantagens do *steel frame* é a sua rapidez de construção, que pode ser até cinco vezes mais rápida do que a construção convencional (Silva *et al.*, 2020). Isso se deve ao fato de que as peças são pré-fabricadas em uma fábrica e montadas no canteiro de obras, reduzindo o tempo de execução. 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). A estrutura de aço leve é reciclável e tem uma vida útil longa, o que contribui para a redução do impacto ambiental (Puga & Oliveira, 2019). Outra vantagem do *steel frame* é a sua flexibilidade de projeto, que permite a criação de espaços amplos e abertos, sem a necessidade de pilares ou vigas (Silva *et al.*, 2020). Isso permite uma maior liberdade criativa para os arquitetos e uma maior satisfação para os clientes. No entanto, apesar dos benefícios potenciais do *Steel Frame*, ainda há poucos estudos de caso que avaliam sua aplicação prática em residências unifamiliares, no Brasil.

O *steel frame* tem sido amplamente utilizado em países como Estados Unidos, Austrália e Nova Zelândia, onde o clima e as características geográficas favorecem a sua aplicação. Esses países têm uma cultura de construção mais industrializada, que valoriza a eficiência e a sustentabilidade, o que torna o *steel frame* uma opção atraente. Embora, no Brasil, ainda haja algumas limitações no uso de *steel frame*, como a falta de mão de obra especializada e o alto custo inicial da estrutura, essa técnica pode ser uma alternativa promissora para a construção de edificações unifamiliares (Puga & Oliveira, 2019). Por essa razão, o presente trabalho tem como objetivos geral e específicos:

1.1 Objetivo Geral

Apresentar um estudo de caso sobre o uso do *steel frame* na construção de uma residência unifamiliar, avaliando suas vantagens e desafios.

1.2 Objetivos específicos

1.2.1 Analisar o custo de uma construção de residência em *steel frame*, com auxílio da curva ABC;

1.2.2 Analisar o tempo e produtividade da construção, com auxílio do gráfico de Gantt.

Para alcançar os objetivos mencionados, serão abordados na próxima seção a contextualização do uso do sistema Steel Frame na construção de residências e as vantagens e desvantagens do método em relação aos métodos tradicionais. No capítulo 3, apresenta-se a metodologia aplicada no estudo. E no capítulo 4 é apresentado os resultados do estudo de caso. Por fim, no Capítulo 5, são apresentadas as conclusões e recomendações para futuras pesquisas sobre o tema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

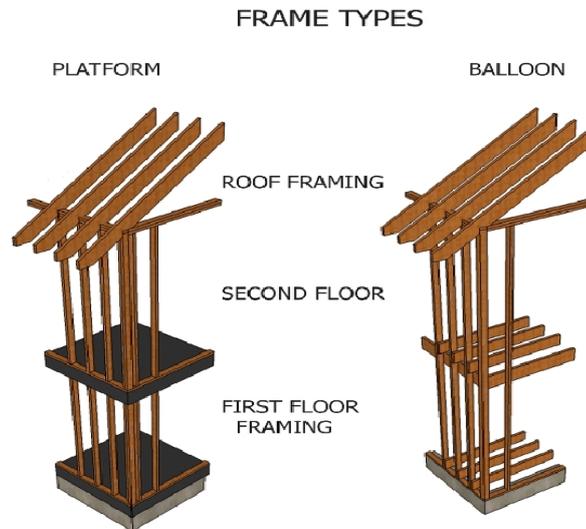
2.1 Histórico do steel frame

O sistema de construção conhecido como "*Light Steel Frame*" (LSF) consiste em perfis de aço galvanizado laminado a frio que são utilizados para a montagem de painéis, vigas, tesouras, escadas e outros elementos estruturais ou não (FREITAS; CASTRO, 2006). O termo "*Light*" refere-se ao uso de chapa de aço de baixa espessura, o que resulta em uma construção mais leve e flexível. Todos os perfis de aço utilizados são leves, o que permite a instalação de qualquer tipo de acabamento externo e interno (VIVAN, 2011).

O sistema construtivo LSF tem origem no início do século XIX e as primeiras construções utilizando esse método surgiram nos Estados Unidos e na Inglaterra por volta de 1850 (ANDRÉ COELHO, 2022). Contudo, naquela época, o sistema ainda estava em fase experimental e não era amplamente aceito. Foi a partir da década de 1930 que houve um maior interesse pelo método, assim sua aceitação e utilização cresceram.

Antes da popularização do sistema *Steel Frame*, o método construtivo mais utilizado era o *Wood Framing*, desenvolvido nos Estados Unidos em 1810. Utilizando madeira leve e resistente, este método visava construir casas rapidamente, com baixo custo, mas sem abrir mão da qualidade e segurança. Nessa época, o aço não era muito utilizado na construção, e por isso o *Wood Frame* era o método mais comum. Esse método de construção, também conhecido como *Balloon Framing*, consistia em fixar as vigas de sustentação do piso superior nas laterais dos montantes. Posteriormente, surgiu o *Plataform Framing*, em que a laje passou a ser apoiada nos próprios montantes (ConsulSteel, 2014). Na Figura 1, é possível visualizar ambos os métodos.

Figura 1 - Balloon Framing x Plataform Framing



Fonte: Gates (2022).

Durante a Segunda Guerra Mundial, muitas casas foram destruídas, e a reconstrução dessas residências se tornou urgente. No entanto, o uso da madeira, amplamente utilizado na construção civil, tornou-se um agravante para os incêndios, especialmente em meio aos bombardeios da guerra. Em 1992, o furacão Andrew causou a destruição de muitas residências, e as seguradoras começaram a sobretaxar o uso do *Wood Frame* e a subtaxar o *Light Steel Frame*, incentivando a adoção deste último método (JARDIM; CAMPOS, 2014).

No final da Segunda Revolução Industrial, o crescimento das indústrias siderúrgicas e automobilísticas levou à confecção de perfis de aço galvanizado, o que criou empresas especializadas para atender a uma grande demanda. A rapidez do sistema de *Light Steel Frame* só contribuiu para esse momento, dando início à indústria do aço (NEIVA, 2021). No mesmo período, pesquisas sobre o *Steel Frame* foram realizadas, incluindo as do engenheiro George Winter, na Universidade de Cornell, em 1939. Seus estudos se baseavam em aço com espessura de até 3/16 e tensão de escoamento entre 172 MPa e 227 MPa, utilizando os aços A245 e A246 (NEIVA, 2021). Para o desenvolvimento do sistema de *Light Steel Frame*, foram necessários arrebatedores, fixadores de prego e parafuso, além de pregos, mais adequados para o uso. Com o tempo, foram obtidas normatizações de perfis metálicos leves e de maior resistência, o que tornou as obras cada vez mais industrializadas, com novas técnicas e maior rapidez e eficiência.

No Brasil, o sistema chegou nos anos 90, mas ainda está em processo de aceitação e crescimento, apesar de muitas empresas investirem nesse tipo de construção a seco. A construção convencional ainda é amplamente utilizada no país. A falta de conhecimento do mercado é um dos principais fatores que dificultam um maior desenvolvimento do sistema de *Light Steel Frame*, já que as pessoas ainda preferem optar pela alvenaria. Embora seja difícil quantificar o uso do *Steel Frame* no Brasil, o consumo de aço galvanizado tem crescido rapidamente e de forma constante, independente de época de crise, segundo o IBS, Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS, 2018).

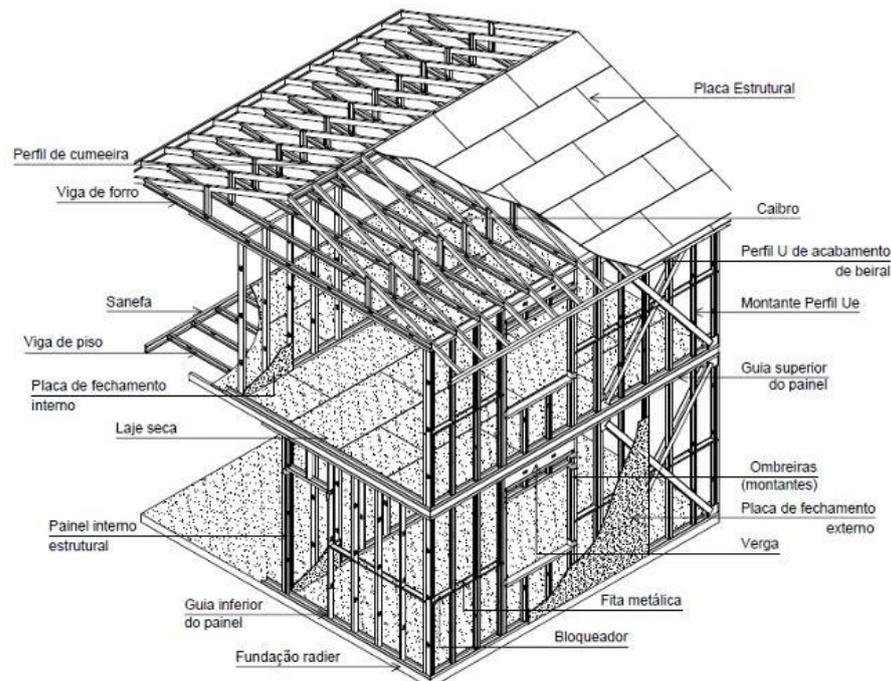
2.1.1 Uso do Steel Frame na construção civil e os perfis utilizados

Na construção convencional, é comum a utilização de fôrmas, gabaritos e argamassa, dentre outros recursos que exigem habilidade e precisão por parte dos trabalhadores durante todo o processo. Esse método pode ser considerado inferior em relação ao processo industrial, no qual tudo é produzido sob medida. Além disso, a construção convencional é frequentemente associada a um alto índice de desperdício de materiais (VIVAN, 2011). O sistema *Light Steel Frame* é uma alternativa que utiliza estruturas em aço galvanizado leve na construção de edificações, tanto residenciais quanto comerciais e industriais, oferecendo grande versatilidade e flexibilidade em sua utilização. É possível utilizá-lo em diversas etapas da construção, como na cobertura, revestimento, acabamento e instalações, sem limitações (NEIVA, 2021).

Além disso, por ser uma construção a seco, o consumo de água é mínimo, e seu processo construtivo é considerado enxuto, com redução significativa de materiais, mão de obra e equipamentos necessários (NEIVA, 2021). Esse sistema oferece grande flexibilidade em termos de projeto, otimizando o uso dos recursos e gerenciando as perdas de maneira eficiente. É possível controlar os custos já na fase de projeto, e sua durabilidade e possibilidade de reciclagem são vantagens adicionais. Apesar de suas vantagens, o sistema *Steel Frame* ainda está começando a ganhar espaço no Brasil, em parte devido ao fato de que muitas pessoas estão acostumadas ao método convencional “artesanal”. Devido à falta de conhecimento sobre o sistema, ele pode ser confundido com o *drywall*, que é um sistema de vedação, sem função estrutural, que utiliza perfis de aço galvanizado com espessuras menores e necessita

de uma estrutura externa para suportar as cargas. Em contraste, o *Steel Frame* é composto por painéis em perfis de aço leve, que servem como esqueleto estrutural, conforme ilustra a Figura 2 (VIVAN, 2011).

Figura 2 - Esqueleto estrutural Steel Frame



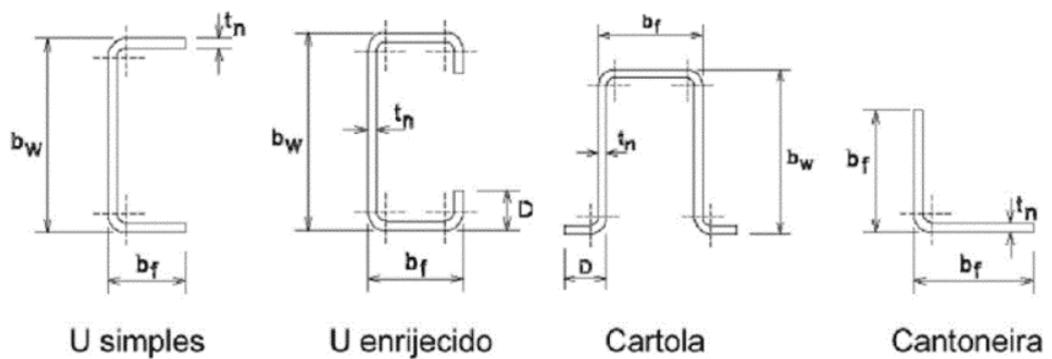
Fonte: Manual *Steel Framing*: Arquitetura (2012)

Com relação à estrutura do LSF, a distribuição de peso é melhor realizada devido à maior quantidade de peças em cada construção. Isso é diferente da estrutura convencional, onde os pesos são concentrados nos pilares, vigas, lajes e fundações, que recebem mais carga por serem em menor quantidade. No LSF, os painéis de parede atuam como vedação e estrutura ao mesmo tempo, tornando-se autoportantes por sustentarem também os painéis de laje e cobertura. Além disso, essa estrutura é alinhada, ou seja, a carga é transmitida reta com o montante, evitando desmoronamentos.

A produção dos perfis é realizada por meio de dois processos: perfilamento e dobramento. No perfilamento, a chapa é introduzida em uma série de cilindros que uniformizam sua seção transversal. No dobramento, a peça passa por um equipamento de punção que realiza a dobra desejada para o tipo de perfil. A espessura dos perfis varia de 0,8 mm a 3,0 mm, sendo a mais utilizada a de 0,95 mm (TERNI, SANTIAGO, PIANHERI, 2008, apud BORTOLOTTI, 2015).

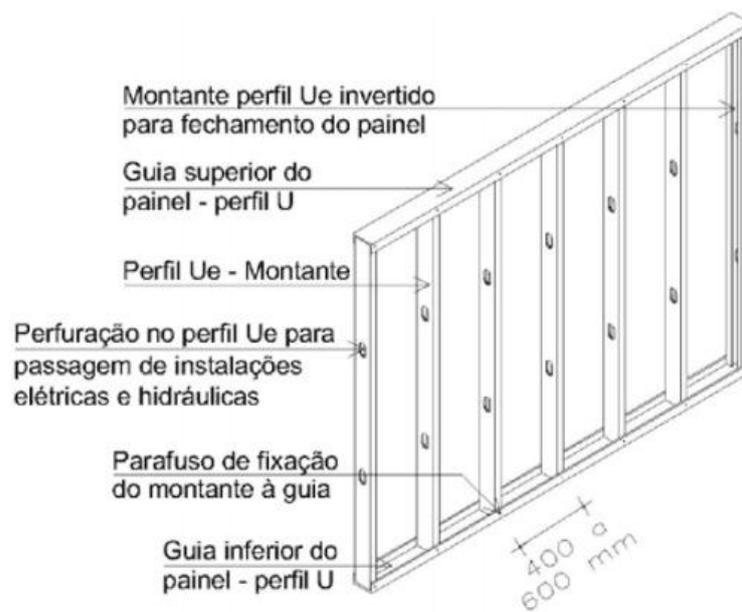
As estruturas são formadas a partir de dois tipos de perfis: U e Ue, que podem ser utilizados nas lajes, paredes e telhados, mudando apenas a espessura, tamanho e largura. A ligação dos painéis da estrutura é feita de forma parafusada, com um parafuso autobrocante e, às vezes, com rebites. Já na fundação da estrutura, utiliza-se o parabolt, um parafuso que vem com a bucha, sendo mais flexível e resistente. As Figuras 3 e 4 ilustram, respectivamente, as seções usuais de perfis LSF e um painel típico de LSF.

Figura 3 - Seções usuais de perfis para LSF



Fonte: Castro (2005)

Figura 4 - Desenho esquemático do painel típico de LSF



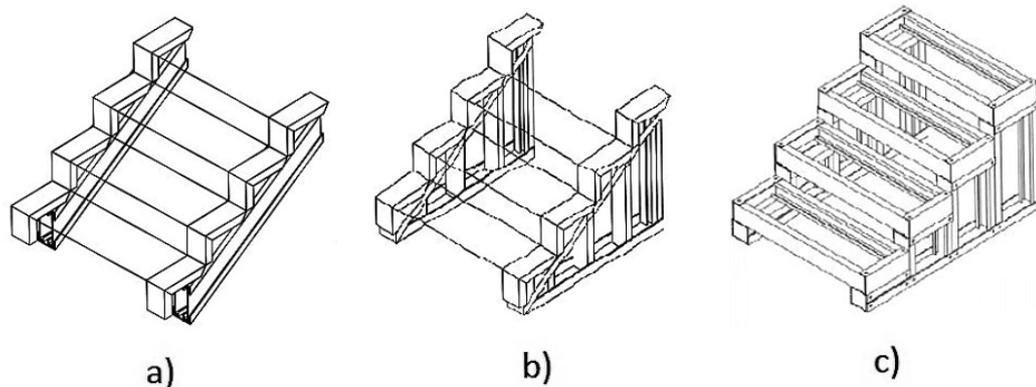
Fonte: Castro (2005)

2.1.2 Revestimentos de escadas em LSF

Os revestimentos são elementos importantes em construções de *Light Steel Frame* e podem ser utilizados em diversos componentes, como paredes, tetos e também em escadas.

A execução de escadas com LSF pode ser realizada por meio de três métodos distintos, a saber: viga caixa inclinada (ver Figura 5a), painel inclinado (ver Figura 5b) e painéis escalonados com painéis de degrau (ver Figura 5c) (Freitas e Castro, 2006).

Figura 5 - Métodos de estrutura da escada



Fonte: Castro (2005)

O método da viga caixa inclinada é indicado para escadas abertas, sem apoios laterais. Os perfis utilizados são cortados na medida do piso e do espelho da escada, e unidos por meio de parafusos estruturais autobrocantes. Uma viga tipo caixa é utilizada para unir os perfis ao longo da escada. Por sua vez, o método do painel inclinado é mais indicado para escadas fechadas, onde a guia do painel é inclinada de acordo com o ângulo da estrutura. Já os painéis escalonados com painéis de degrau são compostos pelos próprios montantes que assumem as alturas para cada degrau, garantindo a inclinação e o apoio da escada. Esses métodos de execução de escadas com Light Steel Frame apresentam diversas vantagens, como a facilidade de montagem, a leveza e a resistência do material, bem como a possibilidade de personalização das escadas conforme as necessidades do projeto.

Para revestimento rígido do piso e espelho dos degraus, as chapas *Oriented Strand Board* (OSB) são uma escolha comum. As chapas são compostas por três camadas cruzadas perpendicularmente de tiras de madeira orientadas, unidas com resinas e prensadas em alta temperatura e pressão, garantindo alta rigidez e

resistência mecânica (LP-Brasil, 2010). Elas são versáteis e podem ser usadas tanto com função estrutural como em fechamentos de paredes, tanto internas quanto externas. Além disso, são frequentemente empregadas como piso e para coberturas.

Se as chapas forem utilizadas externamente, elas podem ser expostas à chuva, mas é importante lembrar que, se for por um longo período, é necessário prever uma proteção contra umidade e água através de uma manta ou película de polietileno de alta densidade (Castro, 2005).

Na hora de fixar as placas, é essencial usar parafusos auto brocantes específicos para cada tipo de vedação. Ao aplicar as chapas, é importante seguir as orientações do fabricante e posicionar as placas de forma perpendicular aos perfis ou treliças (no caso de lajes). Além disso, é obrigatório deixar um espaço mínimo entre as placas para dilatação, e as juntas devem ser desencontradas para aumentar a resistência e fazer a amarração das placas para um maior sustento.

2.1.3 Uso do *Steel Frame* na construção mista

A estrutura de aço e a estrutura de concreto são consideradas diferentes, sendo comum buscar as vantagens de uma em detrimento da outra. No entanto, atualmente é possível criar construções híbridas que aproveitam o melhor de cada material. A engenheira Iria Lícia Doniak, presidente da Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto (ABCIC), destaca que a ABCIC e o Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) estão avaliando o tema e preparando um manual que será lançado em breve (ABCIC, 2021).

A utilização do sistema misto aço-concreto tem sido apontada como uma solução para alguns desafios da construção, como a necessidade de grandes áreas livres por pavimento, a ampliação da força nos pilares e a maior distância entre eles. A combinação das vantagens de cada tipo de estrutura resulta em benefícios como a redução de custos e prazos, além de contribuir para a sustentabilidade ambiental.

2.2 Vantagens e desvantagens do *Steel Frame*

O sistema construtivo conhecido como Light Steel Frame (LSF) tem sido utilizado na construção civil devido às suas vantagens técnicas, ambientais e econômicas. Uma de suas principais vantagens é a redução de resíduos sólidos e desperdício de materiais em obra, resultando em uma construção mais limpa e

segura, com menor geração de resíduos e menos acidentes. Além disso, o sistema é sustentável, uma vez que é uma construção a seco, reduzindo o consumo de água e diminuindo a emissão de gases poluentes decorrentes do uso de madeira na obra (HASS E MARTINS, 2011).

Outro ponto forte do LSF é a rapidez de execução da obra, com possibilidade de redução em até 40% do prazo de entrega, graças à fabricação dos painéis em paralelo à fundação e à possibilidade de trabalhar em diversas frentes ao mesmo tempo, além de não ser afetado pela chuva durante a montagem da estrutura (HASS E MARTINS, 2011).

O sistema também é versátil, permitindo diversos tipos de acabamento e formas arquitetônicas, além de garantir conforto interno com o uso de placas de revestimento que possibilitam isolamento térmico e acústico, além de uma garantia estendida de até 30 anos. Por ser uma construção industrializada, as peças são feitas sob medida, evitando erros, atrasos e improvisos na obra, além de aumentar a área interna em até 4%, facilitando o trabalho do arquiteto (EVANDRO JUNIOR, 2019).

Entre as vantagens do LSF também está a facilidade de manutenção das instalações elétricas e hidrosanitárias, uma vez que, por ser uma estrutura moldada, é possível fazer manutenção retirando apenas uma placa (HASS E MARTINS, 2011). Apesar do custo elevado do aço, o LSF ainda é uma opção mais econômica do que a alvenaria convencional, se considerarmos o tempo de execução para a mão de obra e os materiais.

No entanto, a utilização do LSF exige mão de obra especializada e controle de qualidade, o que pode ser um obstáculo no Brasil, onde há poucas empresas e profissionais que trabalhem com esse método (EVANDRO JUNIOR, 2019). Além disso, existe uma limitação no número de andares, podendo ser utilizado em obras de até 4 pavimentos. Outra desvantagem é a falta de conhecimento da população sobre o método, o que dificulta a troca da alvenaria convencional para o LSF ou uma construção mista.

No entanto, é evidente que a produtividade aumenta consideravelmente com o uso do sistema Light Steel Frame. Em comparação a outros métodos de construção, o tempo e a mão de obra necessários são significativamente menores, permitindo que tarefas como a construção de uma escada sejam concluídas em menos de dois dias. Ademais, devido à sua natureza pré-fabricada, a produção de

massa, concreto e limpeza não demandam muito tempo, uma vez que as peças são cortadas, encaixadas e parafusadas de acordo com um processo ordenado.

2.3 Custo do *Steel Frame*

Do ponto de vista do custo, o sistema LSF oferece uma relação custo-benefício muito vantajosa. Em situações como reformas, em que o cliente deseja evitar barulho e poeira, ou quando é necessário concluir a obra em um curto período, geralmente entre 4 a 6 meses, o uso do LSF é a melhor opção. Embora ainda seja uma técnica relativamente recente no Brasil, o uso do LSF tem ganhado mais atenção, especialmente no estado de Alagoas, onde empresas já trabalham com esse sistema. O lançamento de normas específicas tem ajudado a diminuir a resistência das pessoas em aceitar e investir neste método construtivo.

O custo de uma obra em *Light Steel Frame* é um ponto importante a ser considerado, pois pode ser vantajoso em casos de construções grandes, como um conjunto de residências. No entanto, se analisado isoladamente e comparado com a alvenaria convencional, nota-se uma desvantagem para o LSF (KLEIN E MARONEZI, 2013). Porém, quando se avalia o custo-benefício da obra como um todo, o LSF pode sair na vantagem, pois o tempo necessário para a construção é menor, mesmo que necessite de mão de obra especializada equivalente ou maior que a alvenaria convencional.

A rapidez na construção do LSF se dá pela utilização de menos mão de obra do que na alvenaria e pelo período de tempo menor. O sistema tem a flexibilidade de ser montado tanto *in loco* quanto em um local separado, pré-fabricado e levado para a obra (SANCHES E SATO, 2009). A maior parte dos elementos utilizados neste sistema são industrializados, o que garante a qualidade, facilitando até na hora do orçamento, por ser mais fácil de contabilizar e sem desperdício de material. De acordo com Sanches e Sato (2009), as etapas de fechamento, revestimento e estrutura são as mais relevantes para a construção, representando 44% do valor total.

Os custos de uma obra em LSF no sul e sudeste são equiparados aos da alvenaria convencional, tendo vantagem por garantir uma obra finalizada em menos tempo. No entanto, no interior, esse sistema pode sair mais caro, principalmente pela questão de obtenção de material e deslocamento de mão de obra especializada, que ainda é escassa (Campos, 2014).

2.4 Utilização do *steel frame* em construções no litoral

O método construtivo do *steel frame* utiliza aço galvanizado com uma camada de zinco metálico para proteção contra oxidação. Para garantir a proteção adequada do aço contra oxidação, é necessário que ele seja galvanizado corretamente de acordo com a norma NBR 15217 (ABNT, 2018), que estabelece que os perfis devem ser fabricados em aço galvanizado a quente com cobertura de zinco Z-275, independentemente da espessura do perfil de drywall ou *steel frame*.

A falta de galvanização adequada pode resultar em alto grau de oxidação, o que pode representar riscos significativos para a construção, incluindo desabamento. A norma NBR 15253 (ABNT, 2014) exige que as informações da galvanização estejam na superfície dos perfis, indicando a marca, espessura do aço, data de fabricação, comprimento, tipo do perfil e as especificações das ferramentas utilizadas durante o seu processo de fabricação (GONÇALVES, 2020).

Para aumentar a proteção contra ferrugem em construções próximas à praia, onde a corrosão é mais acentuada, pode ser utilizado um reforço na proteção da galvanização com magnésio. Esse banho de magnésio é composto por 91% de zinco, 6% de alumínio e 3% de magnésio, proporcionando proteção 10 ou 20 vezes maior do que somente a galvanização (BISCAIA; MORAES, 2020).

Portanto, é essencial garantir que a galvanização dos perfis de aço seja realizada de acordo com as normas técnicas, para garantir a segurança e a durabilidade da estrutura construída em *steel frame*. O uso de reforços na proteção da galvanização, como o banho de magnésio, pode ser uma solução eficaz para aumentar a proteção contra ferrugem em locais onde a corrosão é mais acentuada, como nas construções próximas à praia.

2.5 Análise de custo com auxílio da curva ABC

Essa curva é dada a partir da porcentagem acumulada de cada insumo ou serviço no geral da obra, e tem características importantes, por exemplo, a classe A tem menos itens que a classe B, que por sua vez tem menos que a classe C; quando junta as classes A e B resulta em 80% do custo da obra, e quando se trata dos insumos, geralmente representa apenas 20% destes; a classe C representa somente 20% do custo da obra, porém com 80% de insumos (DÓREA, 2022).

A partir do momento que se tem uma curva ABC, vai ajudar no gerenciamento da obra, porque o engenheiro responsável por gerir a obra irá saber quais são os itens que ele deverá se concentrar para dar um resultado melhor, desde a negociação até a finalização, porque na classe A são aqueles em que tem que se ter mais cuidado na hora de cotação e negociação, e são os mais importantes para se conseguir um desconto em cima do valor geral da obra. Um desconto de 2% em algo da classe A pode ser maior do que se fosse um de 30% na classe C, por exemplo.

É com ela que o gestor vai avaliar o impacto de aumento ou diminuição de um valor no orçamento geral, e isso é um detalhe muito importante principalmente quando é necessário passar para o cliente sobre algum aditivo que acabou dando uma diferença muito grande no valor final.

2.6 Análise de tempo e produtividade com auxílio do gráfico de Gantt

O gráfico de Gantt é representado por barras horizontais que mostram o cronograma do projeto e as suas tarefas. O qual serve para facilitar a visualização da equipe do cronograma no geral.

Com relação ao gráfico, cada barra representa uma atividade, e o comprimento dela é o tempo que levará para a realização de cada. Neste item é possível cada gestor observar quem está responsável por cada tarefa, e toda a equipe tem acesso ao geral que precisa ser executado, quem vai realizar e quando também.

Existe uma função conhecida como caminho crítico, que é bastante importante, e ajuda a diminuir atrasos na obra com relação a uma tarefa que é subsequente a outras. Ao analisar ele, o gestor consegue redefinir de forma que todas as tarefas sejam concluídas com êxito e no tempo previsto.

A partir dele é visível a relação de tempo de duração de cada tarefa existente no planejamento, por trazer de forma nítida no gráfico o impacto de dias considerados no prazo geral da obra, possibilitando os ajustes para melhor eficiência, e aí entra a produtividade, em que cada equipe terá que se enquadrar no prazo estabelecido para atender a necessidade da obra, e com este método consegue observar que se tem uma produtividade maior quando comparado a um convencional, onde os resultados demoram mais a aparecer, e não possibilita o andamento de várias tarefas ao mesmo tempo.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE PESQUISA: ESTUDO DE CASO

Para o estudo de caso sobre o uso de *steel frame* na construção de uma casa unifamiliar no litoral, foi empregado um delineamento de pesquisa que incluiu o planejamento da pesquisa, a coleta de dados, a análise e interpretação dos resultados. Neste processo, foram considerados o ambiente em que os dados foram coletados e a identificação dos procedimentos adotados, que incluem a pesquisa bibliográfica e documental e a pesquisa experimental, como o estudo de caso.

O estudo de caso consiste em uma análise detalhada e abrangente de um ou mais objetos, permitindo uma compreensão mais completa do contexto e das variáveis em jogo. Esse método é empírico, podendo envolver múltiplas fontes de evidência e cujo contexto pode ser pouco definido. O objetivo deste estudo de caso é descrever a situação do contexto em que está sendo realizado o estudo e explicar as variáveis envolvidas no uso do *steel frame* na construção de uma casa unifamiliar no litoral. Esse método é adequado para casos em que não é possível a utilização de levantamentos e experimentos, permitindo uma análise mais profunda e geral do fenômeno em estudo.

Assim, o estudo de caso foi escolhido como metodologia para proporcionar uma compreensão mais ampla e profunda do uso de *steel frame* na construção de uma casa unifamiliar no litoral, visando contribuir para o avanço do conhecimento sobre essa técnica construtiva.

3.2 Localização do empreendimento e fotos da construção estudada

A localização do empreendimento estudado foi no Arquipélago do Sol, especificamente no bairro Quebra Caximbo, na cidade de Barra de São Miguel, Alagoas. Para ilustrar o estudo de caso, fotos da construção são ilustradas nas Figuras de 6 a 9. Essas imagens mostram a construção da casa unifamiliar utilizando o sistema construtivo *steel frame*. A análise dessas imagens é fundamental para a compreensão das características e particularidades desse processo construtivo na edificação estudada.

Figura 6 - Foto aérea da residência



Fonte: Autora (2023)

Figura 7 – Vista frontal aérea da residência



Fonte: Autora (2023)

Figura 8 - Foto aérea da localidade



Fonte: Autora (2023)

Figura 9 - Foto aérea da construção



Fonte: Autora (2023)

3.3 Descrição do empreendimento

O empreendimento em questão é uma residência unifamiliar construída utilizando predominantemente o sistema construtivo steel frame. E para a realização deste trabalho foram necessários dados da construção fornecidos pela construtora Ethica Engenharia, assim como as imagens, e também o auxílio do programa MS Project para os resultados.

Após análises minuciosas, o cliente optou por uma construção 100% em steel frame, utilizando estrutura de aço pesado para alguns pilares e vigas, em razão da carga solicitada, e a maior parte em *light steel frame*, incluindo a escada, paredes da caixa d'água, laje e paredes da casa, assim como também outros pilares. Para ilustrar a estrutura de aço pesado utilizada, ver a Figura 10. Além disso, foram elaboradas as plantas baixas do térreo e do primeiro pavimento, conforme pode ser observado nas Figuras 11 e 12.

Figura 10 - Estrutura de aço pesado



Fonte: Autora (2023)

Figura 13 - Perspectiva final



Fonte: Monique e Heliana (2022)

Figura 14 - Perspectiva final



Fonte: Monique e Heliana (2022)

Para a execução da obra, foi necessário um projeto estrutural detalhado, que seguiu a NBR 6120 (ABNT, 2019) para o cálculo de carga, resultando em que a estrutura suporta 300 kg/m². O projeto incluiu o detalhamento da montagem da escada, cada treliça e painel a ser utilizado na laje, e cada parede da casa.

Figura 17 - Treliças



Fonte: Autora (2023)

Figura 18 - Confeção das paredes



Fonte: Autora (2023)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 O gráfico de Gantt

O MS Project é uma ferramenta de gestão visual que apresenta uma linha do tempo, permitindo a análise da utilização dos recursos durante a execução do projeto, em relação às datas inseridas no programa, gerando o gráfico de Gantt. Além disso, possibilita uma visão clara das predecessoras e sucessoras de cada atividade, indicando dependências entre elas e mostrando quais podem iniciar em conjunto sem interferência.

Como pode ser observado, na Tabela 1 e na Figura 19, esse gráfico se mostra eficiente na segregação das tarefas, distribuição das responsabilidades, definição de prazos de entrega e acompanhamento do andamento da obra. Através do uso do gráfico de Gantt, foi possível garantir a independência entre as atividades, evitando atrasos e garantindo a conclusão do projeto dentro do prazo previsto.

Tabela 1 – Prazos para a realização das tarefas (Cont.)

Item	Tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1	OBRA NELSON	49 dias	Seg 27/02/23	Qui 04/05/23	
2	ESTRUTURA EM LIGHT STEEL FRAME	21 dias	Seg 27/02/23	Seg 27/03/23	
3	ESTRUTURA - TÉRREO	5 dias	Seg 27/02/23	Sex 03/03/23	
4	PLAQUEAMENTO - LAJE 1º PAV	3 dias	Seg 06/03/23	Qua 08/03/23	3
5	MONTAGEM EST. - 1º PAV	8 dias	Qua 01/03/23	Sex 10/03/23	
6	ESTRUTURA LSF - 1º PAV	5 dias	Qui 09/03/23	Qua 15/03/23	4
7	ESCADA	5 dias	Ter 21/03/23	Seg 27/03/23	10
8	CONTRAPISO - 1º PAV	4 dias	Qui 16/03/23	Ter 21/03/23	6
9	COBERTA	11 dias	Qui 16/03/23	Qui 30/03/23	
10	PLAQUEAMENTO - LAJE COBERTA	3 dias	Qui 16/03/23	Seg 20/03/23	6
11	CONTRAPISO - COBERTA	3 dias	Ter 21/03/23	Qui 23/03/23	10
12	IMPERMEABILIZAÇÃO	5 dias	Sex 24/03/23	Qui 30/03/23	11

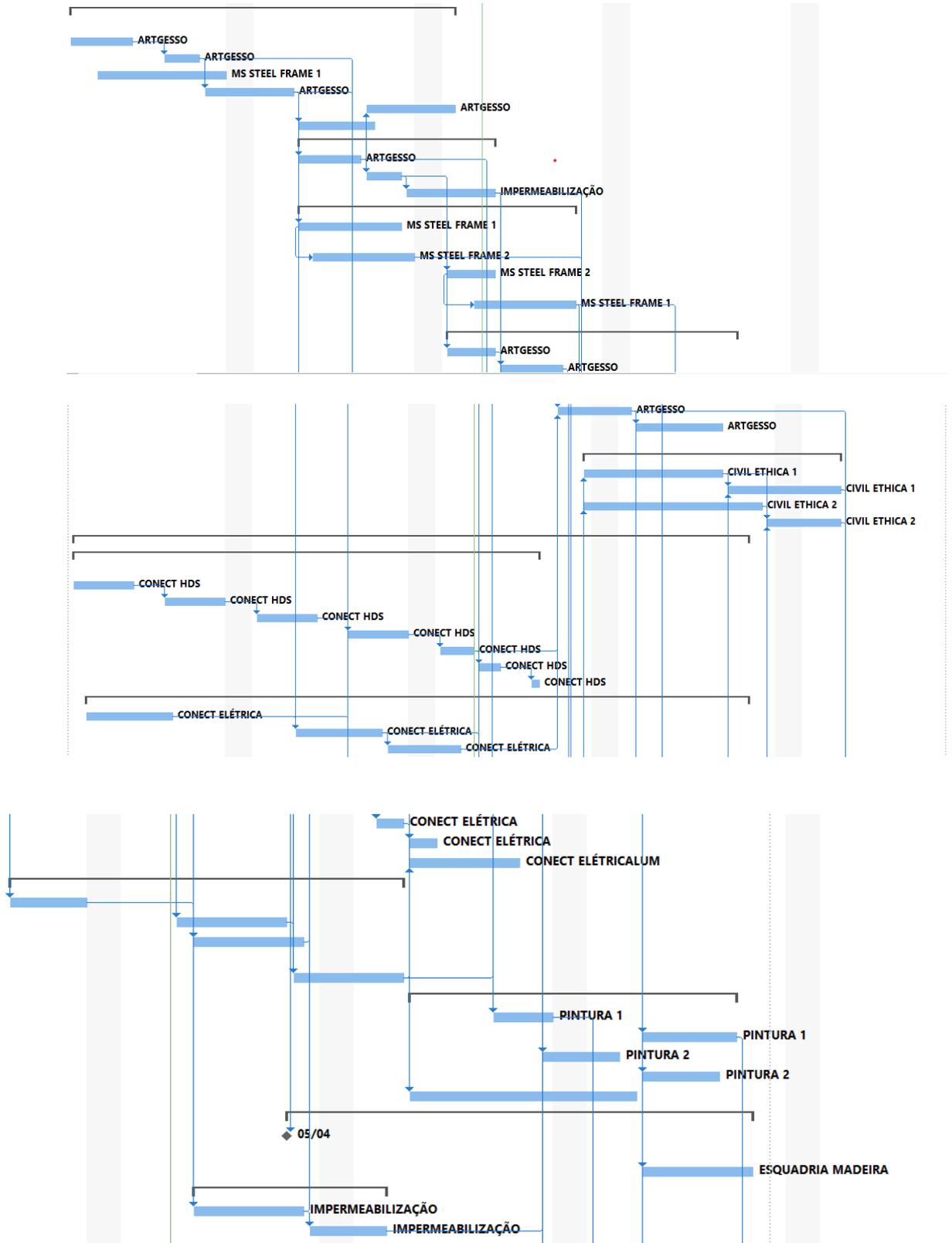
Item	Tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
13	PLAQUEAMENTO EXTERNO	15 dias	Qui 16/03/23	Qua 05/04/23	
14	INSTALAÇÃO MEMBRANA HIDRÓFUGA	6 dias	Qui 16/03/23	Qui 23/03/23	6
15	PLAQUEAMENTO - GLASROC X	6 dias	Sex 17/03/23	Sex 24/03/23	14II+1 dia ¹
16	TRATAMENTO DE JUNTAS FACHADA	4 dias	Seg 27/03/23	Qui 30/03/23	15
17	TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE FACHADA	6 dias	Qua 29/03/23	Qua 05/04/23	16II+2 dias
18	PLAQUEAMENTO INTERNO	16 dias	Seg 27/03/23	Seg 17/04/23	
19	PLAQUEAMENTO 1ª FACE	4 dias	Seg 27/03/23	Qui 30/03/23	11;15
20	ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO	3 dias	Sex 31/03/23	Ter 04/04/23	19
21	PLAQUEAMENTO 2ª FACE	4 dias	Qua 05/04/23	Seg 10/04/23	20;34;40
22	TRATAMENTO DE JUNTAS DRYWALL	5 dias	Ter 11/04/23	Seg 17/04/23	21
23	REVESTIMENTOS CERÂMICOS	14 dias	Sex 07/04/23	Qua 26/04/23	
24	PISO - TÉRREO	7 dias	Sex 07/04/23	Seg 17/04/23	47
25	PISO - 1º PAV	7 dias	Ter 18/04/23	Qua 26/04/23	48;24
26	PAREDES - TÉRREO	10 dias	Sex 07/04/23	Qui 20/04/23	59
27	PAREDES - 1º PAV	4 dias	Sex 21/04/23	Qua 26/04/23	60;26
28	INSTALAÇÕES	38 dias	Seg 27/02/23	Qua 19/04/23	
29	INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	26 dias	Seg 27/02/23	Seg 03/04/23	
30	ESGOTO - TÉRREO	5 dias	Seg 27/02/23	Sex 03/03/23	
31	ÁGUA FRIA - TÉRREO	5 dias	Seg 06/03/23	Sex 10/03/23	30
32	ESGOTO - 1º PAV	5 dias	Seg 13/03/23	Sex 17/03/23	31
33	ÁGUA FRIA - 1º PAV	5 dias	Seg 20/03/23	Sex 24/03/23	6;32
34	ÁGUA QUENTE - 1º PAV	3 dias	Seg 27/03/23	Qua 29/03/23	33
35	CAIXA D'ÁGUA	2 dias	Qui 30/03/23	Sex 31/03/23	10;34
36	BOYLER	1 dia	Seg 03/04/23	Seg 03/04/23	35
37	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	37 dias	Ter 28/02/23	Qua 19/04/23	
38	INFRA ELÉTRICA - TÉRREO	5 dias	Ter 28/02/23	Seg 06/03/23	
39	INFRA ELÉTRICA - 1º PAV	5 dias	Qui 16/03/23	Qua 22/03/23	6;38
40	QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO	4 dias	Qui 23/03/23	Ter 28/03/23	39

¹ II- INÍCIO INÍCIO- assim que iniciar o item 14 com + 1 dia inicia o item 15.

Item	Tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
41	ACABAMENTOS - TÉRREO	2 dias	Ter 11/04/23	Qua 12/04/23	21
42	ACABAMENTOS - 1º PAV	2 dias	Qui 13/04/23	Sex 14/04/23	41
43	LUMINÁRIAS	5 dias	Qui 13/04/23	Qua 19/04/23	48
44	FORRO	18 dias	Seg 20/03/23	Qua 12/04/23	
45	ESTRUTURA FORRO - TÉRREO	5 dias	Seg 20/03/23	Sex 24/03/23	4;32;38
46	ESTRUTURA FORRO - 1º PAV	5 dias	Qui 30/03/23	Qua 05/04/23	10;34;39
47	PLAQUEAMENTO FORRO - TÉRREO	5 dias	Sex 31/03/23	Qui 06/04/23	12;15;45
48	PLAQUEAMENTO FORRO - 1º PAV	5 dias	Qui 06/04/23	Qua 12/04/23	12;15;46
49	PINTURA	14 dias	Qui 13/04/23	Ter 02/05/23	
50	PAREDES - TÉRREO	4 dias	Ter 18/04/23	Sex 21/04/23	24
51	PAREDES - 1º PAV	4 dias	Qui 27/04/23	Ter 02/05/23	25
52	FORRO - TÉRREO	3 dias	Sex 21/04/23	Ter 25/04/23	26;24
53	FORRO - 1º PAV	3 dias	Qui 27/04/23	Seg 01/05/23	27;25
54	PINTURA EXTERNA	10 dias	Qui 13/04/23	Qua 26/04/23	17TI+5 dias ²
55	ESQUADRIAS	20 dias	Qua 05/04/23	Qua 03/05/23	
56	ESQUADRIAS DE VIDRO E ALUMÍNIO	0 dias	Qua 05/04/23	Qua 05/04/23	17
57	ESQUADRIAS DE MADEIRA	5 dias	Qui 27/04/23	Qua 03/05/23	21;25
58	IMPERMEABILIZAÇÃO	8 dias	Sex 31/03/23	Ter 11/04/23	
59	ÁREAS MOLHADAS - TÉRREO	5 dias	Sex 31/03/23	Qui 06/04/23	19
60	ÁREAS MOLHADAS - 1º PAVIMENTO	3 dias	Sex 07/04/23	Ter 11/04/23	59
61	LOUÇAS/METAIS/GRANITO	10 dias	Sex 21/04/23	Qui 04/05/23	
62	BANCADAS EM GRANITO - TÉRREO	2 dias	Sex 21/04/23	Seg 24/04/23	26
63	BANCADAS EM GRANITO - 1º PAV	2 dias	Qui 27/04/23	Sex 28/04/23	27
64	LOUÇAS - TÉRREO	2 dias	Seg 24/04/23	Ter 25/04/23	50
65	LOUÇAS - 1º PAV	2 dias	Qua 03/05/23	Qui 04/05/23	51
66	METAIS - TÉRREO	2 dias	Seg 24/04/23	Ter 25/04/23	50
67	METAIS - 1º PAV	2 dias	Qua 03/05/23	Qui 04/05/23	51

² TI- TÉRMINO INÍCIO- quando terminar o item 17 com mais 5 dias inicia o item 54.

Figura 19 – Gráfico Gantt



Fonte: Autora (2023)

Com este gráfico consegue-se visualizar quando cada serviço inicia e qual seu prazo de finalização. Por exemplo, é possível compreender que o fechamento das paredes com as placas só será feito pela equipe da Artgesso, quando os mesmos finalizarem a montagem da estrutura dos painéis das paredes e lajes. E que a pintura só vai iniciar quando encerrar todas as instalações. Facilitando ao gestor enxergar quando em algum momento ocorrer algum atraso, o quanto que vai impactar no resultado final da obra, e buscar soluções para reverter a situação e ainda manter o prazo previsto.

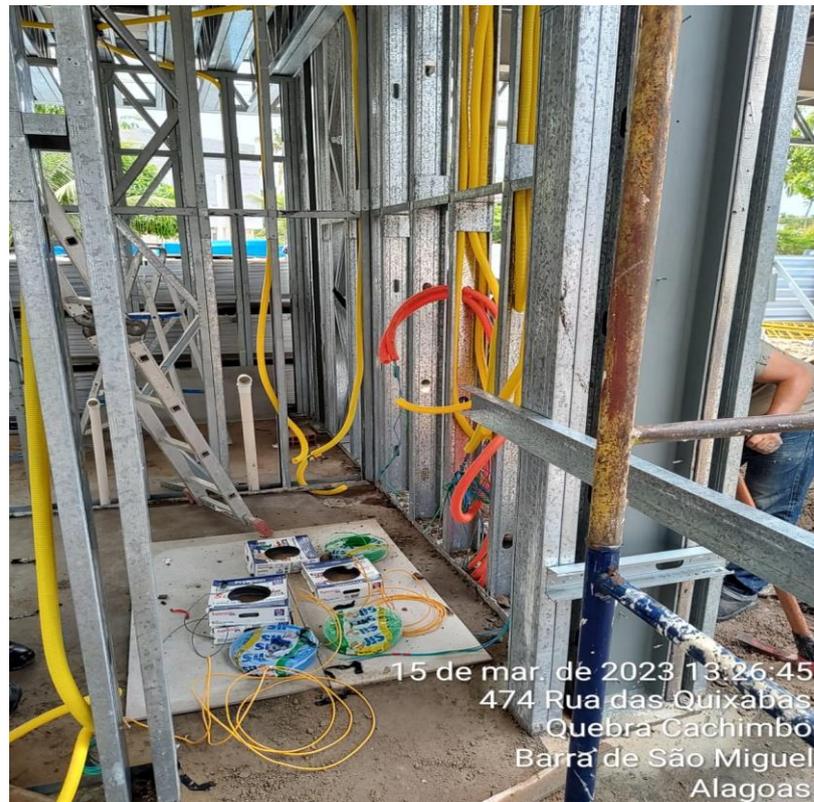
4.2 Instalações

Na área de instalações, não houve diferenças significativas entre a execução em uma obra de alvenaria e uma de *steel frame*. No entanto, o uso de *steel frame* proporcionou uma produtividade maior na obra. Na fase de instalação de esgoto, a execução é idêntica. Porém, na fase hidráulica, o tempo de execução diminuiu consideravelmente devido à facilidade de colocar os canos dentro dos perfis, sem necessidade de quebra-quebra.

Com relação às instalações elétricas, o uso de *steel frame* tornou a execução muito mais prática. Todos os eletrodutos e encaminhamentos passaram por dentro dos perfis, e no forro, o fechamento das paredes só foi feito após a finalização de todas as etapas desta fase, deixando todos os pontos no lugar. Após o fechamento, foram feitos apenas alguns buracos nas placas para embutir as caixas de tomadas e interruptores.

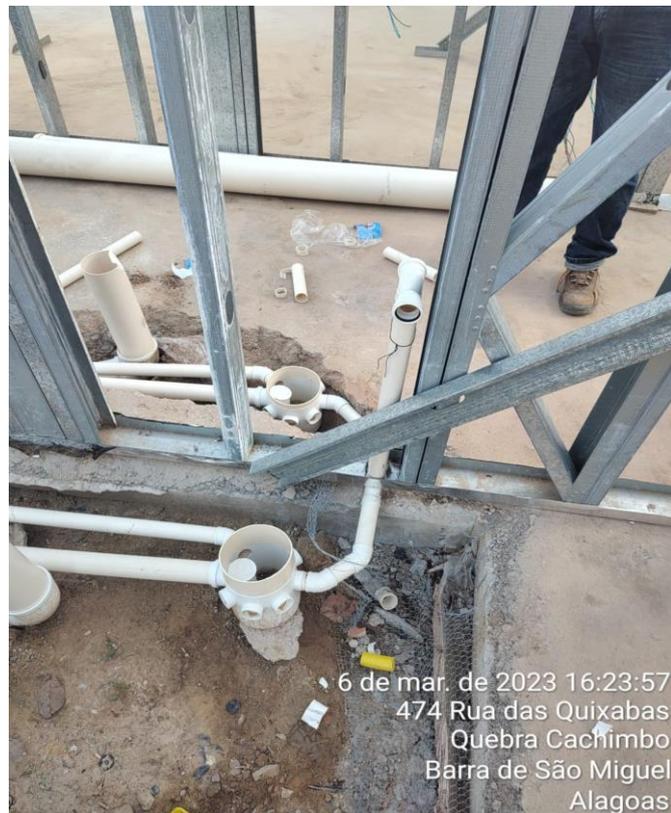
As Figuras 20 e 21 apresentam a passagem das instalações elétricas e a tubulação hidrosanitária, respectivamente.

Figura 20 - Passagem da infraestrutura



Fonte: Autora (2023)

Figura 21 - Tubulação hidrosanitária



Fonte: Autora (2023)

4.3 Curva ABC

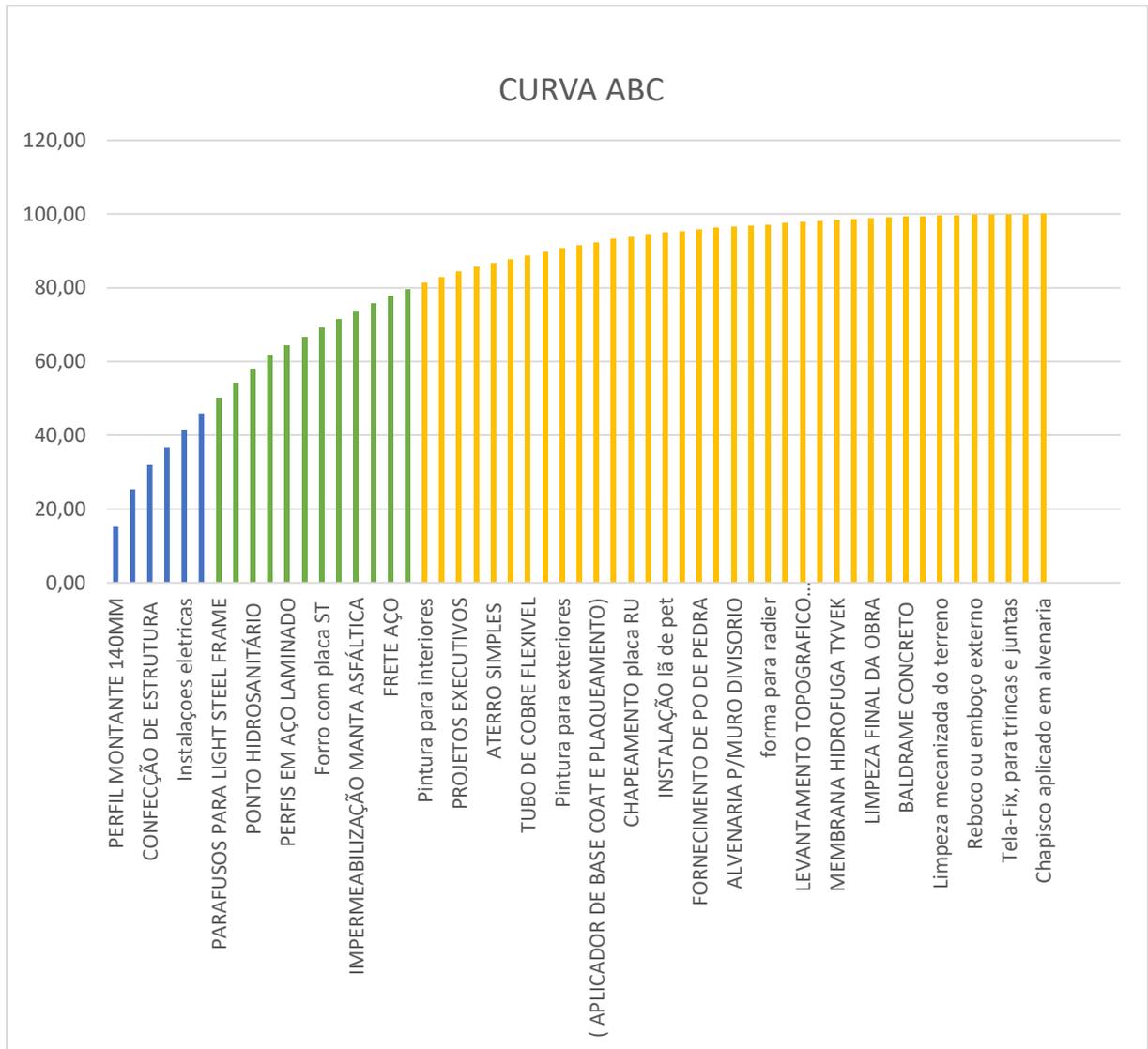
O estudo apresentou uma curva ABC (Figura 22) para analisar os insumos que mais impactam no orçamento da obra. A curva é representada em forma percentual, com relação ao custo total da obra, e em outra coluna é colocado o percentual acumulado, que resulta em 100%. Os itens são divididos em três classes: A, B e C, com base em sua representatividade no custo total. A classe A engloba os itens que têm maior impacto, chegando a 50% do valor acumulado; a classe B inclui itens medianos, na faixa entre 50% e 80% do valor acumulado; e a classe C representa os itens mais simples, na faixa entre 80% e 100% do valor acumulado.

No estudo de caso apresentado, a curva ABC e a Tabela 2 mostraram que a estrutura, juntando material e mão de obra, é o item mais considerável no orçamento, seguido de esquadrias, instalações elétricas e revestimentos. O restante dos itens se enquadra na classe C. É importante ressaltar que, apesar da classe C representar apenas 20% do custo total da obra, ela pode corresponder a 80% dos insumos.

Com a curva ABC, o gestor tem um auxílio maior na organização e controle de estoque, por ter os produtos em ordem de maiores investimentos, facilitando assim as tomadas de decisões quando se faz cotações de materiais por exemplo, e conseguir definir onde você pode gastar mais, e onde você precisa optar por um orçamento mais em conta.

Neste caso, temos como maior valor na curva ABC os perfis de *Light Steel Frame*, e aí realmente não consegue baratear. Um item que ficou na categoria A, com um valor bem elevado, foram as esquadrias de alumínio e vidro, fechadas pelo cliente, e que poderiam ter tido uma economia. Portanto, todos os outros itens buscam o melhor preço e prazo para pagamento, exemplo de luminárias, material elétrico e hidrossanitário, fechamento das paredes, esquadrias de madeira, entre outros.

Figura 22 – Curva ABC



Fonte: Autora, 2023.

Tabela 2 - Tabela com % acumulada (Continuação)

DESCRIÇÃO	PREÇO TOTAL	%	ACUMUL. %	CL
PERFIL MONTANTE 140MM LIGHT STEEL FRAME e=0,95 1,75KG/M	195.013,45	15,21	15,21	A
ALUMÍNIO, VIDRO TEMPERADO E PVC - GLOBAL	130.000,00	10,14	25,34	A
CONFEÇÃO DE ESTRUTURA EM LIGHT STEEL FRAME	85.022,28	6,63	31,97	A
PORCELANATO "A" 59,8X119,8 CREMA VALENCIA PORTINARI PISO	62.298,00	4,86	36,83	A
Instalações elétricas	60.000,00	4,68	41,51	A
PAINEL ESTRUTURAL PARA LAJE SECA, REVESTIDO DE PLACA CIMENTÍCIA 10MM	56.304,00	4,39	45,90	A
PARAFUSOS PARA LIGHT STEEL FRAME	53.721,37	4,19	50,09	B
CONFEÇÃO E MONTAGEM DE ESTRUTURA METÁLICA EM AÇO LAMINADO	51.563,26	4,02	54,11	B
PONTO HIDROSANITÁRIO - AGUA FRIA E AGUA QUENTE	50.000,00	3,90	58,01	B
ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	48.152,30	3,75	61,76	B
PERFIS EM AÇO LAMINADO - WI WH - GERDAU	33.938,21	2,65	64,41	B
APLICAÇÃO DE PORCELANATO COM ARGAMASSA PISO SOBRE PISO	30.000,00	2,34	66,75	B
Forro com placa ST para áreas secas	30.000,00	2,34	69,09	B
ALUGUEL CONTAINER ESCRITÓRIO + ALMOXARIFADO + BANHEIRO QUÍMICO + TAPUME	29.303,10	2,28	71,37	B
IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM MANTA ASFÁLTICA, INCLUSIVE APLICAÇÃO DE PRIMER ASFÁLTICO, E=4MM. AF_06/2018	28.415,54	2,22	73,59	B
CONCRETO FCK = 30MPA, TRAÇO 1:2,1:2,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016	27.295,00	2,13	75,72	B
FRETE AÇO	25.993,26	2,03	77,74	B
CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, E=5CM. 1º PAV E COBERTA.	24.523,52	1,91	79,66	B
Pintura para interiores, sobre paredes, com lixamento, aplicação de 01 demão de líquido selador acrílico, 01 demão de textura acrílica branca e 02 demãos de tinta pva latex convencional para exteriores	21.645,36	1,69	81,34	C

DESCRIÇÃO	PREÇO TOTAL	%	ACUMUL. %	CL
Placa Glasroc-x - fachada aplicada sobre estrutura metálica em light steel frame.	20.845,00	1,63	82,97	C
PROJETOS EXECUTIVOS	17.892,05	1,40	84,36	C
CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADO EM ÁREAS MOLHADAS SOBRE IMPERMEABILIZAÇÃO, ESPESSURA 3CM. AF_06/2014	14.998,76	1,17	85,53	C
ATERRO SIMPLES COMPACTADO DE FORMA MECÂNICA	14.004,24	1,09	86,62	C
Fossa em alvenaria de tijolo maciço 5,00 x 2,50 x 1,40 m	13.577,12	1,06	87,68	C
TUBO DE COBRE FLEXIVEL, D = 5/8 ", E = 0,79 MM, PARA AR-CONDICIONADO/ INSTALACOES GAS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS	13.092,50	1,02	88,70	C
Impermeabilização de superfície com argamassa polimérica / membrana acrílica, 4 demãos, reforçada com véu de poliéster (mav). af_06/2018	12.598,20	0,98	89,69	C
Pintura para exteriores, sobre paredes, aplicação de 01 demão de líquido selador acrílico, 01 demão de textura acrílica branca	12.375,00	0,96	90,65	C
CHAPEAMENTO COM PLACA DE GESSO ACARTONADO TIPO ST.	11.016,00	0,86	91,51	C
(APLICADOR DE BASE COAT E PLAQUEAMENTO)	11.000,00	0,86	92,37	C
Forro com placa RU para áreas úmidas	10.560,00	0,82	93,19	C
CHAPEAMENTO COM PLACA DE GESSO ACARTONADO TIPO RU.	8.782,80	0,68	93,88	C
BASE COAT - SACO DE 20KG - STEEL FRAME	8.125,00	0,63	94,51	C
INSTALAÇÃO DE ISOLAMENTO COM LÃ DE ROCHA OU LÃ DE PET EM PAREDES DRYWALL. AF_06/2017	6.044,40	0,47	94,98	C
KIT DE PORTA DE MADEIRA FRISADA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), PADRÃO MÉDIO, 80X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, ITENS INCLUSOS: DOBRADIÇAS, MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE BATENTE, FECHADURA COM EXECUÇÃO DO FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	5.822,30	0,45	95,44	C
FORNECIMENTO DE PO DE PEDRA	5.200,08	0,41	95,84	C
PORTA DE ABRIR PIVOTANTE MODELO BELISSIMA EM MADEIRA IMBUÍA COM PUXADOR RETO 60 CM E FECHADURA BATENTE DE 14cm – UNIORTAS 1,0x2,10m SEM COLOCACAO	5.000,00	0,39	96,23	C
ALVENARIA P/MURO DIVISORIO ESP 0,10m TIJOLO 6 FUROS 10x20x20cm	4.250,70	0,33	96,56	C
COLCHAO PEDRA BRITADA No.2	4.199,49	0,33	96,89	C
Fabricação, montagem e desmontagem de forma para radier, em madeira serrada, 4 utilizações. af_09/2017	3.999,96	0,31	97,20	C
TELA DE FIBRA DE VIDRO, ACABAMENTO ANTI-ALCALINO, MALHA 10 X 10 MM (R\$ 9 MAT + r\$ 5 M.O.)	3.992,00	0,31	97,51	C
LEVANTAMENTO TOPOGRAFICO PLANIALTIMETRICO	3.898,32	0,30	97,82	C

DESCRIÇÃO	PREÇO TOTAL	%	ACUMUL. %	CL
KIT DE PORTA DE MADEIRA FRISADA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), PADRÃO MÉDIO, 70X210CM, ESPESSURA DE 3CM, ITENS INCLUSOS: DOBRADIÇAS, MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE BATENTE, FECHADURA COM EXECUÇÃO DO FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	3.846,20	0,30	98,12	C
MEMBRANA HIDROFUGA TYVEK OU SIIMILAR	3.709,75	0,29	98,41	C
KIT DE PORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), PADRÃO MÉDIO, 90X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, ITENS INCLUSOS: DOBRADIÇAS, MONTAGEM E INSTALAÇÃO DO BATENTE, FECHADURA COM EXECUÇÃO DO FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	3.360,36	0,26	98,67	C
LIMPEZA FINAL DA OBRA	3.000,00	0,23	98,90	C
SONDAGEM GEOTECNICA MISTA EM SOLOS	2.599,92	0,20	99,10	C
BALDRAME CONCRETO 1:3:6 PARA MURO DIVISORIO 10cm-(20x40cm)	2.561,50	0,20	99,30	C
PORTA COMPLETA MADEIRA 1 FL.0,80x2,10m-CORRER	1.588,98	0,12	99,43	C
Limpeza mecanizada do terreno c/ retroescavadeira (vegetação rasteira) inclusive carga e transporte - dmt até 1km	1.507,42	0,12	99,55	C
PINTURA MURO COM TINTA ACRILICA	1.450,80	0,11	99,66	C
Reboco ou emboço externo, de parede, com argamassa traço t5 - 1:2:8 (cimento / cal / areia), espessura 2,5 cm	1.326,15	0,10	99,76	C
Massa de rejunte pronta para tratamento de juntas de chapa de gesso para drywall, sem adicao de agua	1.243,20	0,10	99,86	C
Tela-Fix, para trincas e juntas, embalagem com 10cm x 40m	804,00	0,06	99,92	C
DRYWALL - FITA GYPSUN JT	675,00	0,05	99,97	C
Chapisco aplicado em alvenaria	322,20	0,03	100,00	C

Fonte: Autora (2023)

4.4 Ajuste de erros em obra *Steel Frame*

No estudo de caso desta obra em particular, foi identificado um erro de locação dos pilares depois de já terem sido instalados, juntamente com 10 paredes de *light steel frame*. Embora não fosse aparente visualmente, as paredes revelaram que os pilares estavam fora de esquadro e rotacionados, o que causou uma abertura da casa para a esquerda. A situação foi descoberta quando uma parede ficou desalinhada com o radier em quase 40 cm e as paredes do lado oposto não estavam alinhadas.

A verificação externa confirmou o erro, e ficou claro que a obra não poderia continuar sem correção. No entanto, o uso do método construtivo a seco minimizou o dano e o retrabalho necessários. Em vez de quebrar as 10 paredes, que gerariam uma grande quantidade de resíduos sólidos e consumiriam mais

tempo, foi possível desparafusar as paredes e colocá-las de lado, aguardando a relocação dos pilares. Após a relocação dos pilares, as paredes foram reinstaladas rapidamente no local. Esse processo levou 1 dia e meio para a instalação das paredes, menos de meio período para a remoção e mais 1 dia e meio para a reinstalação. Se a obra tivesse sido realizada com o método convencional, o retrabalho teria sido mais demorado e de maior impacto, tornando o processo mais caro e menos eficiente.

Além disso, a produtividade do método construtivo a seco é superior à da alvenaria, tornando-o uma escolha mais eficiente no que se refere ao tempo de execução e retrabalho. Enquanto a instalação das 10 paredes levou apenas 1 dia e meio, a execução com alvenaria teria levado muito mais tempo. Portanto, fica evidente que o uso de Steel Frame se apresenta como uma opção vantajosa para a construção de uma residência unifamiliar no litoral, proporcionando uma construção mais precisa e rápida, além de reduzir significativamente os custos e resíduos da obra.

4.5 Sistema da fachada

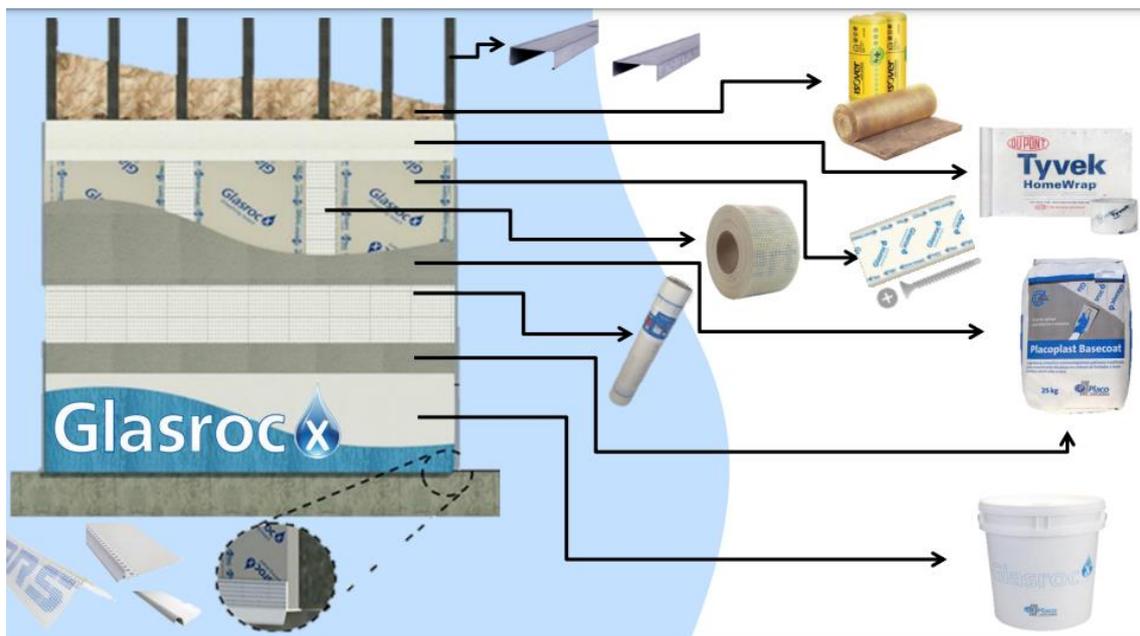
Na construção da residência em estudo, foi utilizado o sistema de fechamento de fachada da *Saint Gobain*, que apresenta um processo específico, mas que garante a resistência à umidade e a intempéries como uma fachada convencional. Para isso, utilizou-se a placa Glasroc-X, que consiste em uma placa de gesso revestida por um véu de vidro e aditivada com fibra de vidro, o que proporciona alta resistência mecânica, além de conferir resistência à água, raios UV e ao fogo.

O processo de instalação iniciou-se com a colocação do isolamento termoacústico, geralmente com lã de pet ou vidro, seguida da membrana hidrófuga (tyvek), que promove a impermeabilização e foi fixada com parafusos lentilha e ponta broca a cada 40 cm para garantir a estabilidade. Em seguida, as placas foram fixadas com uma distância entre parafusos de 10 a 15 cm, de forma desencontrada nas juntas.

Posteriormente, aplicou-se a fita para tratamento de juntas, o basecoat, a tela de superfície completa e, por fim, o acabamento desejado. A Figura 23 apresenta o sistema de fechamento de fachada utilizado na obra.

Este tipo de sistema tem como benefício o conforto térmico, por conter na própria placa um isolamento termoacústico, sem contar com a instalação de isolamento com lã de pet no interior de todas as paredes, e também contém um maior desempenho contra fungos e intempéries, tem um menor risco de ter trincas e fissuras, garantindo uma maior resistência a impactos (Placo, 2023). E as figuras 24 e 25 apresentam a execução deste sistema na obra.

Figura 23 - Sistema de fechamento de fachada



Fonte: Saint Gobain (2023)

Figura 24 - Aplicação das placas da fachada



Fonte: Ethica Engenharia (2023)

Figura 25 - Aplicação da membrana e placa na fachada



Fonte: Ethica Engenharia (2023)

5 CONCLUSÃO

Este estudo de caso analisou o uso de *Steel Frame* na construção de uma residência unifamiliar no litoral, com o objetivo de avaliar suas vantagens e desafios. Através de uma análise de custo com a curva ABC e da análise de tempo e produtividade com o gráfico de Gantt, verificou-se que o uso de *Steel Frame* consegue visualizar melhor a sua gestão de tempo e observar uma melhor produtividade. Além disso, a rapidez de construção, a sustentabilidade e a flexibilidade de projeto são as principais vantagens deste sistema construtivo.

Conclui-se, portanto, que o uso de *Steel Frame* pode ser uma alternativa promissora para a construção de residências unifamiliares no Brasil, com vantagens econômicas, sustentáveis e estéticas. Para avançar neste campo, são necessários estudos adicionais, tais como:

- 5.1 Avaliar o uso de *Steel Frame* em diferentes contextos e condições climáticas;
- 5.2 Investigar a viabilidade econômica do uso de *Steel Frame* em residências unifamiliares, comparando custos com outras técnicas construtivas;
- 5.3 Análise da resistência ao fogo da construção em *Steel Frame*, incluindo a comparação com outras técnicas construtivas.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 6120 – CARGAS PARA O CÁLCULO DE ESTRUTURAS DE EDIFICAÇÕES. Disponível em: http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec802/Lajes/NBR_6120.pdf. Acessado em: 18/01/2023

ABNT NBR 15217 – PERFILADOS DE AÇO PARA SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM CHAPAS DE GESSO PARA DRYWALL. Disponível em: https://www.abcem.org.br/construmetal/downloads/apresentacao/46_ESPECIFICACAO-PARA-PERFIS-DE-DRYWALL-E-LIGHT-STEEL-FRAMING.pdf. Acessado em: 18/01/2023

ABNT NBR 15253 – ESPECIFICAÇÃO DE PERFIS PARA DRYWALL E LIGHT STEEL FRAMING. Disponível em: https://www.abcem.org.br/construmetal/downloads/apresentacao/46_ESPECIFICACAO-PARA-PERFIS-DE-DRYWALL-E-LIGHT-STEEL-FRAMING.pdf. Acessado em: 18/01/2023

ANDRE COELHO. História do Steel Frame. Disponível em: <http://www.zarya.com.br/historia-do-steel-frame/>. Acessado em: 10/05/2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO (ABCIC) <https://abcic.org.br/>. Acessado em: 15/12/2022

BISCAIA, J. A. R.; MORAES, J. A. M. Materiais e métodos construtivos: Steel frame. São Paulo: Érica, 2020. Disponível em: https://monografias.brasilecola.uol.com.br/engenharia/sistema-construtivo-light-steel-framing-vantagens-desvantagens.htm#indice_5. Acessado em: 29/01/2023

BORTOLOTTO, Ana Larissa Koren. Análise de viabilidade econômica do método Light Steel Framing para construção de habitações no município de Santa Maria-RS. Engenharia Civil, Santa Maria, jan, 2015. Disponível em: http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2014/TCC_ANA%20LARISSA%20KOREN%20BORTOLOTTO.pdf. Acessado em: 05/08/2021

DÓREA – COMO PREPARAR ORÇAMENTOS DE OBRAS. Livro. 2020. Disponível em: <https://engcivil20142.files.wordpress.com/2017/08/como-preparar-orc3a7amentos-de-obras-aldo-dc3b3rea-mattos.pdf>. Acessado em: 05/02/2023

GATES, High-Rise Residential Building using Cross-Laminated Timber (CLT)- Charlotte 9th Street Tower- United States Case Study. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Platform-vs-Balloon-Framing-24_fig2_324149760. Acessado em: 21/03/2022

GONÇALVES, L. Steel Frame - Como Funciona? Tudo o que você precisa saber. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/steel-frame->

como-funciona-tudo-o-que-voce-precisa-saber_21848_2_0. Acesso em: 27 mar. 2023. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/arquitetura/sistema-light-steel-frame>. Acessado em: 29/01/2023

INSTITUTO BÁSICO DE SIDERURGIA, 2018. Quando o Steel Frame chegou no Brasil e sua história. Disponível em: <https://steelframebrasil.com.br/quando-o-steel-frame-chegou-no-brasil-e-sua-historia/>. Acessado em: 18/04/2022

KLEIN, Bruno Gustavo; MARONEZI, Vinícius. 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. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14436/2/PB_DACOC_2013_1_08.pdf. Acessado em: 12/01/2023

NEIVA – SOCIEDADE DE AÇO. Livro. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/7306/DissGFB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 25/03/2021

PLACO. O O ULTRAWALL CRIADO PARA AMBIENTES EXTERNOS. <https://www.placo.com.br/glasroc-X>. Acessado em: 05/02/2023

PUGA, L. and Oliveira, F. (2019). A utilização do sistema construtivo Steel Frame na construção civil brasileira. Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas, 5(2), pp.28-37. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4658/3701.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 10/01/2023

SILVA, L., Barbosa, R., Santana, G. and Costa, A. (2020). Sistema construtivo Light Steel Frame: estudo comparativo com sistemas construtivos convencionais em residências unifamiliares. Revista de Engenharia Civil IMED, 6(2), pp.34-46. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/7306/DissGFB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 17/02/2023

VIVAN, André Luiz. Projetos para produção de residências unifamiliares em light steel framing. 2011. 226 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4658?show=full>. Acessado em: 19/09/2021