

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ELAINE MOURA DE SOUZA  
WESLEY DE OLIVEIRA AMORIM**

**VIABILIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL E O  
SISTEMA *LIGHT STEEL FRAME* PARA CONSTRUÇÃO DE  
PEQUENO PORTE**

**ANÁPOLIS / GO**

**2021**

ELAINE MOURA DE SOUZA  
WESLEY DE OLIVEIRA AMORIM

VIABILIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL E O  
SISTEMA *LIGHT STEEL FRAME* PARA CONSTRUÇÃO DE  
PEQUENO PORTE

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA

ORIENTADOR: WELINTON ROSA DA SILVA  
COORIENTADORA: WANESSA MESQUITA GODOI  
QUARESMA

ANÁPOLIS / GO: 2021

## FICHA CATALOGRÁFICA

SOUZA, ELAINE MOURA DE / AMORIM, WESLEY DE OLIVEIRA

Viabilidade da Alvenaria Estrutural e o Sistema *Light Steel Frame* para construção de pequeno porte

65P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC – UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

- |                         |                |
|-------------------------|----------------|
| 1. Alvenaria Estrutural | 2. Steel Frame |
| 3. Viabilidade          | 4. Residência  |
| I. ENC/UNI              | II. Bacharel   |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MOURA, Elaine Moura de; AMORIM, Wesley de Oliveira. Viabilidade da alvenaria estrutural e o sistema light steel frame para construção de pequeno porte. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 67p. 2021.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Elaine Moura de Souza

Wesley de Oliveira Amorim

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Viabilidade da alvenaria estrutural e o sistema *light steel frame* para construção de pequeno porte

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2021

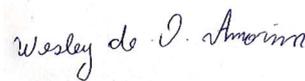
É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Elaine Moura de Souza

E-mail:

elaine.smouraa@gmail.com



Wesley de Oliveira Amorim

E-mail:

wesley31.edu@gmail.com

**ELAINE MOURA DE SOUZA**  
**WESLEY DE OLIVEIRA AMORIM**

**VIABILIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL E O**  
**SISTEMA *LIGHT STEEL FRAME* PARA CONSTRUÇÃO DE**  
**PEQUENO PORTE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE**  
**ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS**  
**NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

**APROVADO POR:**

*Welinton Rosa da Silva*

\_\_\_\_\_  
WELINTON ROSA DA SILVA, Mestre (UniEVANGÉLICA)

**(ORIENTADOR)**

*Vanessa Mesquita Godoi Quaresma*

\_\_\_\_\_  
VANESSA MESQUITA GODOI QUARESMA, Mestra (UniEVANGÉLICA)

**(Co-ORIENTADOR)**

*Vanessa Honorato Domingos*

\_\_\_\_\_  
VANESSA HONORATO DOMINGOS, Mestra (UniEVANGÉLICA)

**(EXAMINADOR INTERNO)**

*Eduardo Martins Toledo*

\_\_\_\_\_  
EDUARDO MARTINS TOLEDO, Mestre (UniEVANGÉLICA)

**(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 30 de Novembro de 2021.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus e Nossa Senhora por nos proporcionar saúde para chegar até aqui e sempre ter nos abençoado durante nossas conquistas. Aos nossos pais, por serem o alicerce, pelo amor, incentivo e apoio incondicional, não deixando nunca desistir dos nossos objetivos. Deixo um agradecimento especial ao nosso orientador Welinton Rosa da Silva pela atenção, incentivo, dedicação e pelas valiosas contribuições. Enfim, quero agradecer a todos que contribuiu diretamente ou indiretamente nesta pesquisa acadêmica, também somos gratos a todo corpo docente que sempre transmitiram seu saber com muito profissionalismo. Agradecimentos referente aos acadêmicos Elaine Moura de Souza e Wesley de Oliveira Amorim. Obrigada.

## RESUMO

No Brasil a maior parte das construções são empregadas pelo método convencional, entretanto há busca por métodos construtivos mais eficientes, com técnicas construtivas racionalizadas, priorizando a sustentabilidade, redução dos resíduos, é que assim, possa garantir habitações de qualidades a toda população, tendo agilidade na execução e economia.

Este trabalho tem por objetivo a comparação entre dois métodos construtivos, *light steel frame* e alvenaria estrutural, no qual fez análise de uma edificação de baixo padrão, com base no projeto modelo. Tais comparação de acordo com pesquisa em livros, monografias, normas, manuais e com auxílio de profissionais, tendo em destaque a verificação da análise econômica, apresentação das principais diferenças em ambos os sistemas construtivos, e compreender suas vantagens e desvantagens.

Assim para análise de custo, foi realizada uma pesquisa dos materiais necessários e seus valores, com diferentes fornecedores, no qual se obteve os apêndices A e B, que representa os orçamentos de ambos os sistemas construtivos, e de acordo com os dados, constituiu a representação de uma tabela, na qual lista os principais serviços, e assim, se obteve o custo total da obra para a residência de baixo padrão. E com as informações descritas na tabela, pode-se avaliar qual método construtivo que é mais viável para esta construção. Todavia é ressaltado a análise econômica, viabilidade, destacando os benefícios e desvantagens, para comparação da alvenaria estrutural e o *light steel frame*.

**PALAVRAS-CHAVE:** (Alvenaria estrutural. Steel frame. Viabilidade. Residência)

## **ABSTRACT**

In Brazil, most constructions are used by the conventional method, but there is a search for more efficient construction methods, with rationalized construction techniques, prioritizing sustainability and reducing waste. execution and economy.

This work aims to compare two construction methods, light steel structure and structural masonry, not analyzing a low standard building, based on the project model. Such comparisons are based on research in books, monographs, standards, manuals and with the help of professionals, highlighting the verification of economic analysis, presentation of the main differences in the two construction systems, and understanding of their advantages and disadvantages.

Thus, for cost analysis, a survey of the base materials and their values was carried out, with different suppliers, not being obtained the annexes A and B, which represent the budgets of both construction systems, and according to the data, they constituted a representation of a table, in which the list of the main services and, thus, the total cost of the work for the low-income household is obtained. And with the information provided in the table, it is possible to assess which constructive method is most viable for this construction. However, economic analysis and feasibility are highlighted, highlighting the benefits and disadvantages, for comparison with structural masonry and lightweight steel structure.

**KEYWORDS:** (Structural masonry. Steel frame. Feasibility. Residence)

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Construções histórica em alvenaria estrutural .....	16
Figura 2 - Transmissão dos esforços nas estruturas de alvenarias .....	17
Figura 3 - Residência uni familiar em alvenaria estrutural .....	22
Figura 4 - Tipos de blocos cerâmicos .....	25
Figura 5- Tipos de blocos estruturais.....	26
Figura 6 - Grauteamento.....	27
Figura 7 - Esquema de fiação em parede de Alvenaria Estrutural e tubulações .....	29
Figura 8 - Protótipo de residência em <i>Steel Framing</i> na Exposição Mundial de Chicago.....	31
Figura 9 - Corte esquemático de uma laje radier.....	34
Figura 10 - Corte detalhado de fundação sapata corrida .....	34
Figura 11 - Abertura de vão.....	36
Figura 12 - Desenho esquemático de laje úmida.....	37
Figura 13 - Desenho esquemático de laje seca.....	38
Figura 14 - Cobertura plana em <i>Light Steel Framing</i> .....	39
Figura 15 - Caibros e vigas alinhados com montantes de painel estrutural .....	39
Figura 16 - Planta baixa usada para análise de custos.....	44
Figura 17 - Sistema Construtivo Estrutural em gráfico.....	47
Figura 18 - Sistema Construtivo Light Steel frame.....	48

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Capítulos das três partes da nova norma .....	21
Quadro 2 - Relação entre espessura da placa cimentícia e aplicação .....	41

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Tabela de custos resumida .....	46
--	----

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ISO – *International Organization for Standardization*

LSF – *Light Steel Framing*

NBR – Norma Técnica Brasileira

OSB – *Oriented Strand Board*

Ue – Perfil de aço galvanizado Montante

U\_ – Perfil de aço galvanizado Guia

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	13
1.2	OBJETIVOS .....	13
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>14</b>
1.3	METODOLOGIA .....	14
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
<b>2</b>	<b>ALVENARIA ESTRUTURAL.....</b>	<b>16</b>
2.1	INÍCIO DA ALVENARIA ESTRUTURAL .....	16
<b>2.1.1</b>	<b>Alvenaria estrutural no Brasil .....</b>	<b>18</b>
2.2	VANTAGEM E DESVANTAGEM.....	19
<b>2.2.1</b>	<b>Vantagens .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Desvantagens.....</b>	<b>19</b>
2.3	PRÁTICAS CONSTRUTIVAS .....	20
<b>2.3.1</b>	<b>Normalização .....</b>	<b>20</b>
2.4	EXECUÇÃO .....	23
2.5	PATOLOGIA EM ESTRUTURA DE ALVENARIA ESTRUTURAL.....	24
<b>3</b>	<b>MATERIAIS .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Blocos.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Argamassa.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Graute e armadura.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Amarramento.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.5</b>	<b>Fundação .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.6</b>	<b>Hidráulica e Elétrica .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.7</b>	<b>Revestimento.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.8</b>	<b>Cobertura .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.9</b>	<b>Verga e Contraverga .....</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>STEEL FRAMING .....</b>	<b>31</b>
4.1	HISTÓRIA .....	31
4.2	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING.....	32
4.3	FUNDAÇÃO .....	33
<b>4.3.1</b>	<b>Laje Radier .....</b>	<b>33</b>

<b>4.3.2</b>	<b>Sapata Corrida .....</b>	<b>34</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Viga Baldrame .....</b>	<b>35</b>
4.4	PAINÉIS ESTRUTURAIS .....	35
4.5	PAINÉIS NÃO-ESTRUTURAIS .....	35
4.6	ABERTURA DE VÃO .....	36
4.7	LAJES .....	36
<b>4.7.1</b>	<b>Laje Úmida.....</b>	<b>37</b>
<b>4.7.2</b>	<b>Laje Seca .....</b>	<b>37</b>
4.8	COBERTURA .....	38
<b>4.8.1</b>	<b>Coberturas Planas .....</b>	<b>38</b>
<b>4.8.2</b>	<b>Coberturas Inclínadas.....</b>	<b>39</b>
4.9	FECHAMENTO VERTICAL.....	39
<b>4.9.1</b>	<b>Painéis de OSB.....</b>	<b>39</b>
<b>4.9.2</b>	<b>Placas Cimentícias.....</b>	<b>39</b>
<b>4.9.3</b>	<b>Placas Glasroc X.....</b>	<b>40</b>
4.10	NORMAS PARA CONSTRUÇÃO EM STEEL FRAME .....	40
4.11	ANCORAGEM E CONTRAVENTAMENTO .....	43
4.12	ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO .....	43
4.13	ELÉTRICA E HIDRÁULICA .....	43
<b>5</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>45</b>
5.1	VISUALIZAÇÃO DE CUSTOS .....	47ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>50</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção de moradias, surgiu com a necessidade do homem pré-histórico em procurar um lugar para se abrigar, que o protegesse contra os riscos da natureza. Nesta época havia um conhecimento muito restrito, em técnicas de construção. Ao decorrer do tempo diversas novidades e descobertas surgiram, assim, foram se desenvolvendo as primeiras construções e adaptando os métodos construtivos. Essas inovações são demonstradas ao longo dos anos, como na Grécia destaca-se o Templo de Afaia, Egina, e em Êfeso, Templo de Ártemis, onde as antigas edificações de alvenaria se baseavam em longas vigas de pedras (BORBA & MESQUITA FILHO, 2018). Deste então, a busca por se obter a forma estrutural mais eficiente e mais leve possível se torna prioridade, pois, desde o início dessas construções até os dias atuais, ocorre vários impactos no meio ambiente, como a escassez de matéria prima.

Entretanto, no Brasil, o método mais utilizado é a alvenaria convencional, onde toda carga da estrutura é absorvida pela fundação, as paredes não possuem função estrutural, e servem apenas como fechamento de vãos e separação de ambientes (KALIL, 2014). É o método mais comum em obras residenciais, um dos motivos e por não necessitar de mão de obra especializada, na qual é caracterizada pela falta de qualificação profissional e acarreta maior custo, tempo de execução, resíduos.

Com avanço da tecnologia e a necessidade de novos sistemas construtivos que proporcione sustentabilidade, buscando melhorias para o meio ambiente, diminuir os impactos dos resíduos da construção civil, tem em destaque os métodos construtivos alvenaria estrutural e o *steel frame*. São dois métodos pouco utilizados no Brasil em residências, porém, já possui muitas empresas especializadas, devido a eficiência dos métodos construtivos será feita uma análise comparativa entre ambos, com o intuito de descobrir qual deles é mais viável economicamente para construção de uma residência (SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012).

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo utilizado a centenas de anos, o sistema construtivo cresceu a partir do momento em que houve um empilhamento de rochas e blocos, O sistema dispensa o uso de pilares e vigas, fazendo os blocos a função estrutural, rochas eram utilizadas como elementos de alvenaria. As vigas de madeira e pedra era utilizado para a formação de vãos, que ao decorrer dos anos deu-se lugar aos arcos. Outra diferença deste método e a limpeza a seco do canteiro desconsiderando o uso de concreto e cimento, sua característica notável e a viabilidade de cálculo que trabalha com uma maior precisão na quantidade de materiais a ser utilizado (KALIL, 2014).

Já no *light steel frame*, é um sistema construtivo atual, que teve origem remonta ao início do século XIX, e o método construtivo que utiliza perfis de aço galvanizado leve, obtido por processos a frio, bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco. Se destaca por sua concepção racionalizada, tem como característica leveza e flexibilidade (TEIXEIRA *et al.*, 2013).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A construção civil é responsável por gerar resíduos e desperdício de materiais, caracterizada por utilizar como principal sistema construtivo a alvenaria convencional, aumentando assim o desperdício. De acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição – ABRECON, no Brasil 21% dos resíduos de demolição estão sendo reciclados, e que 98% deles poderiam passar por esse processo. Com este cenário é essencial informar e buscar por métodos construtivos viáveis economicamente e sustentáveis. No qual este estudo auxiliara aqueles que buscam informações, dos métodos construtivos Alvenaria Estrutural e *Light Steel Frame*. Pois, compara os dois métodos, sendo feita uma avaliação de ambos para construção de uma residência, demonstrando benefícios e custos. Conferindo com resultados de monografias de anos anteriores onde a alvenaria estrutural era 7% mais cara em relação ao *LSF*, e se houve mudanças pós pandemia onde o aço elevou os custos em 220%, também visando as alterações da NBR16868 atualizando a alvenaria estrutural, sendo crucial a apreciação do aprimoramento de novos materiais do *Light Steel Frame* com a aplicação de tecnologia ao longo dos anos. Todavia o mercado da construção civil, prioriza fatores como sustentabilidade, economia, racionalização, e ambos os métodos apresenta esta característica, sobretudo o ganho no tempo com foco na redução de gastos, perdas de materiais, diminuição da mão-de-obra e, ao mesmo tempo, com maior rapidez do processo, de modo a entregar unidades habitacionais com níveis de desempenho que atendam às normas.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho teve por objetivo realizar um estudo comparativo de custos, em uma casa residencial, expondo vantagens e desvantagens de cada método, listar o plano orçamentário, sendo feita a análise dos métodos construtivos.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar uma análise econômica entre os dois métodos;
- Analisar custos e as diferenças dos sistemas construtivos Alvenaria estrutural e *steel frame*;
- Compreender suas vantagens e desvantagens;
- Analisar os materiais e mão de obra, dos dois métodos executivos;

### 1.3 METODOLOGIA

Revisão bibliográfica, sobre o método construtivo alvenaria estrutural e sistema *light steel frame*, mediante pesquisa de trabalhos de conclusão de curso, livros, normas e manuais. Analisar as vantagens e desvantagens de cada método, a fim de permitir uma avaliação mais precisa. Destacar os detalhes e etapas construtivas, analisar os custos dos processos empregados e benefícios. Apresentando uma análise financeira comparativa, para verificar qual dos sistemas construtivos se mostra mais eficaz para uma residência.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Neste tópico é apresentado uma breve introdução fazendo uma pequena análise sobre os seis capítulos que serão abordados neste trabalho.

O primeiro capítulo elaborado e a introdução que faz um apanhado geral trazendo as informações de maior relevância e justificativas para a confecção deste estudo.

O capítulo número dois e três é onde se trata da Alvenaria estrutural citando seu contexto histórico, cultural, suas maiores vantagens e não vantagens e entrando na parte executiva mostrando sua normalização necessária práticas construtivas, materiais e possíveis patologias que a de surgir em uma edificação.

O quarto capítulo fala sobre o sistema *light steel frame* seu contexto histórico ao decorrer dos anos, suas características, parte executivas e sua normalização explicando parte a parte para melhor compreensão do capítulo.

No capítulo cinco onde foi elaborado o comparativo de custos de cada método para uma residência de baixo padrão, desde sua fundação até seu cobrimento final, colocando a prova qual método mais econômico.

No capítulo seis e tratado das considerações finais tratando de analisar todo o trabalho elaborado, levantando em questão pontos fortes e relevantes para uma melhor discussão entre os custos e tempo para cada edificação.

## 2 ALVENARIA ESTRUTURAL

### 2.1 INÍCIO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

O marco histórico sobre a construção estrutural vem das civilizações asiáticas e persas a meados do ano 10.000 a.C onde os tijolos eram secos ao sol, entorno de 3.000 a.C sofreram um avanço e passaram a ser queimados em fornos. A construção civil era feita através do conhecimento baseado na experiência que era passada de geração em geração, entre os construtores até meados do século XX. O formato da estrutura era o grande segredo pois a mesma garantia rigidez e a estabilidade da estrutura, esta série de fatores faziam com que trabalhasse com a compressão equilibrando as forças em razão do vento, dimensão da parede e a edificação fazendo assim um pórtico resistente a tração (MOHAMAD, 2020).

**Figura 1 - Construções histórica em alvenaria estrutural**



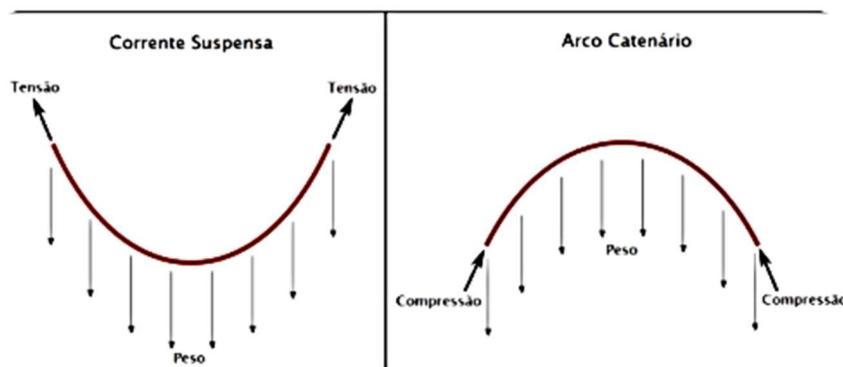
FONTE: CAMPOS, 2011

A alvenaria estrutural se destaca desde os tempos mais remotos há centenas de anos, onde se visa edificações com marco histórico importante, como pontes, catedrais e monumentos que resistem até os dias de hoje, como é mostrado na Figura 1, com boa conservação deixando explícito a qualidade e potencial da alvenaria estrutural.

A ocupação da alvenaria pelo homem provém em primeira instancia do empilhamento de rochas partidas e, num segundo período, o trabalho em muros de pedras. E visto em construções como Coliseu Romano, pirâmides do Egito, catedral de Notre Dame, na Franca, são exemplo de grandiosas estruturas que sobressaem na questão de materiais compostas por

unidades de blocos de pedra ou cerâmicos entrelaçados com ou sem material ligante, contudo a segurança estrutural e suas metodologias de construir, no entanto o sistema estrutural das construções era limitado, pelo fato de que a presença de unidades de pedra ou cerâmicos interligados através de materiais ligantes não tão eficientes ou até mesmo unidos somente por atrito tornava o uso de vãos de grandes dimensões fora de questão, a maneira com que se adotou o uso do arco foi uma grande saída porquanto permitia atender as necessidades construtivas sem que os esforços atuantes levassem a estrutura ao colapso ou levasse o material a ruptura (BERTI & RAFAEL, 2019).

**Figura 2 - Transmissão dos esforços nas estruturas de alvenarias**



FONTE: MOHAMAD, 2020

Ao decorrer do tempo o princípio da transmissão de esforços passa seguir o formato da corda suspensa, onde debelados a cargas verticais distribui as tensões diminuindo as trações que por maioria das vezes leva a ruptura por fragilidade, conforme a Figura 2 (BERTI & RAFAEL, 2019).

Já no século XIX edificações de grande porte já foram iniciadas com o uso da alvenaria estrutural, de forma onde não gaste grandes volumes em materiais nem dimensões de paredes, onde destacasse o edifício "Monadnock" –construído em Chicago entre 1889 e 1891 com 16 pavimentos e 65 metros de altura, cuja suas paredes do térreo haviam de espessura 1,80 metros, se o edifício fosse edificado nos dias atuais ele teria em suas paredes da base 0,30 cm de diâmetro (CAMPOS, 2011).

No final do século 19 mediante o aperfeiçoamento do cimento e controle do uso do aço em construções as estruturas em concreto armado passam a deixar o início de um marco decorrente do menor custo em comparativo a alvenaria estrutural e menor área ocupada. No ano de 1950 na suíça se dá início a confecção de normas em relação ao cálculo da espessura

exata das paredes e suas resistências estruturais embasados de cálculo mais racionais e experimentações laboratoriais. Nos anos de 1960 e 1970 se teve grandes e várias pesquisas laboratoriais e experimentais focando na melhoria de cálculos matemáticos e execução. Com o intuito de dimensionar construções não só resistentes a forças estáticas e dinâmicas, mas além do tipo como explosões e retirada de paredes estruturais já prontas. Presentemente em países desenvolvidos como nos Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha e demais países, sua alvenaria estrutural se aproxima aos níveis de cálculo aplicado na estrutura de aço e concreto, deparando em um versátil, competitivo e econômico e fácil sistema construtivo (CAVALHEIRO, 2012).

### **2.1.1 Alvenaria estrutural no Brasil**

No Brasil, esta prática construtiva se inicia no período colonial, com o uso da pedra, tijolo de barro cru e taipa. Nos anos 50, passa a ser marcado como primeiro avanço na prática construtiva estrutural com o uso do tijolo cozido adequando a edificações com grandes vãos e resistentes a absorção de água, permitindo conceitos de uso industrial. Anos depois teve início em pesquisas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas e na Universidade de São Paulo ganhando força das faculdades fazendo assim com que os dimensionamentos fossem feitos por meios mais técnicos, a alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto e blocos cerâmicos em prédios de pequeno porte usando normativas americanas, as paredes destas construções seus três primeiros andares eram feitos com tijolos maciços e já no quarto era usado tijolos vazados com furos, nesta ocasião as edificações eram construídas somente até quatro andares. Já no estado de São Paulo se adequa a normas da Inglaterra e da Alemanha em grande escala. Atualmente no Brasil trabalha com base nas normas da ABNT para cálculos, execução em obras em alvenaria estrutural (CAVALHEIRO, 2012).

Cotidianamente as técnicas e métodos de para a confecção de uma edificação tende a exigir sistemas econômicos e de boa qualidade, sendo assim a alvenaria estrutural vem optando pelo uso do bloco de concreto, que vem ganhando espaço no campo de obras sendo o mais empregado na construção civil. Com a intensificação da tecnologia e variados custos concorrentes vem dando espaço para o uso demasiado no País, listando-o como referência mundial na prática construtiva. Vários canteiros de obras ao decorrer dos anos vêm adotando o uso de blocos de concreto visando a economia, pelo mesmo que não há grande geração de detritos e rápida execução (PORTLAND, 2021).

Segundo os autores Silvestre Michelli (2021, p. 4–7) dizem que

A alvenaria estrutural é um processo construtivo consolidado, que pode ser utilizado em qualquer tipo de empreendimento com grande economia. O Sistema de Alvenaria Estrutural permite uma integração entre projeto e execução e integração com outros subsistemas, proporcionando diversas vantagens e gerando uma economia que pode chegar a 20% do custo total da obra em comparação com os sistemas tradicionais. A alvenaria estrutural é um sistema construtivo racionalizado. E, para que na obra se obtenha a redução de custo, otimização no tempo da execução e rendimento desejado, é muito importante que um bom projeto seja desenvolvido. Uma das premissas é a necessidade de compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural, elétrico, hidrossanitário e de prevenção de incêndio para definição dos projetos executivos.

Sendo assim em um projeto de alvenaria estrutural o mesmo não é maleável a mudanças de pilares e vigas ao decorrer da obra uma vez que já tenha colocado em execução, contudo o projeto permite ajuste de layout. Qualidade, economia, rapidez de execução e segurança e cabível em vários tipos de construções do cotidiano, tanto populares quanto padrões elevados. Com os constantes estudos aplicando novas tecnologias são padrões de grande valia fazendo com que assegure a alvenaria estrutural e o desenvolvimento brasileiro, apesar da necessidade de uma maior demanda de profissionais relacionados a alvenaria estrutural (CAVALHEIRO, 2012).

## 2.2 VANTAGEM E DESVANTAGEM

### 2.2.1 Vantagens

Como a construção civil passa por um constante momento de renovação, a alvenaria estrutural vem ganhando cada vez mais espaço no âmbito nacional e mundial. Após passar por uma etapa de renovação, ela apresenta várias vantagens em relação aos processos construtivos convencionais, pois pode reduzir os custos de uma obra, aumenta a produtividade, diminui desperdícios e ajuda no gerenciamento da obra. Em relação aos custos de uma obra de alvenaria estrutural, esta tende a ser mais em conta, em relação às obras convencionais de concreto armado, pois tem uma vasta economia na utilização de madeiras, aço, concreto (BERTI & RAFAEL, 2019).

Em um sistema construtivo tradicional de concreto armado, os elementos estruturais são: lajes, vigas e pilares. Já na alvenaria estrutural as paredes é que vão sustentar o peso das lajes e o próprio peso, além da função de vedação (GOMES, 2019).

### 2.2.2 Desvantagens

De acordo com que se vê desvantagens nos vastos tipos de materiais, com a alvenaria estrutural não é diferente, apesar de tamanhas evoluções cotidianamente trabalhadas, dentre

elas se pode citar que o projeto não aceita alterações futuras do tipo como reformas, puxadinhos, pelo fato que não se pode alterar as paredes uma vez que elas atendem função estrutural. Outro fator a ser visto e o projeto arquitetônico tem que condicionar com a função estrutural, redes elétricas, hidráulicas, cabos de televisão, telefone, ar condicionado e demais conduções ou tubos presente em uma edificação, deve ter muito cuidado verificando e revisando o projeto estrutural e arquitetônico para que ambos trabalhem juntos evitando dor de cabeça posterior, já que este tipo de obra não é maleável a alterações (CAMPOS, 2011).

A alvenaria estrutural deixa de ser viável a partir do momento em que o projeto necessita de vãos de grande extensão já que pilares e vigas de grandes dimensões resultam em atraso e gastos demasiados. Dito que grandes pilares e vigas são desvantajosos se ilustra que obras de vários pavimentos se torna vago, devido ao crescimento das cargas verticais e horizontais tornando necessário o uso de armadura e graute em grande quantidade (MASO, 2017).

Outra necessidade necessária presente em todos estilos construtivos e a mão de obra qualificada para a execução bem elaborado e entendimento nos detalhes contidos em projeto, passando a ter necessidade de treinamentos, resultando em demanda de tempo e recursos (MASO, 2017).

## 2.3 PRÁTICAS CONSTRUTIVAS

### 2.3.1 Normalização

Até o início do ano de 2020 a ABNT disponha de uma normativa exclusiva para alvenaria estrutural com tijolos cerâmicos, divididas em três partes (1-Projeto,2- Execução,3-Ensaio) conforme o Quadro 1 e de uma normativa exclusiva para alvenaria estrutural com o uso de blocos de cimento, divididas em três partes (1-Projeto,2- Execução,3-Ensaio). Partir da metade no ano foi publicada uma a nova norma técnica para alvenaria estrutural, partes (1-Projeto,2- Execução,3-Guia), denominada NBR 16868 (ABNT, 2020), onde a mesma abrange alvenaria estrutural com uso de blocos cerâmicos tão quanto alvenaria com uso de blocos de concreto, atendendo aos dois tipos de artefatos.

**Quadro 1 - Capítulos das três partes da nova norma**

Parte 1: Projeto	Parte 2: Execução e controle de obras	Parte 3: Caracterização de elementos
1 Escopo	1 Escopo	1 Escopo
2 Referências normativas	2 Referências normativas	2 Referências normativas
3 Termos e definições	3 Termos e definições	3 Termos e definições
4 Símbolos e termos abreviados	4 Requisitos do sistema de controle	4 Ensaio para a determinação da resistência à compressão de paredes
5 Requisitos	5 Materiais	5 Ensaio para a determinação da resistência à compressão de pequenas
6 Propriedades da alvenaria e de seus componentes	6 Recebimento dos materiais	6 Ensaio para a determinação da resistência à compressão de prismas
7 Segurança e estados-limite	7 Produção da argamassa de assentamento e do graute	7 Ensaio para a determinação da resistência ao cisalhamento de paredes
8 Ações	8 Controle da resistência dos materiais e das alvenarias à compressão axial	8 Ensaio para a determinação da resistência à flexão simples e à flexo-compressão de paredes
9 Análise estrutural	9 Produção de alvenaria	9 Ensaio para a determinação da resistência à tração na flexão de prismas
10 Limites para dimensões, deslocamentos e fissuras	Anexo A - Ensaio para determinação da resistência à compressão de argamassa	Anexo A - Cálculo da resistência característica
11 Dimensionamento		Anexo B - Procedimento para extração de corpo de prova testemunho em alvenaria executada
12 Disposições construtivas e detalhamento		
Anexo A - Dano acidental e colapso progressivo		
Anexo B - Alvenaria protendida		
Anexo C - Parede com índice de esbeltez superior a 30		
Anexo D - Alvenaria participante		
Anexo E - Paineis sob ação lateral fora do plano		
Anexo F - Especificação dos materiais da alvenaria		

Fonte: NBR 16868 (ABNT, 2020)

Assim também, foram canceladas as seguintes normas: NBR 16522 (ABNT, 2016) – Alvenaria de blocos de concreto – Métodos de ensaio, e NBR 6136 (ABNT 2014) – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Outro fato que passa a ser novo e que posteriormente a NBR 16868 (ABNT, 2020) terá o acréscimo de mais duas partes, parte 4 – Estrutura em situação de incêndio; parte 5 – Projeto para ações sísmicas. A norma passou a valer oficialmente partir de 10 de fevereiro de 2021, resolvendo uma grande necessidade de demanda na construção, tanto para o campo de obras quanto para os fabricantes (SANTOS, 2020).

Discutido como primeiro tópico na norma tratando de projeto alguns pontos foram mudados e demais mantidos com a finalidade de citar aspectos que os criadores não condizem baseando-se na norma. A Parte 1: Projeto é dividido em 12 capítulos e 6 anexos, como é ilustrado na imagem 3. Por conseguinte, a estima da área total da parede foi mantida para uso de referência, os blocos brasileiros têm especificação e tem caráter de comercialização baseados nas referências citadas anteriormente. Se por necessidade o projetista tem a opção de aplicar formulações mais precisas, do tipo como o caso para paredes esbeltas e flexão fora-do-plano, NBR 16868 (ABNT, 2020).

Há algumas disparidades nas especificações de um pilar e uma parede dentre elas a indigência do uso de blocos mais robustos, as resultantes de segunda ordem não podem sobreceder 10% das resultantes de primeira ordem, contudo edificações em alvenaria

estrutural e necessário uma concordância com as normas técnicas caso o efeito de segunda ordem seja baixo. No caso das vigas um novo método foi aperfeiçoado baseando em adaptações e fórmulas de Branson, e condições de fluência com uso de formulas do concreto armado para avaliar fissuras (MEDEIROS & PARSEKIAN, 2019).

**Figura 3 - Residência uni familiar em alvenaria estrutural**



Fonte: GOMES, 2019

Outro aspecto mudado e que a armadura pode ser estimada no dimensionamento da alvenaria resistindo a compressão simples, a normativa não autorizava este fato pelo mesmo que as edificações das paredes não são robusta a armação e geralmente a armadura longitudinal geralmente não e confinada por estribos, o comitê organizador entrou em consenso que o emprego da armadura na compressão de pode ser uma escolha útil em alguns eventos. Ao decorrer de discussões, outro aspecto discutido foi o dimensionamento de cargas concentradas (MEDEIROS & PARSEKIAN, 2019).

Ilustrado na Figura 3, e descrito uma sinopse da parte 2 e 3 da norma, os títulos de cada capítulo em prática são alto explicativos, de forma abreviada alguns feitos incluem:

- A indigência de determinar a aversão de tração na flexão caso utilize argamassa industrializada ou dosada em obra com o somatório de incorporadores de ar;
- A precisão de ensaiar todos os materiais que serão utilizados na construção civil (bloco, argamassa, graute, prisma);
- A grossura da placa de apoio elevado e inferior para avaliações de compressão são definidas de acordo com a banda de carga, igual a 50, 75 e 100 mm para encargos de até 1000, 2000 e 3000 kN, respectivamente;
- O prisma pode ser amoldado na obra ou no laboratório, e dentre vários outros pontos abrangidos, NBR 16868 (ABNT, 2020).

## 2.4 EXECUÇÃO

O processo executivo da alvenaria estrutural, se dá início com o projetista, fazendo o levantamento e confecção da planta baixa, tomando parâmetros necessários para um bom decorrer no campo de obras, após a escolha do local onde se dará início a construção e feita a fundação, em edificações de concreto armado as cargas são transportadas para as vigas onde as mesmas somam a seus carregamentos e são escoadas para os pilares transformando-as em cargas pontuais para a fundação. Em construções de alvenaria estrutural as paredes por oferecer caráter estrutural absorvem os esforços acarretando dissipação das cargas ao longo das paredes indo ao encontro de sapatas corridas ao longo de todo o alcance das paredes obstinadas, procedendo em baixas tensões no terreno. Construções de padrão estrutural de pequeno porte dificilmente trabalha com fundações profundas, abrangem mais sapatas corridas, radie, com o equilíbrio da construção podendo diminuir cerca de 25% dos esforços em fundações diretas (CAVALHEIRO, 2012).

As paredes trabalhas em duas funções tanto com a função de vedação quanto função estrutural submergindo cargas permanentes e acidentais, ilustrado em imagem 3, e uma outra conveniência que os vãos dos tijolos funcionam como dutos para a passagem da fiação e água. As formas de pilares e vigas deixam de existir, deixando o uso da madeira de lado não a utilizando para caixarias. Outro fato que e ligeiramente utilizado e as armações trabalhadas, e necessária apenas construtivas e de amarrações, quando necessária usa-se retas (GOMES, BITTENCOURT NETO & SANTIAGO, 2018).

A mão de obra capacitada para a edificação estrutural e amplamente reduzida pela série de etapas abrangentes em uma construção (faze estrutural, faze elétrica, faze hidráulica e hidro sanitária e dentre outras), contudo é necessário um dedicado e eficiente treinamento que por maioria das vezes e relativamente fácil. Ao decorrer do andamento da obra o mestre de obras reduz as etapas, onde o mesmo pode adicionar as ferragens e eletrodutos nos vazados dos blocos, podendo ainda deixar instaladas peças pré-moldadas como vergas, peitoris, marcos etc (GOMES, 2019).

Com a grande precisão relacionado a alvenaria estrutural tem grande resultante na economia em termos de revestimento, em determinados casos esboços e chapisco passa a ser colocado de lado sem interferir diretamente na espessura do reboco. Determinadas pesquisas apontam quem em obras onde entra cerca de  $1,8t/m^2$  gera cerca de  $0,6t/m^2$  de entulho descartado. Enquanto em construções racionalizadas os materiais recebidos giram em torno de

1,0t/m<sup>2</sup> e proporciona 0,20t/m<sup>2</sup>, baseando assim o custo em que um caminhão de entulho tirado e equivalente a uma ou mais semanas de apenas um mestre de obras. Valendo ressaltar também que um sistema racionalizado exige do projetista estrutural uma interação que abranja todos os demais projetos arquitetônicos e instalações (CAVALHEIRO, 2012).

## 2.5 PATOLOGIA EM ESTRUTURA DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Se compreende que a patologia está presente em todo sistema construtivo com relação a problemas, falhas e deformidades que consequentemente afetam as funções da construção. As mesmas geralmente surgem quando se vai em desagrado com os requisitos de desempenho abordados pela legislação e normas técnicas, que são necessárias que são aplicadas nos materiais e serviços em geral. Com base no código de defesa do consumidor os trabalhos com fins de consumo devem estar em conformidade com as normas da ABNT ou órgãos credenciados. As imperfeições que tendem a ser mais comuns encontradas em construções de alvenaria estrutural são eflorescências, infiltrações de água e trincas. Sendo que com grande maioria encontradas, a problemática se baseia em fissuras e infiltrações na construção, provenientes de erros de projetos, má execução (FIGUEIREDO & SANTOS, 2017).

Ha fins de acatar requisitos técnicos de edificações abordado em norma, deve-se tomar cuidado nas fases de entendimento e projeto, relacionados aos projetos arquitetônicos e estrutural, tendendo a adequação e concepção de projetos de fundação e estrutural (FIGUEIREDO & SANTOS, 2017).

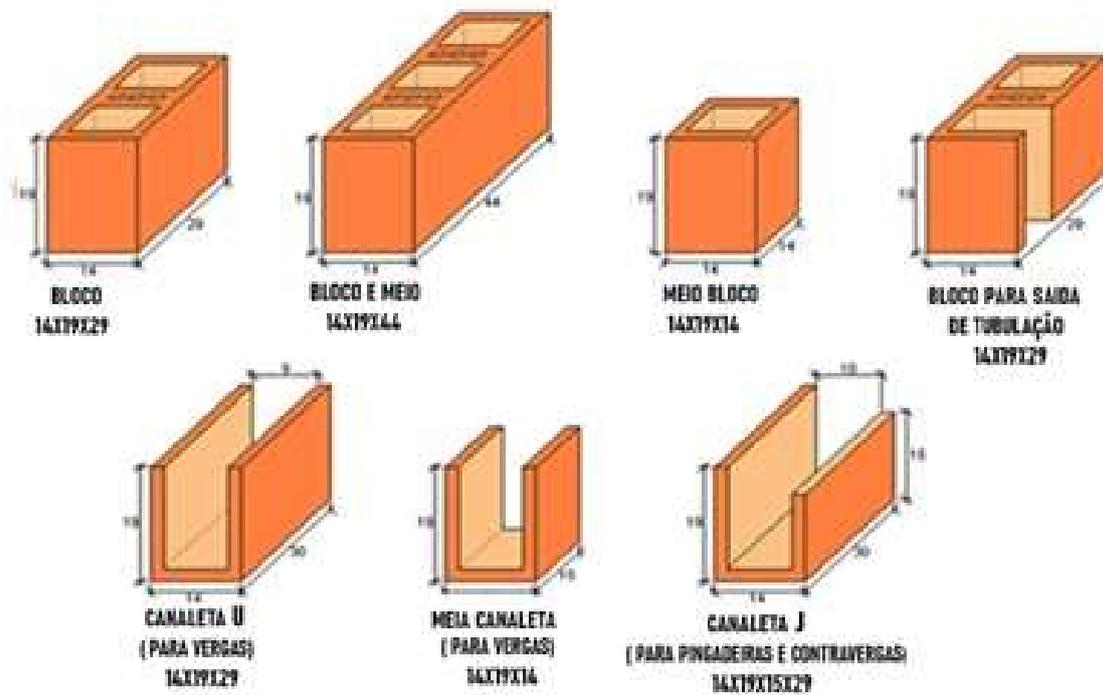
O que se pode afirmar é que fragilidade central analisada na alvenaria e quando a mesma é submetida a esforços de cisalhamento e flexão, em equidade a tração apresentar pouca resistência, que por maioria das vezes é tratada como comum, tratada em sistemas de alvenaria estrutural. A alvenaria espoe uma baixa resistência dúctil com uma estrutura frágil. Listando imediata característica vindo do comportamento mecânico é a baixa resistência a trações contidas nas junções dos locomotivas e a massa de assentamento. Fazendo com que o mecanismo de ruptura inclua trações dos blocos e juntas. Se ilustra que as fissuras atestam como maior posição de sintomatologia em alvenaria estrutural em blocos vazados de concreto. Podendo ocorrer em juntas de instalação ou componentes de alvenaria. De acordo com o abrangido as patologias como eflorescências, manchas de umidade, flechas excessivas, corrosão de armadura, entre outros, podem acontecer (LISBOA, 2019).

## 2.6 MATERIAIS

### 2.6.1 Blocos

Alvenaria estrutural é um assunto muito amplo, por quanto há uma vasta lista de materiais que podem ser usados atualmente como bloco cerâmico, o bloco de sílico-calcário, bloco de concreto celular e o bloco cimentício que será usado de base para o orçamento deste trabalho (NONATO & OLIVEIRA, 2013).

Figura 4 - Tipos de blocos cerâmicos



Fonte: CAMACHO, 2006

A fabricação do mesmo segue da seguinte maneira, os insumos necessários para sua fabricação incidem em cimento Portland, agregados e água, no entanto algumas fabricas recentemente passou a adotar cimento Portland, pó de brita e água, ambos os métodos se tem um estudo de traço adquirindo melhores proporções refletindo na resistência desejada. Um bom travamento e materiais utilizados na alvenaria são os maiores responsáveis pela resistência característica estrutural. Denotasse a respeito dos blocos podem ser maciços ou vazados, sendo chamados de tijolos ou blocos ilustrados na Figura 4 e Figura 5, blocos maciços são aqueles que hão um número de valor máximo de vazios respectivamente 25% de sua área total se seu número de vazios exceder 25% passa a considerá-los blocos vazados (NONATO & OLIVEIRA, 2013).

Figura 5- Tipos de blocos estruturais



Fonte: CAMACHO, 2006

Um fator interessante a se considerar é a absorção de água dos blocos, dito que os próprios não podem absorver muita água adotando a água da argamassa de assentamento. Subsequentemente o bloco ou tijolos não pode ter grande impermeabilidade pelo fato de sua aderência com a argamassa deve-se ter atrito, sendo assim a absorção de água necessita de um equilíbrio entre as partes (PASTRO & PENTEADO, 2007)

## 2.6.2 Argamassa

A argamassa é um adesivo que tem a função de unir os blocos e serve para transferir esforços da estrutura entre os blocos assim evitando pontos de união de tensões acomodando mínimas deformações contudo tornando a resistência uma segunda característica, tendo em sua formula cimento, agregado miúdo, água e cal, no mercado há também aditivos tendo fins de melhorar certas propriedades da argamassa, tem-se também a argamassa industrializada com aditivo de polímeros com grande resistência a tração e compressão nos blocos. A argamassa com uma vasta função se ilustra as suas principais funções são solidarizar os blocos de concreto,

unir as unidades, propiciar aderência com as armaduras nas juntas e compensar as variações dimensionais das unidades e garantir a vedação da edificação (KLEIN & MARONEZI, 2013).

### 2.6.3 Graute e armadura

O graute é um concreto com granulometria de pequenas dimensões com grande fluidez, formado de cimento, água, agregado miúdo e agregados graúdos de pequena dimensão (até 9,5mm), tendo sua função preencher todos os vazios dos blocos com grauteamento onde serão usados a fim de aumentar a resistência da parede (GOMES, BITTENCOURT NETO & SANTIAGO, 2018).

**Figura 6 - Grauteamento**



Fonte: BORBA & MESQUITA FILHO, 2018

A resistência do graute se é apurada devida resistência do bloco tendo de ser duas vezes a resistência média do bloco, o fato se dá devidamente a área do bloco seu índice de vazios é usualmente de 50%, a armadura conjunto ao concreto se deve trabalhar semelhante ao que acontece no concreto armado, assim o concreto deve envolver por todas as armaduras e atritar ao bloco formando de tal modo um único conjunto. No interior do vazio dos blocos e colocado um ferro mecânico intercalado em média a cada 1,5 m ou conforme estipular o projetista, conforme ilustrado na Figura 6, onde seriam os respectivos pilares conjunto ao concreto tendo função combater a tração onde devem ser compatíveis com deformação da construção (NONATO & OLIVEIRA, 2013).

#### **2.6.4 Amarramento**

O amarramento se dá dois tipos de amarração diretamente e indiretamente, sendo que a direta se dá ao travamento dos blocos na união das paredes de modo que os blocos penetrem 50% na parede interceptada (popularmente chamado de canto virado). A amarração indireta é usada quando se pode haver penetração alternada e usualmente se utiliza grampos (ferros dobrados em formatos 'U', onde são colocados prendendo em um vazio do bloco e no outro vazio da parede de ligação, usualmente se coloca a cada 3 fiadas com dimensões de 0,60 x 0,15 x 0,60). Este tipo de amarração tem como objetivo garantir que as paredes trabalhem em conjunto a outra (BATISTA, 2020).

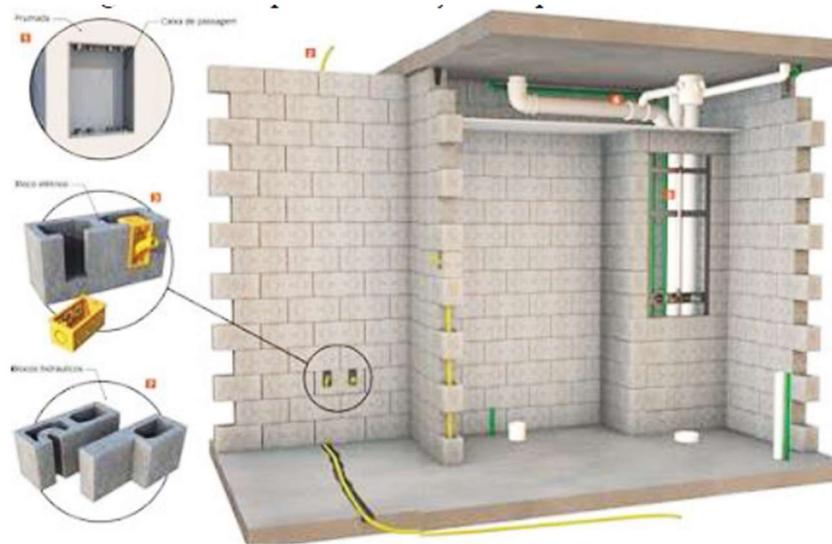
#### **2.6.5 Fundação**

A escolha da fundação deve levar em consideração fatores econômicos e técnicos, exemplificasse edificações vizinhas à obra, geotécnica local, viabilidade executiva, existência de mão-de-obra especializada, altura da construção e dentre outros. No entanto as paredes conjunto aos grautes tem o apoio de modo contínuo e suas tensões distribuem de maneira uniforme não havendo necessidade de fundações de grande escalão, deste modo as fundações mais cotadas sejam sapatas corridas e radie (BATISTA, 2020).

#### **2.6.6 Hidráulica e Elétrica**

Nos dutos elétricos, cabos de televisão, cabos de internet e telefone a passagem dos conduítes é feita totalmente nos vãos livres dentro dos blocos, no entanto toda a parte elétrica deve estar em projeto afins da visualização de possíveis interferências e a execução simultânea da parede e instalações colaborando com a checagem no decorrer da obra. Os dutos de passagem no interior dos blocos sempre serão na vertical, seguindo os espaços livres das fiadas sobrepostas. Para os interruptores, caixas de tomada se recomenda a aplicação de blocos especiais onde possuem caixarias embutidas evitando a necessidade de quebras dos blocos. Uma outra metodologia é colocar os cortes das caixas estejam faceando uma junta horizontal facilitando o corte dos blocos, os dutos e tubulações são sobrepostos a laje antes da concretagem ou em nichos de blocos especiais (BATISTA, 2020).

**Figura 7 - Esquema de fiação em parede de Alvenaria Estrutural e tubulações**



Fonte: (BATISTA, 2020).

No sistema hidráulico o mais usual e aplicação de shaft ilustrado na Figura 7, onde as tubulações passa por paredes não estrutural e passadas pelas lajes, quando houver mais pavimentos as lajes são feitas com desnível ou com uso de forros, preferencialmente banheiros, cozinhas, áreas de serviço se mantenham próximos uns dos outros permitindo a otimização dos shaft de tal modo gera capitalização e produtividade (NONATO & OLIVEIRA, 2013).

### 2.6.7 Revestimento

Como vem sendo mostrado ao decorrer do trabalho a alvenaria estrutural e algo bastante preciso em suas dimensões assim sendo resulta em economia nos termos de revestimento pois a alvenaria estrutural pode dispensar o uso de emboço e chapisco sem que prejudique a espessura do reboco a falta de existência de recortes consequentemente gera economia na aplicação de cerâmicas e azulejos (BORBA & MESQUITA FILHO, 2011).

### 2.6.8 Cobertura

A cobertura de uma edificação tem como função proteger a estrutura e pessoas contra ações do meio ambiente tendo também uma função estética variando de vários modelos e projetos, atualmente há uma vasta forma de fazer cobertura, com uma gama de materiais de variados tipos, as coberturas podem ter mais de uma queda de escoamento variando desde lajes

de diferentes tipos até métodos convencionais de madeira ou aço. Para este trabalho será usado um telhado de telha cerâmica de duas águas (BORBA & MESQUITA FILHO, 2018).

### **2.6.9 Verga e Contraverga**

As vergas e contra vergas são vigas alocadas na parte superior e inferior de portas e janelas, no caso das portas se aloca somente na parte de cima. Sua principal função é combater aparecimento de fissuras na parede, proveniente do escoamento de cargas na estrutura ou efeitos decorrentes como mofo e umidade. As fissuras podem ocorrer rapidamente, com prazo de um ano de uso da edificação já pode se notas as patologias (NONATO & OLIVEIRA, 2013).

### 3 STEEL FRAMING

#### 3.1 HISTÓRIA

Este sistema construtivo que teve origem remonta em torno do século XIX. Porém, este método construtivo iniciou-se com construções em madeira, conhecidas como *Wood Frame*, utilizadas pelos colonizadores. Mas por ser uma opção viável, de rápida execução e ter disponível a matéria prima na região, foi a opção adotada pelos Estados Unidos, que na época devido a conquista do território e a migração, teve um aumento da população. Assim, as habitações de madeira tornaram-se referência nos Estados Unidos. O manuseio do aço se tornou viável, no período pós segunda guerra, houve o aumento da produção, diversificação, onde o aço galvanizado ganhou espaço na construção civil, substituindo a madeira, que entrou em escassez e teve aumento de custo. Países como: Japão, que optou por este processo para reconstruir as casas destruídas por bombardeios e Estados Unidos, foram os primeiros a adotarem este método construtivo, devido suas vantagens, acessibilidade, e obter resistência a intempéries, também é utilizado frequentemente em países onde a engenharia civil possui um avanço tecnológico (CONSULSTEEL, 2002).

O grande marco do *Steel Framing*, ocorreu nos Estados Unidos, no ano de 1933, onde houve o lançamento de um protótipo de uma residência em LSF, na Feira Mundial de Chicago, a substituição no sistema *Wood Frame* pelo perfil de aço, representado na Figura 8 (FRECHETTE, 1999).

**Figura 8 - Protótipo de residência em Steel Framing na Exposição Mundial de Chicago**



Fonte: MARSHALL UNIVERSITY WEB PAGES *apud* CRASTRO (2005).

No Brasil, esta tecnologia iniciou por volta dos anos 90, utilizada em construção de médio e alto padrão, porém devido à falta de informação ainda permanece pouco utilizado no país, onde a maioria opta pelo método convencional, este método vem sendo difundido aos poucos, entretanto deve levar em consideração a sustentabilidade os benefícios desta obra, pois e executada de forma rápida, por ser um processo de montagem das peças, que podem vim pré-prontas diminuindo o tempo de execução, obra limpa sem desperdício de matérias, e uma técnica construtiva sustentável, porque os materiais mais utilizados, são alumínio e gesso, que são materiais reciclados, onde o alumínio no Brasil é considerado um dos materiais mais reciclados e o gesso por meio da resolução CONAMA nº 431/2011 (CONAMA, 2011), teve sua classificação alterada para “Classe B” no qual as sobras de gesso passaram a ser consideradas recicláveis e seu descarte deve ser feito de forma correta. Todavia obtendo um planejamento adequado dos dimensionamentos das peças, tem se um desperdício mínimo dos elementos da estrutura. Assim, reciclando e reutilizando os materiais, proporcionando maior sustentabilidade para obra (SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012).

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA *LIGHT STEEL FRAMING*

O LTF pode ser utilizado nos mais diversos tipos de empreendimentos, seja, nos seguimentos comerciais ou residenciais, podendo contemplar construções de alto padrão como também as populares. Segundo Santiago, Freitas e Crastro (2012), este método construtivo obtém três diferentes métodos de construção:

- Método de Stick: Os perfis são cortados e montados no canteiro da obra, a pré-montagem pode ser realizada no local onde vai ser executada a obra, obtém facilidade no transporte, podendo ser transportados por pallets, os perfis podem vir perfurados para passagem da instalação elétrica e hidráulica para facilitar na execução.
- Método de Painéis: São pré-fabricados fora do canteiro de obras, como (painéis estruturais e não estruturais, tesouras do telhado, lajes etc.). Proporcionando, controle de qualidade com maior precisão na execução, agilidade de montagem, menor tempo de execução da construção.
- Construção Modular: Estruturas completas, com todo o módulo pré-fabricado, e possui todos os acabamentos e revestimentos internos. Podem ser colocadas lado a lado, ou uma sobre a outra.

- Método Balloon Framing: Surgiu no século XVIII, este sistema construtivo é composto por peças esbeltas, altura segue desde a fundação até a cobertura, porém apresenta limitações por serem painéis contínuos, dificultando o manuseio das peças (BENOÎT & PARADIS, 2008).
- Método Platform: O sistema construtivo é baseado no Ballon-Frame, sendo o mais utilizado recentemente, por ser flexível, a altura dos montantes é limitada à altura de cada pavimento, sendo construída sequencialmente, possibilitando a montagem na obra, pré-fabricação. Os carregamentos dos pisos são descarregados aos montantes (CONSULSTEEL, 2002).

### 3.3 FUNDAÇÃO

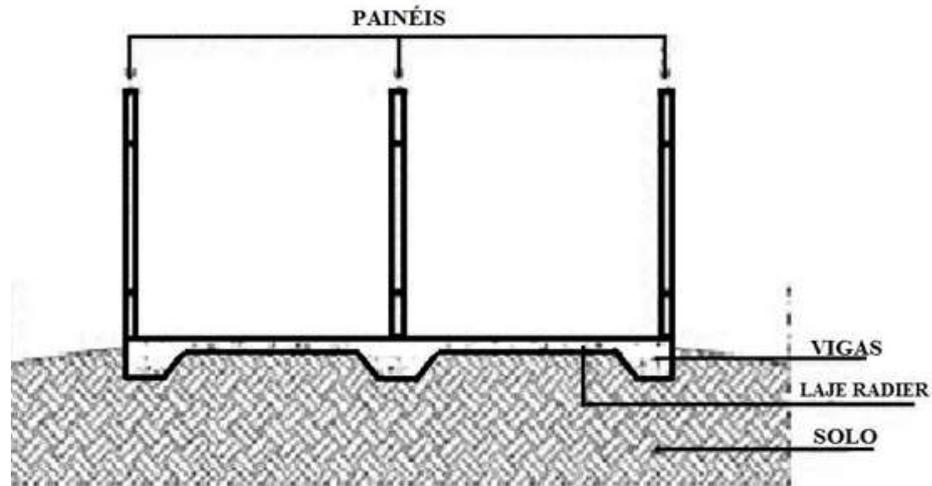
No sistema LSF os esforços são menores, por ser um sistema construtivo de estrutura leve, dessa forma ele exige menos da fundação comparado as demais edificações, no qual distribui a carga uniformemente ao longo dos painéis estruturais, a fundação deverá ser contínua suportando os painéis em toda a sua extensão, assim a escolha do tipo de fundação vai depender da topografia, que deve ser obtida através da sondagem do terreno. É importante sempre verificar o deslocamento de translação e rotação da estrutura pela ação do vento e para que não ocorra a estrutura deve ser fixada de maneira que seja ancorada a fundação (SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012).

#### 3.3.1 Laje Radier

É uma laje que abrange toda área de construção, ela recebe todas as cargas da superestrutura, sendo executada em contato direto com o solo onde descarrega as cargas sobre ele, essencial para quando se deseja reduzir o máximo dos recalques diferenciais, importante destacar que deve ser feito nivelamento e compactação do solo, de forma correta, executando uma leve compactação do solo natural, aplicar um colchão de brita, colocar uma manta retardadora de vapor, e uma camada de areia fina. Os projetos precisam prever as instalações elétricas, sanitárias e hidráulicas da construção, para que sejam realizadas as instaladas, na fundação. Conforme a representação na Figura 9.

Na etapa da execução não se deve trabalhar na largura limite do vão, pois deve levar em consideração a largura da parede, evitando assim retrabalho na execução (TERNI, SANTIAGO & PIANHERI, 2008).

Figura 9 - Corte esquemático de uma laje radier

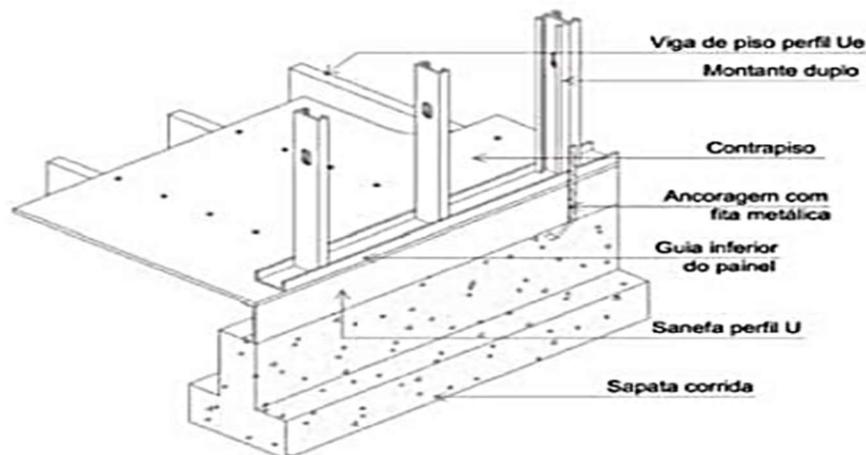


Fonte: SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012.

### 3.3.2 Sapata Corrida

É um tipo de fundação rasa contínua, ela tem por finalidade receber todos os esforços executados pela estrutura e dispersá-los no solo, essas cargas são dispersas de forma linear, também é indicada para construções com paredes portantes, pode ser classificada em rígida ou flexível, de acordo com as dimensões das abas. Seu uso é aconselhado para solos com alta resistência e obtenha 60 cm da superfície. Já o contrapiso pode ser construído de concreto, ou de um perfil galvanizado. Conforme a representação na Figura 10 (TERNI, SANTIAGO & PIANHERI, 2008).

Figura 10 - Corte detalhado de fundação sapata corrida



Fonte: SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012.

### 3.3.3 Viga Baldrame

É um elemento de transição, que transfere os carregamentos para a fundação, possui fundação rasa, uni os elementos de fundação, tem a função de suporta o peso das paredes. Utilizada mais para corrigir a irregularidade do terreno em declívio, e quando a resistência do solo se encontra em profundidades maiores e utilizada a opção viga baldrame com blocos de fundação (TERNI, SANTIAGO & PIANHERI, 2008).

### 3.4 PAINÉIS ESTRUTURAIIS

Caracterizado por suporta a carga da edificação, e assim, transferir os esforços horizontais (ventos e abalos sísmicos) e os verticais (peso próprio da estrutura e de componentes construtivos e da sobrecarga) de forma direta para a fundação. Os seus elementos verticais de seção transversal tipo Ue, são designados montantes, e os elementos horizontais de seção transversal tipo U designados guias, assim os montantes são unidos pelas guias em seus extremos, é de acordo com o comprimento das guias obtemos a dimensão da largura do painel, e com o comprimento do montante, sua altura. Logo em seguida as cargas são transmitidas para a fundação. A distância entre os montantes e definida de acordo com as cargas que será submetido, geralmente tem uma distância entre 400 ou 600 mm, entretanto quanto maior a distância entre os montantes, maior será a carga submetida em cada montantes, porém quando a estrutura deve suportar cargas maiores, como caixas d' água, a separação pode ser de até 200 mm. (SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012).

### 3.5 PAINÉIS NÃO-ESTRUTURAIIS

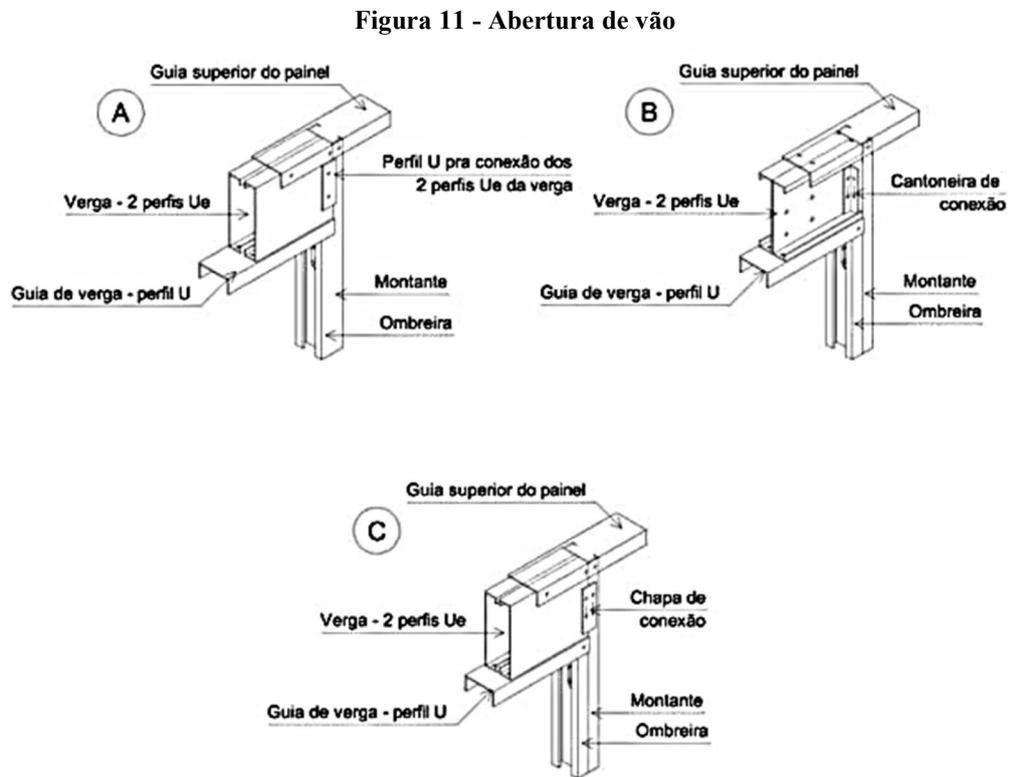
Caracterizados por não suportar o carregamento da estrutura, mas apenas o peso próprio dos componentes, ou seja, não é utilizado para fazer segundo pavimento, estruturas de telhado, platibandas, entretanto é recomendado para divisória interna, na parte interna as divisórias podem ser executadas com o sistema de gesso acartonado ou Drywall.

Devido a característica deste perfil, os vão de aberturas, não necessitam de vergas e ombreiras, neste caso a delimitação lateral do vão é dada por apenas um montante, sendo fixado na guia de abertura, é seus perfis montantes e guias possuem menor espessura e dimensões. (CRASTRO, 2005).

### 3.6 ABERTURA DE VÃO

Para se obter a abertura de vão neste sistema construtivo, para perfil autoportantes, é necessária ter vergas, que são responsáveis pela distribuição de cargas, na qual são destinadas aos montantes que delimitam o vão, conhecidos como ombreiras.

As vergas, e composta por dois perfis Ue, que são conectados por um perfil U, e pela guia da verga, na qual são conectadas as ombreiras, ligas a pela guia da verga e a guia inferior. O acabamento do vão tanto superior quando inferior é feito pelo perfil U, com comprimento de 20 cm maior que o vão, com 10cm da extremidade, é dobrado em 90° para ser conectado com a ombreira, na qual e representada pela Figura 11 (CRASTRO, 2005).



Fonte: SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012.

### 3.7 LAJES

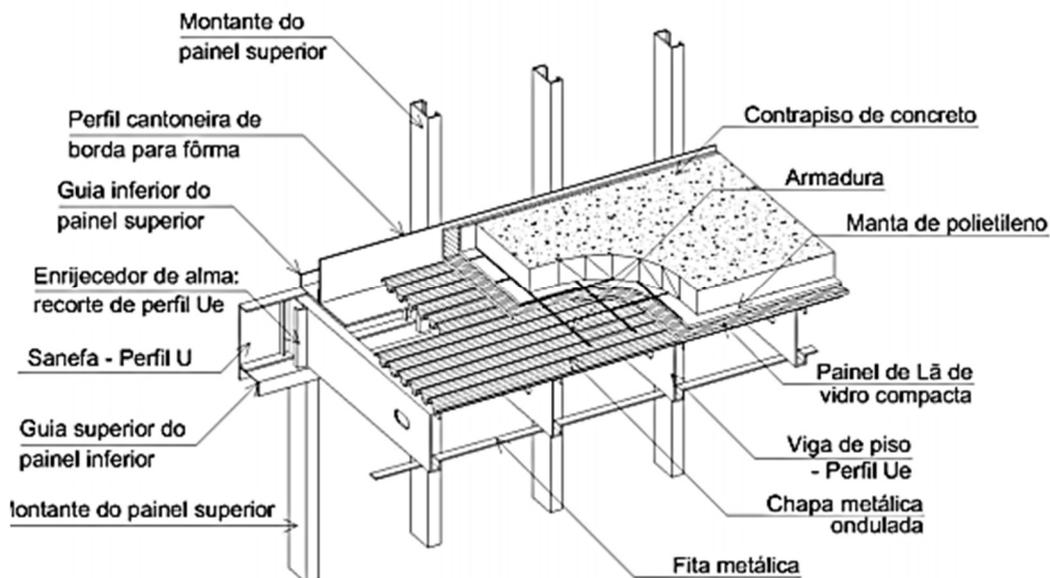
Neste método, as lajes são feitas de forma mais prática do que no método convencional, e segue os mesmos parâmetros dos painéis autoportantes. O método utilizado e o mesmo para: painéis, lajes e telhados, porém cada qual com suas particularidades. Tem-se dois tipos de lajes a úmida e a seca, os perfis mais usuais são de seção Ue, e seu espaçamento

depende da distância entre os apoios da estrutura e da modulação (SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012).

### 3.7.1 Laje Úmida

Assim como na alvenaria, a laje úmida é feita com concreto, no LSF é composta por chapas metálicas onduladas, utiliza uma camada de concreto de 5 cm, é aparafusada nas vigas de piso. As chapas galvanizadas possuem vãos entre 2000 e 4000 mm. Na Figura 12 está a representação desta laje úmida (SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012).

Figura 12 - Desenho esquemático de laje úmida

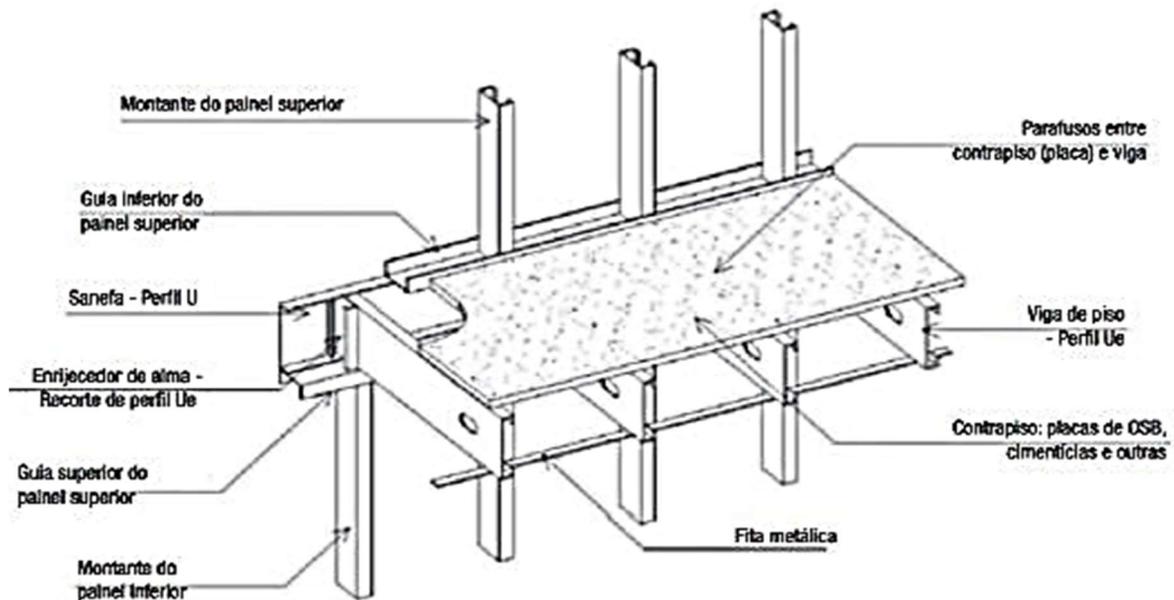


Fonte: SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012.

### 3.7.2 Laje Seca

São placas rígidas aparafusadas nas vigas de piso, e servem como contrapiso, podendo desempenhar a função de diafragma horizontal, desde que as placas sejam estruturais. A placa mais utilizada é a OBS, devido sua facilidade de montagem, ser leve e apresenta propriedades estruturais favorecendo o uso do diafragma horizontal e com espessura de 18 mm. Recomenda-se a utilização de lã de vidro entre as vigas e o uso de uma manta de polietileno expandido no meio do contrapiso e a estrutura, para poder amenizar o barulho entre os pavimentos. Na Figura 13 está a representação desta laje seca (SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012).

Figura 13 - Desenho esquemático de laje seca



Fonte: SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012.

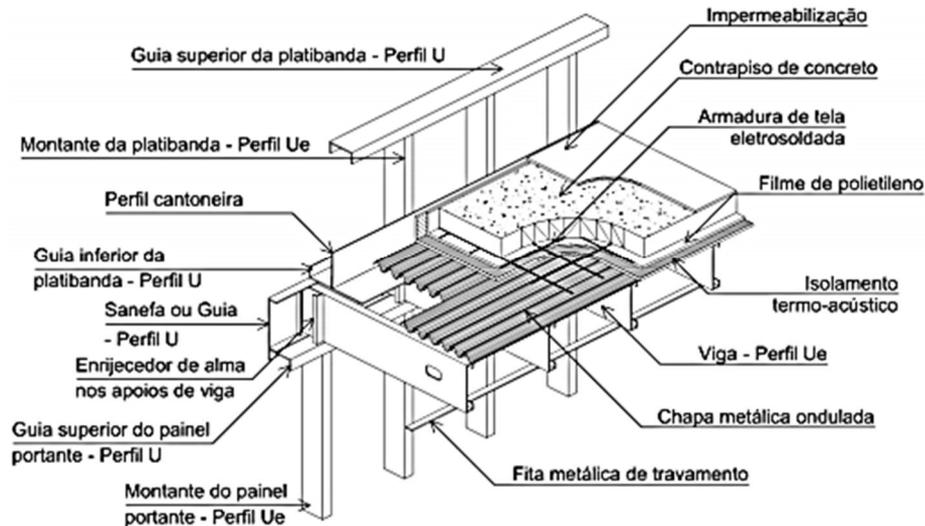
### 3.8 COBERTURA

Os modelos mais versáteis da atualidade, pois possibilita a realização dos mais variados projetos, além da eficiência em proteger a edificação de intempéries, são leves, ecológicos, permite a flexibilidade em relação as dimensões a ser utilizadas, o telhado em LTF é um sistema de treliças, vigas, caibros e ripas feitos de perfis em aço galvanizado com diferentes dimensões. Na execução dessa estrutura e recomendado o perfil U e Ue, com alma de 90 mm, 140 mm ou 200 mm de altura (SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012).

#### 3.8.1 Coberturas Planas

São mais utilizadas para vãos sem apoios intermediários, utilizando perfil Ue galvanizado, e essas lajes devem ser impermeabilizadas, ter inclinação apropriada para o escoamento da água, todavia e escasso seu emprego por ser resolvido com uma laje úmida. Na Figura 14 está a representação da cobertura plana (SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012).

Figura 14 - Cobertura plana em *Light Steel Framing*

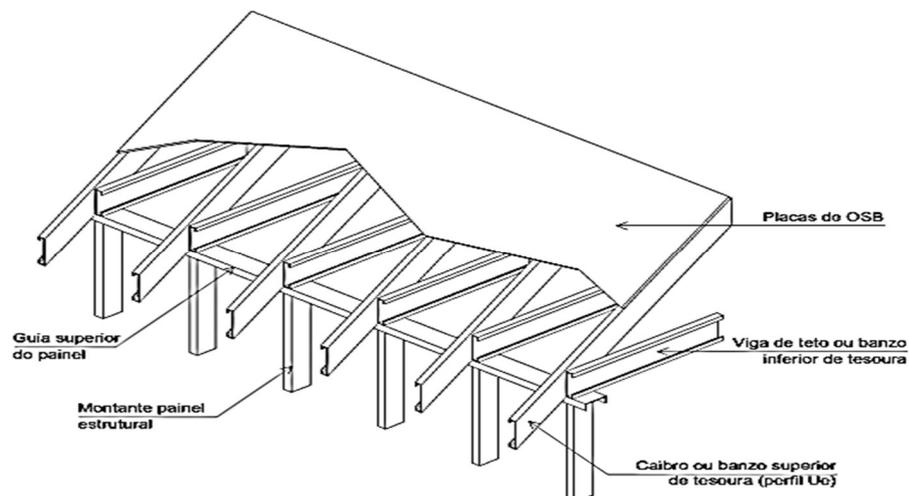


Fonte: SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012.

### 3.8.2 Coberturas Inclinadas

A estrutura e semelhante ao telhado convencional, podem ser construídas por uma estrutura de caibros, treliça e tesouras, possibilitam que o espaçamento dos caibros seja maior, pois as telhas metálicas vencem vãos maiores, e no uso dos perfis U ou Ue, se torna mais econômico por ter menos elementos de aço. Nesta estrutura os caibros e vigas devem ser alinhados com montantes de painel estrutural e suas seções possa coincidir, de modo que a transmissão das cargas seja axial. Na Figura 15 está a representação desta cobertura inclinada (SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012).

Figura 15 - Caibros e vigas alinhados com montantes de painel estrutural



Fonte: SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012.

### 3.9 FECHAMENTO VERTICAL

Este sistema é composto por revestimentos externos e internos de uma edificação é como o LTF é uma estrutura leve, seus componentes devem ser semelhantes a este padrão, no qual presa por vedações racionalizadas, apresente agilidade, obra limpas.

A norma que estabelece os requisitos mínimos para habitabilidade da edificação e a ISO 6241 (ABNT, 1984), onde os revestimentos internos, externos e pisos devem atender aos requisitos exigidos pela norma. Segue as opções de materiais utilizados para ter um melhor conforto térmico.

#### 3.9.1 Painéis de OSB

O OSB é versátil, tem grande trabalhabilidade, proporciona conforto térmico e acústico no ambiente, podendo ser aplicado de diferentes formas na construção, serve como fechamento interno e externo, sendo mais utilizado em fechamento externo, por desenvolver um melhor desempenho funcional, porém deve ser protegido contra a umidade, não pode estar exposta a intempéries, sendo necessários acabamento impermeável em áreas externas, deve-se aplicar uma manta ou polietileno de alta densidade, o revestimento deve ser feito logo após as placas serem fixadas. E realizado um tratamento contra insetos, prolongamento de sua vida útil do painel (RODRIGUES & CALDAS, 2016).

#### 3.9.2 Placas Cimentícias

A NBR 15498 (ABNT, 2021), estabelece como deve ser feito os ensaios e os parâmetros de produção. É uma placa prensada e impermeabilizada feito de cimento, celulose, fio sintético, e alguns aditivos. É usada principalmente na construção *steel frame*, onde os seus perfis galvanizados servem de base para fixa as placas (FONTENELLE, 2012). Sua espessura determina seu seguimento, já que é utilizada para: forro em áreas molhadas, painéis estruturais, construção de parede, divisórias, e sua espessura varia 6, 8, 10 mm como representado no Quadro 2 (BRASILIT, 2016). Ela também permite qualquer tipo de acabamento, como: pintura, revestimento cerâmico, papel de parede, entretanto é um produto reciclável, não gera entulho. Atualmente tem empresas que fabricam essas placas resistente ao fogo, são também impermeáveis, sendo excelente isolante térmico e acústico, permite formatos diferentes para seu uso como curvas (NEXTERA, 2010)

**Quadro 2 - Relação entre espessura da placa cimentícia e aplicação**

<b>Espessura da placa</b>	<b>Aplicação Usual</b>
6 mm	Podem ser aplicadas em divisórias leves e paredes secas internas, onde não existam aplicações de cargas suportadas diretamente pela placa.
8 mm	Podem ser aplicadas em divisórias leves e paredes internas e externas, em áreas secas e úmidas, podendo existir aplicações de cargas suportadas pela placa.
10 mm	Utilizadas para áreas secas e molhadas, internas ou externas. Ideal para paredes estruturais, melhorando a resistência contra impactos, aplicações de carga e isolamentos termo-acústicos.

Fonte: BRASILIT, 2016

O posicionamento das placas no fechamento externo, pode ser feita na vertical ou horizontal, as placas devem ser posicionadas uma distância de  $5.00 \pm 1$  mm nas juntas horizontal e verticais entre placas. Para evitar fissuras e trincas, deve-se colocar com certa distância a placa do canto da porta e janela, por ser onde se tem os maiores esforços na construção, um exemplo a ser feito e posicionar as placas com cortes em L ou corte em C (FONTENELLE, 2012).

### 3.9.3 Placas Glasroc X

Segundo Saint- Gobain, (2021) a Glasroc X é uma placa de gesso “glass mat” produzida com aditivos especiais e revestida nas duas faces por véu de vidro e composto polimérico. Essa composição proporciona uma alta resistência à umidade e raios UV, ótima estabilidade dimensional e evita a formação de mofo nas condições mais críticas de uso.

### 3.10 NORMAS PARA CONSTRUÇÃO EM STEEL FRAME

Este método construtivo apresenta diversos benefícios, por ser um processo mais prático e ágil, assim vem ganhando cada vez mais espaço no mercado, demonstrando sua eficiência, construções versáteis, sendo um sistema sustentável, leve, obtém fácil manuseio, ideal para residências, indústrias, prédios de até três pavimentos. Entretanto apresenta grande precisão, sendo em milímetros, seu dimensionamento deve atender as normatizações de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. Sendo necessário seguir os requisitos para que esteja de acordo com a legislação e forneça toda a qualidade e segurança, entretanto será abordado as principais normas para este sistema construtivo.

NBR 6355 (ABNT, 2012) - Perfis estruturais de aço formados a frio — Esta Norma estabelece os requisitos exigíveis dos perfis estruturais de aço formados a frio, com seção transversal aberta, apresenta as definições, termos, requisitos do processo, materiais, chapas, aspectos estruturais etc. Demonstra a padronização dos perfis mais utilizados no sistema construtivo LSF, com seções de alma 90, 140, 200 e espessura 0,80 0,95 1,25. Para os perfis que não esteja padronizado de acordo com esta norma, eles podem ser utilizados desde que atender uma prescrição da normativa NBR14762 (ABNT, 2010) com relação aos valores máximos recomendados, da relação de largura e espessura.

NBR 14762 (ABNT, 2010) - Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Contém as descrições para o cálculo estrutural do perfil leve, sendo de suma importância, pois é o componente fundamental para a construção em LSF. Esta norma é fundamentada no método dos estados-limites, estabelece os requisitos básicos que devem ser obedecidos no dimensionamento, prescrever os métodos de dimensionamento dos perfis estruturais utilizados nos subsistemas da edificação, como paredes, lajes, cobertura, escada, etc., à temperatura ambiente, de perfis estruturais de aço formados a frio, constituídos por chapas ou tiras de aço-carbono ou aço de baixa liga, conectados por parafusos ou soldas e destinados a estruturas de edifícios.

A NBR 6123 (ABNT, 1988) - Forças devidas ao vento em edificações. Os parâmetros necessários para a determinação da ação do vento, forças devidas à ação estática e dinâmica, na qual descreve, de forma detalhada, o processo que deve ser adotado para o cálculo das forças de acordo com o tipo de carga, topografia, dimensões de cada construção.

A NBR 15253 (ABNT, 2019) Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais. Essa norma descreve os processos que envolvem perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações. Nas especificações estão contidos os métodos de ensaio e os requisitos gerais destinados ao manejo com os materiais citados. Como exemplo, podemos citar a execução de paredes com função estrutural, as estruturas de entrepisos, de telhados e de fachadas das edificações, nas quais se insere o sistema *steel frame*. Padronização das seções, características e valores máximos da relação largura-espessura

A NBR 15575 (ABNT, 2014) –Desempenho de Edificações Habitacionais, esta norma descreve os parâmetros de devem conceber e executarem as obras para que o nível de desempenho especificado em projeto seja atendido ao longo de uma vida útil.

NBR 6120 (ABNT, 2019) - Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Esta Norma estabelece as ações mínimas a serem consideradas no projeto de estruturas de edificações, qualquer que seja sua classe e destino.

### 3.11 ANCORAGEM E CONTRAVENTAMENTO

O fixador de ancoragem é uma peça metálica, galvanizada, responsável por fazer o travamento dos perfis, ancorando no radier ou no baldrame, sendo travados, a fixação na parte superior da peça e feita com o parafuso autoblocante no montante, e na parte inferior é feita com chumbador químico, e na parte externa da estrutura é recomendado que seja feito a cada 1,2m. Mas também deve ser usado em todas as esquinas e nas duas laterais de todas as portas. O tipo de ancoragem, dimensões, e espaçamentos é definida de acordo com a estrutura. As mais utilizadas são ancoragem química com barra roscada, ancoragem expansível com parabolts, ancoragem provisórias. (ConsulSteel, 2002).

O contraventamento é essencial para se obter uma estrutura estável, para evitar deformações na estrutura. O contraventamento em X é feito por fitas em aço galvanizado, dimensionada para transmitir o esforço de tração, o ângulo formado entre a base do painel e a fita de aço galvanizada, deve ser de 30° a 60° para obter uma melhor eficiência. Sua fixação na diagonal é feita pela placa gusset, aparafusada em montantes duplos. O contraventamento K é utilizado quando tem na estrutura aberturas de vãos, no qual são utilizados perfil UE fixados nos montantes, agem tanto a tração e a compressão, representado por formar uma treliça. (SANTIAGO, FREITAS & CRASTRO, 2012).

### 3.12 ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

O isolamento termoacústico representa a qualidade é o conforto no interior de um ambiente, tem como principal objetivo controlar as perdas e ganho de calor, reduzindo a entrada ou saída do mesmo, trazendo benefícios para o ambiente interno da edificação, proporcionando conforto térmico, eficiência e economia. Os materiais mais utilizados são lã de rocha, lã de vidro e lã de pet (CRASTRO, 2005).

### 3.13 ELÉTRICA E HIDRÁULICA

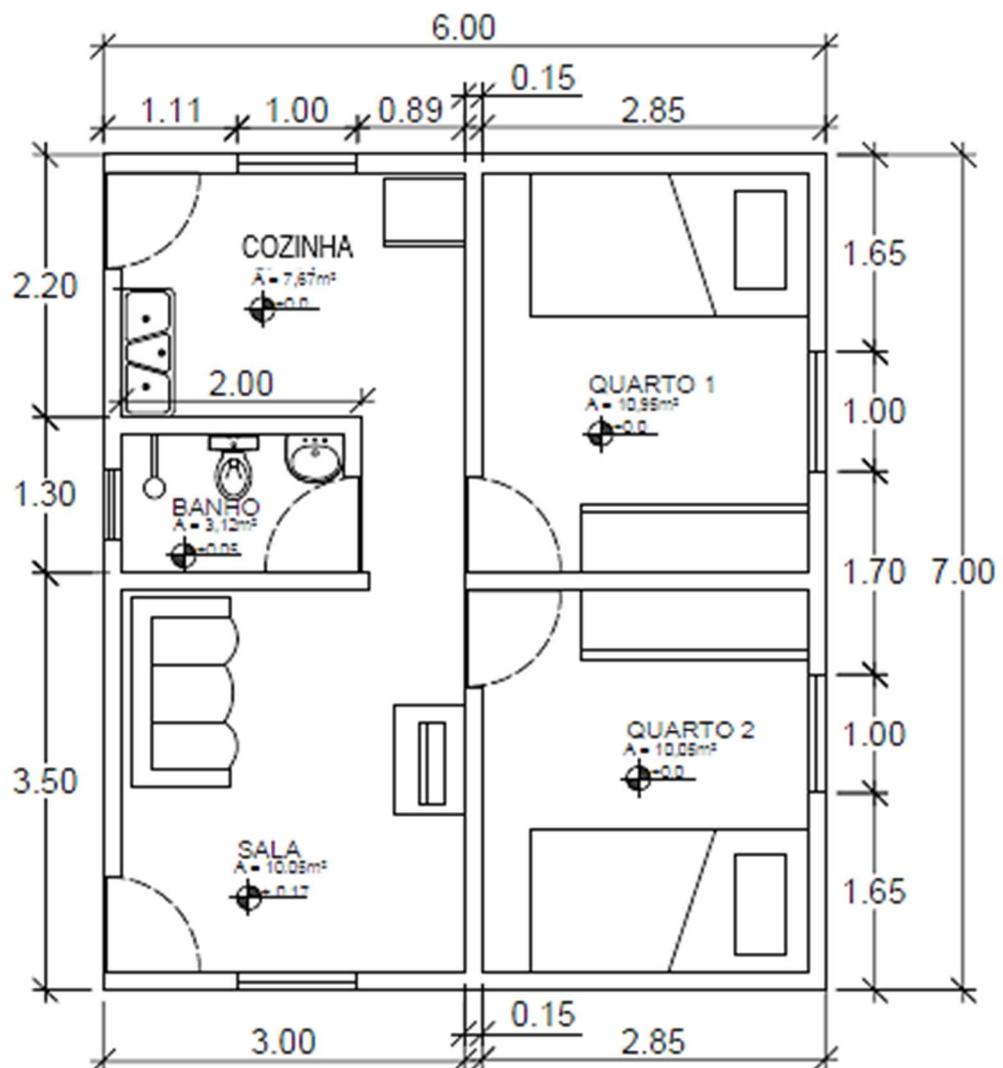
Estas instalações são semelhantes das construções convencionais, levando em

consideração as descrições da NBR 15253 (ABNT 2019) que especifica os furos que podem existir nos perfis, e deve ser considerado no dimensionamento estrutural. Alguns itens já são específicos para este sistema construtivo, facilitando sua execução, como caixas elétricas para fixação em placas de revestimentos e também para evitar vibrações durante a utilização, são utilizadas peças plásticas de proteção, instaladas nos furos onde a tubulação passa, e para fixação dos conduítes elétricos.

#### 4 ESTUDO DE CASO

De acordo com os fatos mencionados este estudo se objetiva em comparar os custos de uma obra popular entre os métodos construtivos *Steel Frame* e Alvenaria estrutural, que se refere então à residência unifamiliar de baixo padrão, com um pavimento, dois dormitórios, sala, banheiro e cozinha com área de 42 m<sup>2</sup>, a sala tem 10,05 m<sup>2</sup>, quarto um 10,95 m<sup>2</sup>, quarto dois 10,05 m<sup>2</sup>, cozinha de 7,67 m<sup>2</sup> e banheiro de 3,13 m<sup>2</sup>. Se leva em consideração em que ambas as técnicas construtivas são comparadas ponderando a construção da edificação em um terreno com boa resistência a compressão e custo próximos de mão de obra, pois são metodologias construtivas complexas.

**Figura 16 – Planta Baixa usada para análise de custos**



A planta baixa ilustrada conforme a Figura 16, apresenta uma casa unifamiliar de baixo padrão, feita de forma Autoral, pelos alunos do curso de engenharia civil da universidade Evangélica de Anápolis, com fins de conhecimento e entrega do trabalho de conclusão de curso. Os cálculos elaborados foram feitos utilizando noções de obra, referências bibliográficas, e com a ajuda de profissionais e empresas qualificados, como Mac 3 Construtora, Materiais de construção Jacinto, Espaço Smart, tendo como ferramenta Autocad e Excel, assim detalhando elementos estruturais básicos, de acordo com os valores especificados pela construção civil do Estado de Goiás.

O projeto de *steel frame* foi confeccionado a partir de um radier base usado na cotação do *steel frame* quanto para alvenaria estrutural.

No sistema Construtivo *Ligth Steel frame* foi utilizado na fundação o radier, pelo fato de a estrutura ser muito leve, os componentes de vedação exigem pouco da fundação, sendo assim, o radie é a fundação mais utilizado para esta construção, na qual é dimensionada para suportar os painéis em toda sua extensão, pois a estrutura distribui a carga uniformemente ao longo dos painéis, entretanto deve levar em consideração o estudo do solo.

Os painéis que atua como sistema estrutural, pode ser estruturais ou não-estruturais, é foram escolhidos montantes, perfil UE 90 x 40 com largura da alma de 90 mm, largura da mesa 40 mm e largura do enrijecedor de borda 12 mm e a guia, perfil U 90 x 40, que apresenta largura da alma maior que do perfil UE, para permitir o encaixe em ambos os perfis, tem largura da alma de 92 mm, largura da mesa 38 mm.

A distância entre os montante é de 600 mm, foi determinada pois nesta construção tem-se apenas o peso próprio da estrutura, revestimentos e da cobertura, com exceção de laje e caixas d'água, na qual quando submetido a essas solicitações a distância entre os perfil pode ser menor principalmente porque cada montante deverá absorver uma carga maior, também utilizado o parafuso cabeça lentilha para fixação do montante com a guia, para a fixação entre painéis e utilizados o parafuso auto-atarraxante estrutural nas almas dos perfil de encontro.

Para estabilização da estrutura foi utilizado contraventamento em aço galvanizado, parafuso cabeça lentilha, contraventamento em ambos os lados da estrutura afim de evitar a rotação, cantoneira para enrijecer o painel estrutural, ancoragem com chumbador *parabolt* para ser fixado o perfil no concreto. Onde também foi utilizado banda acústica, fita *flashing* e lã de vidro, para isolamento térmico acústico, utilizado no revestimento externo e interno com exceção no banheiro.

O revestimento externo e composto pela placa glasroc 1,20 x 2,40 m, revestimento interno placa de gesso acartonado standard 1,20 x 240m, e no banheiro foi considerado placa de gesso acartonado RU 1,20x2,40m, e seus componentes para aplicação das placas, como *tyvel tape*, *tyveck home wrap*, parafuso sem asa 4,2 x 32 mm, *placoplast basecoat*, malha para junta, malha para superfície,

primer para superfície, utilizados para instalação da placa glasroc x, já para a placa de gesso acartonado, seus componentes são a fita telada, massa para junta e parafuso cabeça trombeta.

A alvenaria estrutural tem por fundação o mesmo radier do *steel frame*, partindo de parâmetros de edificações mais utilizados com blocos e canaletas de 19 cm de largura assentados com argamassa tradicional que veio a ser aplicada também como revestimento da estrutura contendo areia, cimento e cal.

Os travamentos fixos foram adotados a aplicação de armaduras e grautes intercalados com espaços variando de 1 metro há 1,5 metro, para atingir a resistência necessária para construção.

Na cobertura foi usada vigotas e caibros de Angelim vermelho que é amplamente utilizado no ramo de telhados na cidade, seu cobrimento foi adotado a telha colonial americana (usualmente conhecida de telha capa e bica).

A instalação elétrica, hidráulica e hidro sanitária de ambos os métodos são passados somente nas paredes, as tubulações hidráulicas se tem um ramal na parte superior das paredes com uso de shafts, próximo ao teto no sentido horizontal nas saídas de alimentação os canos descem na vertical.

Os condutos elétricos seguem o mesmo princípio, onde os conduites são passados somente na vertical, as vigotas e caibros fazem a função horizontal, assim fazendo uma fácil instalação e colaborando para manutenções futuras, os métodos partem com mesmos parâmetros com mínimas adições de peças para as instalações de *steel framing*.

**Tabela 1 – Tabela de custos resumida**

DESCRIÇÃO		SISTEMA ALVENARIA ESTRUTURAL	PORCENTAGEM	SISTEMA LIGHT STEEL FRAME	PORCENTAGEM
ITEM	SERVIÇO	PREÇO		PREÇO	
1	Serviços Preliminares	2140,00	6%	2090,00	3%
2	Radie/ Fundação	4108,70	11%	4108,70	6%
3	Paredes/ Painéis	8982,00	23%	16322,06	25%
4	Revestimento de paredes/piso	7049,00	18%	21754,99	34%
5	Cobertura	6443,00	17%	9657,20	15%
6	Esquadrias	3549,00	9%	3549,00	6%
7	Pintura	1200,00	3%	1200,00	2%
8	Aparelhos e Metais	822,20	2%	822,20	1%
9	Instalação Elétrica	1695,00	4%	1785,00	3%
10	Instalação Hidráulica	2916,53	7%	2940,53	5%
12	TOTAL	40.205,43	100%	64229,68	100%

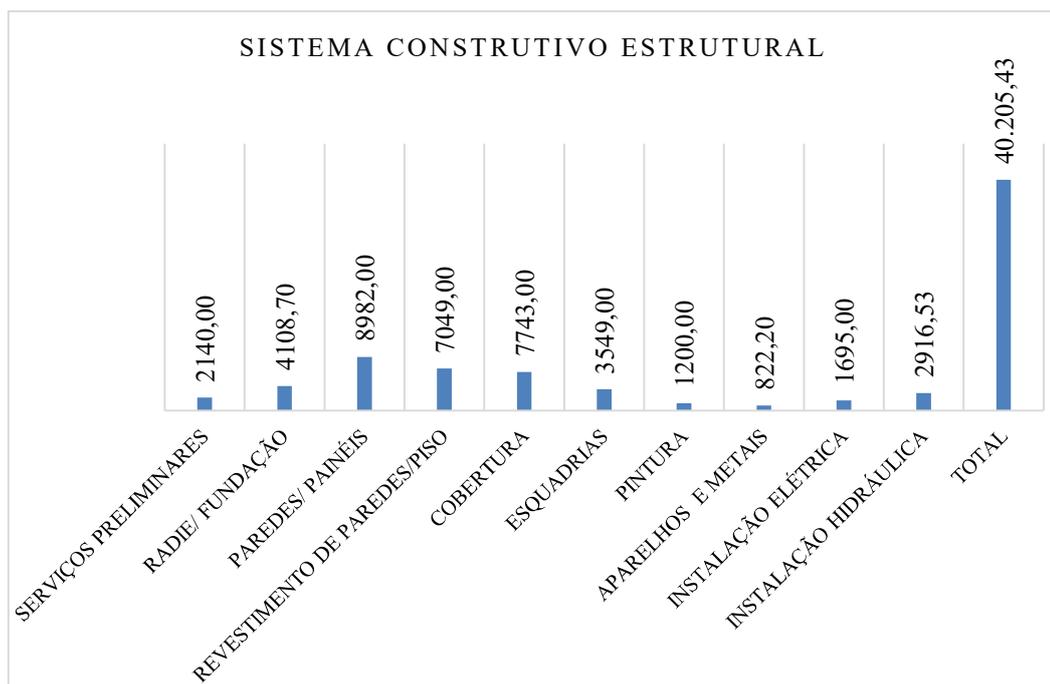
Fonte: AUTORAL, 2021.

De acordo com a Tabela 1, os orçamentos são apresentados nos apêndice A e apêndice B, nota-se que o custo desta construção em *light steel frame* é 24% maior que no sistema construtivo estrutural, neste orçamento de uma residencial de baixo padrão, o valor do metro quadrado de steel frame é R\$ 1534,79 /m<sup>2</sup> sendo o valor do sistema construtivo estrutural R\$ 957,27 /m<sup>2</sup> que representa uma grande mudança no mercado financeiro onde na publicação de (BORBA; MESQUITA FILHO, 2018) em uma residência de 52 m<sup>2</sup> o metro quadrado de steel frame era R\$ 773,07 /m<sup>2</sup> já o sistema construtivo estrutural R\$ 830,00 /m<sup>2</sup> . A alvenaria estrutural houve pouca mudança, em vista o *Steel frame* teve um aumento em média 50%. No qual no sistema LTF obtém maior diferença nos itens de painéis e revestimento, sendo que ambos representam 59% do custo da construção, no sistema estrutural esta porcentagem representa 41% do custo da obra. Destaca-se a diferença de custos, que pode ser classificada pela alta no preço do aço neste período de pandemia, é também maior quantidade em relação aos materiais empregados no revestimento, tendo em vista o maior valor dos demais itens em relação a alvenaria estrutural, sendo os principais, perfis metálicos e placa glasroc.

#### 4.1 VISUALIZAÇÃO DE CUSTOS

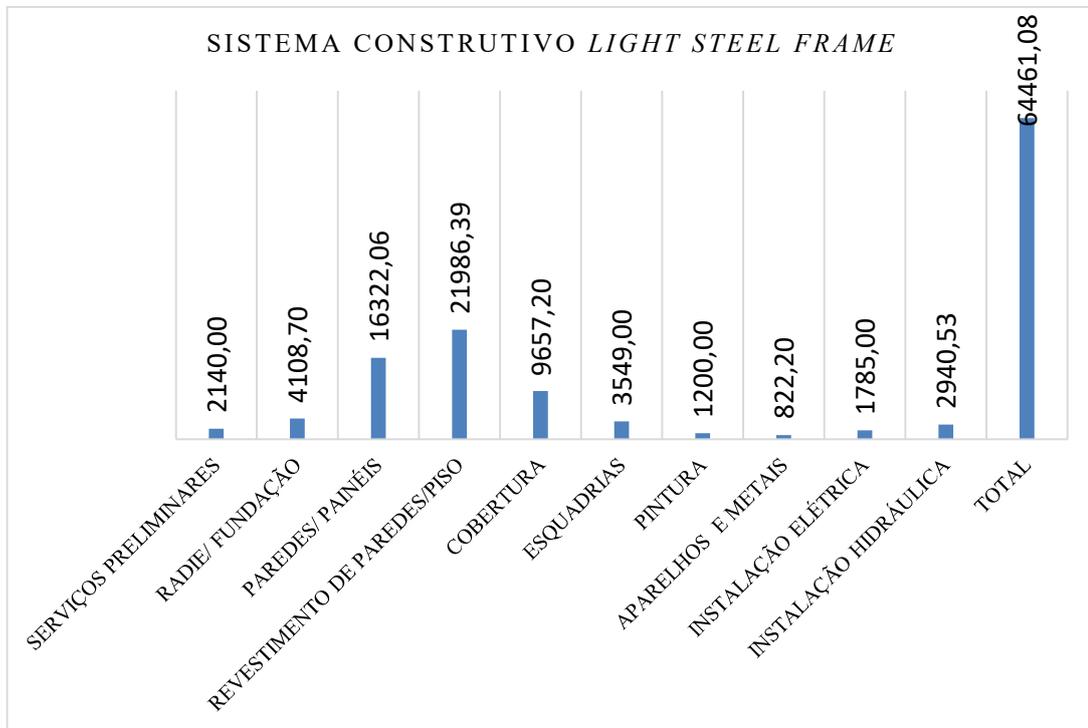
Neste tópico é ilustrado os resultados da Tabela 1, em formato de barras para melhor compreensão dos valores obtidos.

**Figura 17 – Sistema Construtivo Estrutural em gráfico**



Fonte: AUTORAL, 2021.

**Figura 18 – Sistema Construtivo *Light Steel frame***



Fonte: AUTORAL, 2021.

Como pode ser visto os Serviços iniciais, Radier, esquadrias, projeto hidráulico, louça e metais, pintura e limpeza de obra foram orçados da mesma forma, apesar dos métodos serem diferentes as respectivas partes executivas segue da mesma forma, já o Projeto elétrico, paredes, cobertura e revestimento são as partes variáveis.

O projeto elétrico difere entre o sistema estrutural e o *steel frame* pelo fato de que no *steel frame* as tubulações necessitam de caixas de passagem ao longo da estrutura e suportes nos perfis metálicos para sua sustentação como mostrado na Figura 18.

As paredes se dão a entender que os materiais utilizados são diferentes como na alvenaria estrutural se usa blocos e canaletas o *steel frame* segue com placas já fabricadas necessitando somente de sua fixação, os blocos por terem um preço por unidade e necessitando de maior mão de obra se torna o custo mais elevado da alvenaria estrutura como apresentado na Figura 17.

O revestimento em comparativo nos dois métodos necessitam de uma atenção maior onde na alvenaria estrutural segue com reboco usualmente padrão e com custos dentro da média o *steel frame* parte para um revestimento de alto custo com placas já preparadas para aguentar o intemperismo do clima, com mantas e fitas preparadas para não houver penetração de água e

insumos para aplicação, como e um método pouco popular no estado, encontrando materiais e insumos somente na capital e cidades de grande porte tornam o preço dos materiais mais elevados, sendo poucos produtos para uma alta demanda tornando expressamente mais caro.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por tudo isso, após a avaliação dos dois métodos construtivos apresentam custos de estrutura extremamente diferentes, na parte executiva, onde o valor do metro quadrado de steel frame é R\$ 1534,79 /m<sup>2</sup>, já no sistema construtivo estrutural R\$ 957,27/m<sup>2</sup> tendo uma variação de 24% dos custos finais. Pela execução dos métodos serem diferente em questão de tempo de que o *Steel frame* ser amplamente mais rápido, gerando o maior impacto, que é o custo, apresentando suas vantagens e desvantagens. Os dois métodos diferem basicamente na parte de estrutura das paredes, cobertura e revestimentos, as demais etapas como radier, hidráulica e elétrica tem poucas diferenças em insumos construtivos, sendo as plugs e peças plásticas para a proteção, onde se tem que levar em consideração e o tempo gasto na Alvenaria estrutural quanto no *Steel framing*, a alvenaria por ter blocos mais robustos necessitando de maior mão de obra acarreta em mais tempo na sua execução, enquanto o LSF seus perfis são mais leves e muitas vezes já pré fabricados colaboram para um menor tempo de execução, sendo um vasto diferencial.

Os custos do *steel frame* comparado a alvenaria estrutural obtém valores distantes, boa parte desta alta dos valores tem influência a pandemia do Covid-19, onde vários materiais da construção civil sofreram aumento dos preços, o aço foi o que mais se elevou tornando praticamente inviável a aquisição de uma obra de steel frame para residencial de baixo padrão, sendo quase o dobro de uma residencial em alvenaria estrutural, acompanhando com a pouca popularidade e difícil local de mercado, encontrado somente em regiões de capital, já diferente da alvenaria estrutural onde já é amplamente utilizada e se tem fácil local de compra.

Visando a alvenaria estrutural de início conta com bons preços de mercado, acompanha uma vasta mão de obra qualificada, tratando de ser um método amplamente utilizado na atualidade em edificação de pequeno porte há grande porte, tornando um ponto forte na hora de escolher um método construtivo, neste estudo se tratando de custos a alvenaria estrutural se torna o método mais viável.

Pode-se encerrar com o seguinte esclarecimento, com a análise de cada método e suas variações o *steel frame* pode edificar casas de padrões mais elevados onde muda o cenário econômico, os métodos não de ter vasta durabilidade, flexibilidade de projeto, isolamento e abundância em insumos, os aspectos sustentáveis a técnica *Light Steel Frame* aponta baixa geração de entulho, rápida execução e pouca necessidade de reparos porvindouros. O *steel Frame* comparado a alvenaria estrutural apresenta altos custos de execução, no entanto destaca-se pela flexibilidade, capacidade de vencer maiores vãos e pela possibilidade de aumentar o isolamento térmico-acústico entre

ambientes além da rápida execução, facilidade de manutenção e o acabamento alcançado. Ademais, devido ao peso próprio da estrutura ser muito baixo. O *steel frame* encara obstáculos maiores, como a falta de conhecimento por parte da população, que focam bastante ainda no sistema construtivo convencional. Possivelmente em alguns anos cresça a demanda do Steel Frame aumentando o número de fornecedores, construtores e empresas especializadas neste método, tornando-o mais competitivo pelo mercado de trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6120**, (2019). Ações para o cálculo de estruturas de edificações.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16522**, (2016). Alvenaria de blocos de concreto. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16868-1**, (2020) Alvenaria Estrutural Parte 1: Projeto Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6136**, (2014). Blocos vazados de concreto simples para alvenaria. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575**, (2014). Desempenho de Edificações Habitacionais.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14762**, (2010). Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6123**, (1988). Forças devidas ao vento em edificações.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15253**, (2019). Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6355**, (2012). Perfis estruturais de aço formados a frio.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 6241**, (1984). Performance standards in buildings: principles for their preparation and factors to be considered.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15498**, (2021). Requisitos e Métodos de ensaio.
- ABRECON, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. Disponível em: <https://abrecon.org.br/>. Acesso em: 05 dezembro 2021
- BATISTA, Amanda. Correia.. **ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DE SISTEMAS ESTRUTURAIS PARA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO MUNICÍPIO DE PALMAS/TO: LIGHT STEEL FRAMING X ALVENARIA ESTRUTURAL**, Universidade federal do tocantins p. 118, 2020.
- BENOIT, Yves.; PARADIS, Thierry. **CONSTRUCTION DE MAISONS À OSSATURE BOIS**. Saint-Mandé: Eyrolles, 1 ed. 2008. 303 p. Disponível em: <http://nicolasfort.free.fr/ConstructionBois.pdf>. Acesso em: 05 maio 2021.

BERTI, Luiz. Henrique.; EYNG, Vitor. Rafael. **COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE MATERIAL DE UMA OBRA DE PEQUENO PORTE EM ALVENARIA ESTRUTURAL EM RELAÇÃO A ALVENARIA CONVENCIONAL.** Universidade do sul de Santa Catarina, v. 8, n. 5, p. 55, 2019.

BORBA, Felipe. Lima.; MESQUITA FILHO, Nilo. Sergio. De. **ESTUDO COMPARATIVO DE ANÁLISE DE CUSTOS DE UMA RESIDÊNCIA UTILIZANDO O SISTEMA DE ALVENARIA ESTRUTURAL E O SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME PARA A REGIÃO DE ANÁPOLIS.** Repositorio aee, p. 70, 2018.

BRASILIT. **GUIA DE SISTEMAS PRODUTOS PLANOS.** Rio de Janeiro: Saint Gobain, 2016. 88 p. Disponível em: [https://www.brasilit.com.br/sites/brasilit.com.br/files/downloads/1/Guia%20de%20Sistemas%20Produtos%20Planos\\_2.pdf](https://www.brasilit.com.br/sites/brasilit.com.br/files/downloads/1/Guia%20de%20Sistemas%20Produtos%20Planos_2.pdf). Acesso em: 20 maio 2021.

CAMACHO, Jefferson. Sidney. **PROJETO DE EDIFÍCIOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL.** Universidade Estadual Paulista, v. 1, p. 1–53, 2006.

CAMPOS, João. Carlos. De. **ALVENARIA ESTRUTURAL CONCEITOS. ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS,** Brasil documentos, p. 1–101, 2011.

CAVALHEIRO, Odilom. Pancaro. **ALVENARIA ESTRUTURAL: Tão antiga e tão atual.** Revista Teccen p. 8, 2012.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente **ALTERA O ART. 3 DA RESOLUÇÃO NO 307(2011).**, de 5 de julho de 2002, Ministério público.

CONSULSTEEL. **MANUAL DE PROCEDIMIENTO: CONSTRUCCIÓN STEEL FRAMING.** Control, v. 1, p. 258, 2002.

CRASTO, Renata Cristina Moraes de. **ARQUITETURA E TECNOLOGIA EM SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS: LIGHT STEEL FRAMING.** 2005. 255 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Minas da

FIGUEIREDO, Bianca. Cardoso.; SANTOS, João. De Jesus. Dos. **PATOLOGIAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO.** PUC-Rio, Rio de Janeiro, RJ, v. 4, n. 9, .2017.

FONTENELLE, João Heitzmann. **SISTEMA DE FIXAÇÃO E JUNTAS EM VEDAÇÕES VERTICAIS CONSTITUIDAS POR PLACAS CIMENTÍCIAS: ESTADO DA ARTE, DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA E AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL.** 219 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção, Universidade de São Paulo (Escola Politecnica), São Paulo, 2012. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-13062013-111443/publico/dissertacao\\_Fonte:nelle.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-13062013-111443/publico/dissertacao_Fonte:nelle.pdf). Acesso em: 25 abr. 2021.

FRECHETTE, Leon. **BUILDING SMARTER WITH ALTERNATIVE MATERIALS** .

Craftsman Book Company V. 1, p. 320. 1999

GOMES, Jarbas. Herison. Dias.; BITTENCOURT NETO, Adayr. Freitas.; SANTIAGO,. Aclly Ney. Oliveira. **ANÁLISE COMPARATIVA DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA CONVENCIONAL E SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL EM UMA CASA TÉRREA EM TEÓFILO OTONI**. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, p. 1–144, 2018.

GOMES, Rodolfo. Queiroba. **ANÁLISE DE UMA CONSTRUÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL POR UMA CONSTRUTORA DE PEQUENO PORTE DA CIDADE DE JOÃO PESSOA**. Universidade Federal da Paraíba, v. 8, n. 5, p. 85, 2019.

KALIU, Silvia. Maria. Baptista . **ALVENARIA ESTRUTURAL**. Ptficia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, v. 1, p. 1–86, 2014.

KLEIN, Bruno. Gustavo.; MARONEZI, Vinicius. **COMPARATIVO ORÇAMENTÁRIO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM ALVENARIA CONVENCIONAL, ALVENARIA ESTRUTURAL E O SISTEMA LIGHT STEEL FRAME PARA CONSTRUÇÃO DE CONJUNTOS HABITACIONAIS**. Universidade tecnológica federal do paraná departamento acadmico de construo civil, p. 141, 2013.

LISBOA, José. Vitor. De Carvalho. **PATOLOGIAS NAS CONSTRUES EM ALVENARIA ESTRUTURAL**, UFB, Acta Botanica Brasílica, João Pessoa BA v. 9, n. 2, 2019.

MARSHALL University. **STRAN STEEL-HOUSE IN 1933 CHICAGO’S WORLD FAIR**. University marshall Apud CRASTO (2005).

MASO, Julio. Berton. **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAMING E ALVENARIA ESTRUTURAL**. universidade do sul de santa catarina, v. 1, p. 156, 2017.

MEDEIROS, Walisson. A.; PARSEKIAN, Guilherme. A. **REVISÃO E UNIFICAO DAS NORMAS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL**. 61 Congresso Brasileiro do Concreto, n. October, p. 12, 2019.

MOHAMAD, Gihad. **CONSTRUES EM ALVENARIA ESTRUTURAL**. 2. ed. São Paulo.2020

NEXTERA,. **MANUAL TÉCNICO SISTEMA NEXTERA FACHADAS**, Brasilit ,v. 1, p. 45. 2010.

NETO, Fatima. **CONSTRUO E ENGENHARIA NA ANTIGÜIDADE 1000 A . C . A 500 D . C .** Scribd v. 01, n. 1984, p. 1–52, 2011. Disponível em: <https://pt.scribd.com//141683731/construcao-e-engenharia-na-antiguidade>. Acesso em: 05 MAR. 2021.

NONATO, Luis. Fernando. Costa.; OLIVEIRA, Daniele. Meireles. **ALVENARIA ESTRUTURAL E SUAS IMPLICAES**. Universidade federal de minas gerais, p. 74,

2013.

PASTRO, Rodrigo. Zambotto.; PENTEADO, A. F. **ALVENARIA ESTRUTURAL SISTEMA CONSTRUTIVO**. Universidade São Francisco, p. 47, 2007.

PEDROSO, Sharon. Passini. et al. **STEEL FRAME NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 12º Encontro Científico Cultural Interinstitucional, v. 1, p. 1–14, 2014.

PORTLAND, Associação. Brasileira. De Cimento. **BRASIL É REFERÊNCIA MUNDIAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL** | Portal abcp. n. 11, p. 1–2, 2021.

RODRIGUES, Carlos. Francisco.; CALDAS, Rodrigo. Barreto. **STEEL FRAMING: EM AÇO STEEL FRAMING: ENGENHARIA**. Caldas. - Rio de Janeiro: Aço Brasil /CBCA, v. 1, p. 224, 2016.

SANTIAGO, Alexandre Kokke; FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CRASTO, Renata Cristina Moraes de. **STEEL FRAMING: ARQUITETURA**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/ Cbca., 2012. 152 p. Disponível em: file:///C:/Users/Elaine/Desktop/livro%20STEEL%20FRAMING.pdf. Acesso em: 05 MAR. 2021.

SANTOS, Altair. **NOVA NORMA TÉCNICA UNIFICA SISTEMAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL**. Massa cinzenta, p. 5, 2020.

SILVESTRE Michelli. **ALVENARIA ESTRUTURAL EM PAUTA**. Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), n. 11, p. 4–7, 2021.

TERNI, Antonio Wanderley; SANTIAGO, Alexandre Kolkke; PIANHERI, José. **FUNDAÇÃO**. Instituto Aço Brasil - Centro Brasileiro da Construção em aço. 2008. Disponível em: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/biblioteca/steel-frame-fundacoes-parte-1>. Acesso em: 21 abr. 2021.

TEIXEIRA, Alessandro Golombiewski *et al.* **MANUAL DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA**. Brasília: ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2015. 208 p. Disponível em: <http://www.abramat.org.br/datafiles/publicacoes/manual-construcao.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

**APENDESSE A- Cotação de custos em alvenaria estrutural**

DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT	VALOR MATERIAL	
			Unitário	Total
<b>SERVIÇOS INICIAIS</b>				
Limpeza terreno	h	1	100,00	<b>100,00</b>
Serviço topográfico locação	cj	2	300,00	<b>600,00</b>
Instalações provisória água e esgoto	cj		300,00	<b>300,00</b>
Instalações provisória energia	cj		300,00	<b>300,00</b>
Locação da obra	m <sup>2</sup>	2	130,00	<b>260,00</b>
Container	Und	2	250,00	<b>500,00</b>
Andaime metálico obra	Und	8	10,00	<b>80,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>2.140,00</b>
<b>RADIER 1:4:6</b>				
Cimento 50 kg	UNID.	38	25,00	<b>950,00</b>
Tela malha de Ferro 15 x 15 cm aço 3,4mm	UNID.	8	88,15	<b>705,20</b>
Arame Recozido 1 kg	UNID.	1	20,00	<b>20,00</b>
Prego - 17x21	kg	1	22,00	<b>22,00</b>
Brita Nº 0 - Pedrisco	m	5	110,00	<b>550,00</b>
Rolo bobina lona 4x100	und	1	99,00	<b>99,00</b>
Sarrafo 0,15 cm - Madeira	m	46	5,00	<b>230,00</b>
Tábua 0,30 cm x 3,00 - Madeira	m	35	15,00	<b>525,00</b>
Areia Lavada Grossa	m <sup>3</sup>	3	118,00	<b>354,00</b>
Linha para Pedreiro	und	1	3,50	<b>3,50</b>
Vedarem impermeabilizante 18 KG (Preto)	und	1	300,00	<b>300,00</b>
Mao de obra	und	10	130,00	<b>1.300,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>4.108,70</b>
<b>PAREDE</b>				
Alvenaria de bloco concreto 14x19x39	und	1.650	3,20	<b>5.280,00</b>
Vergas canaleta concreto 14x19x40	und	110	3,20	<b>352,00</b>
Ferro 3/8 graute-12m	und	10	80,00	<b>800,00</b>
Ferro 1/4 grampo-12m	und	4	37,50	<b>150,00</b>
Concreto- graute/ vergas	m <sup>2</sup>	5	220,00	<b>1.100,00</b>
Mao de obra	und	12	130,00	<b>1.560,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>9.242,00</b>
<b>ESQUADRIAS</b>				
Porta veneziana ventilada 80x210	pç	5	375,00	<b>1.875,00</b>
Janela alumínio 100x100	pç	4	320,00	<b>1.280,00</b>
Janela alumínio 40x59	pç	1	134,00	<b>134,00</b>
Mão de obra	und	2	130,00	<b>260,00</b>

<b>Total do Item</b>				<b>3.549,00</b>
----------------------	--	--	--	-----------------

**Continuação**

**APENDESSE A**

DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT	VALOR MATERIAL	
			Unitário	Total
<b>COBERTURA</b>				
Vigota de Angelim Vermelho 5 x 14 cm	m	80	22,00	<b>1.760,00</b>
Caibro de Angelim vermelho 5 x 5cm	m	190	8,00	<b>1.520,00</b>
Telha cerâmica	und	900	2,00	<b>1.800,00</b>
Cumeeira cerâmica	und	21	3,00	<b>63,00</b>
Mão de obra	und	20	130,00	<b>2.600,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>7743,00</b>
<b>REVESTIMENTO DE PAREDES</b>				
Cimento 50 kg	und	22	25,00	<b>550,00</b>
Cal 20 kg	und	22	15,00	<b>330,00</b>
Areia média lavada	m <sup>2</sup>	5	120,00	<b>600,00</b>
Mão de obra	m <sup>2</sup>	130	18,00	<b>2.340,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>3.820,00</b>
<b>REVESTIMENTO DE PISOS</b>				
Piso cerâmico 45x45	m <sup>2</sup>	53	30,00	<b>1.590,00</b>
Argamassas	m <sup>2</sup>	13	10,00	<b>130,00</b>
Rejunte	m <sup>2</sup>	14	6,00	<b>84,00</b>
Espuma de limpeza	und	5	5,00	<b>25,00</b>
Mão de obra	m <sup>2</sup>	53	20,00	<b>1.060,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>2.889,00</b>
<b>PROJETO ELÉTRICO</b>				
<b>Elétrico</b>				<b>0,00</b>
Haste aterramento 1/8x2,00	pç	1	49,92	<b>49,92</b>
Eletroduto pvc 1/2" corrugado	m	50	1,80	<b>90,00</b>
Cabo cobre 750V - 6mm <sup>2</sup>	m	60	6,50	<b>390,00</b>
Cabo cobre 750V - 2,5mm <sup>2</sup>	m	160	2,30	<b>368,00</b>
Caixa pvc 2x4	pç	15	2,30	<b>34,50</b>
Quadro distribuição até 4 disj	pç	1	38,00	<b>38,00</b>
Disjuntor monofásico 20A	pç	4	12,00	<b>48,00</b>
Tomada com apagador simples	pç	5	8,80	<b>44,00</b>
Tomada simples	pç	10	14,00	<b>140,00</b>
Lâmpada incandescente 10W	pç	5	6,50	<b>32,50</b>
Mão de obra	und	4	150,00	<b>600,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>1.695,00</b>

**Continuação**  
**APENDESSE A**

DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT	VALOR MATERIAL	
			Unitário	Total

<b>HIDRÁULICA</b>				
<b>Esgoto Sanitário PVC</b>				
Tubo pvc rig esgoto 100mm - 6m	br	1	104,40	<b>104,40</b>
Tubo pvc rig esgoto 40mm - 6m	br	3	39,60	<b>118,80</b>
Joelho pvc esgoto 45° 100mm	und	1	12,99	<b>12,99</b>
Joelho pvc esgoto 90° 100mm	pç	1	8,30	<b>8,30</b>
Joelho pvc esgoto 90° 40mm	pç	4	2,00	<b>8,00</b>
Te pvc esgoto 100x50mm	pç	1	11,99	<b>11,99</b>
Ralo seco 100x100x50mm	pç	1	11,50	<b>11,50</b>
Caixa passagem alvenaria 60x60x60	pç	1	100,00	<b>100,00</b>
Fossa alvenaria bloco 360x180x200cm	pç	1	1.000,00	<b>1.000,00</b>
Adesivo plástico 1lts	pç	1	45,00	<b>45,00</b>
Lixa madeira 120	fl	1	1,33	<b>1,33</b>
<b>Água Fria PVC</b>				<b>0,00</b>
Tubo pvc sold 50mm- 6m	br	1	95,90	<b>95,90</b>
Adaptador para registro	und	4	1,20	<b>4,80</b>
Registro de Gaveta	und	1	39,90	<b>39,90</b>
Redução 50/25 mm	und	1	11,70	<b>11,70</b>
Tubo pvc sold 25mm	br	6	26,90	<b>161,40</b>
Luva pvc sold 25mm	pç	3	0,90	<b>2,70</b>
Te sold 25mm	pç	4	4,20	<b>16,80</b>
Joelho sold 90° 25x 3/4" azul	pç	4	4,50	<b>18,00</b>
Joelho sold 90° 50mm	pç	4	5,48	<b>21,92</b>
Joelho sold 90° 25mm	pç	4	1,20	<b>4,80</b>
Registro pressão base 3/4"	pç	1	23,50	<b>23,50</b>
Flange pvc sold 60x2"	pç	1	62,00	<b>62,00</b>
Boia	pç	1	5,00	<b>5,00</b>
Veda rosca	und	2	4,00	<b>8,00</b>
Torre caixa d'água	und	1	670,00	<b>670,00</b>
Válvula retenção horizontal 1 1/4"	pç	1	87,80	<b>87,80</b>
<b>Total do Item</b>				<b>2.656,53</b>

## Conclusão

### APENDESSE A

DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT	VALOR MATERIAL	
			Unitário	Total
<b>LOUÇAS E METAIS</b>				
Bacia sanitária com caixa acoplada	pç	1	299,80	<b>299,80</b>
Lavatório com coluna	pç	1	140,00	<b>140,00</b>
Torneira lavatório cromada	pç	1	42,00	<b>42,00</b>
Cuba inox retangular	pç	1	215,00	<b>215,00</b>
Torneira cromada cozinha	pç	1	65,00	<b>65,00</b>
Engate flexível 40cm	pç	2	9,30	<b>18,60</b>
Sifão flexível pvc	pç	2	11,90	<b>23,80</b>
Válvula de escoamento cromada	pç	1	15,90	<b>15,90</b>
Parafuso cromado fixação bacia, lavatório e tanque	pç	6	0,35	<b>2,10</b>
<b>Total do Item</b>				<b>822,20</b>
<b>PINTURAS</b>				
Pintura tinta acrílica 3 demãos com selador	und	130	4,00	<b>1200,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>1200,00</b>
<b>LIMPEZA DA OBRA</b>				
Limpeza da oba	und	1	100,00	<b>100,00</b>
Retirada de entulho	m <sup>3</sup>	4	60,00	<b>240,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>340,00</b>
<b>Total Geral</b>				<b>40.205,43</b>

Fonte: AUTORAL, 2021.

### APENDESSE B- Cotação de custos em *steel frame*

DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT	VALOR MATERIAL	
			Unitário	Total
<b>SERVIÇOS INICIAIS</b>				
Limpeza terreno	Dia	1	100,00	<b>100,00</b>
Serviço topográfico locação	cj	2	300,00	<b>600,00</b>
Instalações provisória água e esgoto	cj		300,00	<b>300,00</b>
Instalações provisória energia	cj		300,00	<b>300,00</b>
Locação da obra	m <sup>2</sup>	2	130,00	<b>260,00</b>
Container	mês	2	250,00	<b>500,00</b>

## Continuação

## APENDESSE B

DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT	VALOR MATERIAL	
			Unitário	Total
Andaime metálico obra	mês	3	10,00	<b>30,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>2.140,00</b>
<b>RADIER 1:4:6</b>				
Cimento 50 kg	und	38	25,00	<b>950,00</b>
Tela malha de Ferro 15 x 15 cm aço 3,4mm	und	8	88,15	<b>705,20</b>
Arame Recozido 1 kg	und	1	20,00	<b>20,00</b>
Prego - 17x21	kg	1	22,00	<b>22,00</b>
Brita Nº 0 - Pedrisco	m	5	110,00	<b>550,00</b>
Rolo bobina lona 4x100	und	1	99,00	<b>99,00</b>
Sarrafo 0,15 cm - Madeira	m	46	5,00	<b>230,00</b>
Tábua 0,30 cm x 3,00 - Madeira	m	35	15,00	<b>525,00</b>
Areia Lavada Grossa	m3	3	118,00	<b>354,00</b>
Linha para Pedreiro	und	1	3,50	<b>3,50</b>
Vedapren impermeabilizante 18 KG (Preto)	und	1	300,00	<b>300,00</b>
Mao de obra	und	10	130,00	<b>1.300,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>4.108,70</b>
<b>PAREDES E PAINÉIS</b>				
Isolamento térmico com lâ de vidro espessura 120x12,5x50	und	8	150,00	<b>1.200,00</b>
Placa glasrooc (12,5 1,20x2,40 m)	und	31	160,78	<b>4.984,18</b>
Tyvel tape 0,05x50 m	und	2	68,00	<b>136,00</b>
Membrana hidrófuga tyveck home wrap 0,91x30,5	und	4	295,00	<b>1.180,00</b>
Parafuso Glasroc c/ asa 4,2x32mm (100 unidades)	und	15	17,90	<b>268,50</b>
Placoplast basecoat 25 kg	und	33	87,76	<b>2.896,08</b>
Malha GRX para junta (10cm x 50m)	und	3	68,41	<b>205,23</b>
Malha GRX para superficlie (1mx50m)	und	2	395,00	<b>790,00</b>
Primer GRX para Superficie 27,22kg	und	3	150,00	<b>450,00</b>
Estrutura de aço galvanizado montante 90 - 6m C/ Furo	und	57	142,90	<b>8.145,30</b>
Estrutura de aço galvanizado guia 90 -6m C/ Furo	und	20	132,90	<b>2.658,00</b>
Parafuso Cabeça sextavada 1000 und	und	1	202,00	<b>202,00</b>
Fita flashing 1,5x10 m	und	6	52,00	<b>312,00</b>
Banda acústica 25m	und	2	29,90	<b>59,80</b>
Placa de gesso acortanada standard (1,2x2,40)	und	53	46,90	<b>2.485,70</b>
Placa de gesso acortanada Ru (1,2x2,40)	und	8	44,90	<b>359,20</b>
Fita telada 90m	und	3	48,50	<b>145,50</b>
Massa construcril 30kg	und	3	240,00	<b>720,00</b>
Parafuso da placa de gesso TTPC 25	und	2.950	0,06	<b>177,00</b>

**Continuação**

**APENDESSE B**

DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT	VALOR MATERIAL	
			Unitário	Total
Placa gusset	und	40	13,90	<b>556,00</b>
Parafuso p/ placa gusset	und	120	0,08	<b>9,60</b>
Fita de aço galvanizado (Contraventamento X) 40x0,95x15000mm	und	7	62,00	<b>434,00</b>
Conector de ancoragem	und	34	24,90	<b>846,60</b>
Parafuso conector de ancoragem	und	272	0,08	<b>21,76</b>
Fita metálica travamento horizontal	m	12	62,00	<b>74,00</b>
Parafuso 100und	und	420	0,08	<b>33,60</b>
Cantoneira	und	42	12,65	<b>531,30</b>
Parafuso da cantoneira 100 unid	und	420	0,08	<b>33,60</b>
Parafuso Parabolt	und	40	0,08	<b>3,20</b>
Mão de obra Cobertura/revestimento/montagem	und	1	7.000,00	<b>7.000,00</b>
<b>Total item</b>				<b>37.588,05</b>
<b>ESQUADRIAS</b>				
Porta veneziana ventilada 80x210	pç	5	375,00	<b>1.875,00</b>
Janela alumínio 100x100	pç	4	320,00	<b>1.280,00</b>
Janela alumínio 40x59	pç	1	134,00	<b>134,00</b>
Mão de obra	und	2	130,00	<b>260,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>3.549,00</b>
<b>COBERTURA</b>				
Perfil UE 70x0,80 mm	m	87,96	19,85	<b>1.746,01</b>
Perfil UE 140x0,80 mm	m	7,76	28,60	<b>221,94</b>
Perfil US 140x0,80 mm	m	0,8	26,85	<b>21,48</b>
Perfil US 70x0,80 mm	m	1,4	17,51	<b>24,51</b>
Perfil US 125x0,80 mm	m	15,36	24,32	<b>373,56</b>
Perfil CAR 30x20x0,80mm	m	206,52	11,70	<b>2.416,28</b>
Perfil Cantoneira LIG 60x30x1,25mm	pc	50,00	1,13	<b>56,50</b>
Parafuso LSF FIX PB 12-14 X 3/4 P1	pc	1.100	0,53	<b>583,00</b>
LSF presilha beiral 70x1,25mm	pc	16,00	1,62	<b>25,92</b>
Parafuso LSF Fix Titecon M6x45mm sext 5/16	pc	200,00	0,84	<b>168,00</b>
Telha	und	900,00	1,80	<b>1.620,00</b>
<b>Total do item</b>				<b>7.257,20</b>
<b>REVESTIMENTO DE PISOS</b>				
Piso Cerâmico 45x45	m <sup>2</sup>	53	30,00	<b>1.590,00</b>
Argamassas	m <sup>2</sup>	13	10,00	<b>130,00</b>

**Continuação**  
**APENDESSE B**

DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT	VALOR MATERIAL	
			Unitário	Total
Rejunto	m <sup>2</sup>	14	6,00	<b>84,00</b>
Espuma de limpeza	und	5	5,00	<b>25,00</b>
Mão de obra	m <sup>2</sup>	53	20,00	<b>1.060,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>2.889,00</b>
<b>PROJETO ELÉTRICO</b>				
<b>Elétrico</b>				<b>0,00</b>
Haste aterramento 1/8x2,00	pç	1	49,92	<b>49,92</b>
Eletroduto pvc 1/2" corrugado	m	50	1,80	<b>90,00</b>
Cabo cobre 750V - 6mm <sup>2</sup>	m	60	6,50	<b>390,00</b>
Cabo cobre 750V - 2,5mm <sup>2</sup>	m	160	2,30	<b>368,00</b>
Caixa pvc 2x4	pç	15	7,50	<b>112,50</b>
Quadro distribuição até 4 disj	pç	1	38,00	<b>38,00</b>
Disjuntor monofásico 20A	pç	4	12,00	<b>48,00</b>
Tomada com apagador simples	pç	5	8,80	<b>44,00</b>
Tomada simples	pç	10	14,00	<b>140,00</b>
Lâmpada incandescente 10W	pç	5	6,50	<b>32,50</b>
Mão de obra	und	4	150,00	<b>600,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>1.773,00</b>
<b>HIDRÁULICA</b>				
<b>Esgoto Sanitário PVC</b>				<b>0,00</b>
Tubo pvc rig esgoto 100mm - 6m	br	1	104,40	<b>104,40</b>
Tubo pvc rig esgoto 40mm - 6m	br	3	39,60	<b>118,80</b>
Joelho pvc esgoto 45° 100mm	und	1	12,99	<b>12,99</b>
Joelho pvc esgoto 90° 100mm	pç	1	8,30	<b>8,30</b>
Joelho pvc esgoto 90° 40mm	pç	4	2,00	<b>8,00</b>
Te pvc esgoto 100x50mm	pç	1	11,99	<b>11,99</b>
Ralo seco 100x100x50mm	pç	1	11,50	<b>11,50</b>
Caixa passagem alvenaria 60x60x60	pç	1	100,00	<b>100,00</b>
Fossa alvenaria bloco 360x180x200cm	pç	1	1.000,00	<b>1.000,00</b>
Adesivo plastico 1lts	pç	1	45,00	<b>45,00</b>
Protetor Montante PVC Drywall Verde 15-28mm Tigre	und	60	1,20	<b>72,00</b>
Lixa madeira 120	fl	1	1,33	<b>1,33</b>
<b>Água Fria PVC</b>				<b>0,00</b>
Tubo pvc sold 50mm- 6m	br	1	95,90	<b>95,90</b>
Adaptador para registro	und	4	1,20	<b>4,80</b>
Registro de Gaveta	und	1	39,90	<b>39,90</b>
Redução 50/25 mm	und	1	11,70	<b>11,70</b>

## Conclusão

### APENDESSE B

DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT	VALOR MATERIAL	
			Unitário	Total
Tubo pvc sold 25mm	br	6	26,90	<b>161,40</b>
Luva pvc sold 25mm	pç	3	0,90	<b>2,70</b>
Te sold 25mm	pç	4	4,20	<b>16,80</b>
Joelho sold 90° 25x 3/4" azul	pç	4	4,50	<b>18,00</b>
Joelho sold 90° 50mm	pç	4	5,48	<b>21,92</b>
Joelho sold 90° 25mm	pç	4	1,20	<b>4,80</b>
Registro pressão base 3/4"	pç	1	23,50	<b>23,50</b>
Flange pvc sold 60x2"	pç	1	62,00	<b>62,00</b>
Boia	pç	1	5,00	<b>5,00</b>
Veda rosca	und	2	4,00	<b>8,00</b>
Torre caixa d'água	und	1	670,00	<b>670,00</b>
Válvula retenção horizontal 1 1/4"	pç	1	87,80	<b>87,80</b>
Mão de obra	unda	2	130,00	<b>260,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>2.988,53</b>
<b>LOUÇAS E METAIS</b>				
Bacia sanitária com caixa acoplada	pç	1	299,80	<b>299,80</b>
Lavatório com coluna	pç	1	140,00	<b>140,00</b>
Torneira lavatório cromada	pç	1	42,00	<b>42,00</b>
Cuba inox retangular	pç	1	215,00	<b>215,00</b>
Torneira cromada cozinha	pç	1	65,00	<b>65,00</b>
Engate flexível 40cm	pç	2	9,30	<b>18,60</b>
Sifão flexível pvc	pç	2	11,90	<b>23,80</b>
Válvula de escoamento cromada	pç	1	15,90	<b>15,90</b>
Parafuso cromado fixação bacia, lavatório e tanque	pç	6	0,35	<b>2,10</b>
<b>Total do Item</b>				<b>822,20</b>
<b>PINTURAS</b>				
Pintura tinta acrílica 3 demãos com selador	und	200	4,00	<b>1200,00</b>
<b>Total do Item</b>				<b>1200,00</b>
<b>Total</b>				<b>64.229,68</b>

Fonte: AUTORAL, 2021.