

UNIEVANGÉLICA – CAMPUS CERES

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**BRENO VIEIRA BORGES
MARCOS VINÍCIOS LIMA DA SILVA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA E *LIGHT STEEL*
FRAME PARA COBERTURA DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

PUBLICAÇÃO N°: XXXXXX

CERES / GO

2021

**BRENO VIEIRA BORGES
MARCOS VINICIOS LIMA DA SILVA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA E *LIGHT STEEL*
FRAME PARA COBERTURA DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

PUBLICAÇÃO Nº: XXXXX

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

ORIENTADOR: Ma. JÉSSICA NAYARA DIAS

CERES / GO: 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

BORGES, BRENO VIEIRA. SILVA, MARCOS VINICOS LIMA.

Análise comparativa das estruturas de madeira e *light steel frame* para cobertura de residência unifamiliar [Goiás] 2021 26P, 297 mm (UniEvangélica, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC - Unievangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|-------------|-----------------------------|
| 1. Madeira | 2. <i>Light Steel Frame</i> |
| 3. Aço leve | 4. Eficiência construtiva |
| I. ENC/UNI | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BORGES, B. V. SILVA, M. V. L. Análise comparativa das estruturas de madeira e *light steel frame* para cobertura de residência unifamiliar. Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Campus Ceres, GO, 26p. 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Breno Vieira Borges e Marcos Vinicios Lima Da Silva

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise comparativa das estruturas de madeira e *light steel frame* para cobertura de residência unifamiliar.

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.

Breno Vieira Borges
76300-000 - Ceres/GO – Brasil
Email: brenovieiraec@outlook.com

Marcos Vinicios Lima Da Silva
76300-000 - Ceres/GO – Brasil
Email:marcos.vinicios_lima@outlook.com

**BRENO VIEIRA BORGES
MARCOS VINICIOS LIMA DA SILVA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA E *LIGHT STEEL*
FRAME PARA COBERTURA DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

**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:

**JÉSSICA NAYARA DIAS, Mestra (UniEvangélica – Campus Ceres)
(ORIENTADORA)**

**Rodrigo Nascimento Portilho de Faria, Mestre (uniEvangélica – Campus Ceres)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**Vilson Dala Libera, Mestre (uniEvangélica – Campus Ceres)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: CERES/GO, 04 de Junho de 2021.

ANÁLISE COMPARATIVA DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA E *LIGHT STEEL FRAME* PARA COBERTURA DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Breno Vieira Borges¹
Marcos Vinícios Lima da Silva²
Jéssica Nayara Dias³

RESUMO

Atender a demanda do crescimento populacional garantindo habitação de qualidade a todos é um dos desafios para a construção civil nos dias atuais. O objetivo do presente artigo é, através de um estudo de caso, apresentar um estudo comparativo, de viabilidade técnica e econômica, da utilização das estruturas de madeira e de *Light Steel Frame* em coberturas de residências unifamiliares. Para a execução da análise comparativa, fez-se necessário a elaboração de um projeto de cobertura. O projeto com a estrutura do telhado executado em *Light Steel Frame* foi desenvolvido pela Isoeste Metálica Indústria e Comércio LTDA, localizada no Distrito Agroindustrial – DAIA na cidade de Anápolis – GO. Já o projeto utilizando madeira como estrutura do telhado, foi desenvolvido pelos autores. Com o a análise de custos do projeto foi possível observar que, no atual cenário da construção civil, o custo da estrutura em *Steel Frame* é 38,14% mais elevado que a estrutura em madeira. Através dos cálculos do peso próprio de ambas as estruturas, observou-se que o peso da estrutura de madeira é relativamente superior ao da estrutura em aço leve. O aço ainda apresenta vantagem em relação ao tempo de execução, sendo a estrutura em *Light Steel Frame* sete vezes mais rápida de ser executada que a estrutura em madeira, o que representa apenas 14,28% do tempo total para execução da estrutura convencional. Dessa forma, o *Light Steel Framing* se destaca em relação a estrutura de madeira convencional por ser uma construção com alto nível de industrialização, pelo processo de execução mais rápido, e principalmente pelos benefícios relacionados ao meio ambiente como a baixa geração de resíduos e a não utilização de água na etapa construtiva.

Palavras-chave: Madeira; *Light Steel Frame*; Aço leve; Eficiência construtiva; Estrutura de cobertura.

¹ Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: brenovieiraec@outlook.com

² Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: marcos.vinicios_lima@outlook.com

³ Mestra, professora do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: jessicadias.engenharia@gmail.com

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 O uso do aço na Construção Civil	7
<i>2.1.1 Características dos aços.....</i>	<i>7</i>
2.2 O uso da madeira na Construção Civil.....	8
<i>2.2.1 Propriedades mecânicas da madeira</i>	<i>8</i>
<i>2.2.2 Caracterização tecnológica da madeira</i>	<i>9</i>
2.3 Estrutura de telhado em Madeira e <i>Light Steel Frame</i>	10
<i>2.3.1 Estruturas de Cobertura em Madeira</i>	<i>11</i>
<i>2.3.2 Estruturas de Cobertura em Steel Frame.....</i>	<i>12</i>
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Elaboração do Projeto Base.....	14
3.2 Dimensionamento dos Elementos de Cobertura.....	14
<i>3.2.1 Cobertura em Madeira</i>	<i>14</i>
<i>3.2.2 Cobertura em Light Steel Frame</i>	<i>15</i>
3.3 Comparação técnico-constructiva dos Elementos de Cobertura	15
3.4 Levantamento de Custos	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	15
4.1 Comparação Técnico-Constructiva	15
4.2 Tempo de execução das estruturas.....	16
4.2 Orçamento	17
<i>4.2.1 Orçamento da mão-de-obra</i>	<i>17</i>
<i>4.2.2 Orçamento total.....</i>	<i>17</i>
<i>4.2.3 Orçamento total.....</i>	<i>18</i>
4.3 Peso das estruturas	19
5. CONCLUSÃO.....	20
REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

Atender a demanda do crescimento populacional garantindo habitação de qualidade a todos é um dos desafios para a construção civil nos dias atuais. A preocupação com o meio ambiente, racionalização de materiais, redução de resíduos da construção, economia e maior produtividade, faz com que o setor de construção esteja sempre em busca de novas tecnologias e processos construtivos mais eficientes para solucionar estes desafios (MASO, 2017).

A construção civil no Brasil ainda possui características marcadas pela atividade artesanal, tendo como alguns aspectos a baixa produtividade, desperdício de materiais e empirismo nas práticas utilizadas. A industrialização dos sistemas construtivos é uma das principais saídas para a redução destes fatores que afetam diretamente a qualidade e confiabilidade de qualquer edificação entregue ao seu usuário (SANTIAGO, 2008).

A escolha de um método construtivo define a velocidade, eficiência e o custo de uma edificação. Como ressalta Campos (2014), existem alguns sistemas construtivos industrializados que possibilitariam uma maior velocidade nas construções. Conhecer e aplicar sistemas, inovações e tecnologias construtivas pode poupar tempo e economizar custos na edificação, realizando melhorias no processo construtivo.

O mercado da construção civil está cada vez mais voltado ao uso de técnicas que possibilitem rápida execução, preço justo e qualidade. Como uma forma de sair do habitual e buscar métodos alternativos que proporcionem vantagens ao processo construtivo, Melo (2015) afirma que a utilização do aço leve na construção civil se adequa bem as soluções necessárias para elementos estruturais, estruturas de cobertura e de paredes.

Em se tratando do uso de métodos construtivos industrializados em conjunto com o aço como uma alternativa de material, pode-se destacar o uso do chamado *Steel Frame*, que segundo o Manual da Construção Industrializada (2015) é um sistema que utiliza perfis de aço leve galvanizado como componente principal e fundamento da sua estrutura. O material é pouco utilizado no Brasil, o que se deve, de acordo com Borba e Filho (2018), a falta de informação sobre o material, que acarreta preconceito sobre seu uso e na falta de mão de obra especializada.

As principais características que definem uma construção em *Light Steel Framing* quanto sua forma de construir e projetar são: a estrutura, que utiliza painéis estruturais e por isso é conhecida como “estrutura painelizada”; a modulação dos diversos materiais aplicados na edificação, e a estrutura alinhada onde os elementos estruturais devem estar coincidindo para que a transferência de cargas tenha caráter predominantemente axial (SANTIAGO; FREITAS e CRASTO, 2012).

Tanto para o uso geral ou para estrutura de cobertura, o *Steel Frame* possui inúmeras vantagens. Para Bortolotto (2015), o sistema se mostra uma alternativa bastante promissora, visto que apresenta maior rapidez de execução, menor desperdício de material e melhor sustentabilidade ambiental comparados ao sistema construtivo convencional. Nesse sentido, o *Steel Frame* é um material que traz precisão a edificação, não gerando resíduos na construção e também dispensando uso da água, promovendo uma construção seca (SANTIAGO, 2008).

As principais vantagens geradas pela eliminação da madeira e utilização do *Light Steel Frame* são o grande aumento da produtividade tanto na produção quanto na montagem das peças, considerações de projeto e execução de coberturas em LSF padronização dos perfis, melhoria no controle de qualidade, resulta em estruturas mais leves, material incombustível e inorgânico, a agressão ao meio ambiente é muito menor e como fator determinante a sua viabilidade econômica é comprovadamente superior (LEONÍDIO, 2013).

O artigo tem por objetivo, efetuar um estudo comparativo, através de um estudo de caso, analisando a viabilidade técnica e econômica entre a utilização da madeira e o do *Light Steel Frame* em estruturas de cobertura de residências unifamiliares.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O uso do aço na Construção Civil

O uso do aço em construções está crescendo cada vez mais no Brasil, o que se deve as inúmeras vantagens que este tipo de estrutura apresenta. A estrutura metálica pode ser empregada em qualquer tipo de construção, como por exemplo, edifícios residenciais, hospitais, restaurantes, coberturas de quadras esportivas, em casas residenciais, cobertura de postos de gasolina, entre outras (CORTEZ et al., 2017). Segundo o Portal Metálica (2019), não há quase nenhum desperdício neste tipo de construção, visto que as peças em aço são cortadas já na sua fabricação com precisão milimétrica. Além de que qualquer rejeito da obra que vir a existir, pode ser reciclado.

2.1.1 Características dos aços

Existe uma grande e diversificada variedade de aços que se diferenciam pela forma, tamanho e uniformidade dos grãos que o compõem e, é claro, por sua composição química. Sendo que esta pode ser alterada em função do interesse de sua aplicação final, obtendo-se através da adição de determinados elementos químicos, aços com diferentes graus de resistência mecânica, soldabilidade, ductilidade, resistência à corrosão, entre outros. De maneira geral, os aços possuem excelentes propriedades mecânicas: resistem bem à tração, à compressão, à flexão, e como é um material homogêneo, pode ser laminado, forjado, estampado, estriado e suas propriedades podem ainda ser modificadas por tratamentos térmicos ou químicos (FERRAZ, 2003). A Tabela 1 apresenta algumas propriedades dos aços e a caracterização de cada uma destas propriedades.

Quadro 1: Propriedades dos aços e suas características.

Propriedade	Característica
Ductilidade	É a capacidade do material de se deformar plasticamente sem se romper e é definida pela extensão do patamar de escoamento. Nas estruturas metálicas, esta característica é de extrema importância pelo fato de permitir a redistribuição de tensões locais elevadas. Desse modo, as peças de aço sofrem grandes deformações antes de se romper, constituindo um aviso da presença de tais tensões. Além disso, a ductilidade é uma propriedade que torna o aço resistente a choques bruscos.
Tenacidade	É a capacidade do material de absorver energia quando submetido à carga de impacto. É a energia total, elástica e plástica, absorvida pelo material por unidade de volume até a sua ruptura, representando a área total do diagrama tensão de formação. Logo, um material dúctil com a mesma resistência de um material frágil possui uma maior tenacidade, já que requer maior quantidade de energia para ser rompido.
Elasticidade	É a capacidade do material de voltar à forma original após sucessivos ciclos de carregamento e descarregamento. O aço sofre deformações devido ao efeito de tensões de tração ou de compressão. Tais deformações podem ser elásticas ou plásticas, devido à natureza cristalina dos metais através de planos de escorregamento ou de menor resistência no interior do reticulado. Os aços estruturais possuem um módulo de elasticidade da ordem de 205000 MPa, a uma temperatura de 20°C.
Plasticidade	É uma deformação definitiva provocada pelo efeito de tensões iguais ou superiores ao limite de escoamento do aço. Deve-se impedir que a tensão correspondente ao limite de escoamento seja atingida nas seções transversais das barras, como forma de limitar a sua deformação.

Fonte: Bandeira, 2008; Teobaldo, 2004

Um fator importante a ser observado no emprego do aço é a corrosão, alteração físico-química sofrida devido à sua reação com o meio, estas alterações transformam o aço em compostos químicos semelhantes ao minério de ferro, fazendo com que o material perca características essenciais como resistência mecânica, elasticidade, ductilidade, entre outras, além da redução da seção resistente (TEOBALDO, 2004).

Nos metais, a corrosão se dá por corrosão química ou eletrolítica, sendo a última mais frequente. Outro aspecto a ser considerado é a fadiga do aço, influenciada principalmente pela amplitude de variação de tensões, pela frequência de aplicação das cargas, o chamado número de ciclos de carregamento e pela concentração de tensões na seção. A ruptura por fadiga ocorre sem deformações, não indicando a iminência do colapso (TEOBALDO, 2004).

2.2 O uso da madeira na Construção Civil

Desde os primórdios da existência humana, a madeira acompanha o homem nas várias fases da sua evolução, colaborando para o desenvolvimento da humanidade. A partir do momento que o homem abandona os buracos e grutas naturalmente escavadas, a madeira se torna matéria-prima essencial para a construção de seus abrigos (TORRES, 2010). Segundo Morikawa (2006), a utilização da madeira na construção vem desde a pré-história e “as técnicas evoluíram durante a Antiguidade, em várias civilizações, passaram pela Idade Média, assistiram ao nascimento do capitalismo e chegaram até os dias atuais incorporando inovações proporcionadas pela indústria.”

Pelos registros de construções em madeira encontrados ao longo da história em diversos lugares do mundo, havendo a presença do homem e de materiais orgânicos aptos para a construção, algum tipo de estrutura de madeira se erguia. No entanto, foi na Idade Média que a madeira começou a ser utilizada de forma mais organizada e tornou-se o material de construção mais empregado na Europa, dando origem a várias formas de construção (MORIKAWA, 2006).

Segundo Kermani e Porteous (2007), há uma série de características que tornam a madeira um material de construção ideal. Entre elas, estão a sua alta resistência em relação ao seu peso, a sua impressionante durabilidade e desempenho e boas propriedades de isolamento contra o calor e som. A madeira não exige mão-de-obra com conhecimentos especiais, seu custo com mão-de-obra é menor que o custo com mão-de-obra em estrutura metálica (PORTAL MADEIRA, 2008).

A madeira estrutural repassa para o cliente uma boa segurança, em caso de ser submetida a altas temperaturas, a madeira consegue manter sua função estrutural mais tempo que a estrutura em aço, o que pode acarretar economia dependendo do estado do imóvel (RODRIGUES, 2018).

2.2.1 Propriedades mecânicas da madeira

As propriedades mecânicas da madeira são determinadas pelo seu comportamento quando é solicitada por forças externas, sendo divididas em propriedades de elasticidade e de resistência (CALIL, 1999). As propriedades elásticas dizem respeito à capacidade do material de retornar à sua forma inicial uma vez retiradas as cargas aplicadas, sem apresentar deformações residuais. Apesar da madeira apresentar esta deformação residual, é considerada como um material elástico para a maioria dos usos estruturais. As propriedades de resistência da madeira estão diretamente relacionadas com a sua densidade, de forma que as madeiras mais densas são normalmente as mais resistentes, embora haja variações destas propriedades em madeiras com a mesma densidade (MELO, 2002).

Para a determinação das propriedades de resistência da madeira, são efetuados os ensaios de caracterização, sendo que devido ao alto custo para sua realização com peças em

tamanho estrutural, são realizados com corpos- de-prova e os valores destes ensaios são utilizados para se determinar as tensões de cálculo de estruturas (MELO, 2002). O Quadro 2 apresenta as propriedades da madeira e suas características.

Quadro 2: Propriedades da madeira e suas características

Propriedade	Característica
Compreção	O comportamento da madeira submetida a esforços de compressão apresenta variações consideráveis que decorrem da direção da força aplicada em relação à direção das fibras. Ela pode ser submetida à compressão de acordo com três solicitações: perpendicular, paralela ou inclinada em relação às fibras (CALIL, 1999).
Tração	A madeira pode sofrer duas solicitações diferentes à tração: tração paralela e tração perpendicular às fibras, sendo que suas propriedades diferem consideravelmente em função destas solicitações (CALIL, 1999).
Cisalhamento	São considerados três tipos de cisalhamento, também chamado de esforço cortante, que agem em peças de madeira: a) quando o esforço se dá no sentido perpendicular às fibras, b) paralelo às fibras no plano radial ou tangencial, e c) o cisalhamento “rolling”. O cisalhamento horizontal é o mais crítico, pois a separação e o escorregamento entre as células de madeira podem levar à ruptura da peça. O comportamento da madeira ao cisalhamento é importante no dimensionamento de vigas, ligações e comparação entre espécies (CALIL, 1999),
Flexão	Quando a madeira é solicitada à flexão, chamada de flexão simples, ocorrem quatro tipos de esforços: compressão paralela às fibras, tração paralela às fibras, cisalhamento horizontal e compressão perpendicular às fibras (ocorre nos apoios).
Torção	As propriedades da madeira relativas ao comportamento à torção são muito pouco conhecidas, sendo que a norma brasileira recomenda evitar a torção de equilíbrio devido ao risco de ruptura por tração paralela às fibras que resulta do chamado estado múltiplo de tensões atuante (CALIL, 1999).
Dureza	Quanto à determinação da dureza, obtida pela introdução de uma semi- esfera nas direções paralela e perpendicular às fibras da madeira, trata-se de uma propriedade importante para comparação entre espécies e também para a definição de alguns usos finais como pisos, onde é fundamental que a peça de madeira não seja suscetível a marcas provenientes de móveis e outros. (MELO, 2002).
Fendilhamento	O fendilhamento é uma característica importante, pois mede a resistência da madeira em relação a possíveis rachaduras no sentido longitudinal, determinando o seu comportamento à extração de pregos, entalhes em apoios de vigas e rachaduras (MELO, 2002).
Resistência ao impacto	A resistência ao impacto é a capacidade do material de absorver rapidamente energia pela deformação, sendo a madeira considerada um excelente material para esta característica. A sua determinação é feita através de dois tipos de ensaios: ensaio de flexão dinâmica, com aplicações em equipamentos esportivos, máquinas, aeronaves, carrocerias em geral, dormentes, etc., e ensaio de tenacidade, que fornece dados mais confiáveis. (MELO, 2002).

2.2.2 Caracterização tecnológica da madeira

Como produto de um processo orgânico, a madeira é um material heterogêneo e complexo, o que pode ser explicado pela quantidade, disposição, orientação e composição química de seus elementos anatômicos. Estes por sua vez são responsáveis pelas características da madeira, e, portanto, influenciados por vários fatores tais como condições de temperatura, aspectos de composição e umidade do solo onde a árvore está localizada, o que explica como suas propriedades físicas e mecânicas diferem entre espécies, entre árvores da mesma espécie e dentro de uma mesma árvore (MELO, 2004).

De acordo com MELO (2004), esta variabilidade pode ser medida através de um sistema de amostragem aleatória e representativa, com um erro mínimo de estimativa, realizando-se ensaios em corpos-de-prova isentos de defeitos tais como nós, fibras inclinadas, rachaduras, empenamentos, etc. A caracterização tecnológica é o instrumento essencial para se entender o comportamento da madeira sob diferentes solicitações, determinar as suas propriedades e possíveis utilizações, inclusive para a construção civil.

Por caracterização tecnológica, compreende-se a determinação das seguintes características da madeira (IBDF, 1981; Melo, 2004):

Quadro 3: Características da madeira.

Caracteres gerais (cor, cheiro, grã, textura)
Teor de umidade
Densidade
Estabilidade dimensional
Comportamento térmico
Comportamento acústico
Condutibilidade elétrica
Comportamento mecânico
Comportamento à secagem
Durabilidade e preservação
Trabalhabilidade

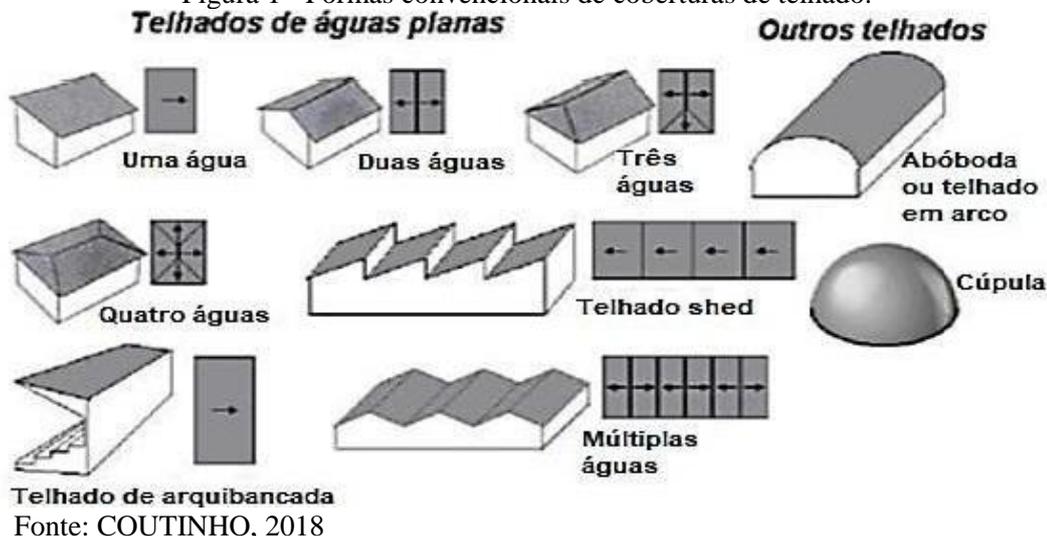
Fonte: IBDF, 1981; Melo, 2004

2.3 Estrutura de telhado em Madeira e *Light Steel Frame*

A descrição da função básica da cobertura seria a de proteger as atividades humanas e o conteúdo das edificações contra a chuva, vento, calor, frio, poeiras e gases do meio ambiente. Acrescenta ainda às coberturas a função de isolante térmico e acústico da edificação, visando o conforto do usuário, citando também suas funções econômicas e estéticas (GUERRA, 2010).

Existem variadas formas de coberturas de telhados, como: simples ou de uma água; cobertura de duas águas; cobertura de quatro águas; múltiplas águas; e pavilhão (Figura 6). Conforme Morais (2016), as coberturas, dependendo da forma do edifício, continuam a ser caracterizadas como coberturas inclinadas de estrutura simples ou mais complexa, mas com várias composições de coberturas de uma, duas, ou quatro águas, isto é, vertentes que se intersectam definindo uma cumeeira e rincões.

Figura 1 - Formas convencionais de coberturas de telhado.



A estrutura de cobertura pode ser classificada como contínua ou descontínua. Segundo Flach (2012), a estrutura contínua é aquela caracterizada por ser um elemento único, resistente, com a inclinação da cobertura, geralmente constituída por uma laje. Por sua vez, a caracterizam-se como descontínua os sistemas de grelhas sucessivas, em que o espaçamento e a resistência das peças lineares diminuem à medida que aumenta o nível.

Os tipos de cobertura, para Coutinho (2018), são coberturas que têm uma estrutura de apoio formada por um ou mais dos seguintes elementos: paredes, pilares, tesouras, etc.; lajes ou telhados; e coberturas autoportantes, como abóbodas, cúpulas, cúpulas geodésicas, cascas, coberturas suspensas, coberturas infladas e malhas especiais.

Tradicionalmente no Brasil, as coberturas de projetos residenciais eram feitas somente de madeira, resultado da grande disponibilidade existente. É um insumo amplamente utilizado hoje em dia principalmente pelo acabamento que se tem em projeto. Apesar da madeira ser mais utilizada, o aço vem ganhando espaço nessa categoria devido a sua versatilidade e entre outras características, de forma a competir no mercado (FLACH, 2012).

A madeira ou o aço oferecem condições para serem utilizados em estruturas, desde que observados os perfis necessários para atender as solicitações de carga, mão de obra e tratamento necessário para garantir sua durabilidade e bom desempenho em serviço. Levando-se em conta esses fatores, deve-se efetuar a análise de qual dos dois é mais viável economicamente (MELO, 2002). Em qualquer projeto, deve-se estabelecer critérios para poder avaliar se todas as solicitações foram devidamente atendidas, podem ser eles: custo, tempo de construção, mão de obra e entre outros. Esses critérios se relacionam e necessitam de um balanceamento entre eles (AZEVEDO, 2011).

2.3.1 Estruturas de Cobertura em Madeira

De acordo com Flach (2012), a madeira é um dos materiais mais antigos utilizados na construção civil, devido à disponibilidade na natureza em quase todo planeta. Em concordância com suas propriedades mecânicas e físicas, a classificação da madeira é essencial e indispensável para aplicar ao máximo sua capacidade. Segundo Ferreira (2018), a classificação contribui para o aumento na segurança das estruturas e para o uso racionalizado, pois quando as madeiras são classificadas de forma correta, é possível utilizar peças de melhor qualidade nas posições de maior solicitação da estrutura e as de qualidade inferior nas de baixa solicitação. Sendo assim, em alguns casos são empregados tesouras para transferir adequadamente os carregamentos para os apoios. A tesoura *Howe* (Figura 2) é a que melhor se presta para o material utilizado, a madeira, isto porque permite executar a ligação das diagonais (barras comprimidas) com os banzos (empena ou linha) da madeira mais natural, que é a sambladura ou entalhe (MOLITERNO, 2010).

Figura 2 – Estruturas em madeira



Fonte: Adaptado de Faz Fácil, 2020.

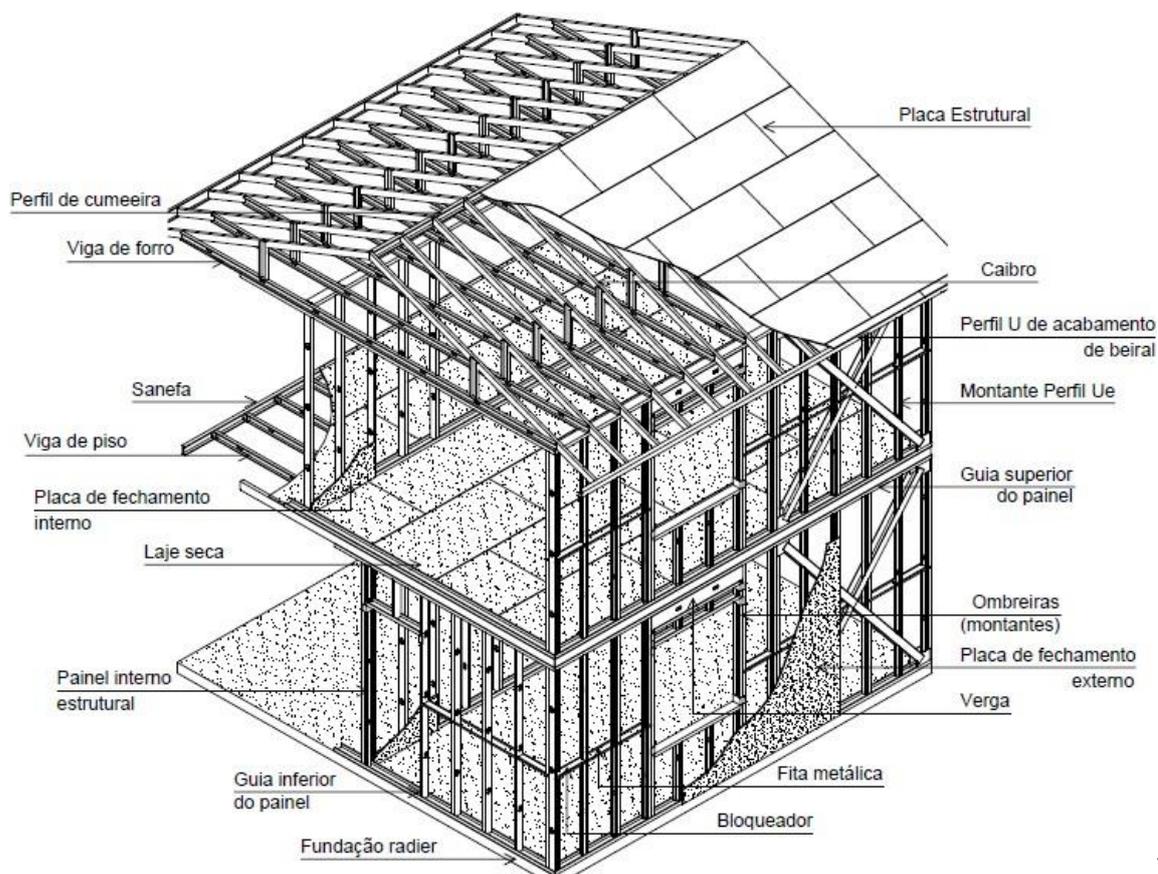
A execução de uma estrutura de madeira é realizada, normalmente, por carpinteiros que montam os elementos de madeira de forma artesanal, com seus elementos serrados *in loco*. É recomendado, para que o custo do insumo seja menor, o uso de seções comerciais da madeira (BORGES, 2009). Flach (2012) afirma que as estruturas de madeira utilizadas para coberturas, em geral, são elaboradas sem auxílio de projetos. Os carpinteiros constroem as peças apenas com a sua concepção advindas das suas experiências profissionais adquiridas ao longo da vida.

De acordo com Ferreira (2018), as propriedades organolépticas da madeira, como: textura, cor, desenho, odor, brilho e peso, de cada espécie tornam-na atrativa e agradável em determinados ambientes. Na maioria das vezes, as seções das peças são adotadas com base em valores indicados pela prática sem o menor cálculo estrutural, o que pode resultar em superdimensionamento, em muitos casos, e até em ruptura por carga excessiva em outros (COUTINHO, 2018). A estrutura de cobertura em madeira deve seguir as especificações da NBR 7190 (ABNT, 1997) intitulada Projeto de Estruturas de Madeira.

2.3.2 Estruturas de Cobertura em Steel Frame

O *Steel Frame*, segundo Freitas e Castro (2006), é um sistema construtivo de concepção racional, que tem como principal característica uma estrutura constituída por perfis conformados a frio de aço galvanizado que são utilizados para a composição de painéis estruturais e não estruturais. O sistema é utilizado, geralmente, para até quatro pavimentos, e segue as especificações da NBR 8681 (ABNT, 2003), da NBR 15575 (ABNT, 2013) e da NBR 8800 (ABNT, 2008). Os mesmos perfis de aço que são usados nas paredes, também são utilizados para fazer as estruturas de cobertura do *Steel Frame*, como pode-se ver na Figura 3.

Figura 3 – Desenho Esquemático de uma Estrutura em Light Steel Framing.



Fonte: Manual Steel Framing: Arquitetura, 2012

Segundo Ferreira (2016), construtivamente, as coberturas próprias para *Steel Frame* possuem as mesmas características e princípios das estruturas convencionais. Portanto, podem ser utilizadas com telhas metálicas, cerâmicas, de fibrocimento e *shingle*, entre outras (PINHEIRO, 2003).

A execução da cobertura em aço, além de ser muito prática e durável, possui outra vantagem: o material é totalmente reciclável, podendo retornar aos fornos sob forma de sucata e se tornar um novo aço, sem perda de qualidade (PINHEIRO, 2003). Outra vantagem acerca do uso do aço na estrutura de telhado está no retorno dos investimentos. Com significativa diminuição do tempo de obra o material garante confiabilidade de prazo e tempo de retorno no investimento (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2015). O uso do aço para estruturas de cobertura está bastante associado a grandes áreas a serem cobertas, como em áreas industriais. Este fato se dá pela estrutura poder vencer grandes vãos com uma carga de peso próprio relativamente baixo (PFEIL, 2008).

Em se tratando da sobrecarga oferecida por elementos construtivos, *Steel Frame* oferece vantagens em relação à fundação, pois o peso (estrutura de cobertura) diminui e o tipo de carga muda (Figura 4), passando de cargas pontuais para cargas lineares (FERREIRA, 2016).

Figura 4 – Estrutura em *Steel Frame* descarregando em fundação do tipo Radier



Fonte: Solara Engenharia, 2019.

Em se tratando do quesito desperdício de materiais e consumo de água, o *Steel Frame* é vantajoso em comparação a outros sistemas. Conforme Sá (2018), o *Steel Frame* diminui a geração de Resíduos da Construção Civil (RCC) e propicia um canteiro de obras mais limpo, além de um menor impacto ao meio ambiente. É importante ressaltar a economia de água pelo uso do sistema *Steel Frame*, que não só traz economia como também contribui com o uso consciente do recurso natural.

Em relação à mão de obra, Pomaro (2010) destaca que é necessária uma maior precisão durante a fase construtiva e principalmente mão de obra treinada para a execução com *Steel Frame*. É indispensável e fundamental uma qualificação profissional para executar esse método de construção tendo como base os perfis de aço leve ao invés de vigas e pilares.

Segundo Saint-Gobain (2011), pode-se citar como importantes benefícios do uso do LSF em edificações são os seguintes:

- Os produtos que constituem o sistema são padronizados com tecnologia avançada, em que os elementos construtivos são produzidos industrialmente, e a matéria-prima utilizada, os processos de fabricação, suas características técnicas e acabamento passam por rigorosos controles de qualidade.
- O aço é um material de comprovada resistência e o alto controle de qualidade, tanto na produção da matéria-prima quanto de seus produtos, permite maior precisão dimensional e melhor desempenho da estrutura.

- Facilidade de obtenção dos perfis formados a frio, já que são largamente utilizados pela indústria.
- Durabilidade e longevidade da estrutura, proporcionada pelo processo de galvanização das chapas de fabricação dos perfis.
- Facilidade de montagem, manuseio e transporte devido à leveza dos elementos.
- Construção a seco, o que diminui o uso de recursos naturais e o desperdício.
- Os perfis perfurados previamente e a utilização dos painéis de gesso acartonado facilitam as instalações elétricas e hidráulicas.
- Melhores níveis de desempenho termoacústico, que podem ser alcançados através da combinação de materiais de fechamento e isolamento.
- Facilidade na execução das ligações.
- Rapidez de construção, uma vez que o canteiro se transforma em local de montagem.
- O aço é um material incombustível.
- O aço é reciclável, podendo ser reciclado diversas vezes sem perder suas propriedades.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Elaboração do Projeto Base

Para a execução da análise comparativa, fez-se necessário a elaboração de um projeto de cobertura, apresentado no Anexo 1. A escolha do projeto em análise se deu com o intuito de aproximar ao máximo a edificação àquelas comumente construídas no Brasil, padrão popular. O projeto possui 93,12 m² de área construída, sendo constituído de sala de jantar, cozinha, dois quartos e dois banheiros, um banheiro social e outro pertencente a suíte.

O projeto com a estrutura do telhado executado em *Light Steel Frame* foi desenvolvido pela Isoeste Metálica Indústria e Comércio LTDA, localizada no Distrito Agroindustrial – DAIA na cidade de Anápolis – GO utilizando como software o SKETCHUP (2021). Já o projeto utilizando madeira como estrutura do telhado, foi desenvolvido pelos autores, utilizando o REVIT (2019) como ferramenta. Ambos os projetos estão disponíveis no Anexo 1.

3.2 Dimensionamento dos Elementos de Cobertura

3.2.1 Cobertura em Madeira

Para o dimensionamento dos elementos da cobertura, foi utilizada como base a NBR 7190 (ABNT, 1997), para tanto foi desenvolvido no *software Excel* uma planilha com as fórmulas apresentadas pela normativa. A planilha exige como dados de entrada as cargas atuantes das telhas, de vento e carga acidental, as dimensões de base das ripas, altura, vão e galpa que foram retiradas do projeto base, além do peso específico, resistência característica da madeira *Feature Compression Know* (FCK), módulo de elasticidade e coeficiente de modificação (KMOD) da madeira utilizada, que é o Angelim. As mesmas informações são exigidas para os caibros e terças com acréscimo da declividade dos caibros.

Após a inserção das informações, efetuou-se o cálculo do peso das peças, além de fazer uma análise comparativa entre a flexão solicitante e resistente, cisalhamento solicitante e resistente, informando se as dimensões inseridas são suficientes para resistir as cargas solicitadas ao telhado. Para o cálculo do peso da madeira, que foi posteriormente comparado ao do aço, foi utilizado a Eq. (1).

$$M = \rho \cdot v \tag{1}$$

Onde, M é a massa; ρ é a densidade e v é o volume.

Os dados necessários para o cálculo do peso da estrutura, foi retirado do Catálogo de Madeiras Brasileiras para a Construção Civil (2013). A telha utilizada no telhado com estrutura de madeira foi a telha de concreto, com peso por metro quadrado de 51,9 kgf, segundo o Catálogo Mapa da Obra (2013).

3.2.2 Cobertura em Light Steel Frame

O dimensionamento da estrutura em LSF foi realizado pela Isoeste Metálica Indústria e Comércio LTDA, com base na NBR 14762/2001, sendo utilizado pelo calculista o *software Strap*[®]. Com a obtenção dos perfis necessários para suportar as cargas do telhado, foi possível calcular o peso total da estrutura utilizando os catálogos fornecidos pela Isoeste Metálica, onde o mesmo informa o peso em quilograma por metro de cada perfil de aço laminado. O peso da estrutura consistia em multiplicar o comprimento de cada peça pelo valor do seu peso por metro.

3.3 Comparação técnico-construtiva dos Elementos de Cobertura

Nessa etapa foi feito um levantamento sobre as principais características de cada um dos métodos de modo a determinar a viabilidade de execução de cada um deles. Foi realizado ainda um levantamento com profissionais de cada uma das áreas (pesquisa de campo) e pesquisas bibliográficas (em artigos publicados e catálogos e norma técnicas) de modo a comparar os métodos.

Uma das análises realizadas foi quanto ao tempo de execução dos dois tipos de estruturas de cobertura. Essa análise foi feita com base na experiência de profissionais que trabalham a muito tempo com os métodos. A escolha desse método para a determinação da duração das atividades se deu pelo fato de valores calculados segundo parâmetros fixos (com base em pesquisa teórica) darem um resultado muito fora da realidade.

3.4 Levantamento de Custos

O orçamento foi realizado predominantemente tomando por base o mercado para cada um dos materiais, o que se deve à especificidade de cada um deles. Não foi possível encontrar em sistemas padronizados de custos e índices, como a SINAPI, as peças que foram estudadas nesse trabalho, uma vez que tanto os perfis em *Light Steel Frame* como a madeira não são contemplados nestes com as mesmas dimensões com que são comercializados para as estruturas de cobertura. Desse modo, o orçamento da estrutura metálica e os dados referentes ao material foram fornecidos pela empresa Isoeste Metálica Indústria e Comércio. Em contrapartida, o orçamento da estrutura de madeira foi realizado em uma madeireira localizada na cidade de Ceres – GO.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Comparação Técnico-Construtiva

Os perfis formados a frio são conhecidos por serem produtos industrializados que seguem rigorosas normas de produção que garantem alto controle de qualidade, o que minimiza os erros de execução e desperdícios de materiais. Devido a essa padronização, é facilitada as devidas adequações e submissões a controles de qualidade exigidos pela normatização vigente. Os perfis em aço formado a frio apresentam uma execução mais segura e fácil, e ainda aumentam a durabilidade do empreendimento. Os perfis de aço são fornecidos pela empresa com as dimensões exatas a serem empregadas na obra, facilitando assim a montagem das peças,

e tornando o canteiro de obras mais limpo, o que permite a execução de diferentes etapas simultâneas (SOUSA, 2014).

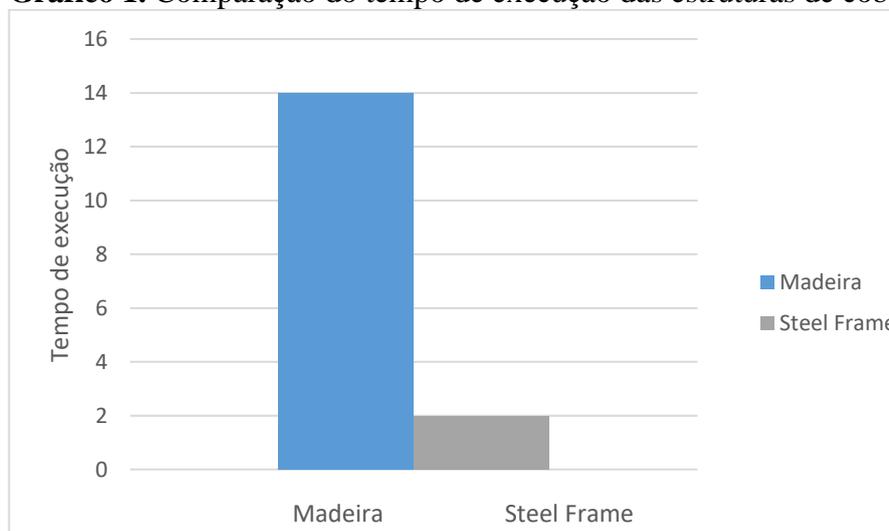
A madeira, por sua vez, é fornecida com as dimensões base das madeiras, necessitando assim adequar suas medidas no local da obra, o que acarreta, na maioria das vezes, em um elevado desperdício após os cortes. O material acaba ainda demandando um maior tempo de execução e mais espaço no canteiro de obras (SOUSA, 2014).

Outra característica importante de comparação entre os materiais é seu peso. Vale ressaltar, que os perfis de aço formados a frio são leves, facilitando assim o seu transporte e manuseio no canteiro de obras. Em contrapartida, os perfis de madeira possuem um elevado peso próprio, o que por si só já sobrecarrega a estrutura da edificação além de dificultar o transporte e manuseio do material dentro do canteiro de obras (SOUSA, 2014).

4.2 Tempo de execução das estruturas

Segundo os profissionais da empresa Isoeste Metálica Indústria e Comércio LTDA, o tempo de execução da estrutura de cobertura do projeto em estudo, utilizando *Light Steel Frame*, é de apenas 2 dias, como pode ser verificado no gráfico 1. Em contrapartida, ao consultar os profissionais que trabalham com estrutura de madeira e atuam na cidade de Ceres e Rialma, observou-se que o tempo de execução desta para a residência é de 14 dias. Ao comparar os dois valores, pode-se observar que o tempo de execução da estrutura em LSF é sete vezes menor que a estrutura em madeira, representando apenas 14,28% do tempo total para execução da estrutura convencional em madeira.

Gráfico 1. Comparação do tempo de execução das estruturas de cobertura.



Fonte: Próprios Autores, 2021

De acordo com os dados encontrados, verifica-se que na construção em LSF há uma redução acima de 50% do tempo de execução, o que representa um ganho no custo final da obra, uma vez que o custo com mão de obra reduz devido ao menor tempo de execução. Segundo Pomaro (2011), a utilização do sistema construtivo Light Steel Frame permite a rápida ocupação do imóvel devido à redução do prazo de execução antecipando, consequentemente, o retorno do capital investido conferindo ao empreendimento maior liquidez.

Segundo Saint-Gobain (2011), a rapidez na execução da estrutura em LSF se deve ao fato de que os perfis já vêm com as dimensões exatas direto do fabricante, transformando o canteiro de obras em uma linha de montagem, além de facilitar a implantação dos furos para ligações, pois os perfis têm baixa espessura.

4.2 Orçamento

4.2.1 Orçamento da mão-de-obra

O orçamento da mão de obra foi realizado mediante o levantamento do tempo de execução de cada estrutura, apresentado no item 4.2 deste trabalho. Sabendo que o tempo de execução para a estrutura em LSF é de 2 dias e para a estrutura de madeira é de 14 dias, ambos os dados relacionados ao projeto proposto neste trabalho (Anexo 1), foi possível fazer uma pesquisa de mercado para obtenção do orçamento. O orçamento de mão-de-obra para a estrutura de madeira foi realizado com dois profissionais da área que atuam na cidade de Ceres – GO, em contrapartida, o orçamento de mão-de-obra para a estrutura em LSF foi realizado com a empresa Isoeste Indústria e Comércio e com a empresa Construmax Alfa, localizada na cidade de Goiânia – GO. Os dados fornecidos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Orçamento de mão-de-obra

MATERIAL	MÃO DE OBRA	VALOR PROJETO TOTAL (R\$)
Madeira	Profissional 1	3000,00
	Profissional 2	3100,00
Steel frame	Isoeste	1620,80
	Construmax Alfa	3039,00

Fonte: Próprios Autores, 2021

Através da análise dos dados fornecidos na Tabela 1, verifica-se que o valor de mão-de-obra fornecido pela Isoeste, é inferior ao valor fornecido pelos dois profissionais que trabalham com sistema convencional em madeira, representado apenas 54 % do valor total da mão-de-obra do sistema convencional. O resultado inferior do LSF frame se deve, sobretudo, a velocidade de montagem, pois toda estrutura é fornecida nas medidas exatas, com peso inferior, permitindo maior agilidade na execução no canteiro de obras. O valor mais elevado de mão-de-obra da empresa Construmax Alfa, se deve ao fato, de o profissional necessitar se deslocar da cidade de Goiânia para Ceres, ambas em Goiás, para executar a obra.

4.2.2 Orçamento do material

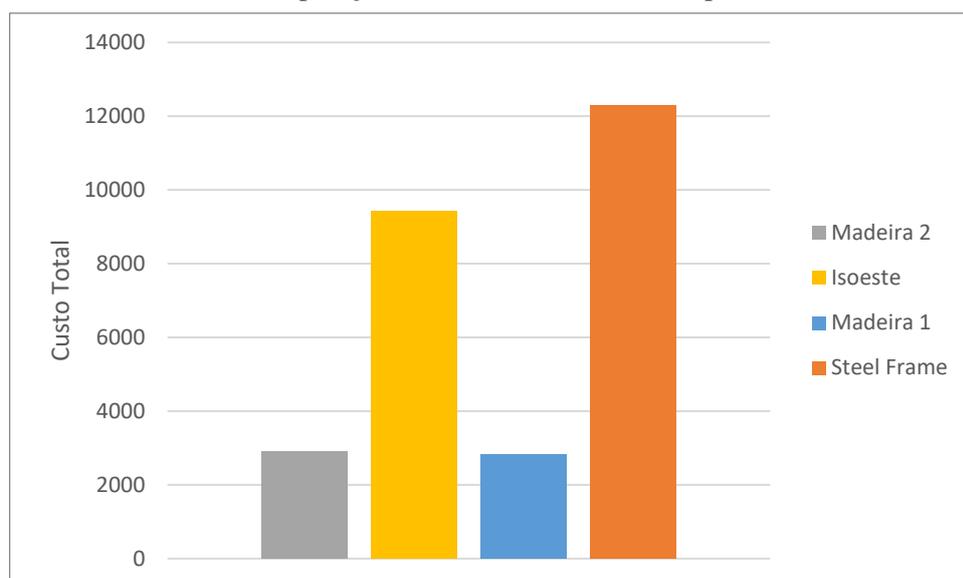
Com a finalidade de demonstrar a diferença do custo dos materiais que compõem as estruturas de cobertura em madeira e *Light Steel Frame*, foi realizada uma pesquisa em empresas da área. Para a madeira, duas madeireiras localizadas nas cidades de Ceres – GO e Rialma – GO foram contatadas. O aço formado à frio, por sua vez, teve seu orçamento fornecido pelas empresas Isoeste Indústria e Comércio e Construmax Alfa, já mencionadas anteriormente. Os valores obtidos estão apresentados na Tabela 2 e são comparados pelo Gráfico 2. A unidade utilizada para o custo das estruturas foi o real (R\$).

Tabela 2. Orçamento do material para a estrutura do telhado.

MATERIAL	MÃO DE OBRA	VALOR (R\$)
Madeira	Madeira 1	2835,30
	Madeira 2	2920,00
Steel frame	Isoeste	9433,13
	Construmax Alfa	12301,92

Fonte: Próprios Autores, 2021

Gráfico 2. Comparação dos custos dos materiais apenas.



Fonte: Próprios Autores, 2021

Devido a discrepância dos valores fornecidos pelas empresas em análise, dentro do mesmo segmento, optou-se por utilizar na análise os maiores valores obtidos. Assim, comparando o custo do LSF de R\$ 12301,92, apresentado pela empresa Construmax Alfa, com o valor de R\$ 2920,00, apresentado pela madeireira 2, é possível notar, que no atual cenário da construção civil, o custo da estrutura em aço formado a frio é 76,26% mais elevado que a estrutura em madeira.

O resultado em questão, se deve aos aumentos exorbitantes do valor do aço durante a pandemia, ocasionada pelo novo corona vírus. O aço sofreu reajuste de tal magnitude que levou a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2021) a pedir ao governo para zerar o imposto de importação do produto, a fim de equilibrar o valor no mercado interno e evitar o desabastecimento. Segundo o presidente executivo do Instituto Aço Brasil, Marco Polo de Mello Lope o mundo vive um novo ciclo de commodities, com alta nos valores em cadeia. “Na comparação de fevereiro de 2020 com fevereiro de 2021, o insumo da sucata subiu 150% e é estratégico para nós, disse”. Outras matérias-primas também tiveram alta: o minério, 130%; o gusa (ferro que é retirado do alto-forno), de 93%; o níquel, de 81,7%; o zinco, 61,4%; o carvão mineral; 40,5%. Isso teve um impacto efetivo de aumento (na mesma comparação) de 65,5% no vergalhão e de 82,9% na bobina de aços planos. Mas houve um aumento global. A variação em dólar foi de 49,7% na Europa, 46,5% na Rússia, 43% no México e 38,8% no Brasil.

De acordo com Lopes (2020), as cadeias não consomem aço suficiente para a siderurgia trabalhar com grau razoável da capacidade instalada. O ano de 2020 iniciou com 63,7% de utilização. Com a pandemia, houve uma crise de demanda, a utilização caiu para 45%. Segundo a Isoeste Metálica Indústria e Comércio LTDA, o aço fornecido pela empresa, teve um aumento de 150% em relação ao valor que operava no período anterior a pandemia.

4.2.3 Orçamento total

O custo total das estruturas foi obtido através da soma da mão-de-obra com o valor dos materiais, custos com manutenção e afins, foram desconsiderados. O valor da madeira e mão-de-obra utilizados são de pesquisa local, já do LSF, o valor do material e mão-de-obra utilizados foram fornecidos pela Construmax Alfa. Somando o valor da mão-de-obra e da madeira necessária obteve-se o valor total de R\$ 6020,00, já para a estrutura em LSF, o valor total é de

R\$ 15340,92. Contudo, verificamos que o valor total da estrutura em madeira é 60,76% inferior quando comparado ao LSF. Entretanto, vale ressaltar que esse resultado se deve apenas ao grande aumento no valor do aço no atual cenário de pandemia ocasionado pelo Covid 19.

Tabela 3. Orçamento total

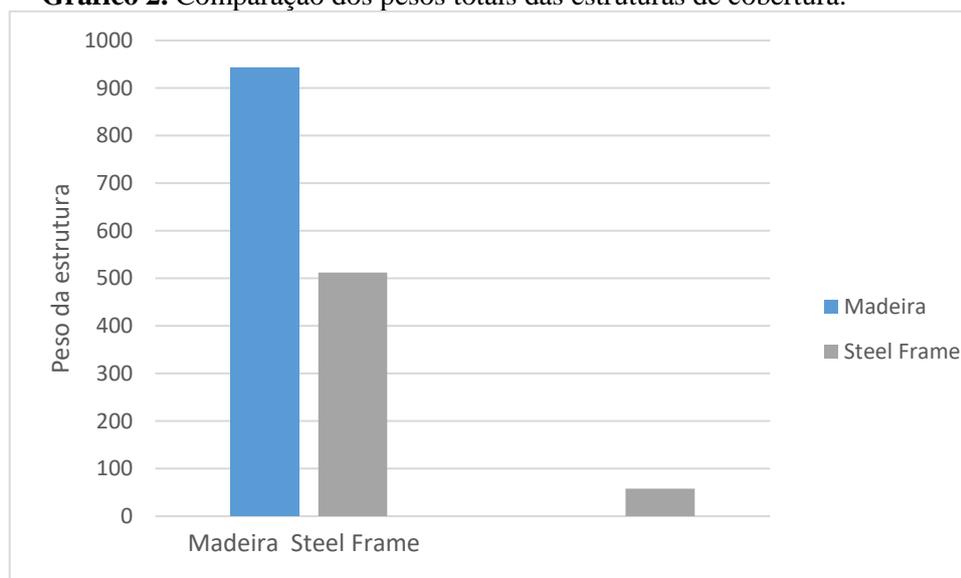
	TIPO	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL
Madeira	Mão de obra	3100,00	6020,00
	Material	2920,00	
Steel frame	Mão de obra	3039,00	15340,92
	Material	12301,92	

Fonte: Próprios Autores, 2021

4.3 Peso das estruturas

De modo a demonstrar a diferença de peso das estruturas de cobertura em madeira e *Steel Frame*, é apresentado o Gráfico 2. A unidade utilizada para o peso das estruturas foi o quilograma (kg).

Gráfico 2. Comparação dos pesos totais das estruturas de cobertura.



Fonte: Próprios Autores, 2021

Através dos cálculos do peso próprio de ambas as estruturas, pode-se notar nas tabelas do Anexo 2 e 3, que o peso da estrutura de madeira corresponde a 932,49 kg e a estrutura em aço corresponde a 512,58 kg. Ao observar o Gráfico 2, nota-se que a estrutura de cobertura em *Steel Frame* é 419,91 kg mais leve que a estrutura de cobertura em madeira, isto é, seria somente 54,97% do peso total da estrutura em madeira. O resultado encontrado se deve, segundo Usiminas (2014), às características obtidas pela adição de elementos de liga, como o titânio e o nióbio, que juntamente com um processo termomecânico controlado, faz com que o material apresente elevada resistência mecânica, permitindo a redução da espessura das peças estruturais, fazendo com que os perfis sejam leves.

Devido ao seu menor peso, a estrutura em *Steel frame*, apresenta outra grande vantagem em relação a estrutura de madeira, pois, ao descarregar uma menor carga nas vigas e pilares, reduz a necessidade de fundações mais substanciais, diminuindo assim, o custo também direcionado a fundação da residência.

5. CONCLUSÃO

A comparação do sistema construtivo *Light Steel Frame* nos empreendimentos voltados às habitações populares em detrimento da madeira mostrou que um maior custo para o LSF, o que se deve ao aumento no valor do aço decorrente da pandemia do novo corona vírus. Comparando o valor atual de mercado e valores anteriores a pandemia, o cenário seria totalmente diferente, pois a redução no valor do aço seria de até 150%.

No entanto, tecnicamente é possível notar que, por se tratar de um processo industrializado, a racionalização com o uso do LSF permite ganhos elevados na produtividade e baixa geração de resíduos, conferindo maior controle do processo de fabricação, maior economia e menor prazo de entrega. Observa-se com isso, que não basta analisar apenas os gastos iniciais, mas sim, o potencial de utilização do LSF na construção em larga escala. É possível salientar sobre esse material que há, mais facilmente, o alcance das metas impostas pelos órgãos governamentais no que se refere às necessidades de atendimento à uma demanda crescente por habitações.

Neste sentido, o *LSF* pode vir a tornar-se mais interessante, pois o processo de execução se resume a montagem dos componentes pré-fabricados, que apresentam melhor acabamento e maior padronização quando comparado a madeira. A produtividade deste sistema é maior, levando a menores prazos de entrega, o que de acordo com o objetivo da obra significa um retorno financeiro também mais rápido. A utilização do LSF no processo construtivo quando analisada a longo prazo, mostra que o sistema construtivo em questão, permite uma maior vida útil da estrutura, além de permitir a fácil manutenção da estrutura.

Enquanto a estrutura de madeira já é um sistema bastante conhecido e difundido para aplicação em construções residenciais, o *LSF* ainda enfrenta barreiras, principalmente pela falta de informação por parte da população que ainda tem a utilização da madeira como o sistema predominante e mais viável. No entanto, o LSF pode ser considerado como um sistema inovador no Brasil, com uma vertente de construção mais eficiente, sustentável e rápida e com perspectivas para um futuro promissor.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: Informação e documentação: Referências**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2018. 68 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro.

AZEVEDO, Rogério Cabral et al. Avaliação de desempenho do processo de orçamento: estudo de caso em uma obra de construção civil. *Ambient. constr.* (Online), Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 85-104, Mar. 2011.

BATEMAN, Bruce W. Light gauge steel verses conventional wood framing in residential construction. Department of construction science of A&M University. College Station. Texas, 1998.

Blog da Engenharia. A utilização do aço na construção civil. Instituto de engenharia. São Paulo, 2015.

BORGES, A de C. Prática das pequenas construções. Revisão: José Simão Neto e Walter Costa Filho. 9 ed. revista e ampliada. São Paulo: Blucher, 2009, v. 1.

CAMPOS, P. F.; **Light Steel Framing, Uso em Construções Habitacionais Empregando a Modelagem Virtual Como Processo de Projeto e Planejamento**. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel) Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2014.

CAMPOS, Rubens J. A. Diretrizes de Projeto para produção de habitações térreas com estrutura tipo plataforma e fechamento com placas cimentícias. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Edificação e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

CASTRO, Renata C. M. de; FREITAS, Arlene M. S. **Steel Framing: Arquitetura**. Instituto Brasileiro de siderurgia/Centro Brasileiro da Construção em Aço. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.

CASTRO, Renata C. M. de; FREITAS, Arlene M. S.; SANTIAGO Alexandre K. **Steel Framing: Arquitetura**. Instituto Aço Brasil/Centro Brasileiro da construção em aço. 2 ed. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2012.

CORTEZ, Lucas Azevedo da Rocha et al. Uso das Estruturas de Aço no Brasil. *Cadernos de Graduação, Alagoas*, v. 4, n. 2, p.217-228, nov. 2017.

COUTINHO, A. L. M. **Telhados de Edificações Habitacionais**. 9f. 10f. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

CRAHAY, M; BAYE, A. Existem escolas justas e eficazes? *Cad. Pesqui.*, São Paulo, v. 43, n. 150, 2013.

FERREIRA, V. P. **Estudo Comparativo entre Sistemas Construtivos: Alvenaria Convencional e Light Steel Frame**. 20f. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel) Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2016.

FLACH, R. S. Estrutura para telhados: Análise técnica de soluções. 2012. Trabalho de conclusão de curso. Porto Alegre: Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FLACH, R. S. **Estruturas para Telhados: Análise Técnica de Soluções**. 23f. Monografia (Bacharel) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. Steel framing: arquitetura. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.

FREITAS, Arlene Maria S., CRASTO, Renata Cristina M. Construções de Light Steel Frame. Revista Técnica, São Paulo, nº 112, julho. 2006. Disponível em: . Acesso em: 20 de set. 2020.

GOMES, C. A. A escola de qualidade para todos: abrindo as camadas da cebola. Ensaio: **Avaliação de Políticas Públicas Educacionais**, n. 13, p. 281-306, 2005.

GUERRA, J.; MAGALHÃES, B.; GOMES, M.; & FONSECA, R. Materiais de construção II: coberturas. São Paulo, 2010.

KERMANI, Abdy; PORTEOUS, Jack. Structural Timber Design to Eurocode 5. Editora: Blackwell Science, 2007.

LAROCA, Christine. Habitação Social em Madeira: uma alternativa viável. 2002. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

MELO, V. O. **Viabilidade Construtiva**. 9f. Monografia (Especialização) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

MOLITERNO, A. **Caderno de Projetos de Telhados em Estruturas de Madeira**. 4. ed. São Paulo, 2010.

MORIKAWA, Devanir C. L. Métodos Construtivos Para Edificações Utilizando Componentes Derivados Da Madeira De Reflorestamento. 2006. 115f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Construção) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

PFEIL, W. Estruturas de Aço: Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008. Rio de Janeiro: GEN. 2008.

PINHEIRO, M. Construção Sustentável - Mito ou Realidade? Lisboa, 2003.

PORTAL DA MADEIRA. Uso de Madeira: Vantagens e desvantagens. 2008.

PORTAL METÁLICA. Construções Metálicas: O uso do aço na construção civil.

RODRIGUES, Francisco C. Steel Framing: Engenharia. Instituto Brasileiro de siderurgia/Centro Brasileiro da Construção em Aço. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.

RODRIGUES, Luana Monteiro. A madeira e sua utilização na construção civil. 2018.

SAINT-GOBAIN. Guia de sistema para produtos planos. Brasilit. 2011

SANTIAGO, A. K. **O Uso do Sistema Light Steel Framing Associando a outros Sistemas Construtivos como Fechamento Vertical Externo Não Estrutural**. 18f. 25f. 27f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

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. 29cm. (Manual de Construção em Aço).

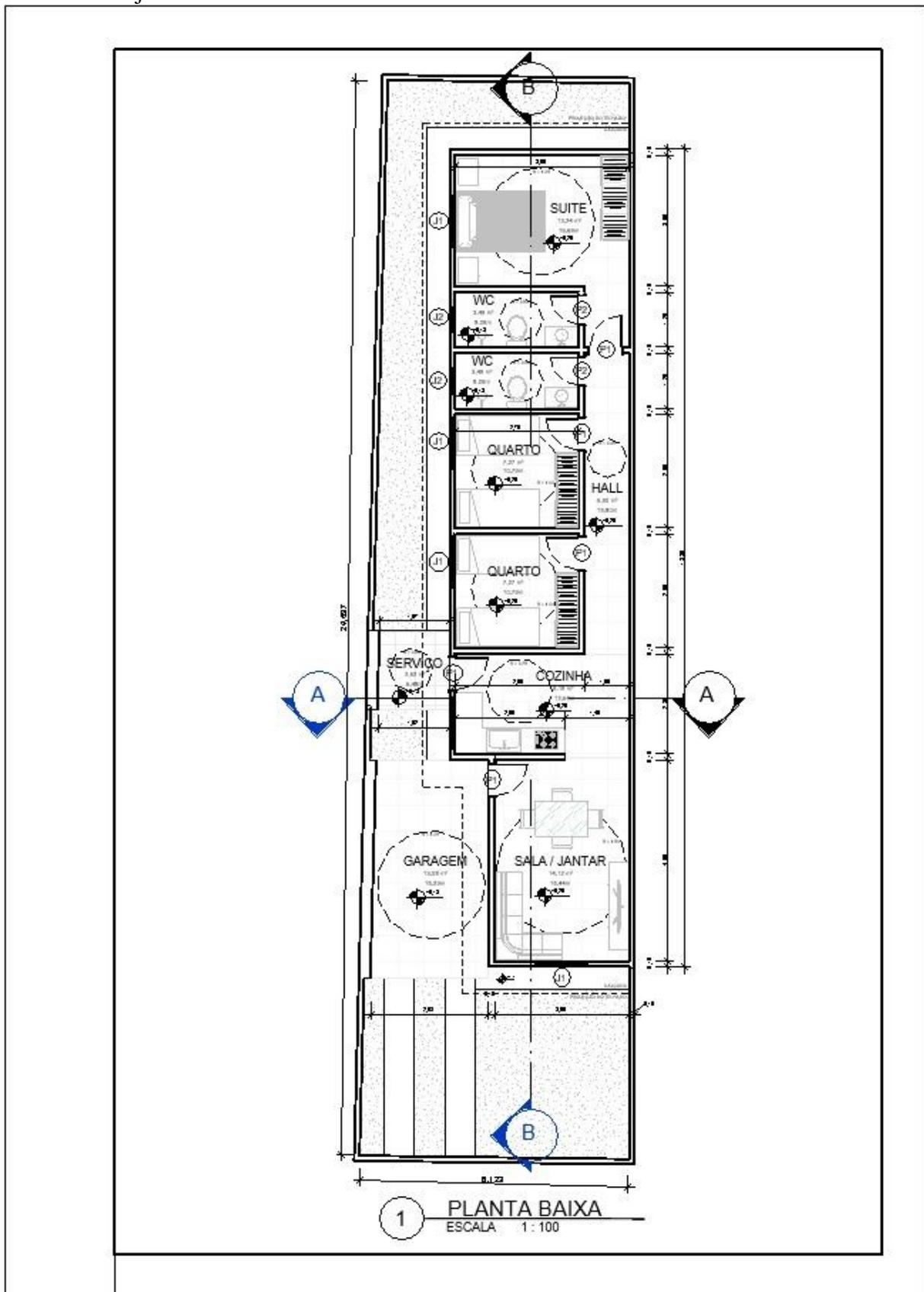
SOUZA, Eduardo Luciano de. **Construção Civil e tecnologia: Estudo do Sistema construtivo Light Steel Framing**. Construção Civil, Belo Horizonte, set.2014. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg3/135.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2021

TORRES, João T. C. Sistemas Construtivos Modernos Em Madeira. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Portugal, 2010.

VAN LANDEGHEM, G.; VAN DAMME, J.; OPDENAKKER, M. C.; DE FRAINE, B.; ONGHENA, P. The effect of schools and classes on noncognitive outcomes. **School Effectiveness and School Improvement**, v. 13, p. 429–451, 2002.

ANEXO 1

Planta 1. Projeto utilizado no estudo de caso



ANEXO 2: Tabela de cálculo de madeira.

TERÇAS (0,06 x 0,12) M						
COMPRIMENTO (M)	NUMERO DE PEÇAS	COMPRIMENTO TOTAL (M)	ÁREA TRANSVERSAL	M³	PESp kgm/m³ = 1300	PREÇO (M) R\$ 16,00
4,66	11	51,26	0,0072	0,369072	479,7936	820,16
3,76	3	11,28	0,0072	0,081216	105,5808	180,48
2,7	4	10,8	0,0072	0,07776	101,088	172,8
TOTAL	-	73,34	-	0,528048	686,4624	1173,44
CAIBROS (0,045 x 0,05) M						
COMPRIMENTO (M)	NUMERO DE PEÇAS	COMPRIMENTO TOTAL (M)	ÁREA TRANSVERSAL	M³	PESp kgm/m³ = 1300	PREÇO (M) R\$ 7,00
10,4	5	52	0,00225	0,117	152,1	364
10,45	7	73,15	0,00225	0,164588	213,96375	512,05
5,45	2	10,9	0,00225	0,024525	31,8825	76,3
5,65	4	22,6	0,00225	0,05085	66,105	158,2
2,3	3	6,9	0,00225	0,015525	20,1825	48,3
TOTAL	-	165,55	-	0,0909	118,17	1158,85
RIPAS (0,05 x 0,035) M						
COMPRIMENTO (M)	NUMERO DE PEÇAS	COMPRIMENTO TOTAL (M)	ÁREA TRANSVERSAL	M³	PESp kgm/m³ = 1300	PREÇO (M) R\$ 7,00
3,95	13	51,35	0,00175	0,089863	116,82125	359,45
4,8	41	196,8	0,00175	0,3444	447,72	1377,6
2,95	15	44,25	0,00175	0,077438	100,66875	309,75
1,8	6	10,8	0,00175	0,0189	24,57	75,6
1,15	1	1,15	0,00175	0,002013	2,61625	8,05
TOTAL	-	56,2	-	0,09835	127,855	393,4
PESO TOTAL DA ESTRUTURA					932,49	
PREÇO TOTAL DA MADEIRA					R\$ 2.725,69	
PREÇO PREGO 15 X 21					R\$ 67,64	
PREÇO PREGO 15 X 27					R\$ 41,97	

ANEXO 3: tabela de cálculo de *Light Steel Frame*.

MCMV – KADY								
TABELA DE QUANTITATIVO								
PERFIL ISO UE 70								
TIPO	PERFIL	TAG	COMPRIMENTO	QUANTIDADE	PESO m.l	PESO PARCIAL	TOTAL m	TOTAL GERAL (m)
CAIBRO 01	ISO UE 70	CB01	9335	9	1	84,02	84,02	84,02
CAIBRO 02	ISO UE 70	CB02	4535	1	1	4,54	4,54	4,54
CAIBRO 03	ISO UE 70	CB03	5520	8	1	44,16	44,16	44,16
CAIBRO 04	ISO UE 70	CB04	2935	6	1	17,61	17,61	17,61
LUVA 01	ISO UE 70	LV01	700	9	1	6,30	6,30	6,30
LUVA 02	ISO UE 70	LV02	850	1	1	0,85	0,85	0,85
LUVA 03	ISO UE 70	LV03	150	10	1	1,50	1,50	1,50
PONTALETE 02	ISO UE 70	PT02	2070	10	1	20,70	20,70	20,70
PONTALETE 03	ISO UE 70	PT03	1565	10	1	15,65	15,65	15,65
PONTALETE 04	ISO UE 70	PT04	1060	9	1	9,54	9,54	9,54
PONTALETE 05	ISO UE 70	PT05	555	9	1	5,00	5,00	5,00
PESO TOTAL						209,86		209,86
PERFIL ISO UE 125								
TIPO	PERFIL		COMPRIMENTO	QUANTIDADE	PESO m.l	PESO PARCIAL	TOTAL m	TOTAL GERAL M
PONTALETE 01	ISO UE 125	PT01	2500	4	1,35	13,50	10,00	10,00
VIGA 01	ISO UE 125	VG01	4245	2	1,35	11,46	8,49	8,49
VIGA 03	ISO UE 125	VG03	1835	4	1,35	9,91	7,34	7,34
PESO TOTAL						34,87		25,83

PERFIL ISO UE 140								
TIPO	PERFIL		COMPRIMENTO	QUANTIDADE	PESO m.l	PESO PARCIAL	TOTAL m	TOTAL GERAL M
VIGA 02	ISO UE 140	VG02	3060	6	1,44	26,44	18,36	18,36
PESO TOTAL						26,44		18,36
PERFIL ISO US 70								
TIPO	PERFIL		COMPRIMENTO	QUANTIDADE	PESO m.l	PESO PARCIAL	TOTAL m	TOTAL GERAL M
PERFIL BASE 02	ISO US 70	PB02	150	38	0,88	5,02	5,70	5,70
PESO TOTAL						5,02		5,70
PERFIL ISO US 125								
TIPO	PERFIL		COMPRIMENTO	QUANTIDADE	PESO m.l	PESO PARCIAL	TOTAL m	TOTAL GERAL M
PERFIL BASE 01	ISO US 125	PB01	200	6	1,23	1,48	1,20	1,20
TABEIRA 01	ISO US 125	TB01	4950	1	1,23	6,09	4,95	4,95
TEBEIRA 02	ISO US 125	TB02	4700	1	1,23	5,78	4,70	4,70
TABEIRA 02	ISO US 125	TB03	9500	1	1,23	11,69	9,50	9,50
TEBEIRA 03	ISO US 125	TB04	785	4	1,23	3,86	3,14	3,14
PESO TOTAL						28,89		23,49
ISO CAR 3020								
TIPO	PERFIL		COMPRIMENTO	QUANTIDADE	PESO m.l	PESO PARCIAL	TOTAL m	TOTAL GERAL M
CONTRAV 01	ISO CAR3020	CT01	2115	8	0,57	9,64	16,92	16,92
CONTRAV 02	ISO CAR3020	CT02	1680	4	0,57	3,83	6,72	6,72
CONTRAV 03	ISO CAR3020	CT03	1335	4	0,57	3,04	5,34	5,34
CONTRAV 04	ISO CAR3020	CT04	1120	4	0,57	2,55	4,48	4,48
RIPA 01	ISO CAR3020	RP01	4600	45	0,57	117,99	207,00	207,00
RIPA 02	ISO CAR3020	RP02	3700	15	0,57	31,64	55,50	55,50
RIPA 03	ISO CAR3020	RP03	2780	18	0,57	28,52	50,04	50,04
RIPA 04	ISO CAR3020	RP04	1785	10	0,57	10,17	17,85	17,85
PRESILHA CUMEEIRA	ISO CAR3020	PC	40	5	0,57	0,11	0,20	0,20

PESO TOTAL TRAVAMENTOS	207,51
PESO TOTAL	512,58
ÁREA DE COBERTURA	101,30
TAXA	5,06
QUANTIDADE DE CASAS	1,00

ACESSÓRIOS			
130420 - Cantoneira 6x3 (L60x30) Galvalume#1,25mm	50	R\$ 0,78	R\$ 39,00
142943 - PARAFUSO LSF 12-14x3/4' P01	2000	R\$ 0,30	R\$ 600,00
132243 - PARAFUSO FIX TITECON M6x45mm	110	R\$ 0,51	R\$ 56,10
130423 - PRESILHA 7 GALVALUME #1,25mm	25	R\$ 1,50	R\$ 37,50
			732,60