



**CAIO SANTOS SCHREIBER**  
**GEOVANE RODRIGUES BOMBO**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS  
DE MADEIRA LAMELADA COLADA (MLC) E DE CONCRETO  
ARMADO**

**LAVRAS – MG**  
**2021**

**CAIO SANTOS SCHREIBER  
GEOVANE RODRIGUES BOMBO**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE MADEIRA  
LAMELADA COLADA (MLC) E DE CONCRETO ARMADO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do Curso de  
Engenharia Civil, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. André Luiz Zangiácomo  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2021**

**CAIO SANTOS SCHREIBER  
GEOVANE RODRIGUES BOMBO**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE MADEIRA  
LAMELADA COLADA (MLC) E DE CONCRETO ARMADO**

**COMPARATIVE STUDY BETWEEN CONSTRUCTIVE SYSTEMS OF GLUED  
LAMINATED TIMBER (GLULAM) AND REINFORCED CONCRETE**

Monografia apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do Curso de  
Engenharia Civil, para obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 26 de novembro de 2021.

Dr. André Luiz Zangiácomo UFLA

Dr. Ígor José Mendes Lemes UFLA

Dr. Rodrigo Allan Pereira UFLA



Prof. Dr. André Luiz Zangiácomo  
Orientador

**LAVRAS- MG  
2021**

## AGRADECIMENTOS

Por Geovane...

À Universidade Federal de Lavras, que nos deu todo o suporte necessário à nossa formação acadêmica, profissional e pessoal. Por ter proporcionado excelentes experiências nesse tempo na cidade de Lavras.

Aos nossos professores e mestres da UFLA, que nos deram todo o apoio, conhecimento e bagagem nesse tempo de universidade. Em especial, ao nosso orientador André Luiz Zangiácomo, por ser um docente excepcional e um profissional brilhante. Além de todo o apoio e estar à nossa disposição sempre que necessário para a realização deste trabalho.

À empresa Rewood e ao Danilo Partezani da Anima Empreendimentos, por ceder o projeto em MLC e todos os dados necessários para a realização deste trabalho.

À minha mãe, Maria Helena Rodrigues, e meu pai, Vagner Olívio Bombo, por terem me proporcionado esse sonho de realizar uma faculdade, contando sempre com seus apoios e incentivos para nunca desistir. Além de serem meus exemplos de vida.

À minha irmã Lívia Tozzi Bombo, por sempre me apoiar e me incentivar a ser uma pessoa melhor e um exemplo para ela.

À minha madrasta, Márcia Cristiane Tozzi Bombo, por todo o apoio nesse tempo.

À minha namorada, Laura Meira Bicudo, pelo amor, carinho, compreensão e paciência nesse tempo todo e, principalmente, na realização deste trabalho.

Aos meus avós, Jerônimo Rodrigues e Maria Benedicta Rodrigues, por todo o apoio e ensinamentos que vocês me deram desde criança.

A todos meus familiares por todo apoio em todos os momentos.

À minha segunda família, a República Bagaceira, pelo apoio, aprendizado e diversões de todos os moradores e ex-moradores nesse meu período em Lavras.

Ao meu amigo e companheiro, Caio Santos Schreiber, por toda amizade, companheirismo e por ter embarcado comigo nessa aventura de executar esse trabalho.

Por Caio...

À Universidade Federal de Lavras, que me deu todo o suporte necessário à formação acadêmica, profissional e pessoal. Por ter proporcionado excelentes experiências nesse tempo na cidade de Lavras.

Aos professores e mestres da UFLA, que me deram todo o apoio, conhecimento e bagagem nesse tempo de universidade. Em especial, ao meu orientador André Luiz Zangiácomo, por ser um docente excepcional e um profissional brilhante, além de todo o apoio e por estar à disposição sempre que necessário para a realização desse trabalho.

À empresa Rewood e ao Danilo Partezani da Anima Empreendimentos, por ceder o projeto em MLC e todos os dados necessários para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Ana Lúcia Gomes Santos e Elvis Luiz Schreiber, por terem me proporcionado esse sonho de realizar uma faculdade, contando sempre com seus apoios e incentivos para nunca desistir. Além de serem meus exemplos de vida.

À minha irmã Letícia Santos Schreiber, por sempre me apoiar e me incentivar a ser uma pessoa melhor e também pelo auxílio na realização deste trabalho.

A todos meus familiares por todo apoio em todos os momentos.

À minha segunda família, a República Carro de Boi, pelo apoio, aprendizado e diversões de todos os moradores e ex-moradores nesse meu período em Lavras.

Ao meu amigo e companheiro, Geovane Rodrigues Bombo, por toda amizade, companheirismo e por ter embarcado comigo nessa aventura de executar esse trabalho.

## RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo comparar dois sistemas construtivos distintos: a madeira lamelada colada (MLC) e o concreto armado. Tendo como base um projeto em madeira já existente, realizou-se o projeto estrutural em concreto armado, mantendo o posicionamento dos elementos estruturais para que a disposição construtiva fosse mantida. Com o emprego do software Eberick V8® foi feito o dimensionamento da fundação e da superestrutura em concreto armado, e para a estrutura de madeira, realizou-se o dimensionamento da fundação em concreto armado. Com os projetos estruturais prontos, algumas análises comparativas foram conduzidas. Quando comparadas as plantas de carga dos pilares, tem-se que as intensidades dos carregamentos da estrutura de madeira correspondem, em média, a cerca de 39% das intensidades das cargas da estrutura de concreto armado. Já a comparação entre o volume de concreto para as fundações mostrou que a estrutura de madeira demanda 51% a mais, enquanto o consumo de aço é superior em 104% à estrutura de concreto armado. Com as estimativas de orçamentos e cronogramas, conclui-se que a estrutura de madeira apresenta custos superiores em 20%, porém com tempo de execução 41% menor quando comparado à estrutura de concreto armado.

**Palavras-chave:** Estrutura de madeira. Estrutura de concreto armado. Análise comparativa.

## ABSTRACT

This project aimed to compare two distinct constructive systems, the Glued Laminated Timber (glulam) and the reinforced concrete. From an existing wooden project, the structural project was carried out in reinforced concrete, maintaining the position of the structural elements so that the constructive disposition was maintained. Using the software Eberick V8® the foundation and superstructure of the reinforced concrete were dimensioned, and for the wooden structure, the dimension of the foundation was carried out in reinforced concrete. With the structural projects ready, some comparative analyses were carried out. When comparing the load plan of the columns, the intensities of the wooden structure correspond, on average, to about 39% of the load intensities of the reinforced concrete structure. The comparison between the concrete volume to the foundations showed that the wooden structure requires 51% more concrete, while the steel consumption is higher by 104% in comparison to the reinforced concrete structure. With the budget and schedule estimates, it is concluded that the wooden structure presents costs higher by 20%, but with execution time 41% lower when compared to the reinforced concrete structure.

**Keys-word:** Wooden structure. Reinforced concrete structure. Comparative analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Concreto sendo lançado para a confecção de uma laje. ....	14
Figura 2 - Vergalhões de aço. ....	15
Figura 3 - Peça de concreto armado. ....	16
Figura 4 – Casa em concreto armado. ....	17
Figura 5 – Edifício de múltiplos pavimentos em concreto armado. ....	17
Figura 6 – Edifício Copan – São Paulo. ....	18
Figura 7 – Madeira Lamelada Colada. ....	19
Figura 8 – Representação esquemática de uma peça de MLC. ....	20
Figura 9 - Casa em MLC. ....	21
Figura 10 – Primeiro edifício em MLC do brasil. ....	22
Figura 11 – Banco Bradesco. ....	22
Figura 12 – Ponto de ônibus em Ilhabela. ....	23
Figura 13 – Casa finalizada. ....	25
Figura 14 – Planta baixa térreo. ....	25
Figura 15 – Planta baixa primeiro pavimento. ....	26
Figura 16 - Projeto estrutural em madeira. ....	31
Figura 17 – Projeto de fundação da estrutura de madeira. ....	32
Figura 18 – Projeto estrutural em concreto. ....	32
Figura 19 – Fachada da residência. ....	49
Figura 20 – Interior da residência. ....	49
Figura 21 – Fachada lateral da residência. ....	50
Figura 22 - Vista interna da residência. ....	50
Figura 23 – Detalhe conexão de vigas em MLC. ....	51
Figura 24 – Planta baixa térreo – locação dos pilares. ....	52
Figura 25 – Planta baixa piso 1 – vigas primárias. ....	53
Figura 26 – Planta baixa piso 1 – piso <i>wall</i> . ....	54
Figura 27 – Planta baixa térreo – <i>wood frame</i> . ....	55
Figura 28 – Planta de locação da fundação radier. ....	56
Figura 29 – Forma pavimento térreo. ....	57
Figura 30 – Forma pavimento caixa d’água. ....	58

Figura 31 – Exemplo de dimensionamento de vigas em concreto armado. ....	59
Figura 32 – Exemplo de dimensionamento de vigas em concreto armado. ....	59
Figura 33 – Exemplo de dimensionamento de sapata isolada em concreto armado. ....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores das cotas dos pavimentos. ....	27
Tabela 2 – Valores característicos pilares 1 até 10.....	33
Tabela 3 – Valores característicos pilares 11 até 20.....	33
Tabela 4 – Combinações pilares 1 até 10. ....	34
Tabela 5 – Combinações pilares 11 até 20. ....	34
Tabela 6 – Carregamento dos pilares da estrutura de concreto. ....	35
Tabela 7 – Comparação das cargas na fundação. ....	36
Tabela 8 – Quantitativo de materiais na superestrutura de concreto.....	37
Tabela 9 – Valores totais dos materiais da superestrutura em concreto.....	37
Tabela 10 – Quantitativo de materiais utilizados na fundação radier (estrutura de madeira). ....	38
Tabela 11 – Quantitativo de materiais utilizados na fundação sapata isolada (estrutura de concreto). .....	38
Tabela 12 – Total de material utilizado em cada fundação e comparativo. ....	38
Tabela 13 – Orçamento estimado estrutura de madeira. ....	39
Tabela 14 – Orçamento estimado estrutura de concreto.....	40
Tabela 15 – Orçamento estimado fundação radier. ....	41
Tabela 16 – Orçamento estimado fundação sapata isolada. ....	41
Tabela 17 - Cronograma estimado de estrutura de madeira. ....	42
Tabela 18 – Cronograma estimado de estrutura de concreto armado.....	43
Tabela 19 – Cronograma estimado de estrutura de concreto armado.....	43

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVO .....	13
1.2 JUSTIFICATIVA .....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	14
2.1 CONCRETO ARMADO .....	14
2.1.1 DEFINIÇÃO.....	14
2.1.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS .....	16
2.1.3 EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO.....	16
2.1.4 VALOR .....	18
2.2 MADEIRA LAMELADA COLADA .....	19
2.2.1 DEFINIÇÃO.....	19
2.2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS .....	20
2.2.3 EXEMPLOS DA UTILIZAÇÃO .....	21
2.2.4 VALOR .....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 ESCOLHA DO PROJETO.....	24
3.2 AUTORIZAÇÃO DO USO DO PROJETO E DADOS RELACIONADOS .....	26
3.3 PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO .....	26
3.3.1 POSICIONAMENTO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS E PRÉ-DIMENSIONAMENTO.....	27
3.3.2 DIMENSIONAMENTO DA SUPERESTRUTURA.....	27
3.3.3 DIMENSIONAMENTO DA FUNDAÇÃO.....	28
3.4 PROJETO ESTRUTURAL EM MADEIRA .....	28
3.4.1 ANÁLISE .....	28
3.4.2 PLANTA DE CARGA E COMBINAÇÕES.....	28
3.4.3 DIMENSIONAMENTO DA FUNDAÇÃO.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
4.1 PROJETO .....	31

4.2 PLANTAS DE CARGA.....	33
4.3 VOLUME DE MATERIAL UTILIZADO.....	37
4.4 ORÇAMENTO.....	39
4.5 CRONOGRAMAS.....	42
5 CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS.....	46
APÊNDICE A – FOTOS DA RESIDÊNCIA FINALIZADA.....	49
APÊNDICE B – PLANTAS DO PROJETO EM MADEIRA LAMELADA COLADA (MLC). 52	
APÊNDICE C - PLANTAS DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO.....	57
APÊNDICE D – DIMENSIONAMENTO FEITO NO SOTWARE EBERICK V8®.....	59

## 1 INTRODUÇÃO

O concreto e o aço são comumente os materiais mais utilizados na construção civil. No Brasil, o emprego do concreto reforçado com aço, ou concreto armado, tem seu uso consagrado nas mais variadas tipologias construtivas. Já as estruturas de madeira por anos foram destinadas principalmente às coberturas das edificações, e isso se deve por diversos fatores, como o desconhecimento técnico acerca do material, o preconceito e até aspectos culturais.

Com o desenvolvimento e a divulgação dos produtos engenheirados de madeira em território nacional, o emprego das estruturas de madeira em edificações diversas tem ganhado impulso. Contribui também para isto o fato de que há uma preocupação crescente em se utilizar materiais de construção civil que causem menos impactos ambientais.

A Madeira Lamelada Colada (MLC) se apresenta como material eficiente, uma vez que possibilita a criação de peças em diversos formatos e dimensões (inclusive seções e peças curvas). Tal flexibilidade a torna um elemento útil para projetos com soluções formais peculiares e orgânicas, ainda apresentando eficiência em seus parâmetros estruturais, visto que apresenta alta capacidade de carga e baixo peso próprio, sendo capaz de vencer grandes vãos com esbelteza. (FREITAS E MAZZARDO, 2021). Contrariando opiniões populares já ultrapassadas, Leite *et al.* (2017) expuseram também a elevada resistência ao fogo, se comparado aos materiais como o aço e o concreto. Atualmente já estão instaladas no Brasil algumas indústrias que fabricam produtos engenheirados de madeira para uso estrutural, tais como Madeira Lamelada Colada (MLC), placas de partículas orientadas (do inglês, OSB) e Madeira Lamelada Colada Cruzada (do inglês, CLT).

Apesar do conhecimento de várias propriedades dos materiais de construção e de técnicas construtivas consagradas, muitos profissionais desconhecem como construir em madeira, quais cuidados são necessários para se evitar patologias e garantir a durabilidade, ou mesmo, quais as possibilidades de uso.

Neste sentido, a presente pesquisa apresenta a comparação de um sistema construtivo já consolidado (concreto armado) com outro que se encontra em ascensão nacionalmente (MLC), com material de fonte renovável e com propriedades físicas e mecânicas adequadas ao uso estrutural.

## **1.1 Objetivo**

O presente trabalho tem como objetivo comparar dois métodos de construção, um em concreto armado e outro em madeira lamelada colada, a partir dos projetos estruturais, plantas de cargas, consumo de materiais, cronogramas e orçamentos.

## **1.2 Justificativa**

A análise da construção civil no Brasil apresenta o sistema construtivo em concreto armado e alvenaria como o mais utilizado, com grande disparidade quando comparado com outros, os chamados sistemas alternativos. Apesar da madeira ser historicamente conhecida como material passível de utilização em construções, no país ainda há muito preconceito quando cogitado para ser o material protagonista em uma estrutura, embora seu emprego já seja sólido em países do hemisfério Norte tais como Estados Unidos, Canadá, Noruega e Reino Unido. (GARBE, 2019)

A justificativa para este trabalho é a utilização de um material ainda considerado inovador no mercado nacional em estruturas de construção civil. Além de apresentar resistência a esforços equivalente ou superior ao concreto e menor peso próprio, é um material para construção civil obtido de fontes renováveis, o que pode diminuir o impacto sobre o meio ambiente gerado pelo setor da construção.

O déficit de materiais literários sobre análises comparativas também justifica a realização da presente pesquisa, que por sua vez busca se mostrar oportuna e incentivadora para o desenvolvimento de futuros trabalhos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico serão apresentados estudos e pesquisas já publicados que contribuíram para a realização deste trabalho. Primeiramente será abordado o concreto armado, mostrando a definição, vantagens e desvantagens de sua utilização, o consumo no Brasil e no mundo, alguns exemplos de utilização para fins de ilustração e por fim uma estimativa de seu valor. Posteriormente, tais itens serão apresentados também para a Madeira Lamelada Colada.

### 2.1 Concreto armado

#### 2.1.1 Definição

O concreto armado foi criado no século XIX e, desde então, vem sendo utilizado na construção civil com diferentes empregos, como pavimento de edifícios, pisos, pontes, barragens, entre outros (BASTOS, 2019).

O concreto é a mistura do aglomerante (cimento), com agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e água em proporções bem definidas e exatas, garantindo as propriedades esperadas do material. Para a melhoria de algumas características, diversos tipos de aditivos vêm sendo utilizados. Esse produto apresenta ótima resistência à compressão e às intempéries, mas deixa a desejar na resistência à tração, possuindo aproximadamente 1/10 da resistência à compressão, segundo Bastos (2019). Na Figura 1 é ilustrado o concreto sendo lançado para a confecção de uma laje.

Figura 1 – Concreto sendo lançado para a confecção de uma laje.



Fonte: Portal do Concreto (2021).

O aço é um insumo da construção civil com diversas utilizações, como peças de acabamento, peças estruturais, malhas, entre outros. Em se tratando do material aço, as resistências à compressão e à tração são iguais. Nas peças estruturais não, devido às instabilidades globais e locais. Em relação às intempéries, pode se tornar uma preocupação para o elemento quando não tomada as devidas precauções. A Figura 2 ilustra barras de aço de diferentes diâmetros.

Figura 2 - Vergalhões de aço.



Fonte: Grupo Aço Cearense (2021).

A estrutura de concreto armado é criada a partir da junção do concreto com o aço. Deste modo, as melhores características de ambos os elementos proporcionam uma peça estrutural viável para inúmeras utilizações. Na Figura 3 pode ser observada uma peça de concreto armado.

Figura 3 - Peça de concreto armado.



Fonte: Wikipedia.org (2021).

### **2.1.2 Vantagens e desvantagens**

As estruturas de concreto armado utilizadas atualmente possuem algumas vantagens e desvantagens quanto às suas propriedades, ao modo de execução e à aceitabilidade.

Dentre as vantagens, podemos citar o isolamento termoacústico, estanqueidade à água, elevada resistência ao fogo e resistência a esforços propostos à estrutura. Além disso, também pode-se citar a facilidade de produção, o baixo custo dos componentes, a versatilidade do uso das peças e uma grande aceitação do mercado.

Por outro lado, dentre as desvantagens pode-se citar a baixa produtividade na execução, um elevado peso próprio das peças estruturais, a necessidade de mão de obra especializada para uma boa execução e a dificuldade em deixar superfícies lisas e limpas. Além disso, a falta de projeto/planejamento e falhas na execução podem gerar um grande desperdício em sua instalação.

### **2.1.3 Exemplos de utilização**

O concreto armado é uma metodologia construtiva muito difundida no Brasil. Ela pode ser aplicada em diversos elementos com diferentes formas e finalidades.

Exemplos de utilização são residências, edifícios de múltiplos pavimentos, galpões, barragens, pontes, comércios, dentre outros. Na Figura 4 é representada uma residência em concreto armado.

Figura 4 – Casa em concreto armado.



Fonte: Projetos Habitissimo (2017).

Na Figura 5 é apresentado um edifício de múltiplos pavimentos contendo a estrutura em concreto armado e vedação em alvenaria de tijolo cerâmico.

Figura 5 – Edifício de múltiplos pavimentos em concreto armado.



Fonte: AECweb (2021).

Na Figura 6 é mostrada uma vista aérea do Edifício Copan, mostrando sua diversidade de formas e a altura do edifício.

Figura 6 – Edifício Copan – São Paulo.



Fonte: Wikipedia.org (2021).

Pode-se exemplificar de várias maneiras as distintas formas de se utilizar o concreto armado. No Brasil há muitos exemplos, desde construções mais antigas e com uma arquitetura singular, até construções atuais com arquiteturas inovadoras.

#### **2.1.4 Valor**

A precificação de um concreto armado é variável, pois depende dos elementos que vão compor a peça. A variação no tipo de concreto e aço utilizados fazem com que esse preço se modifique.

Segundo ABECE (2017), 1 (um) metro cúbico de estrutura de concreto armado aproxima-se de R\$ 2015,63. Segundo pesquisa de mercado realizadas com empresas que atuam na área, estima-se que em 2021 o valor do metro cúbico gire em torno de R\$ 2500,00.

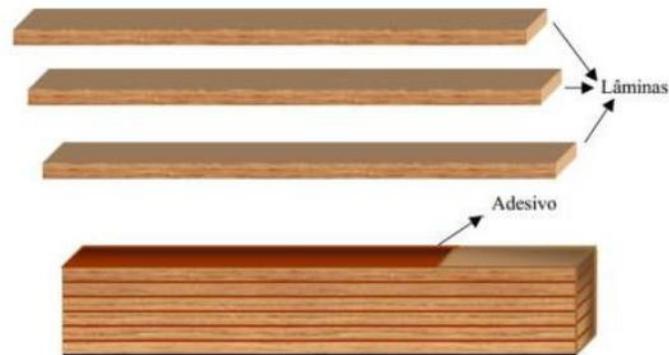
## 2.2 Madeira Lamelada Colada

### 2.2.1 Definição

Tem-se como Madeira Lamelada Colada o material elaborado a partir de lamelas (tábuas) de seções relativamente reduzidas quando comparadas às seções da peça final assim produzida. (CALIL NETO, 2010).

Como citado por Zangiácomo (2003), peças estruturais de MLC são formadas por lâminas de madeira, solidarizadas entre si sob pressão, com o uso de adesivos, como visto na Figura 7.

Figura 7 – Madeira Lamelada Colada.



Fonte: Zangiácomo (2003).

Utiliza-se mais comumente a MLC em estruturas de cobertura, pontes, torres de transmissão, edifícios, embarcações, banzos de escadas e corrimão, utensílios decorativos planos ou em relevos, esquadrias e móveis. Estes usos se devem à MLC se ajustar a uma expressiva diversidade de formas e apresentar alta resistência a solicitações mecânicas em função de seu peso próprio relativamente baixo. (ZANGIÁCOMO, 2003)

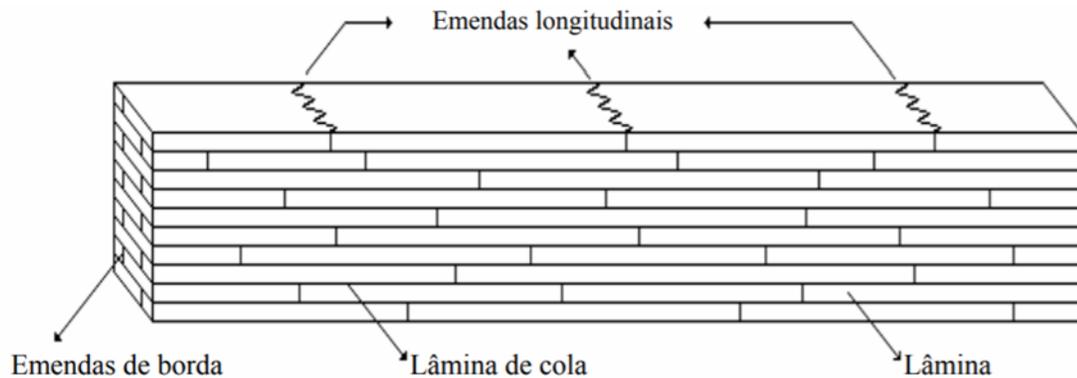
Como descreve Abrantes (2012), o processo de fabricação da MLC passa pelas seguintes etapas:

- a) secagem das tábuas brutas;
- b) classificação e seleção das peças de madeira para fabricação da MLC;
- c) execução das emendas dentadas de uma lâmina (finger-joint);
- d) colagem das lâminas;

e) acabamentos.

Na Figura 8 é expressa uma representação esquemática de uma peça de MLC, apresentando as emendas dentadas longitudinais entre as lamelas (*finger-joint*).

Figura 8 – Representação esquemática de uma peça de MLC.



Fonte: Calil Neto (2010).

### 2.2.2 Vantagens e desvantagens

Uma das características do MLC é sua versatilidade em obter as mais diversas formas geométricas de elementos estruturais. As possibilidades arquitetônicas resultantes são muitas, dependendo principalmente da cooperação indispensável entre arquitetos e engenheiros. (NATTERER, 1992). Consideram-se como principais vantagens:

- pré-construção industrializada, reduzindo tempo de obra;
- obra seca e limpa, reduzindo resíduos;
- minimização da perda de material;
- peso relativamente baixo da estrutura;
- utilização de madeira de reflorestamento, única matéria prima renovável na construção civil;
- flexibilidade de projeto;
- alta resistência a fogo;
- possibilidade de vencer grandes vãos;

- estética;
- conforto e resistência.

Em contrapartida, quando se pensa em construção em MLC tem que se levar em conta algumas desvantagens:

- necessidade de mão de obra especializada;
- preconceito com o material;
- baixa oferta de mão de obra especializada;
- resistência do mercado à mudança.

### 2.2.3 Exemplos da utilização

A MLC se mostra flexível quanto ao seu emprego. Pode-se utilizar o material em projetos residenciais, comerciais, corporativos e prediais.

O uso residencial é o mais comum no Brasil, já está presente em diversas regiões e vem crescendo muito no país, como apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Casa em MLC.



Fonte: Scandaroli (2021).

Para fins comerciais, a estrutura de madeira apresenta diversas possibilidades, tais como lojas, comércios e até mesmo fábricas, como a de chocolate, exemplificada na Figura 10. Contendo 4 pavimentos, é o primeiro edifício em MLC do Brasil.

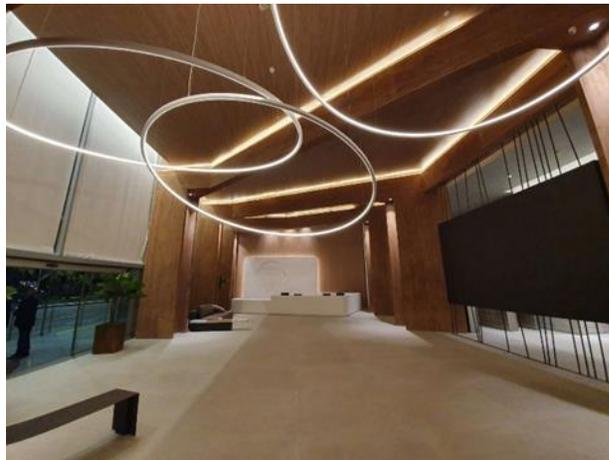
Figura 10 – Primeiro edifício em MLC do Brasil.



Fonte: Parente (2021).

A MLC também entra como alternativa para edificações corporativas, tais como escritórios, centros comerciais e bancos, como o exemplo da Figura 11.

Figura 11 – Banco Bradesco.



Fonte: Rewood (2021a).

Além do diferencial estético, a estrutura de madeira apresenta versatilidade de projeto, portanto se adapta muito bem a construções de uso público, tais como o ponto de ônibus ilustrado na Figura 12.

Figura 12 – Ponto de ônibus em Ilhabela.



Fonte: Rewood (2021b).

#### 2.2.4 Valor

Após análise de custos de produção, Furtado (2014) alcançou os valores de R\$ 1.676,96 para produção e R\$4.000,00 para comercialização de 1 m<sup>3</sup> de MLC de eucalipto ou pinus. Anos seguintes, Leite *et al.* (2017) obtiveram os valores variando entre R\$5.500,00 e R\$6.000,00 para venda do mesmo volume do material.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo encontra-se detalhada a metodologia e materiais utilizados para a realização da presente pesquisa.

A primeira fase foi constituída pela escolha do projeto arquitetônico em estrutura de madeira dentre algumas possibilidades. Na sequência, houve o processo de tratativas para autorização do uso do projeto em si, e dados relacionados ao mesmo.

Após a autorização, posicionaram-se os elementos estruturais, seguidos pelo pré-dimensionamento. No passo seguinte, toda a estrutura de concreto e da fundação para o projeto em estrutura de madeira foram dimensionadas a partir da utilização do software Eberick V8®.

#### 3.1 Escolha do Projeto

Dentre alguns projetos passíveis de se ter como base para o desenvolvimento desse trabalho, um foi escolhido em função da totalidade de sua estrutura constituída por madeira e materiais oriundos da madeira, tais como:

- pilares, vigas e estruturas complementares em MLC;
- paredes em *Wood Frame*;
- lajes em *Painel Wall*.

Contendo 307,20 m<sup>2</sup> de área construída e aproximadamente 15,00 m<sup>3</sup> de MLC, a residência unifamiliar foi construída no interior de São Paulo no ano de 2020.

A madeira utilizada é o Pinus autoclavado, e as ligações entre estruturas são realizadas por chapas metálicas. A Figura 13 e o Apêndice A são fotografias que ilustram a residência construída.

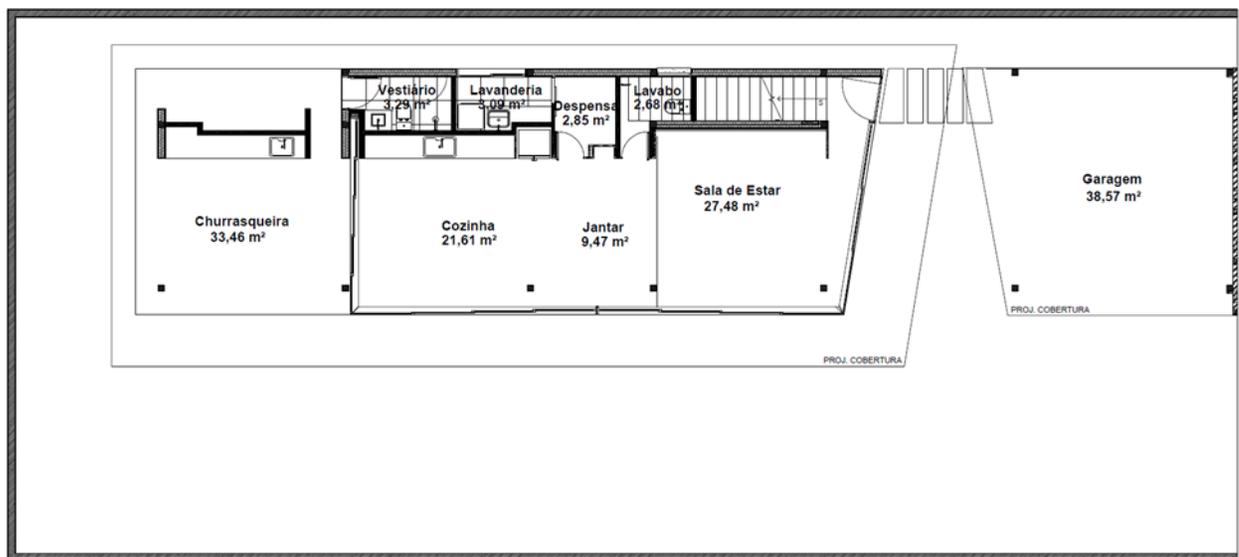
Figura 13 – Casa finalizada.



Fonte: Rewood (2020).

As plantas baixas apresentadas a seguir (Figuras 14 e 15) foram geradas com o emprego do software AutoCad®. Contendo dois pavimentos, o térreo conta com garagem, sala de estar, sala de jantar, cozinha, lavabo, despensa, lavandeira, vestiário e área de churrasqueira.

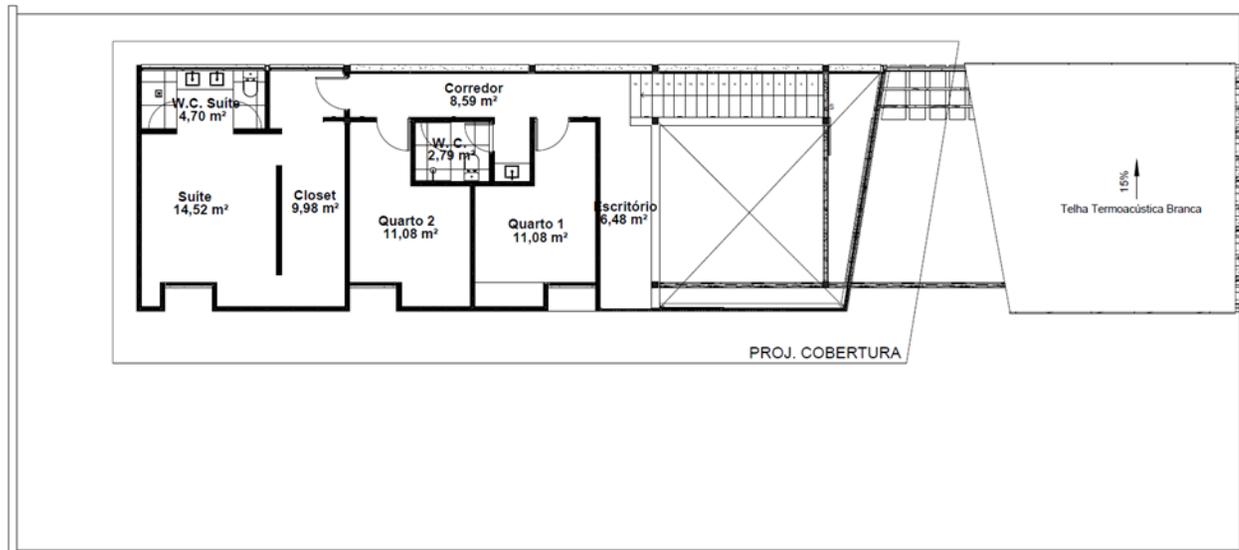
Figura 14 – Planta baixa térreo.



Fonte: 247 Arquitetura (2020).

Já o primeiro pavimento conta com dois quartos, escritório, banheiro, corredor e suíte com closet.

Figura 15 – Planta baixa primeiro pavimento.



Fonte: 247 Arquitetura (2020).

As demais plantas apresentadas no Apêndices B e C.

### 3.2 Autorização do uso do projeto e dados relacionados

Como todo projeto arquitetônico, o projeto base é obra conjunta de arquitetos e engenheiros. Para a utilização do mesmo na pesquisa, foi necessária a autorização do arquiteto responsável e da empresa responsável pelo desenho, cálculo, montagem e viabilização do projeto em MLC. Tal permissão foi concedida via e-mail.

### 3.3 Projeto estrutural em concreto

O projeto estrutural em concreto armado foi totalmente executado pelos autores com a utilização do software Eberick V8®. Contudo, para fins de comparação, ele foi baseado no projeto

estrutural já definido em MLC. Assim, o posicionamento de vigas, pilares e lajes acompanham a disposição já atribuída em madeira.

### 3.3.1 Posicionamento dos elementos estruturais e pré-dimensionamento

Para executar o posicionamento correto dos elementos estruturais, primeiramente foram inseridas no software as plantas baixas de cada pavimento, sendo eles o Pavimento Fundação, Pavimento Térreo, Pavimento Piso 1 e Pavimento Caixa d'água. Na Tabela 1 estão mostradas as cotas de cada pavimento.

Tabela 1 – Valores das cotas dos pavimentos.

<b>Pavimento</b>	<b>Cota inicial (cm)</b>	<b>Cota final (cm)</b>	<b>Diferença entre cotas (cm)</b>
<b>Fundação</b>	0	-120	-120
<b>Térreo</b>	0	330	330
<b>Piso 1</b>	330	620	290
<b>Caixa d'água</b>	620	730	110

Fonte: Dos Autores (2021).

Após a inserção dos pavimentos e das plantas baixas, foi feito o posicionamento dos elementos estruturais de cada pavimento. Começando pelo térreo, foram posicionados os pilares, baseado na posição do projeto arquitetônico e na planta baixa do projeto em MLC. Em seguida locaram-se as vigas e, posteriormente, as lajes. Após o término desse pavimento, realizaram-se os lançamentos, na mesma sequência, para os demais pavimentos.

O pré-dimensionamento da estrutura em concreto teve como diretrizes recomendações da NBR 6118 (2014) e nas concepções dos autores. Portanto, tendo em consideração as seções de pilares serem maiores que 360 cm<sup>2</sup> e acompanhando o dimensionamento de alvenaria de vedação com 20 cm acabada, utilizou-se a seção 15 cm x 30 cm nessas peças estruturais. Já para as lajes maciças, foi adotada a espessura de 12 cm, seguindo as orientações da NBR 6118 (2014).

### 3.3.2 Dimensionamento da superestrutura

Com toda a superestrutura lançada no software Eberick V8®, iniciou-se o dimensionamento propriamente dito. Essa etapa consiste em fazer o programa verificar de acordo com as normas se

a estrutura atende a um modelo estrutural válido e se o pré-dimensionamento é exequível. Além de verificar se há falhas, ele também calcula a quantidade de concreto utilizado, a armadura de cada elemento, e outros fatores, como cargas aplicadas.

Em seguida, com todos os dados aceitos, o software gera pranchas e tabelas como resultado do dimensionamento. A interface do mesmo está apresentada no Apêndice D.

### **3.3.3 Dimensionamento da fundação**

Após dimensionar toda a superestrutura, tem-se o momento de dimensionar a fundação da estrutura. Como a edificação é baixa e não há grandes solicitações na fundação, foi escolhida a fundação tipo sapata isolada, ou seja, cada pilar terá a sua sapata individual e esse sistema será conectado pelas vigas do pavimento fundação.

Com essa definição, aplicou esse sistema construtivo no software Eberick V8®, e após verificação dos dados, foram confeccionadas pranchas e tabelas como resultados do dimensionamento.

## **3.4 Projeto estrutural em madeira**

### **3.4.1 Análise**

Ao analisar as seções pré-determinadas dos elementos estruturais, é possível inferir que estas seguem padrões comerciais. A estrutura do projeto base é constituída com dimensões de pilares de 10 x 10 cm e 16 x 16 cm, de vigas de 12 x 36 cm, 14 x 36 cm e 16 x 36 cm; e de paredes com espessuras de 10, 14 e 17 cm. O pavimento térreo apresenta pé direito de 2,76 m e o primeiro pavimento 2,60 m.

### **3.4.2 Planta de carga e combinações**

A planta de carga do projeto base foi cedida pela empresa responsável pelo projeto. Gerada pelo software de análise de elementos finitos RFEM®, a mesma apresenta os valores característicos das cargas que os pilares descarregam na fundação.

Com o objetivo de se atingir os esforços mais desfavoráveis no dimensionamento estrutural da fundação, foram calculadas as combinações últimas em Estados Limites Últimos (ELU), utilizando o software Excel®. A partir do peso próprio da estrutura, cargas permanentes, cargas acidentais, vento a 0°, vento a 90°, vento a 180° e vento a 270°, calcularam-se 9 combinações, sendo elas:

- CO 01 – Sobrecarga
- CO 02 – Vento 0° (sucção)
- CO 03 – Vento 0° (sobrepessão)
- CO 04 – Vento 90° (sucção)
- CO 05 – Vento 90° (sobrepessão)
- CO 06 – Vento 180° (sucção)
- CO 07 – Vento 180° (sobrepessão)
- CO 08 – Vento 270° (sucção)
- CO 09 – Vento 270° (sobrepessão)

Os parâmetros utilizados para determinação dos valores das combinações foram baseados na NBR 8681 (2003).

Dado que o foco desta pesquisa é determinar se a estrutura atende os padrões mínimos estruturais para fins de comparação, optou-se por não realizar as combinações de serviço ELS. Contudo, vale salientar que tais combinações foram calculadas e estão presentes no projeto-base.

### **3.4.3 Dimensionamento da fundação**

Com os valores mais críticos de carregamento para cada pilar calculados, o próximo passo realizado foi o dimensionamento da fundação.

Levando-se em consideração as solicitações relativamente baixas da estrutura na fundação e a metodologia mais apropriada para um projeto estrutural em madeira, foi escolhida uma fundação do tipo radier.

Com o tipo de fundação definido, o próximo passo é o posicionamento e lançamentos das cargas no programa Eberick V8®, para assim, dimensionar a fundação. Esse procedimento foi

realizado a partir da planta baixa já disponibilizada para essa estrutura, assim foram posicionados os pilares nos devidos lugares e adicionadas as cargas pontuais mais críticas em cada pilar.

Em seguida, com todos os dados já distribuídos em seus devidos lugares, foi executado o programa para calcular a fundação do tipo radier. Esse processo teve como resultado o dimensionamento adequado da fundação, incluindo o consumo de concreto e aço na estrutura.

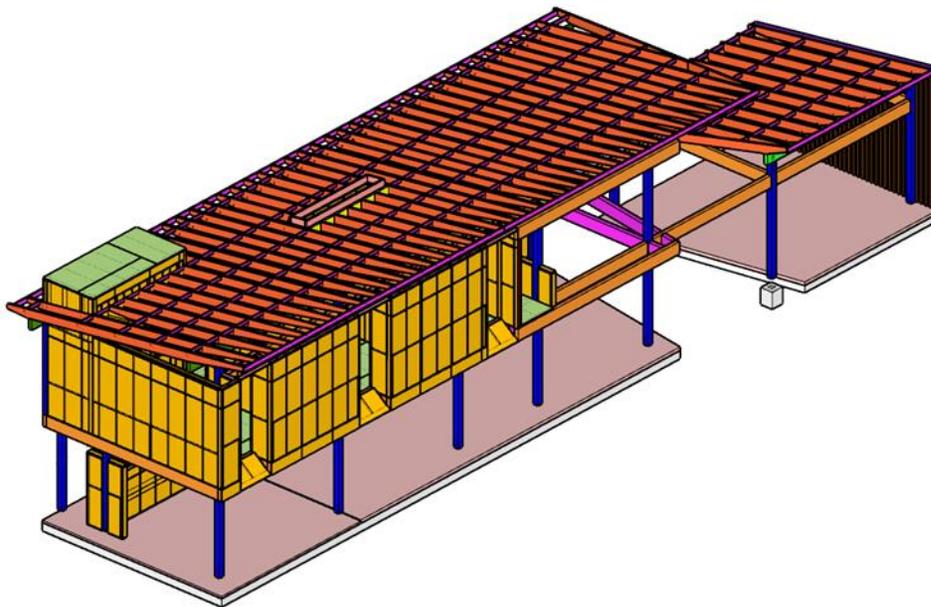
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o posicionamento dos elementos estruturais e dimensionamento, são apresentados neste tópico os resultados obtidos para fins de comparação entre os métodos construtivos.

### 4.1 Projeto

O projeto estrutural (já citado no Tópico 3.1), possui vigas e pilares em MLC, paredes em *Wood Frame*, lajes em *Painel Wall* e para fins de ilustração está representado em perspectiva na Figura 16.

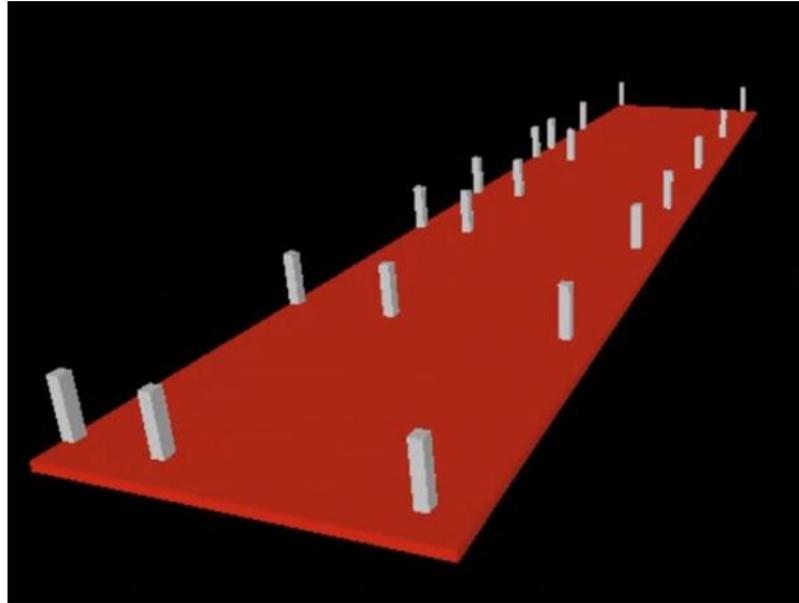
Figura 16 - Projeto estrutural em madeira.



Fonte: Rewood (2020).

Para o projeto de fundação foi necessário o carregamento pontual dos pilares que serão descritos posteriormente. Gerado através do Eberick V8®, o mesmo apresenta a laje radier de 16 cm de espessura e está representada na Figura 17.

Figura 17 – Projeto de fundação da estrutura de madeira.

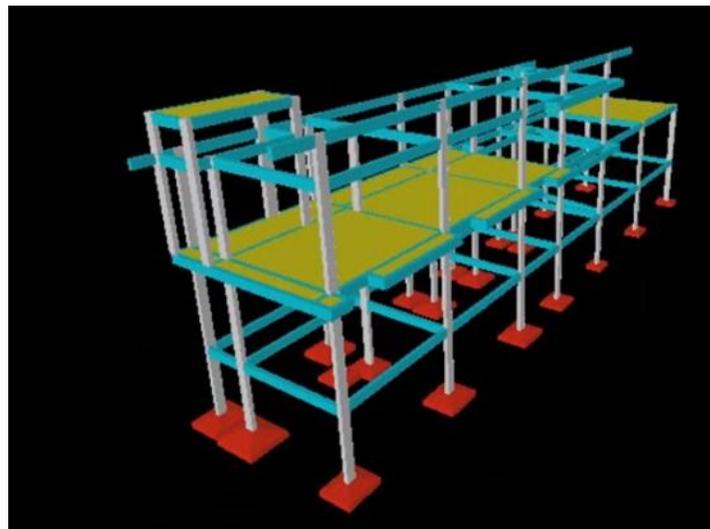


Fonte: Dos Autores (2021).

Os pilares presentes na figura apresentada não correspondem estritamente aos de madeira, uma vez que foram inseridos somente para viabilizar o dimensionamento da fundação.

Já o projeto de concreto, ilustrado na Figura 18, também executado pelo Eberick V8®, apresenta todo o esquema estrutural: lajes, pilares, vigas e sapatas.

Figura 18 – Projeto estrutural em concreto.



Fonte: Dos Autores (2021).

## 4.2 Plantas de carga

Os valores característicos das cargas nos pilares da estrutura de madeira, citados no Tópico 3.4.2 estão apresentados em kiloNewton (kN), nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Valores característicos pilares 1 até 10.

	<b>Pilar 01</b>	<b>Pilar 02</b>	<b>Pilar 03</b>	<b>Pilar 04</b>	<b>Pilar 05</b>	<b>Pilar 06</b>	<b>Pilar 07</b>	<b>Pilar 08</b>	<b>Pilar 09</b>	<b>Pilar 10</b>
<b>Peso Próprio</b>	-7,31	-3,89	-12,69	-3,34	-3,05	-21,55	-1,78	-3,28	-13,11	-1,92
<b>Cargas Permanentes</b>	-33,82	-14,92	-28,19	-15,09	-12,32	-51,46	-5,38	-14,31	-33,02	-4,95
<b>Cargas Acidentais</b>	-9,3	-5,69	-11,63	-4,5	-4,74	-28,83	-1,11	-5,98	-18,27	-0,77
<b>0°</b>	8,18	4,01	16,03	5,53	6,46	19,99	0,87	-1,23	6,45	-1,13
<b>90°</b>	0,35	-5,2	16,13	-11,33	-23,12	51,87	-8,72	-15,49	36,33	-11,18
<b>180°</b>	0,74	-0,28	1,27	-2,73	-4,03	8,04	-1,84	1,14	9,86	0,52
<b>270°</b>	7,99	10,49	6,04	12,25	22,09	-3,97	8,98	14,98	-4,25	12,67

Fonte: Rewood (2020).

Tabela 3 – Valores característicos pilares 11 até 20.

	<b>Pilar 11</b>	<b>Pilar 12</b>	<b>Pilar 13</b>	<b>Pilar 14</b>	<b>Pilar 15</b>	<b>Pilar 16</b>	<b>Pilar 17</b>	<b>Pilar 18</b>	<b>Pilar 19</b>	<b>Pilar 20</b>
<b>Peso Próprio</b>	-0,57	-16,64	-2,22	-4,59	-21,39	-4,14	-6,31	-8,16	-4,64	-6,05
<b>Cargas Permanentes</b>	-2,19	-21,09	-3,67	-3,53	-14,88	-3,37	-1,76	-2,49	-1,32	-1,7
<b>Cargas Acidentais</b>	-0,78	-11,52	-0,55	-0,49	-5,93	-0,93	-2,45	-2,96	-1,84	-2,36
<b>0°</b>	1,56	5,62	0,23	-3,87	5,08	-1,19	8,5	11,19	3,95	6,16
<b>90°</b>	-13,64	35,5	0,88	3,85	21,95	1,79	5,16	11,15	3,8	8,97
<b>180°</b>	-0,05	15,2	2,55	8,03	24,51	8,1	5,74	7,97	6,45	9,11
<b>270°</b>	9,19	-0,19	3,44	-2,8	17,72	4,42	9,07	8,64	6,51	6,42

Fonte: Rewood (2020).

Com os dados apresentados foi possível executar as combinações e chegou-se aos valores apresentados, em kiloNewton (kN), nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Combinações pilares 1 até 10.

	<b>Pilar 01</b>	<b>Pilar 02</b>	<b>Pilar 03</b>	<b>Pilar 04</b>	<b>Pilar 05</b>	<b>Pilar 06</b>	<b>Pilar 07</b>	<b>Pilar 08</b>	<b>Pilar 09</b>	<b>Pilar 10</b>
<b>CO 01</b>	<b>-70,80</b>	-34,48	<b>-73,41</b>	-32,22	-28,32	<b>-143,3</b>	-11,51	-33,27	<b>-90,68</b>	-10,58
<b>C0 02</b>	-31,31	-14,00	-21,64	-11,79	-7,62	-49,02	-6,12	-19,07	-38,39	-8,23
<b>C0 03</b>	-52,62	-24,55	-43,71	-21,53	-16,31	-93,37	-9,47	-29,36	-66,49	-11,24
<b>C0 04</b>	-40,71	-25,05	-21,52	-32,03	-43,11	-10,77	-17,62	-36,18	-2,53	-20,29
<b>C0 05</b>	-62,01	<b>-35,60</b>	-43,59	<b>-41,76</b>	<b>-51,80</b>	-55,11	<b>-20,98</b>	<b>-46,47</b>	-30,64	<b>-23,30</b>
<b>C0 06</b>	-40,24	-19,15	-39,36	-21,71	-20,21	-63,36	-9,37	-16,22	-34,30	-6,25
<b>C0 07</b>	-61,54	-29,70	-61,42	-31,44	-28,89	-107,7	-12,72	-26,52	-62,40	-9,26
<b>C0 08</b>	-31,54	-6,22	-33,63	-3,73	11,14	-77,77	3,62	0,39	-51,23	8,33
<b>C0 09</b>	-52,84	-16,77	-55,69	-13,47	2,45	-122,1	0,26	-9,91	-79,33	5,32

Fonte: Dos Autores (2021).

Tabela 5 – Combinações pilares 11 até 20.

	<b>Pilar 11</b>	<b>Pilar 12</b>	<b>Pilar 13</b>	<b>Pilar 14</b>	<b>Pilar 15</b>	<b>Pilar 16</b>	<b>Pilar 17</b>	<b>Pilar 18</b>	<b>Pilar 19</b>	<b>Pilar 20</b>
<b>CO 01</b>	-4,98	<b>-68,44</b>	<b>-8,85</b>	-11,64	<b>-57,53</b>	-11,50	<b>-14,34</b>	<b>-18,53</b>	<b>-10,64</b>	<b>-13,79</b>
<b>C0 02</b>	-0,89	-30,99	-5,61	-12,76	-30,17	-8,94	2,13	2,78	-1,22	-0,36
<b>C0 03</b>	-2,40	-51,33	-8,08	<b>-15,85</b>	-46,10	<b>-12,09</b>	-1,94	-2,44	-4,24	-4,27
<b>C0 04</b>	-19,13	4,87	-4,83	-3,50	-9,93	-5,36	-1,88	2,73	-1,40	3,01
<b>C0 05</b>	<b>-20,64</b>	-15,47	-7,30	-6,58	-25,86	-8,51	-5,95	-2,49	-4,42	-0,90
<b>C0 06</b>	-2,82	-19,49	-2,83	1,52	-6,86	2,21	-1,18	-1,09	1,78	3,18
<b>C0 07</b>	-4,34	-39,83	-5,29	-1,57	-22,79	-0,94	-5,25	-6,31	-1,24	-0,73
<b>C0 08</b>	8,27	-37,96	-1,76	-11,48	-15,01	-2,21	2,81	-0,28	1,85	-0,05
<b>C0 09</b>	6,75	-58,30	-4,23	-14,56	-30,93	-5,35	-1,25	-5,50	-1,17	-3,96

Fonte: Dos Autores (2021).

Estão destacados em negrito os valores mais críticos para cada pilar da estrutura de madeira, valores estes que serão confrontados com a estrutura de concreto.

Na Tabela 6 são mostrados os valores do carregamento de cada pilar da estrutura de concreto.

Tabela 6 – Carregamento dos pilares da estrutura de concreto.

	<b>Carga (tf)</b>	<b>Carga (kN)</b>
<b>Pilar 01</b>	15,35	150,53
<b>Pilar 02</b>	20,25	198,58
<b>Pilar 03</b>	12,59	123,47
<b>Pilar 04</b>	16,02	157,10
<b>Pilar 05</b>	11,65	114,25
<b>Pilar 06</b>	14,67	143,86
<b>Pilar 07</b>	10,01	98,16
<b>Pilar 08</b>	17,65	173,09
<b>Pilar 09</b>	13,44	131,80
<b>Pilar 10</b>	10,17	99,73
<b>Pilar 11</b>	15,28	149,84
<b>Pilar 12</b>	10,65	104,44
<b>Pilar 13</b>	9,38	91,99
<b>Pilar 14</b>	10,25	100,52
<b>Pilar 15</b>	5,64	55,31
<b>Pilar 16</b>	2,28	22,36
<b>Pilar 17</b>	7,13	69,92
<b>Pilar 18</b>	7,22	70,80
<b>Pilar 19</b>	7,35	72,08
<b>Pilar 20</b>	7,34	71,98

Fonte: Dos Autores (2021).

Como o Eberick V8® gera os resultados em tonelada-força (tf), houve a necessidade de converter para kiloNewton (kN) para fins de comparação.

A partir dos dados obtidos, foi possível comparar as cargas dos dois sistemas construtivos, apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Comparação das cargas na fundação.

	<b>Concreto (kN)</b>	<b>Madeira (kN)</b>	<b>Madeira/Concreto</b>
<b>Pilar 01</b>	150,53	70,80	47,03%
<b>Pilar 02</b>	198,58	35,60	17,93%
<b>Pilar 03</b>	123,47	73,41	59,46%
<b>Pilar 04</b>	157,10	41,76	26,58%
<b>Pilar 05</b>	114,25	51,80	45,34%
<b>Pilar 06</b>	143,86	143,30	99,61%
<b>Pilar 07</b>	98,16	20,98	21,37%
<b>Pilar 08</b>	173,09	46,47	26,85%
<b>Pilar 09</b>	131,80	90,68	68,80%
<b>Pilar 10</b>	99,73	23,30	23,37%
<b>Pilar 11</b>	149,84	20,64	13,78%
<b>Pilar 12</b>	104,44	68,44	65,53%
<b>Pilar 13</b>	91,99	8,85	9,62%
<b>Pilar 14</b>	100,52	15,85	15,77%
<b>Pilar 15</b>	55,31	57,53	104,02%
<b>Pilar 16</b>	22,36	12,09	54,05%
<b>Pilar 17</b>	69,92	14,34	20,51%
<b>Pilar 18</b>	70,80	18,53	26,18%
<b>Pilar 19</b>	72,08	10,64	14,76%
<b>Pilar 20</b>	71,98	13,79	19,15%
<b>MÉDIA</b>			38,99%

Fonte: Dos Autores (2021).

Nota-se que dos vinte pilares existentes, apenas o Pilar 15 apresentou a carga da estrutura de madeira superior à de concreto, como mostrado na Tabela 7. Esse fato ocorreu, pois o mesmo é uma peça extremamente importante para a disposição estrutural proposta, além dele ser um pilar que apresenta grandes vãos em seu contorno, ele recebe diretamente cargas de vigas primárias em ambos os pavimentos, onde essas vigas recebem cargas de outras vigas muito próxima ao encontro com o pilar, assim gerando uma alta solicitação para o mesmo. Em contra partida, na estrutura de concreto, as cargas das vigas que chegam nesse pilar, são divididas para mais apoios, o que gera uma menor carga final do pilar.

A média apresentada mostra que as intensidades das cargas nos pilares da estrutura de MLC correspondem a 38,99% das cargas dos pilares da estrutura de concreto.

### 4.3 Volume de material utilizado

No projeto em madeira foram consumidos aproximadamente 15 m<sup>3</sup> de MLC. Tal volume compreende toda a superestrutura de madeira. Além do MLC, foram gastos chapas metálicas e parafusos para realizar as ligações entre as peças.

Para o projeto em concreto armado, os volumes de materiais utilizados na superestrutura estão representados na Tabela 8.

Tabela 8 – Quantitativo de materiais na superestrutura de concreto.

Pavimento	Vigas			Pilares			Lajes		
	Concreto (m <sup>3</sup> )	Aço (kg)	Forma (m <sup>2</sup> )	Concreto (m <sup>3</sup> )	Aço (kg)	Forma (m <sup>2</sup> )	Concreto (m <sup>3</sup> )	Aço (kg)	Forma (m <sup>2</sup> )
<b>Térreo</b>	7,44	666,54	123,36	3,13	585,9	62,37	11,6	463,6	96,56
<b>Piso 1</b>	3,93	231,10	65,45	2,58	261,0	50,46	0,00	0,00	0,00
<b>Caixa d'água</b>	1,49	83,50	24,77	0,45	40,05	8,91	0,56	11,2	4,65

Fonte: Dos Autores (2021).

Para melhor representação, a Tabela 8, apresenta a divisão entre os pavimentos que compõem a superestrutura, que são térreo, piso 1 e caixa d'água, e também divididos nos três elementos estruturais que compõem a estrutura, que são vigas, pilares e lajes. Já na Tabela 9 estão os valores totais dessa superestrutura.

Tabela 9 – Valores totais dos materiais da superestrutura em concreto.

Totais	Superestrutura
<b>Concreto (m<sup>3</sup>)</b>	30,73
<b>Aço (kg)</b>	2342,89
<b>Forma (m<sup>2</sup>)</b>	436,53

Fonte: Dos Autores (2021).

Essa tabela mostra o consumo dos três principais insumos estruturais em estruturas de concreto armado. Tendo um total de 30,73 m<sup>3</sup> consumidos de concreto, 2342,89 kg de aço e 436,53 m<sup>2</sup> consumidos de forma para modelar as peças estruturais. A base constituinte da forma é

compensado plastificado e sarrafo, que quando cortados e montados, geram as formas das estruturas.

A partir desta comparação, concluiu-se que a estrutura de concreto apresenta um gasto superior de insumos, além de necessitar de mais mão de obra e tempo de trabalho.

Para a análise do volume de material gasto para as fundações das estruturas, são apresentadas nas Tabelas 10 e 11 as quantidades de insumos (concreto, aço e forma) da fundação do tipo radier da estrutura de madeira e a fundação do tipo sapata isolada da estrutura de concreto, respectivamente. No caso da estrutura de concreto, as quantidades são apresentadas separadamente por tipo de elemento estrutural.

Tabela 10 – Quantitativo de materiais utilizados na fundação radier (estrutura de madeira).

<b>Pavimento</b>	<b>Radier</b>		
	Concreto (m <sup>3</sup> )	Aço (kg)	Forma (m <sup>2</sup> )
<b>Fundação</b>	26,8	3178,3	10,76

Fonte: Dos Autores (2021).

Tabela 11 – Quantitativo de materiais utilizados na fundação sapata isolada (estrutura de concreto).

<b>Pavimento</b>	<b>Sapatas</b>			<b>Vigas</b>			<b>Pilares</b>		
	Concreto (m <sup>3</sup> )	Aço (kg)	Forma (m <sup>2</sup> )	Concreto (m <sup>3</sup> )	Aço (kg)	Forma (m <sup>2</sup> )	Concreto (m <sup>3</sup> )	Aço (kg)	Forma (m <sup>2</sup> )
<b>Fundação</b>	9,40	709,10	72,42	5,72	401,5	95,29	2,65	447,50	52,92

Fonte: Dos Autores (2021).

Na Tabela 12 apresentam-se os valores totais por fundação e o comparativo entre os dois sistemas construtivos.

Tabela 12 – Total de material utilizado em cada fundação e comparativo.

	<b>Concreto</b>	<b>Madeira</b>	<b>Madeira/Concreto</b>
<b>Total de volume de concreto (m<sup>3</sup>)</b>	17,77	26,80	151%
<b>Total de peso de aço (kg)</b>	1558,10	3178,30	204%
<b>Total de forma (m<sup>2</sup>)</b>	220,63	10,76	5%

Fonte: Dos Autores (2021).

Nota-se que a fundação do tipo radier da estrutura de madeira apresenta quantitativos maiores para dois insumos, o concreto e o aço, tendo superado a estrutura de concreto em 51% e 104%, respectivamente. Por outro lado, em relação ao uso de forma, a radier apresenta um valor de 5% do consumo da sapata.

Nota-se que são elementos distintos: a fundação radier é recomendada para estruturas que apresentam valores baixos de cargas na fundação, conforme mencionado no item 4.2 deste trabalho. A facilidade em montar a superestrutura de madeira em uma fundação desse tipo, uma vez que, as chapas de ligação já são chumbadas na hora da concretagem, é um facilitador, e a própria placa é utilizada como contrapiso do pavimento, mantendo uma obra limpa e de fácil acesso. Em contrapartida, a fundação do tipo sapata isolada resiste a esforços maiores que o radier. Como mostrado no item 4.2, uma estrutura de concreto armado solicita a fundação com uma carga superior, portanto, recomenda-se que seja usado este ou outro modelo de fundação para grandes cargas. Essa fundação é constituída de sapatas, pilares e vigas, assim, não há a inclusão de lajes de piso ou contrapisos. Logo, para o bom andamento da obra, recomenda-se a execução do mesmo, o que levaria a um maior gasto de insumos.

#### 4.4 Orçamento

Para a elaboração da estimativa do orçamento da estrutura de madeira foram utilizados valores semelhantes aos reais do projeto base, a partir do orçamento cedido para a realização deste trabalho. Os dados obtidos estão representados na Tabela 13.

Tabela 13 – Orçamento estimado estrutura de madeira.

ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR	PERCENTUAL
1	PROJETO ESTRUTURAL	R\$ 5.000,00	1,72%
2	MLC	R\$ 95.000,00	36,21%
3	CONEXÕES METÁLICAS	R\$ 23.000,00	8,62%
4	WOOD FRAME	R\$ 60.000,00	24,14%
5	PAINEL WALL	R\$ 18.000,00	6,90%
6	MONTAGEM	R\$ 50.000,00	22,41%
	<b>VALOR FINAL</b>	<b>R\$ 251.000,00</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Dos Autores (2021).

O valor final obtido para esse modelo estrutural foi de R\$ 251.000,00, tendo o maior gasto dos recursos na obtenção das peças em MLC, ou seja, gasto com as próprias peças estruturais.

Para a estrutura em concreto armado, supondo que será utilizado um contrapiso de 10 cm de espessura na fundação do tipo sapata isolada, o volume gasto de concreto seria acrescido de aproximadamente 16 m<sup>3</sup>. Desta forma, ao realizar uma soma geral, o volume de concreto seria superior ao gasto pela fundação do tipo radier. Contudo, só restaria o consumo do aço superior no radier, mas com a utilização de uma malha essa diferença de quantitativos diminuiria.

A Tabela 14 apresenta o orçamento estimado da estrutura de concreto armado.

Tabela 14 – Orçamento estimado estrutura de concreto.

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>VALOR</b>	<b>PERCENTUAL</b>
<b>1</b>	PROJETO ESTRUTURAL	R\$ 10,000.00	4.76%
<b>2</b>	CONCRETO	R\$ 20,000.00	9.52%
<b>3</b>	AÇO	R\$ 19,000.00	9.05%
<b>4</b>	FORMA	R\$ 27,000.00	12.86%
<b>6</b>	ALVENARIA	R\$ 24,000.00	11.43%
<b>5</b>	MÃO DE OBRA	R\$ 110,000.00	52.38%
	<b>VALOR FINAL</b>	<b>R\$ 210,000.00</b>	<b>100.00%</b>

Fonte: Dos Autores (2021).

Esse modelo estrutural apresentou um valor final de R\$ 210.000,00, e teve na mão de obra o maior valor consumido de recurso financeiro.

Comparando os valores finais para ambas as estruturas, tem-se que a estrutura de madeira apresentou um valor final 20% maior que a estrutura de concreto, tendo o valor de concreto como base.

O valor mais alto da estrutura em MLC é causado pela ainda baixa utilização de tais elementos estruturais no Brasil, levando a uma oferta menor e mais cara no mercado. Ao mesmo tempo, a matéria-prima para a execução da estrutura de concreto está consolidada no mercado brasileiro, tendo maior oferta e custo mais reduzido.

Os gastos com mão de obra também diferem consideravelmente, como apresentado nas tabelas anteriores: para a madeira são empregados 22,41% dos recursos com montagem e para o concreto 52,38% de mão de obra

Também se nota o gasto com a vedação, onde na estrutura em madeira o fechamento é executado com *Wood Frame* e em concreto, com alvenaria, apresentando custos de 24,14% e 11,43% do valor final, respectivamente, mostrando que a vedação em *Wood Frame* é onerosa.

Os orçamentos apresentados não contemplam as fundações de ambas as estruturas. Contudo, para fins comparativos, na sequência estão as Tabelas 15 e 16 com o orçamento dos insumos consumidos na fundação tipo radier e fundação tipo sapata isolada, respectivamente.

Tabela 15 – Orçamento estimado fundação radier.

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>VALOR</b>	<b>PERCENTUAL</b>
<b>1</b>	CONCRETO	R\$ 13,500.00	34.70%
<b>2</b>	AÇO	R\$ 24,800.00	63.75%
<b>3</b>	FORMA	R\$ 600.00	1.54%
<b>VALOR FINAL</b>		<b>R\$ 38,900.00</b>	<b>100.00%</b>

Fonte: Dos Autores (2021).

Tabela 16 – Orçamento estimado fundação sapata isolada.

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>VALOR</b>	<b>PERCENTUAL</b>
<b>1</b>	CONCRETO	R\$ 9,000.00	25.71%
<b>2</b>	AÇO	R\$ 12,800.00	36.57%
<b>3</b>	FORMA	R\$ 13,200.00	37.71%
<b>VALOR FINAL</b>		<b>R\$ 35,000.00</b>	<b>100.00%</b>

Fonte: Dos Autores (2021).

Comparando os dois orçamentos estimados para as fundações, tem-se que os valores finais são próximos, sendo o valor da fundação tipo radier da estrutura de madeira é 11% maior que o valor da fundação tipo sapata isolada da estrutura de concreto.

Como o custo de mão de obra e o tempo gasto para execução não fizeram parte dos cálculos, supõe-se que a sapata isolada demande mais recursos para ambos os quantitativos, e se iguale ou até ultrapasse do valor final apresentado pela fundação radier.

Outro ponto a ser considerado é a necessidade da execução de um contrapiso para a estrutura de concreto, uma vez que sua fundação não contempla esse elemento, assim elevando ainda mais o custo final. Em contrapartida, a fundação radier não demandará um contrapiso, pois ela já exerce a função do mesmo.

Em todos os orçamentos apresentados não foram contabilizados projetos auxiliares, uma vez que são exclusivos de cada cliente.

#### 4.5 Cronogramas

O cronograma estimado apresentado na Tabela 17 se refere à estrutura em madeira e considera o serviço de 1 carpinteiro e 5 ajudantes para a montagem da estrutura de madeira; e 1 encarregado, 1 pedreiro, 2 serventes e 1 armador para a execução da fundação. Levaram-se em conta dias trabalhados de segunda a sexta-feira, sem interferência de chuva e mau tempo.

Tabela 17 - Cronograma estimado de estrutura de madeira.

	SEMANA											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<b>Serviços preliminares</b>	x											
<b>Fundação</b>		x	x	x	x							
<b>Produção MLC</b>	x	x	x	x	x							
<b>Produção chapas metálicas</b>	x	x	x	x	x							
<b>Usinagem e pré acabamento</b>					x	x						
<b>Transporte do material</b>						x						
<b>Montagem do MLC</b>						x	x	x	x	x	x	
<b>Montagem do painel Wall</b>							x					x
<b>Montagem do Wood Frame</b>								x	x	x	x	

Fonte: Dos Autores (2021).

Nos serviços preliminares estão inclusos os serviços de limpeza do terreno, nivelamento do terreno e locação da obra. Na fundação estão inclusos os serviços de montagem de armaduras e forma dos elementos e a concretagem. O processo de produção do MLC, produção das chapas metálicas, usinagem e pré-acabamento são realizados em fábrica. Enquanto a montagem do MLC, montagem do painel *Wall* e montagem do *Wood Frame* são realizadas *in loco*. Levando tais dados em consideração, têm-se 11 semanas totais, sendo 6 dessas semanas como estimativa de tempo em obra.

O cronograma estimado apresentado na Tabela 18 e na Tabela 19 se refere à estrutura em concreto armado. Durante a execução desse cronograma, tem-se que estarão trabalhando 1 encarregado, 2 carpinteiros, 2 pedreiros, 2 armadores e 6 serventes. Levaram-se em conta dias trabalhados de segunda-feira a sexta-feira, sem a interferência de chuva e mau tempo.

Tabela 18 – Cronograma estimado de estrutura de concreto armado.

	SEMANA													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Serviços preliminares</b>	x													
<b>Fundação</b>		x	x	x	x	x								
<b>Superestrutura térreo</b>						x	x	x	x	x	x	x		
<b>Superestrutura piso 1</b>												x	x	x
<b>Superestrutura caixa d'água</b>														
<b>Alvenaria de vedação térreo</b>														
<b>Alvenaria de vedação piso 1</b>														
<b>Alvenaria de vedação caixa d'água</b>														

Fonte: Dos Autores (2021).

Tabela 19 – Cronograma estimado de estrutura de concreto armado.

	SEMANA												
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
<b>Serviços preliminares</b>													
<b>Fundação</b>													
<b>Superestrutura térreo</b>													
<b>Superestrutura piso 1</b>	x	x	x	x									
<b>Superestrutura caixa d'água</b>				x	x	x	x	x					
<b>Alvenaria de vedação térreo</b>		x	x	x	x	x							
<b>Alvenaria de vedação piso 1</b>							x	x	x	x	x		
<b>Alvenaria de vedação caixa d'água</b>												x	x

Fonte: Dos Autores (2021).

Nos serviços preliminares estão inclusos os serviços de limpeza do terreno, nivelamento do terreno e locação da obra. Na fundação estão inclusos os serviços de escavação das vigas baldrame, escavação das sapatas, montagem de armaduras e forma dos elementos e a concretagem. Na superestrutura térreo, superestrutura piso 1 e superestrutura caixa d'água estão inclusos os serviços dos pilares do pavimento inferior até o pavimento de origem (locação, forma, armadura, concretagem e desforma), também se inclui os serviços referente as vigas e lajes do devido pavimento (locação, forma, armadura, concretagem e desforma). Ainda, na alvenaria de vedação

térreo, alvenaria de vedação piso 1 e alvenaria de vedação caixa d'água estão inclusos todos os serviços para a execução de alvenaria no devido pavimento.

Desconsiderando-se atraso de insumos e da mão de obra, o tempo estimado para a execução desses serviços é de 27 semanas.

Comparando os dois cronogramas feitos pelos autores, a estrutura de madeira tem o tempo de execução previsto de 11 semanas, enquanto a estrutura de concreto tem a previsão de 27 semanas para ser finalizada. Assim, conclui-se que a obra em estrutura de madeira leva 16 semanas a menos do que a obra em estrutura de concreto armado para ficar pronta. Ou seja, em dados percentuais, a estrutura em madeira levou aproximadamente 41% do tempo total da estrutura em concreto armado.

Esse fator é fundamental para a viabilidade da obra e impactará diretamente no orçamento final da construção, uma vez que quanto maior o tempo de obra, maior será o gasto com mão de obra e administração. Outro ponto a ser analisado é o próprio tempo de construção. Dependendo da necessidade do cliente de conclusão da obra, a escolha de qual modelo construtivo adotar será impactada, uma vez que os prazos se distanciam consideravelmente.

Para fins de comparação, no tempo estimado para a execução da estrutura de concreto armado, daria para serem executadas aproximadamente 2 construções em estruturas de madeira. Assim, relacionando com o mercado, o giro de empreendimentos iria aumentar, impactando positivamente a satisfação dos clientes.

## 5 CONCLUSÕES

A presente pesquisa apresentou a comparação entre os sistemas de construção madeira lamelada colada e concreto armado. A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- para o projeto arquitetônico em si as estruturas se assemelham, uma vez que o posicionamento dos elementos foi semelhante para os dois sistemas;
- as intensidades das cargas dos pilares da estrutura de madeira são, em quase sua totalidade, menores do que as intensidades das cargas das estruturas de concreto armado, o que corrobora a literatura existente sobre a alta capacidade de carga e baixo peso próprio das estruturas de madeira.
- a fundação tipo radier para a estrutura em madeira consumiu maior volume de concreto e aço do que o necessário para as sapatas isoladas da estrutura em concreto armado.

Entretanto, a fundação tipo radier adotada para a estrutura de madeira serve como contrapiso para a edificação, o que não ocorre nas sapatas isoladas. Estima-se que com a execução do contrapiso, os valores de consumo dos materiais se assemelhem para os dois sistemas construtivos; com as estimativas de orçamentos e cronogramas, a estrutura de madeira apresenta custos superiores à projetada em concreto armado, porém o tempo de execução é menor.

Levando-se em consideração os resultados e tendo como cenário construções para fins de investimento, por exemplo, a estrutura em MLC se apresenta mais viável em função do tempo de execução. Neste estudo, o tempo total estimado de construção de uma edificação em madeira é menor que a metade da edificação em concreto. É possível inferir que apesar de possuir um orçamento superior, a residência em MLC pode ser comercializada com margem de lucro superior por apresentar um giro de empreendimentos mais alto e se tratar de material renovável e ainda inovador no Brasil.

Entende-se que os principais impedimentos para a consolidação da MLC como material estrutural no país são o preconceito e o valor do produto superior aos sistemas construtivos convencionais. Tais empecilhos poderão ser solucionados a partir da utilização mais corriqueira do material, embasada no incremento de estudos e conhecimentos acerca do mesmo.

## REFERÊNCIAS

ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. **Vendas de Cimento: vendas de cimento crescem 11% em 2020.** Imprensa, Notícias, São Paulo, 2021. Disponível em: <<https://abcp.org.br/vendas-de-cimento-crescem-11-em-2020/>>. Acesso em 25 de Out. 2021.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 6118.** Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Norma brasileira, p. 256, 2014. Disponível em: <[https://www.galaxcms.com.br/up\\_arquivos/1149/NBR61182014-20190807180913.pdf](https://www.galaxcms.com.br/up_arquivos/1149/NBR61182014-20190807180913.pdf)>. Acesso em 12 de Out. 2021.

ABRANTES, C. A. **Determinação da carga crítica de instabilidade lateral no regime linear elástico, em vigas de madeira laminada colada.** 2012. 220 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

AECWEB. **Vedação Racional e Alvenaria Estrutural.** Blocos cerâmicos estruturais, 2021. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/produto/vedacao-racional-e-alvenaria-estrutural/46597>>. Acesso em 10 de Out. 2021.

BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do concreto armado.** UNESP, Bauru/SP – Estruturas de Concreto I, p. 89, 2019. Disponível em: <<https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>>. Acesso em 18 de Out. 2021.

BURDZIK, W. M. G.; VAN RENSBURG, B. W. J. The future of engineered timber structures in South Africa. **Civil Engineer in South Africa**, v. 33, n. 8, p. 287-293, 1991.

CARLIL NETO, C. A madeira laminada colada. **Revista da Madeira**, n. 124, Jul. 2010.

DE FREITAS, G.; MAZZARDO, S. C. Uso de madeira laminada colada (MLC) em atividades de construção civil: histórico e potencialidades. **Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão**, p. e28779-e28779, 2021.

ENGENHEIRO MADEIRO. **Conheça os 5 prédios em madeira mais altos do mundo.** Estrutura de Madeira, BlogSpot, 2018. Disponível em: <<http://engenheiromadeiro.blogspot.com/2018/06/conheca-os-5-predios-em-madeira-mais.html>>. Acesso em 17 de Out. 2021.

FURTADO, F. R. C. **Análise de viabilidade econômica ambiental para uso da espécie paricá em vigas laminadas coladas.** 2014. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal – Área: Tecnologia da Madeira) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2014.

GARBE, E. A. **Viabilidade técnico-econômica de alternativas de investimento para produção de madeira laminada colada (MLC).** 2019. 135 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do

Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, 2019.

GRUPO AÇO CEARENSE. **Vergalhão SI50**. 2021. Disponível em: <[https://www.grupoacocearense.com.br/bk\\_site\\_antigo/produtos/vergalhao-si50](https://www.grupoacocearense.com.br/bk_site_antigo/produtos/vergalhao-si50)>. Acesso em 10 de Out. 2021.

IECA. Instituto Espanhol do Cimento e suas Aplicações. **Gerador de preços**. CYPE Ingenieros, S.A, 2021. Disponível em: <[http://www.brasil.geradordeprecos.info/obra\\_nova/Estruturas/Concreto\\_armado/Vigas/Viga\\_de\\_concreto\\_armado.html#gsc.tab=0](http://www.brasil.geradordeprecos.info/obra_nova/Estruturas/Concreto_armado/Vigas/Viga_de_concreto_armado.html#gsc.tab=0)>. Acessado em 15 de Out. 2021.

LEITE, T. M.; SANTOS, P. A. F. M.; VALLE, I. M. R. The use of glued laminated timber in brazil: overview and challenges. p. 12, 2017. In: **II Congresso Latinoamericano de Estruturas da Madeira**, CLEM/CIMAD, 2017.

NATTERER, J. Quality criteria for timber design. **Construction and Building Materials**, v. 6, n. 3, p. 133-137, 1992.

PARENTE, F. **Primeiro Edifício de Madeira**. Arquitetura: MFMM Arquitetura. Rewood, 2021. Disponível em: <<https://rewood.com.br/cases/edificio>>. Acesso em 14 de Out. 2021.

PEDROSO, F. L. **Concreto: Material construtivo mais consumido no mundo**. IBRACON, Ano XXXVII, n. 53, p.80, 2009.

PORTAL DO CONCRETO. **O que é concreto?**. 2021. Disponível em: <<https://www.portaldoconcreto.com.br/o-que-e-concreto>>. Acesso em 10 de Out. 2021.

PROJETOS HABITISSIMO. **O que é melhor usar na construção: madeira ou concreto armado?**. Arquitetura, 2017. Disponível em: <<https://projetos.habitissimo.com.br/projeto/o-que-e-melhor-usar-na-construcao-madeira-ou-concreto-armado>>. Acesso em 10 de Out. 2021.

REWOOD. **Bradesco**. Arquitetura: Athié Wohnrath, 2021a. Disponível em: <<https://rewood.com.br/cases/bradesco>>. Acesso em 14 de Out. 2021.

REWOOD. **Ponto de ônibus em Ilha bela**. 2021b. Disponível em: <<https://rewood.com.br/cases/bradesco>>. Acesso em 14 de Out. 2021.

SCANDAROLI. M. **Casa ITT: Arquitetura: Atelier O'Reilly**. Rewood, 2021. Disponível em: <<https://rewood.com.br/cases/casa-itt>>. Acessado em 14 de Out. 2021.

SISTRUT. **Preço do metro cúbico de estrutura de concreto armado**. Editora: PINI CONSTRUÇÃO, Jul. 2003. Disponível em: <[http://www.sistrut.com.br/Profissionais/thm\\_PINI.html](http://www.sistrut.com.br/Profissionais/thm_PINI.html)>. Acesso em 15 de Out. 2021.

SOUZA JÚNIOR, T. F. **Estruturas de concreto armado**. UFLA, Lavras/MG, p. 23, 2021. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/apostila-concreto>>. Acesso em 20 de Out. 2021.

SOUZA, P. K.; COURA, R. F. **Análise comparativo entre os sistemas construtivos de estrutura metálica e estrutura convencional 'estudo de caso: edificação de interesse social**. 2019. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Civil) – Faculdade Doctum de João Monlevade, 2019.

VASQUES, C. C. P. C. F. Comparativo de sistemas construtivos, convencional e wood frame em residências unifamiliares. **COGNITIO/PÓS-GRADUAÇÃO UNILINS**, v. 1, n. 1, 2014.

WIKIPEDIA.ORG. **Concreto armado**. Enciclopédia livre, 2021. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Concreto\\_armado](https://pt.wikipedia.org/wiki/Concreto_armado)>. Acesso em 10 de Out. 2021.

WIKIPEDIA.ORG. **Edifício Copan**. Enciclopédia livre, 2021. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Edif%C3%ADcio\\_Copan](https://pt.wikipedia.org/wiki/Edif%C3%ADcio_Copan)>. Acesso em 10 de Out. 2021.

ZANGIÁCOMO, A. L. **Emprego de espécies tropicais alternativas na produção de elementos estruturais de madeira laminada colada**. 2003. 103 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

247 ARQUITERURA. **Casa Pátio**. Projetos, 2021. Disponível em: <<https://247arquiterura.com.br/projeto/casa-patio/>>. Acesso em 18 de Out. 2021.

## APÊNDICE A – FOTOS DA RESIDÊNCIA FINALIZADA

Figura 19 – Fachada da residência.



Fonte: Rewood (2020).

Figura 20 – Interior da residência.



Fonte: Rewood (2020).

Figura 21 – Fachada lateral da residência.



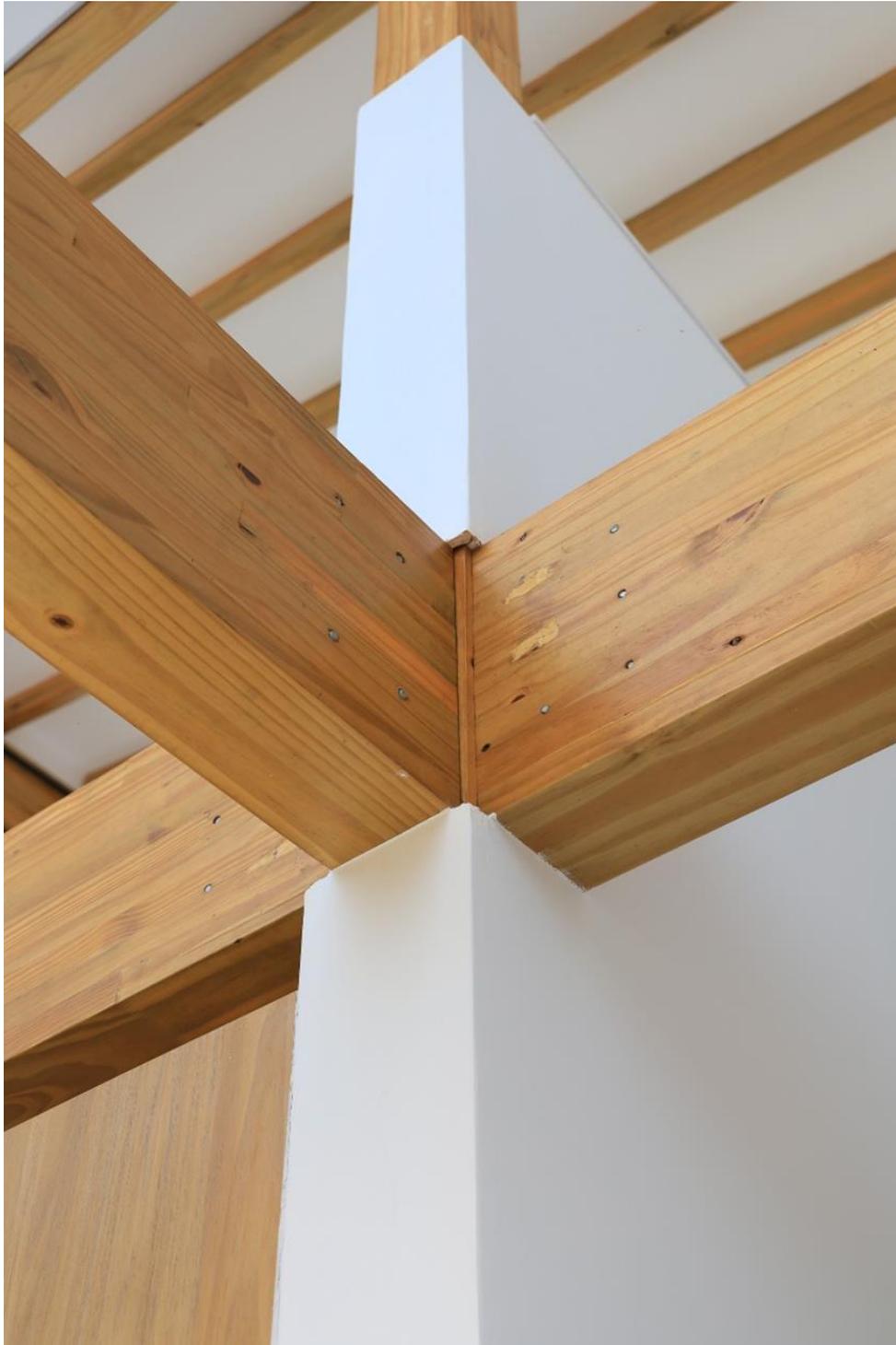
Fonte: Rewood (2020).

Figura 22 - Vista interna da residência.



Fonte: Rewood (2020).

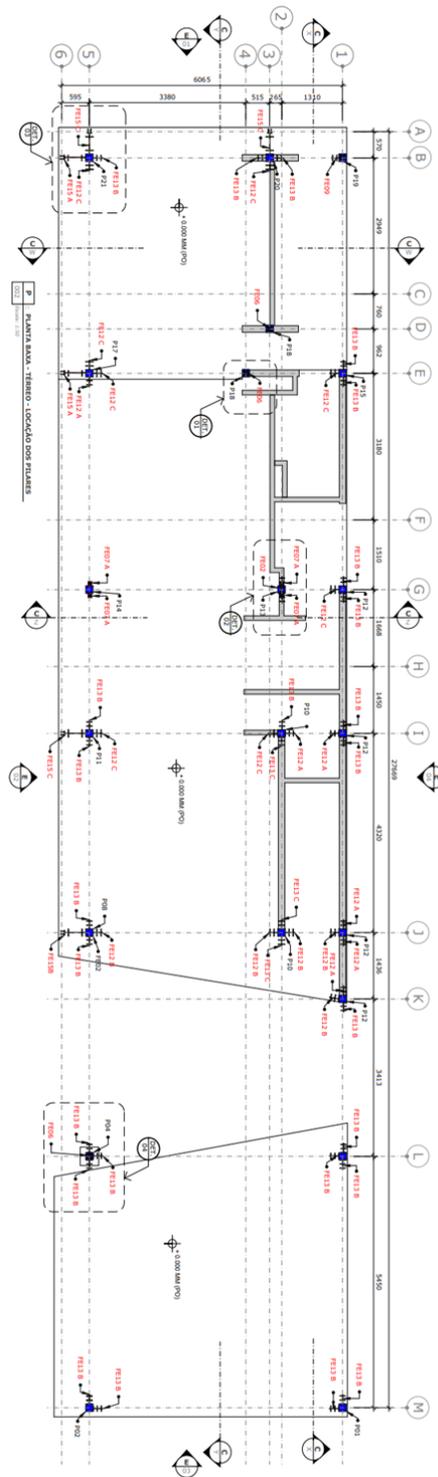
Figura 23 – Detalhe conexão de vigas em MLC.



Fonte: Rewood (2020).

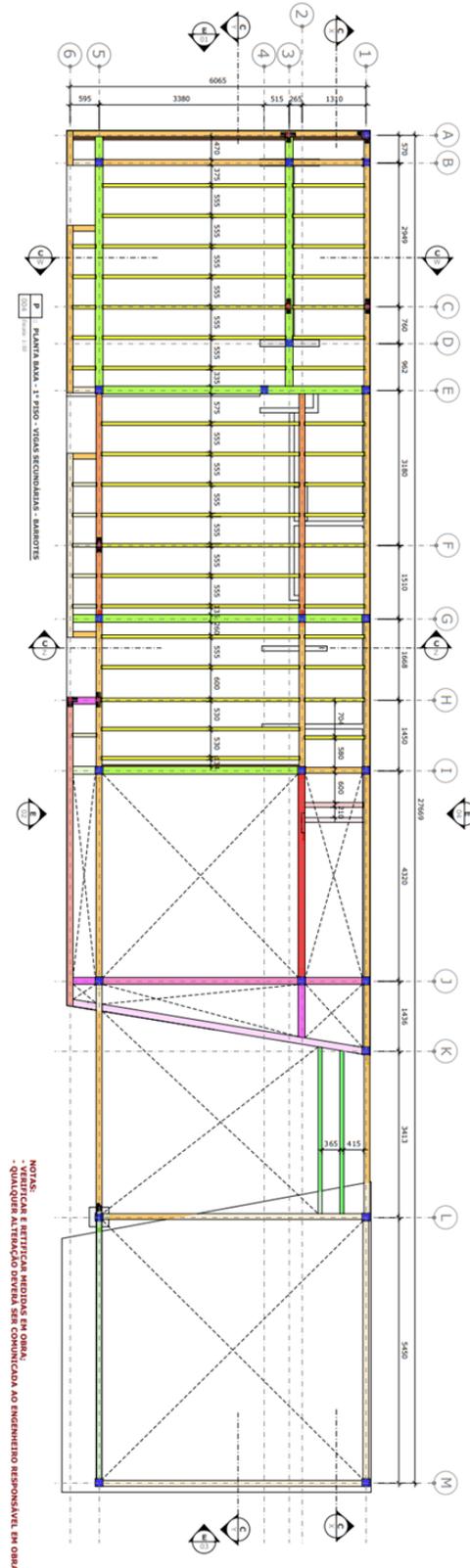
## APÊNDICE B – PLANTAS DO PROJETO EM MADEIRA LAMELADA COLADA (MLC)

Figura 24 – Planta baixa térreo – locação dos pilares.



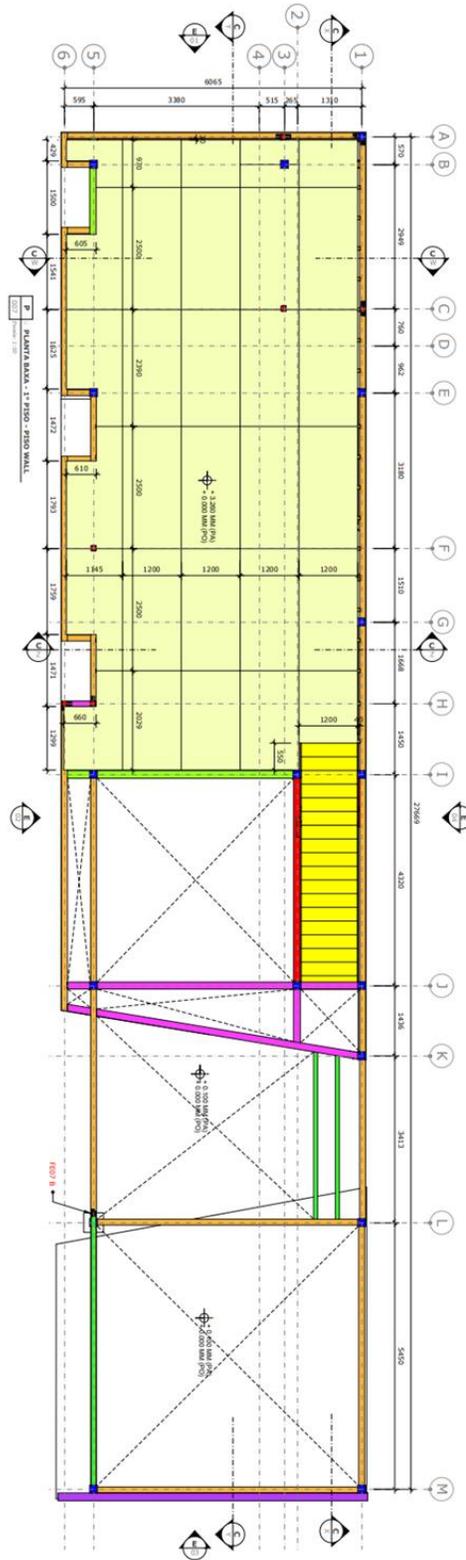
Fonte: Rewood (2020).

Figura 25 – Planta baixa piso 1 – vigas primárias.



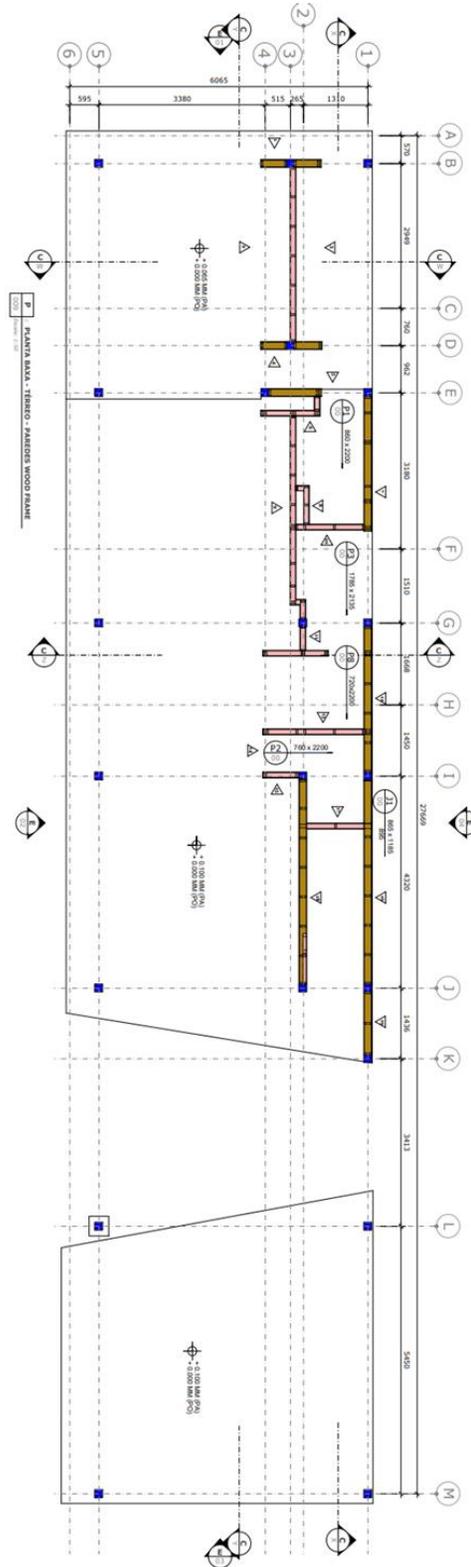
Fonte: Rewood (2020).

Figura 26 – Planta baixa piso 1 – piso wall.



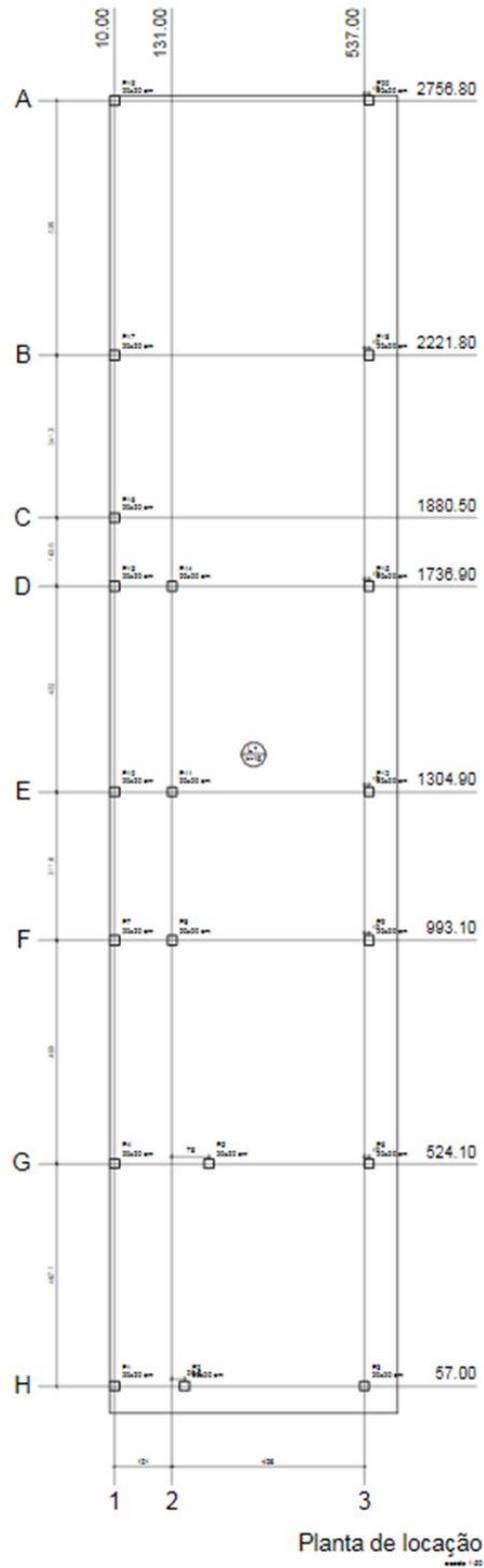
Fonte: Rewood (2020).

Figura 27 – Planta baixa térreo – wood frame.



Fonte: Rewood (2020).

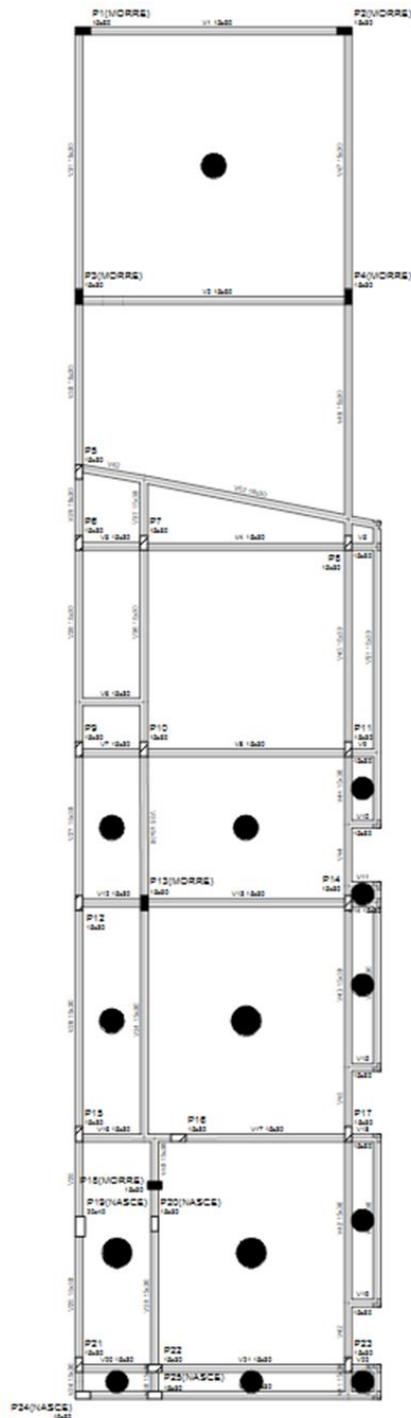
Figura 28 – Planta de locação da fundação radier.



Fonte: Dos Autores (2021).

## APÊNDICE C - PLANTAS DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO

Figura 29 – Forma pavimento térreo.



Forma do pavimento Térreo

1:20

Fonte: Dos Autores (2021).

Figura 30 – Forma pavimento caixa d'água.

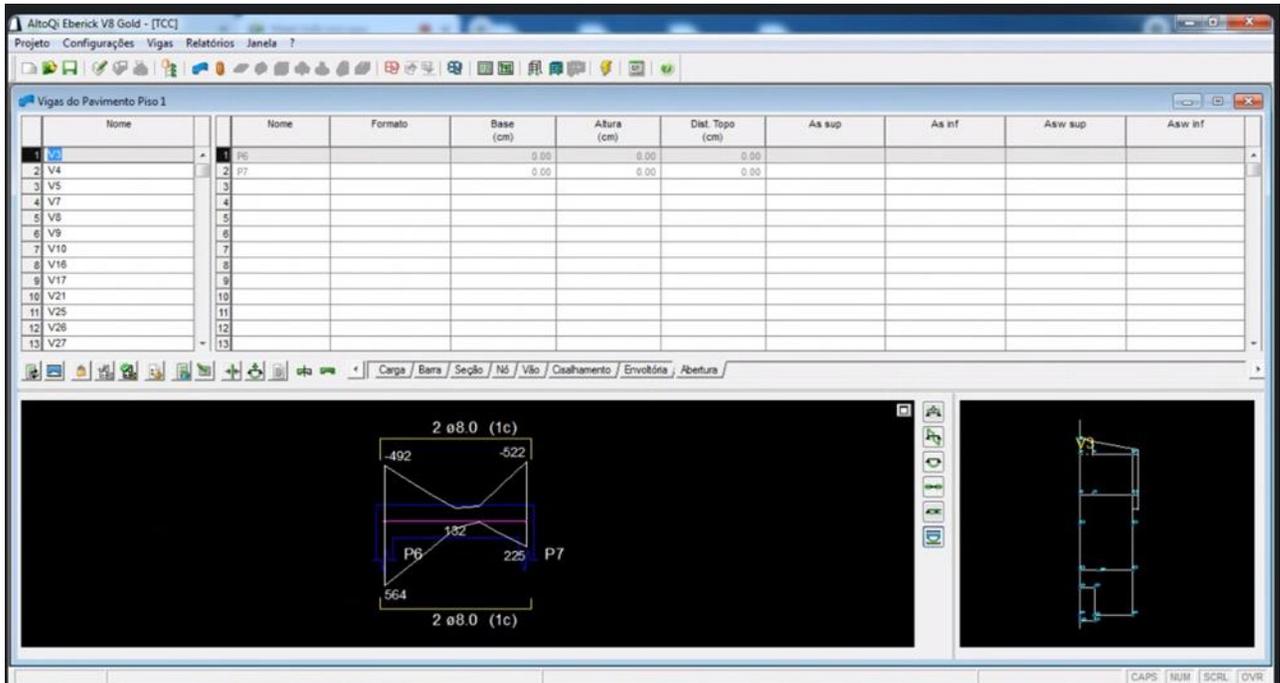


Forma do pavimento Caixa d'água  
escala 1:50

Fonte: Dos Autores (2021).

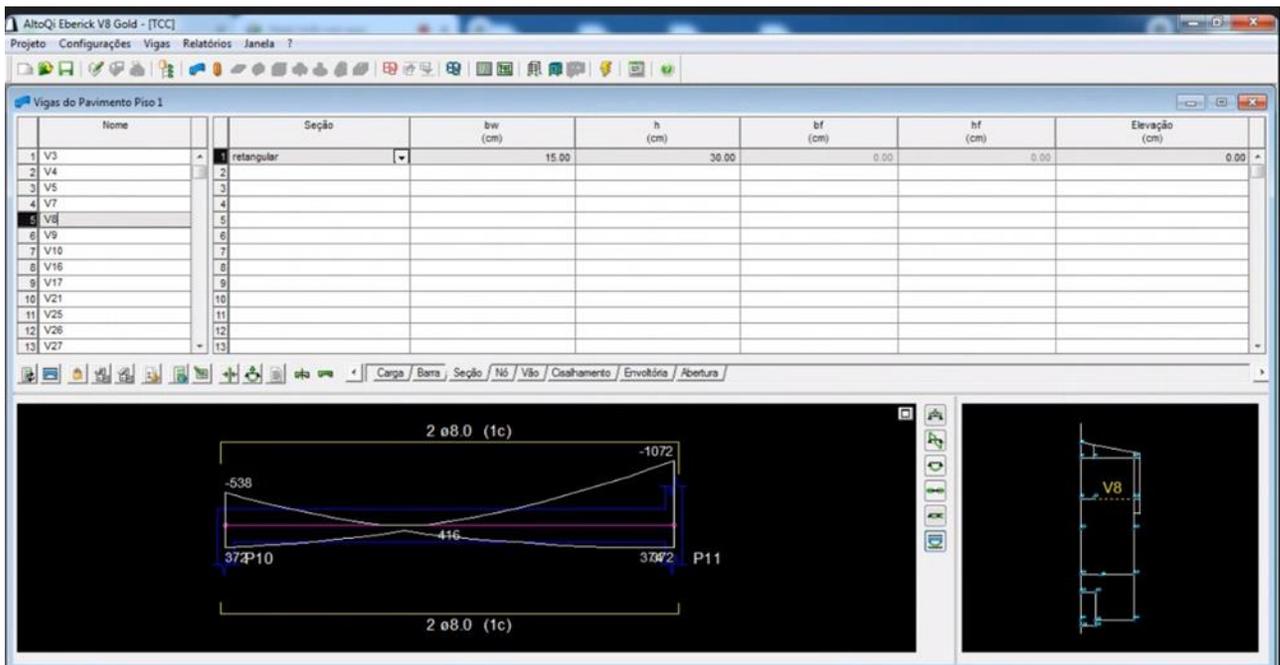
## APÊNDICE D – DIMENSIONAMENTO FEITO NO SOTWARE EBERICK V8®

Figura 31 – Exemplo de dimensionamento de vigas em concreto armado.



Fonte: Dos Autores (2021).

Figura 32 – Exemplo de dimensionamento de vigas em concreto armado.



Fonte: Dos Autores (2021).

Figura 33 – Exemplo de dimensionamento de sapata isolada em concreto armado.

AltoQi Eberick V8 Gold - [TCC]

Projeto Configurações Sapatas Relatórios Janela ?

Sapatas do Pavimento Fundação

	Nome	Igual	As Inferior B	As Inferior H	As Superior B	As Superior H	Status
1	S1		12 e 6.3 c/8	9 e 6.3 c/9			calculado
2	S2	=S1	12 e 6.3 c/8	9 e 6.3 c/9			calculado
3	S3	=S1	10 e 6.3 c/9	9 e 6.3 c/9			calculado
4	S4	=S1	10 e 6.3 c/9	9 e 6.3 c/9			calculado
5	S5		8 e 6.3 c/9	8 e 6.3 c/9			calculado
6	S6	=S11	9 e 8.0 c/12	12 e 6.3 c/8			calculado
7	S7	=S11	10 e 8.0 c/11	12 e 6.3 c/8			calculado
8	S8		9 e 6.3 c/9	8 e 6.3 c/9			calculado
9	S9	=S11	10 e 8.0 c/11	12 e 6.3 c/8			calculado
10	S10		10 e 10.0 c/13	12 e 8.0 c/10			calculado
11	S11		10 e 8.0 c/11	12 e 6.3 c/8			calculado
12	S12	=S11	9 e 8.0 c/12	12 e 6.3 c/8			calculado

Carga / Seção / Altura / Pilar / Solo / Resultado

Situação da sapata:  
 $F_d = 10.17 \text{ t}$   
 $M_B = 0.00 \text{ kgf.m}$   
 $M_H = 0.00 \text{ kgf.m}$   
 Armadura inferior:  
 $A_{sx} = 10 \text{ e } 8.0 \text{ c/11}$   
 $A_{sy} = 12 \text{ e } 6.3 \text{ c/8}$

CAPS NUM SCRL OVR

Fonte: Dos Autores (2021).