



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Iutah Cristal Dezidério de Veras Barbosa**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE  
CONCRETO ARMADO E MADEIRA EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO  
TOCANTINS**

**Palmas, TO**  
**2019**

**Iutah Cristal Dezidério de Veras Barbosa**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE  
CONCRETO ARMADO E MADEIRA EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO  
TOCANTINS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Tocantins como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Indara Soto Izquierdo

**Palmas, TO**

**2019**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

- B238a    Barbosa, Iutah Cristal Dezidério de Veras.  
          ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS  
          DE CONCRETO ARMADO E MADEIRA EM UMA RESIDÊNCIA  
          UNIFAMILIAR NO TOCANTINS. / Iutah Cristal Dezidério de Veras  
          Barbosa. – Palmas, TO, 2019.  
          49 f.
- Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus  
Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Civil, 2019. Orientadora :  
Indara Soto Izquierdo
1. Análise comparativa. 2. Residência Unifamiliar. 3. Madeira Serrada. 4.  
Concreto Armado. I. Título

**CDD 624**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

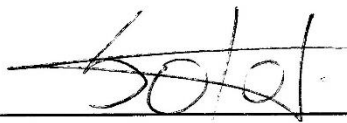
**Iutah Cristal Dezidério de Veras Barbosa**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE  
CONCRETO ARMADO E MADEIRA EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO  
TOCANTINS**

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Civil para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pela Orientadora e pela Banca Examinadora.

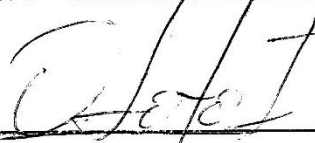
Data de Aprovação 17 / 12 / 2019

Banca examinadora:



Profª. Drª. Indara Soto Izquierdo

Orientadora, UFT – Universidade Federal do Tocantins



Profª. Drª. Orieta Soto Izquierdo

Examinadora, UFT – Universidade Federal do Tocantins



Prof. Dr. Bruno Carrilho de Castro

Examinador, UFT – Universidade Federal do Tocantins

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Carlos Henrique Barbosa e Alessandra Dezidério Ferreira que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda minha trajetória. Obrigado pelo amor, carinho e ensinamentos.

Às minhas irmãs, Pérola Anne e Mel Jade, agradeço pelo amor e companheirismo que alegraram meus dias. À toda minha família que esteve presente e acompanhou esta trajetória da minha vida os meus agradecimentos por todo amor e companheirismo. Agradeço a minha namorada Larissa Suriany, pelo amor, paciência e por sempre estar presente me apoiando.

À minha professora e orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Indara Soto Izquierdo, por me conduzir no desenvolvimento deste trabalho, pelos ensinamentos e compreensão. Agradeço à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Orieta Soto Izquierdo, Prof<sup>a</sup>. Msc. Valéria Maria Pereira Alves Picanço e Prof. Dr. Bruno Carrilho de Castro, pelos conhecimentos e oportunidades no ambiente acadêmico.

Agradeço também a todos os meus amigos e aqueles que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

## RESUMO

A crescente demanda de projetos com arquiteturas que desafiam a engenharia vem sendo um grande estímulo para os engenheiros. Por esse motivo os profissionais buscam a utilização de diversas soluções estruturais que possam proporcionar menores dimensões e quantidades de elementos estruturais como menor custo. Diante disso, acredita-se que estruturas de madeira possam ser uma solução viável para construção de residências unifamiliares, por aliar conceitos como: boas características mecânicas, redução do peso da estrutura e tempo de construção. Por isto, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa estrutural entre os métodos construtivos de concreto armado e madeira assim como uma comparação entre o seu custo com materiais. Foram elaborados dois projetos estruturais, sendo um em concreto armado e o outros em madeira, para uma residência unifamiliar composta por dois pavimentos. A partir disto, foi feito o levantamento do quantitativo de elementos estruturais e suas dimensões, de custos dos materiais conforme disponibilizados por empresas de Palmas-TO. O presente trabalho concluiu que o sistema construtivo em madeira apresentou uma redução no peso total da estrutura, um aumento no número de pilares devido as limitações do tipo de madeira e seções disponíveis na região e também que quanto aos materiais a estrutura de concreto armado apresentou uma redução no custo. Portanto, através deste estudo, demonstrou-se algumas limitações apresentadas pela madeira serrada, quantificou-se a redução do peso da estrutura e o custo com materiais.

**Palavras-Chave:** Análise comparativa, residência unifamiliar, madeira serrada, concreto armado

## ABSTRACT

The growing demand for projects with engineering-challenging architectures has been a major stimulus for engineers. For this reason, professionals seek to use various structural solutions that can provide smaller dimensions and quantities of structural elements as a lower cost. Given this, it is believed that wooden structures can be a viable solution for building single-family homes, by combining concepts such as: good mechanical characteristics, reduced structure weight and construction time. Therefore, this work aims to perform a structural comparative analysis between the reinforced concrete and wood construction methods and also the comparative of cost with materials. Two structural projects were prepared, one in reinforced concrete and the other in wood, for a single-family residence consisting of two floors. From this, it was made the survey of the quantitative of structural elements and their dimensions, of the costs of the materials as available by Palmas-TO companies. The present work concluded that the wood construction system presented a reduction in the total weight of the structure, an increase in the number of pillars due to the limitations of the type of wood and sections available in the region and also that in terms of materials the structure of reinforced concrete showed a cost reduction. Therefore, this study showed some limitations presented by lumber, quantified the reduction of the weight of the structure and the cost of materials.

**Keywords:** Comparative analysis, single-family residence, sawn timber, reinforced concrete

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Estrutura laje, viga e pilar .....	14
Figura 2: Camadas de um tronco.....	18
Figura 3: Seção de uma viga de MLC, exposta ao fogo durante 30 minutos .....	19
Figura 4: Templo Horyu-ji.....	22
Figura 5: Planta baixa do pavimento térreo .....	27
Figura 6: Planta baixa do primeiro pavimento .....	28
Figura 7: Pórtico 3D gerado pelo software Eberick 2020 .....	31
Figura 8: Locação pilares (Estrutura de concreto armado).....	32
Figura 9: Vigotas para piso de madeira .....	34
Figura 10: Pórtico 3D gerado pelo software Cype 3D .....	35
Figura 11: Locação pilares (Estrutura de madeira) .....	36
Figura 12: Distribuição das cargas verticais na estrutura de concreto armado.....	38
Figura 13: Distribuição das cargas verticais na estrutura de madeira .....	39
Figura 14: Comparação de custo por elemento.....	44



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Propriedades dos materiais .....	12
Quadro 2: Dimensões mínimas de estruturas de concreto armado .....	13
Quadro 3: Dimensões mínimas de estruturas de madeira.....	13
Quadro 4: Peso específico dos materiais de construção .....	15
Quadro 5: Variação dimensional.....	20
Quadro 6: Vantagens do concreto armado e da madeira .....	24
Quadro 7: Desvantagens do concreto armado e da madeira .....	24
Quadro 8: Consumo de energia na produção dos materiais.....	25
Quadro 9: Composição arquitetônica .....	26
Quadro 10: Carregamentos na estrutura de concreto armado .....	39
Quadro 11: Carregamentos na estrutura de madeira .....	39
Quadro 12: Resumo por material e por elemento .....	41
Quadro 13: Resumo madeira.....	41
Quadro 14: Resumo de elementos de madeira.....	42
Quadro 15: Custo de aço por bitola.....	43
Quadro 16: Custo de fôrmas .....	43
Quadro 17: Custo de elementos estruturais de madeira em Palmas-TO .....	43
Quadro 18: Custo de elementos estruturais de madeira em Curitiba-PR .....	45

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>12</b>
1.1.1	Objetivo geral	12
1.1.2	Objetivos específicos	12
<b>1.2</b>	<b>Justificativa</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Elementos estruturais de uma residência</b>	<b>15</b>
2.1.1	Elementos de superfície	15
2.1.2	Elementos lineares	16
<b>2.2</b>	<b>Concreto armado e suas propriedades</b>	<b>16</b>
2.2.1	Propriedades físicas e mecânicas	17
<b>2.3</b>	<b>Madeira e suas propriedades</b>	<b>18</b>
2.3.1	Comportamento ao fogo	19
2.3.2	Umidade	21
2.3.3	Resistência	22
2.3.4	Ações de agentes biológicos	22
<b>2.4</b>	<b>Madeira como material estrutural</b>	<b>23</b>
<b>2.5</b>	<b>Comparação dos matérias de construção</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>Projeto em concreto armado</b>	<b>30</b>
<b>3.2</b>	<b>Projeto em madeira serrada</b>	<b>33</b>
<b>3.3</b>	<b>Orçamento</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>47</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Observa-se a crescente demanda de projetos com arquiteturas desafiadoras a engenharia, trazendo a necessidade de estruturas com maiores dimensões e mais esbeltas. Assim, os profissionais que atuam no ramo da engenharia devem conciliar essas necessidades aliadas a segurança e à economia da estrutura.

É visível a presença desses desafios em casas residências de alto padrão que possuem usualmente em sua composição cômodos integrados, curvos e lajes em balanço. No Brasil, casas residências são normalmente dimensionadas e construídas em estruturas de concreto armado, material mais difundido e utilizado no país. No país, a alvenaria convencional ou estrutura em concreto armado é muito popular devido à familiaridade que os construtores possuem com essa técnica (PELLI,1989).

Por outro lado, a utilização da madeira na construção civil para estruturas definitivas como pisos, vigas e pilares não têm seu uso tão difundido no Brasil, sendo mais utilizada para estruturas de cobertura e também em estruturas temporárias como escoramentos e fôrmas.

De acordo com o estudo de Muhlbauer & Razeira (2001), no Brasil o emprego da madeira não começou de forma apreciada, herdou-se a preferência pelas tradicionais construções em alvenaria, dos nossos colonizadores portugueses. As técnicas construtivas inadequadas para o uso desse material fizeram com que as habitações de madeira virassem sinônimo de sub-habitação.

Apesar das estruturas de madeira sofrerem um forte preconceito no mercado brasileiro por se tratarem de um método não frequentemente utilizado no país, sua industrialização e modernização permitiu o avanço de tal forma, que acompanhou os novos métodos construtivos que surgiram ao longo dos anos. A modernização de seu processo de fabricação e tratamentos permitiu contornar as desvantagens que a madeira apresenta em seu estado natural e superar maiores vãos.

Tendo em vista as limitações apresentadas pela utilização do método convencional em concreto armado em conjunto com a arquitetura moderna que apresenta, geralmente, grandes vãos e lajes em balanço, o desafio é procurar alternativas estruturais que vençam essas dificuldades conciliando a segurança estrutural com a arquitetura de forma mais econômica.

O método utilizado deve conciliar a eficácia tanto estrutural quanto estética de forma que seja aceito pelo consumidor e garanta o desempenho da edificação.

O bom profissional de engenharia é aquele que consegue em meio aos problemas

apresentados, encontra a melhor solução que concilie qualidade, segurança e economia. Sendo assim, quando falamos de projeto estrutural, o engenheiro tem o dever de procurar soluções realizando diferentes análises estruturais, alternando as disposições dos elementos e até mesmo o material utilizado, visando assim obter a melhor otimização da estrutura e apresentando as alternativas para o consumidor.

A pesquisa apresenta a comparação entre uma estrutura feita em concreto armado e outra em madeira (serrada), para um mesmo projeto arquitetônico. Analisa os ganhos nas dimensões dos elementos e no peso próprio da estrutura, apontando os aspectos positivos gerados ao procurar a utilização de métodos não convencionais que podem gerar a otimização do projeto. As estruturas são dimensionadas com auxílio de software de cálculo Ebercik 2020 e Cype 3D 2019 versão estudantil, respeitando as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

O objetivo geral é realizar uma análise comparativa estrutural entre um método construtivo não convencional, sendo este, em estrutura de madeira serrada das espécies angelim vermelho e itaúba e o método convencional de concreto armado para casas residenciais.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Elaborar dois projetos estruturais, sendo um em concreto armado e o outro em madeira, para uma mesma residência composta por 2 pisos;
- Realizar uma análise comparativa estrutural entre os métodos construtivos de concreto armado e de madeira avaliando as dimensões dos elementos estruturais, peso próprio e custo de materiais;
- Apontar as vantagens e desvantagens de ambos métodos desde o ponto de vista estrutural e econômico;
- Realizar análise comparativa de custos de materiais entre as estruturas.

## 1.2 Justificativa

O método construtivo de estruturas de madeira possui um dos materiais de construção mais antigos devido a facilidade de sua utilização. Desta forma, se percebe que estruturas de madeira são métodos convencionais em diversos países desenvolvidos devido suas propriedades favoráveis, que auxiliam, não apenas estruturalmente, mas também em questões térmicas, acústicas e sísmicas.

Entre os diversos materiais destinados à construção civil, a madeira reúne qualidades de exceção que a elegem, sob muitos aspectos, sobretudo sob o critério da sustentabilidade, como material construtivo de elevado desempenho (BAHIA, M. S., 2015).

Segundo PFEIL (2003), comparado a outros materiais de construção convencionais utilizados atualmente, a madeira apresenta uma excelente relação resistência/peso. O Quadro 1 traz a relação resistência/peso de alguns materiais de construção.

Quadro 1: Propriedades dos materiais

Material	$\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	f(MPa)	f/ $\rho$
Madeira a tração	0,5 - 1,2	30 - 110	60 – 90
Madeira a compressão	0,5 - 1,2	30 - 60	50 – 60
Aço a tração	7,85	250	32
Concreto a compressão	2,5	20 - 90	16
Nota:	$\rho$ = massa específica; f = resistência característica		

Fonte: Adaptado de Estruturas de madeira - 6ª Edição (2003)

Outro fator importante que deve ser levado em consideração são as dimensões mínimas estabelecidos pela ABNT, que estabelece os valores mínimos que devem ser adotados em projeto tanto para peças de concreto armado quanto de madeira. Este influencia muito em projetos de pequeno porte como residências unifamiliares (mesmo que de alto padrão), tendo em vista que as dimensões mínimas apresentadas para as seções de concreto armado geralmente são grandes e desnecessárias devido ao baixo valor das cargas presentes nesse tipo de estrutura.

A ABNT NBR 6118 (2014) normatiza a utilização das estruturas de concreto armado estabelecendo dimensões e seções mínimas a serem utilizadas segundo o Quadro 2. Apenas em casos especiais os limites de dimensão mínima podem ser reduzidos respeitando o limite mínimo absoluto de 10 cm na dimensão das vigas e 14 cm na dimensão dos pilares.

Quadro 2: Dimensões mínimas de estruturas de concreto armado

<b>Elemento</b>	<b>Seção mínima (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Dimensão mínima (cm)</b>
Viga	NC	12
Viga-parede	NC	15
Pilar	360	19
Nota: NC = Não consta		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Enquanto para as estruturas de madeira temos os seguintes limites apresentados pela ABNT NBR 7190 (1997) como mostra o Quadro 3.

Quadro 3: Dimensões mínimas de estruturas de madeira

<b>Elemento</b>		<b>Seção mínima (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Dimensão mínima (cm)</b>
Peças isoladas	Peças principais	50	5
	Peças secundárias	18	2,5
Peças múltiplas	Peças principais	35	2,5
	Peças secundárias	18	1,8

Fonte: Elaborado pelo autor

A pesquisa foca em explorar algumas vantagens apresentadas pela madeira, assim mostrando os ganhos de sua utilização em relação ao concreto armado no quesito estrutural, e também expando uma nova perspectiva quanto a suas desvantagens.

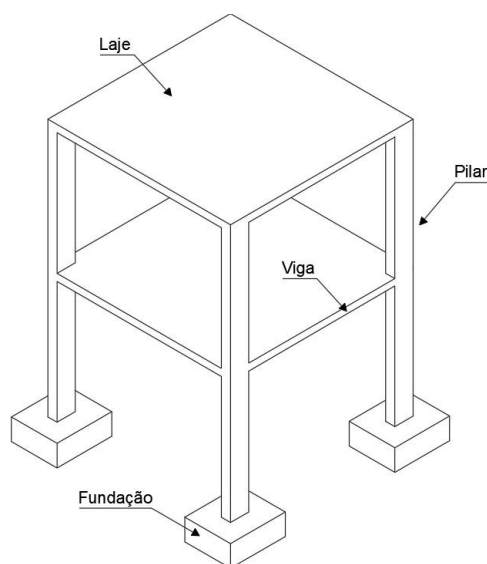
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Elementos estruturais de uma residência

Do ponto de vista do sistema estrutural, existe o sistema viga-pilar, mais comumente utilizado, e o sistema de alvenaria estrutural que pode ser uma alternativa para angariar redução de custo e prazo, que por ser mais inovador vem ganhando grande espaço no mercado.

De acordo com PFEIL (2003, p.23), pode-se descrever esse sistema como, um pórtico espacial formado pelo conjunto de grelhas planas, com vigas apoiadas em pilares. Esse sistema estrutural e sua interação se mostra na Figura 1.

Figura 1: Estrutura laje, viga e pilar.



Fonte: Elaborado pelo autor

#### 2.1.1 Elementos de superfície

Segundo a ABNT NBR 6118 (2014), os elementos de superfície são “elementos em que uma dimensão, usualmente chamada de espessura, é relativamente pequena em face das demais”, como por exemplo, lajes e chapas.

De acordo com Souza e Rodrigues (2008), lajes são placas horizontais responsáveis por receber as ações verticais que atuam nos pavimentos e cobertura de uma estrutura. Segundo Bastos (2015), as cargas suportadas pela laje variam de acordo com a finalidade a qual aquele espaço foi designado pela arquitetura, assim, sendo geralmente composta por pessoas, móveis, equipamentos entre outros.

A ABNT NBR 6120 (1980) traz um conjunto de tabelas que normatizam o peso específico e cargas verticais que devem ser utilizadas em projeto de acordo com os tipos de materiais determinados e também de acordo com a utilização dos ambientes. O peso específico de alguns desses materiais de construção podem ser observados conforme apresentado pelo Quadro 4.

Quadro 4: Peso específico dos materiais de construção

Materiais		Peso específico (kN/m <sup>3</sup> )
Concretos	Concreto Simples	24
	Concreto Armado	25
Madeiras	Pinho, cedro	5
	Louro, imbuia, pau óleo	6,5
	Guajuvirá, guatambu, grápia	8
	Angico, cabriuva, ipê róseo	10

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 6120 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações (1980)

### 2.1.2 Elementos lineares

Segundo a ABNT NBR 6118 (2014), elementos lineares “são aqueles em que o comprimento longitudinal supera em pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal”. Os elementos lineares que compõem um sistema estrutural são as vigas e os pilares.

De acordo com a ABNT NBR 6118 (2014), vigas são “elementos lineares em que a flexão é preponderante”. Tem a função de receber de forma distribuída, as cargas provenientes da utilização da laje, assim como também de paredes e outros que possam estar apoiados.

Segundo a ABNT NBR 6118 (2014), pilares são “elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes”. Os pilares são os últimos elementos da estrutura, este recebe todo o carregamento das vigas e lajes tendo a função assim de fazer a transmissão dos esforços de toda a estrutura para a fundação.

## 2.2 Concreto armado e suas propriedades

O concreto armado é composto pela utilização conjunta entre, a mistura de cimento Portland hidratado - feito a partir da cozedura de uma mistura de calcário com argila próxima



aos 1500 graus Celsius, sendo o produto dessa calcinação triturado em finos dando origem assim a este ligante com elevada resistência mecânica (VARELA E VIEIRA, s. d., p. 2) - com agregados miúdos e graúdos (areia e brita), formando assim o concreto, com a utilização de armaduras visando obter um produto que ofereça as características estruturais desejadas.

Utilizado na construção civil é proveniente de um conjunto de fatores históricos e estudos que levaram ao desenvolvimento dos materiais e métodos construtivos utilizados desde os tempos antigos. Sabemos que o concreto armado é a utilização de concreto associado ao aço de forma que possuam aderência entre si, assim trabalhando em conjunto para resistir aos esforços solicitantes.

Segundo Bastos (2006, p. 14), a utilização do concreto armado no Brasil começou no início do século XX, onde “em 1904 foram construídos casas e sobrados em Copacabana, no Rio de Janeiro”. Foi amplamente difundido no Brasil, sendo o material mais utilizado na construção civil. A principal norma que regulamenta projetos de concreto armado no Brasil é a ABNT NBR 6118 (2014) – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, determinando assim as verificações e limites que devem ser atendidos em projetos de forma que garanta segurança e conforto do consumidor.

### 2.2.1 Propriedades físicas e mecânicas

Segundo Souza e Rodrigues (2008), o concreto armado é uma estrutura sólida capaz de resistir aos esforços de compressão e tração devido a associação do concreto com o aço. É um material com grande resistência às tensões de compressão, enquanto sua resistência a tração é equivalente a cerca de 10% da sua resistência a compressão (BASTOS, 2006)

O concreto não possui características fixas de resistência pois podem variar de acordo com o seu traço. O traço do concreto é a dosagem de cada componente (cimento Portland, água, areia, brita e aditivos) que deve ser utilizado na produção de 1 m<sup>3</sup> de concreto (TUTIKIAN e HELENE, 2011). Segundo a ABNT NBR 6120 (1980), o concreto pesa aproximadamente 2,5 toneladas por metro cúbico enquanto que o aço pesa cerca de 7,85 toneladas por metro cúbico, sendo assim consideradas estruturas pesadas.

A evolução tecnológica e as pesquisas do comportamento dos materiais do concreto armado aliado a utilização de aditivos permitiram a utilização de concretos com características bem definidas que chegam a resistências de 90 MPa (resistência máxima abrangida pela ABNT NBR 6118 (2014)).

O aço em forma de barras é colocado no concreto de acordo com a necessidade dos

esforços de tração solicitantes em cada peça estrutural, este possui uma resistência a tração de 250 MPa e tem o objetivo de sanar o problema da baixa resistência do concreto no quesito de solicitações à tração.

Segundo Varela e Vieira (s. d.), a primeira utilização de uma associação de cal, areia e brita foi feita pelos romanos, onde utilizavam a mistura de cal, areia e água como ligante para unir as estruturas de pedra. No ano de 1861, quando o francês Mounier, após várias utilizações do material na fabricação de vasos e reservatórios, também o utilizou na construção civil, construindo uma ponte com vão de 16,5 metros. Assim, foi dado o início da utilização e desenvolvimento do concreto armado, que a partir de 1920 começou a ser chamado de concreto armado (BASTOS, 2006).

Apesar de sua utilização ter começado a se difundir, ainda foi necessário a realização de pesquisas e ensaios envolvendo o material de forma que suas propriedades e características fossem teorizadas a fim de criar procedimentos de cálculo e normas que garantissem a segurança de sua utilização.

### **2.3 Madeira e suas propriedades**

De acordo com Faria (2009), as madeiras podem ser divididas em dois grandes grupos botânicos sendo eles as Gimnospérmicas (madeiras macias) e as Angiospérmicas (madeiras duras).

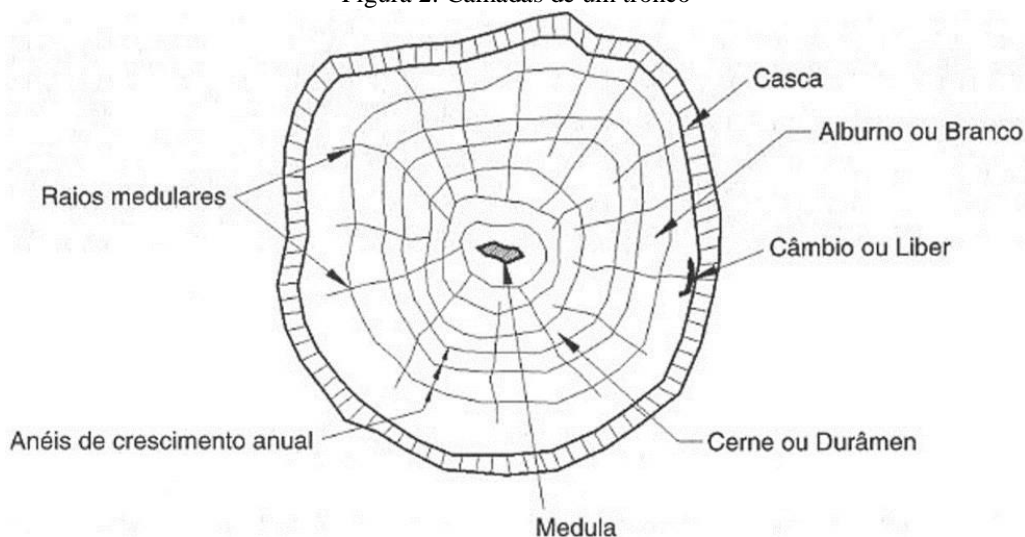
Segundo Pfeil (2003) as principais madeiras se dividem em duas categorias:

- Madeiras duras: São as dicotiledôneas da classe Angiosperma, tem o crescimento lento e melhor qualidade e podem receber o nome de madeira de lei. Exemplos: peroba, ipê, aroeira, carvalho etc.

- Madeiras macias: São as coníferas da classe Gimnosperma de crescimento rápido. Exemplos: pinheiro-do-Paraná, pinheiro-bravo etc.

“As árvores produtoras de madeira de construção são do tipo exogênico, que crescem pela adição de camadas externas, sob a casca.” (Pfeil, 2003, p.1). Essas camadas podem ser observadas de acordo com a Figura 2.

Figura 2: Camadas de um tronco



Fonte: Estruturas de Madeira, Pfeil (2003)

As camadas ilustradas na Figura 3 representam a composição de um tronco em um corte transversal onde a madeira de construção deve ser tirada preferencialmente do cerne, sendo esta camada a mais durável (PFEIL, 2003).

### 2.3.1 Comportamento ao fogo

Em relação às propriedades da madeira; Pinto e Calil (2004) realizaram a pesquisa “Resistência mecânica de estruturas de madeira em situação de incêndio: proposta para a inclusão em anexo da ABNT NBR 7190 (1997)”, onde realizaram ensaios com a exposição de uma seção de madeira laminada colada ao fogo durante 30 minutos com intuito de observar seu comportamento. A seção original foi reduzida e em sua parte externa foi formada uma crosta de carvão, porém em sua parte interna observa-se que parte da madeira foi aquecida enquanto uma boa parte se manteve intacta, conforme demonstra a Figura 3.

Figura 3: Seção de uma viga de MLC, exposta ao fogo durante 30 minutos



Fonte: A Madeira: um material construtivo resistente ao fogo, Pinto e Calil (2004).

Segundo Pinto e Calil (2004), a peça de madeira foi aquecida durante 30 minutos a uma temperatura de aproximadamente 280°C. O autor ressalta a importância de notar que a viga ainda se mantém em um bom estado de utilização, mantendo boa parte de sua seção intacta podendo está, ainda, ser reaproveitada após as devidas verificações de sua capacidade resistente.

Correia (2009) fala que apesar de não ser um conhecimento comum de vários agentes da construção, a madeira apresenta um bom comportamento em relação à resistência ao fogo. Ainda, segundo Faherty (1999, apud ALMEIDA, 2012), com a utilização de produtos químicos adequados é possível reduzir a propagação das chamas na superfície da madeira, dessa forma melhorando seu comportamento em situações de incêndio.

A Comissão de Estudo de Planos e Equipes de Emergência contra Incêndio (CE-024:104.002) do Comitê Brasileiro de Segurança contra Incêndio (ABNT/CB-024), elaborou um projeto de revisão da ABNT NBR 14276 (2006) em outubro de 2018, onde que se aprovado, estipulara o tempo de equipagem e mobilização até a chega dos bombeiros em situações de emergência.

Os chamados de combate a incêndio sejam atendidos com EPI e, quando aplicável, com os EPRA, em até 1 min do acionamento para a equipagem de proteção individual e mobilização dos bombeiros civis, e até 4 min para a chegada no local da emergência em pelo menos 90 % dos chamados, em condições reais ou em exercícios práticos simulados. (PROJETO DE REVISÃO ABNT NBR 14276:2006, 2018, item 6.1, p.19).

Nota-se dessa forma, que além do bom comportamento do material em casos de incêndio e o uso de produtos químicos que ajudam na precaução dos mesmos, a madeira conserva suas propriedades estruturais por um “longo” período em situações de incêndio, sendo tempo consideravelmente suficiente para ação do corpo de bombeiros. Ainda vale

ressaltar, que se aprovado o projeto de revisão da ABNT NBR 14276 (2006) o tempo de chegada do corpo de bombeiros em situações de incêndio será normatizado com tempo para chegada no local de 5 minutos em 90% dos chamados.

Desta forma pode-se assegurar que a segurança da estrutura em situações de incêndio não é um fator decisivo que deve ser levado em consideração na escolha do tipo de estrutura.

### 2.3.2 Umidade

Já a umidade das madeiras é um fator muito importante que influencia em suas propriedades. Por ser um material em que a umidade está sempre presente em sua composição é necessário determinar qual é essa umidade e também a quais variações está sujeita durante sua utilização, garantindo assim o bom funcionamento da estrutura.

Segundo Pfeil (2003), a faixa de umidade das madeiras verdes pode variar de 30% a 130% onde está água está presente de duas formas, sendo no interior das fibras e absorvida pelas paredes das fibras. O mesmo autor cita que as madeiras são postas para secagem até atingir o seu equilíbrio com o ar, este depende da região e sua umidade atmosférica local, podendo variar o grau de umidade da madeira de 10% a 20% para ambientes de umidade relativa do ar entre 60% e 90%.

“Devido à natureza higroscópica da madeira, o grau de umidade de uma peça em serviço varia continuamente, podendo haver variações diárias ou de estação” (PFEIL, 2003, p. 5).

Correia (2009) cita que a retração é a propriedade da madeira de alterar suas dimensões de acordo com a variação do seu teor de umidade e também que a retração mais significativa é a retração linear tangencial conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5: Variação dimensional

Tipos de Retração	Madeira Anidra	Madeira seca ao ar
	0% de umidade	15% de umidade
Linear Tangencial	4 – 14	2 – 7
Linear Radial	2 - 8	1 - 4
Linear Axial	0,1 - 0,2	0,05 - 0,1

Fonte: Adaptado de “Análise e dimensionamento de estruturas de madeira”, Correia (2009)

Desta forma, sabe-se que a madeira sofre com o efeito de retração e inchamento devido a variação da umidade do ambiente no qual se encontra, sendo este um fator que deve ser levado em consideração no projeto de edificações, considerando a variação de umidade da região de inserção da mesma.

### 2.3.3 Resistência

A resistência da madeira é, em primeiro lugar, função da espécie florestal e da qualidade das peças, estes dois fatores determinam os valores característicos de resistência da madeira relativamente aos diversos esforços. Além disso, a resistência de uma estrutura de madeira é também afetada pelo seu teor em água e pelo tempo de atuação das ações e pode-se dizer que a resistência mecânica de uma madeira é inversamente proporcional ao seu teor em água em cada momento (MACHADO et.al, 2003).

### 2.3.4 Ações de agentes biológicos

Segundo Hellmeister (1973) apud Brito (2014) a madeira não se deteriora por si só, como resultado de envelhecimento. Esta é susceptível de deterioração, sobretudo devido a agentes biológicos, nomeadamente fungos e insetos, devido à ação do fogo ou mecânicas, como o desgaste, mas também em menor escala pelos agentes atmosféricos ou determinadas ações químicas.

Como todo material orgânico, ela deve receber análise prévia das condições em que será aplicada, para identificação da necessidade de tratamento preservativo específico, buscando-se obter o melhor resultado quanto à durabilidade e resistência aos agentes biodeterioradores da madeira, como fungos e insetos xilófagos e perfuradores marinhos. (ABNT/CB-02 NBR 7190/2011).

Dentre os vários grupos de organismos capazes de causar danos à madeira, os principais são aqueles denominados xilófagos, pelo fato da madeira ser a sua principal fonte de alimento. (LELIS et al 2001) Os insetos xilófagos encontram no Brasil condições climáticas ideais, clima quente e úmido, para sua proliferação. São eles os isópteros (cupins e térmitas) e os coleópteros (brocas)

- Cupins de madeira: Cavam galerias perpendiculares as fibras da madeira e as mantêm fechadas com excrementos. A eliminação é mais simples.

- Cupins de solo: Ao atingirem a madeira cavam galerias paralelas às fibras. O

extermínio do cupim de solo é mais complexo, pois a localização da ninheira nem sempre é tarefa fácil.

Para Lelis et al (2001), biodeterioração é o termo empregado para designar alterações indesejáveis geradas pela ação, direta ou indireta, de seres vivos nos materiais em uso pelo homem.

São comuns os danos causados em estruturas de madeira por ação dos fungos, estes são organismos vegetais que não possuem clorofila, seus talos (micélios) são compostos de células entrelaçadas (hifas) que formam um emaranhado com aspecto de algodão. Essas células absorvem os nutrientes da madeira e os distribuem por difusão (MUHLBAUER; RAZEIRA, 2001).

## 2.4 Madeira como material estrutural

Segundo PFEIL (2003), a madeira é, provavelmente, o material de construção mais antigo utilizado, tendo em vista que seu material é de fácil acesso e possui facilidade em sua utilização, possui ainda outras características favoráveis ao uso em construção, tais como a facilidade de fabricação de diversos produtos industrializados e bom isolamento térmico.

Sua utilização em grandes construções data desde o ano 607 quando foi inaugurado o templo de Horyu-ji, um complexo de templos budistas que fica localizado em Ikaruga, no Japão. O templo é reconhecido como uma das mais antigas construções de madeira existentes no mundo. Até hoje existente, mostra a durabilidade de uma estrutura de madeira e a beleza de sua utilização como apresenta a Figura 4.

Figura 4: Templo Horyu-ji



Fonte: Tweety's Peregrinations, (2015)

A madeira possui ótimas propriedades para ser utilizada como material estrutural, uma vez que apresenta boa resistência tanto para esforços de compressão como tração quando comparado a sua massa específica. Também apresenta algumas outras propriedades que favoreceram sua utilização em muitos países como o fato de ser um bom isolante térmico e acústico.

De acordo com a ABNT NBR 7190 (1997), as propriedades da madeira variam de acordo com sua composição, ou seja, de acordo com sua espécie, presença de defeitos e etc., assim, sendo necessário a distinção e caracterização dos valores característicos de resistência à compressão e à tração, tanto no sentido normal quanto paralelo às fibras. Ainda ressalta que, esses valores devem ser distinguidos de acordo com a classe de umidade do ambiente, tendo em vista que está também influencia nas propriedades mecânica

Assim, percebe-se que a madeira é um material que apesar das suas boas propriedades mecânicas aliadas a utilização de métodos industrializados, possui uma grande quantidade de fatores que influenciam em sua resistência, desta forma, sendo necessário que, desde seu processo de fabricação até sua utilização, sejam empregados meios mais rigorosos de controle, garantindo a qualidade do material e da estrutura.

No Brasil, os projetos de estruturas de madeiras são normatizados pela ABNT NBR 7190 (1997) – “Projeto de estruturas de madeira”, que determina os parâmetros e condições de projeto, execução e controle que devem ser seguidos na execução desse tipo de estrutura.

Pode ser classificar as madeiras utilizadas na construção como sendo: maciças-divididas em madeira roliça, falquejada e serrada; e também em industrializadas, divididas em madeira compensada, laminada colada e recomposta (PFEIL, 2003).

Na presente pesquisa a madeira a ser utilizada é do tipo serrada, resultante do desdobro de toras, constituída de peças cortadas longitudinalmente por meio de serra, independentemente de suas dimensões, de seção retangular ou quadrada, das espécies: angelim vermelho - usada para a construção civil pesada externa (pontes, postes, estacas, esteios, cruzetas) e interna (vigas, caibros) (NAHUZ et. al, 2013); e itaúba –madeira pesada de alta densidade também usada em construções pesada externa e interna, leve (batentes e janelas) e assoalhos.

## **2.5 Comparação dos matérias de construção**

Para realização desta pesquisa foi levantado as vantagens e desvantagens apresentadas por cada um dos tipos de materiais, levando em consideração sua obtenção, industrialização, utilização durante a construção e utilização da estrutura.



Souza e Rodrigues (2008) citam algumas vantagens apresentadas pelo concreto armado e por estruturas em madeira conforme apresenta o Quadro 6.

Quadro 6: Vantagens do concreto armado e da madeira

<b>CONCRETO ARMADO</b>	<b>MADEIRA</b>
Ganho de resistência a ruptura com o passar do tempo	Material renovável e de grande abundância no planeta
Emprego extensivo de mão-de-obra não qualificada	Elevada resistência em relação a sua massa específica
Materiais econômicos e de grande abundância no planeta	Custo relativamente baixo
Fácil modelagem	Excelente isolante térmico e acústico
Elevada resistência ao fogo	Facilidade de união das peças (pré-fabricados)
Elevada resistência ao desgaste mecânico	Inerte, mesmo quando está exposta a ambientes químicos
Grande estabilidade a intempéries	Baixa demanda de energia para produção

Fonte: Elaborado pelo autor

O concreto armado, além do grande número de vantagens oferecidas por este material de construção, este é amplamente difundido e utilizado no Brasil, situação que favorece seu avanço contínuo e investimento em pesquisas que procuram cada vez mais otimizar sua utilização e suas propriedades. A madeira, mais comumente utilizada em estruturas de cobertura, enfrenta a dificuldade de não ter sua utilização difundida no país, assim não sendo o centro de investimentos e pesquisa.

Bastos (2006) lista algumas das desvantagens apresentadas pela utilização do concreto armado e por estruturas em madeira conforme apresenta o Quadro 7.

Quadro 7: Desvantagens do concreto armado e da madeira

<b>CONCRETO ARMADO</b>	<b>MADEIRA</b>
Peso Próprio elevado	Possui variações de dimensão devido ação da umidade
Fissuração	Relativamente vulnerável a ataques de insetos e agentes externos
Transmite calor e som	Possui composição bastante heterogênea e anisotrópica
Tempo de cura	Possui formas que limitam sua utilização - madeira maciça
Tempo de trabalhabilidade	Módulo de elasticidade

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, comparando as vantagens e desvantagens apresentadas pelos dois materiais, ambos apresentam ótima resistência tanto a compressão quanto a tração e também são materiais relativamente baratos e em abundância no planeta.

Em um projeto, são levados em consideração 3 tipos de cargas, sendo estas as de utilização, peso próprio e acidentais. Estruturas de madeira possuem uma relação resistência/peso muito superior ao do concreto armado que é um material denso logo a estrutura está sujeita a um menor carregamento, gerando ganhos não apenas na dimensão da superestrutura como também na infraestrutura.

Apesar do que é apresentado como desvantagens da madeira, estas desvantagens são facilmente contornadas com a utilização de produtos no tratamento da madeira que auxiliam na proteção contra os ataques de insetos e agentes externos, assim como na proteção contra incêndio e variação por umidade. Também é possível conseguir as mais variadas formas com a utilização da madeira laminada colada, sendo assim, uma alternativa que contorna a maioria das limitações de sua utilização neste quesito.

Outra vantagem da madeira é que seu material, além de renovável, também possui um consumo de energia bem inferior quando comparado ao consumo de energia para produção de concreto e aço como apresenta o Quadro 8.

Quadro 8: Consumo de energia na produção dos materiais

<b>Consumo de energia gasta na produção dos materiais</b>	
Material	Consumo por tonelada
Madeira	2,4 x 10 <sup>3</sup> Kcal
Concreto	780 x 10 <sup>3</sup> Kcal
Aço	3000 x 10 <sup>3</sup> Kcal
Nota: Kcal = Quilocaloria	

Fonte: Adaptada de LNEC, 197

### 3 METODOLOGIA

O objetivo desta pesquisa foi aplicado em um projeto de uma residência de alto padrão em um lote com 30 metros de comprimento por 15 metros de largura. A estrutura do projeto desenvolvido se caracteriza por possuir desafios arquitetônicos que muitas vezes estão presentes no mercado de trabalho, assim, a estrutura conta com 2 pavimentos, vãos superiores a 6 metros e lajes em balanço.

O desenvolvimento do projeto arquitetônico foi realizado com auxílio do software AutoCad 2019 versão estudantil, onde a partir de um lote com 450 m<sup>2</sup> de área foi realizado a planta baixa do pavimento térreo e primeiro pavimento. Observa-se a composição do projeto arquitetônico conforme o Quadro 9.

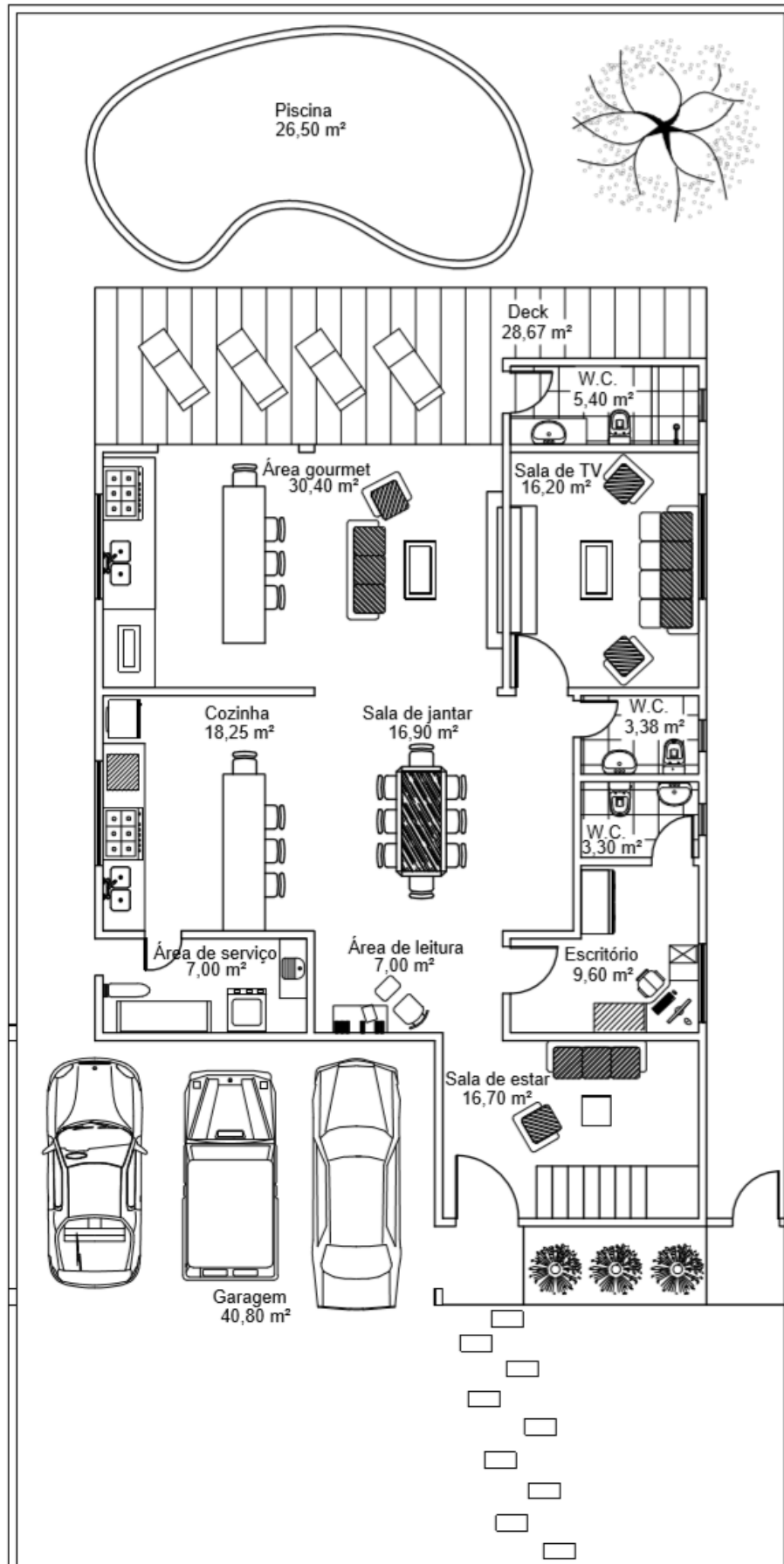
Quadro 9: Composição arquitetônica

<b>Térreo</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Área de serviço	7,00
Área Gourmet	30,40
Área de Leitura	7,00
Cozinha	18,25
Escritório	9,60
Garagem	40,80
Sala de TV	16,20
Sala de estar	16,70
Sala de jantar	16,90
<b>1º Pavimento</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Área de Leitura	9,70
Suíte 01	22,15
Suíte 02	32,50
Suíte 03	37,00
<b>Total</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Térreo	198,67
1º Pavimento	143,30
Área Total	341,97

Fonte: Elaborado pelo autor.

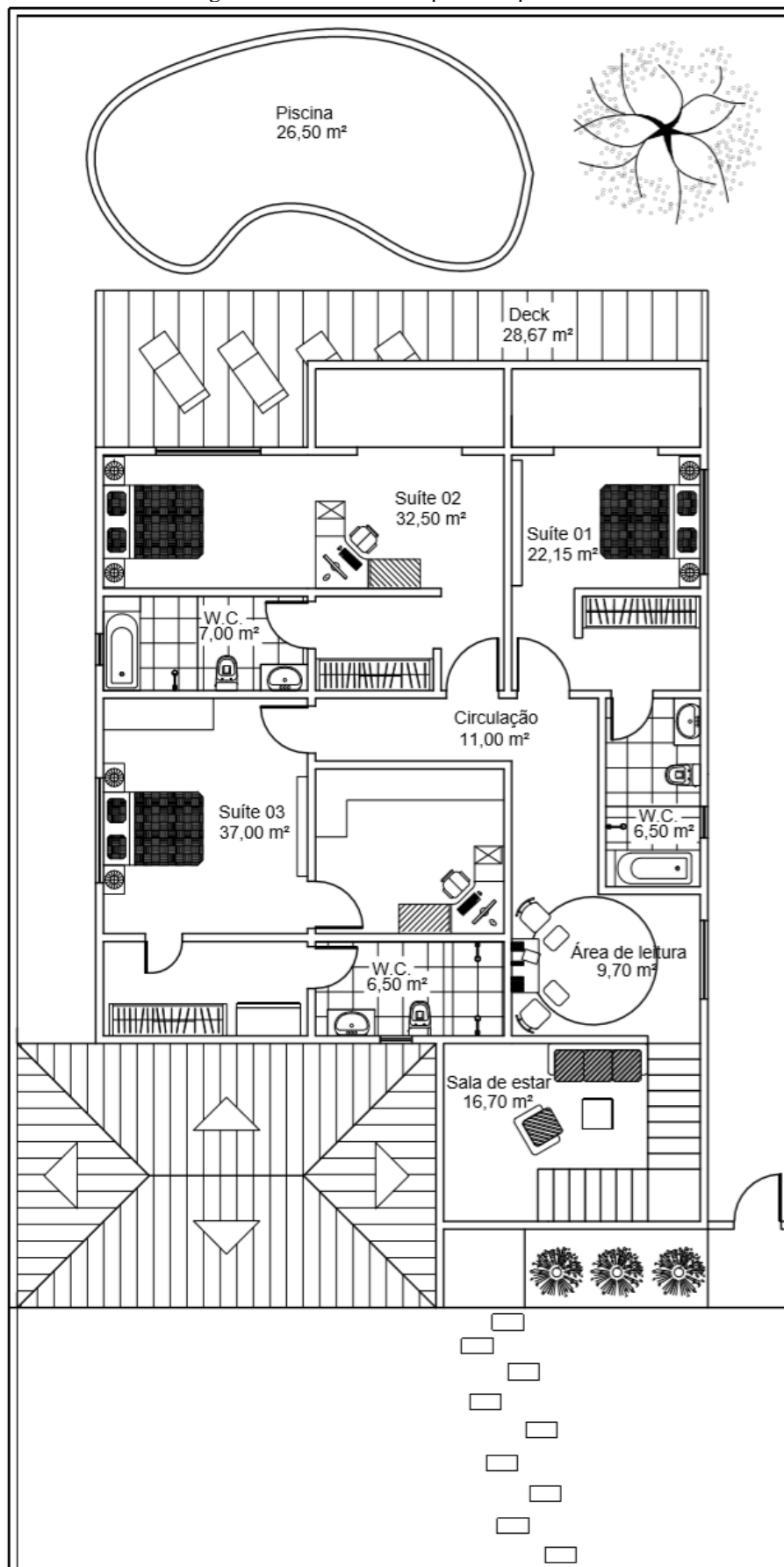
O Quadro 9 apresenta os principais componentes do projeto arquitetônico, sendo que os demais como banheiros, sacadas, circulação e piscina podem ser observados pela planta baixa do pavimento térreo e primeiro pavimento que são apresentados pela Figura 5 e 6 respectivamente.

Figura 5: Planta baixa do pavimento térreo



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 6: Planta baixa do primeiro pavimento



Fonte: Elaborado pelo autor

O desenvolvimento do projeto estrutural tanto em concreto armado quanto em madeira foi feito a partir do mesmo modelo arquitetônico onde, inicialmente, partiram do mesmo pré-dimensionamento. Assim, vigas e pilares tiveram a mesma locação no projeto. Desta forma foi realizado a otimização dos projetos em busca da melhor solução para cada um de forma que garanta os requisitos de segurança em conjunto com maior economia. Para determinação dos esforços atuantes na estrutura foi utilizado a ABNT NBR 6120 – (1980) – “Cargas para o cálculo de estruturas de edificações”.

O projeto estrutural em concreto armado foi realizado com auxílio do software Eberick 2020, e todo seu dimensionamento foi realizado respeitando as vigências da ABNT NBR 6118 (2014). Da mesma forma, o projeto estrutural em madeira foi realizado com auxílio do software Cype 3D 2019.f licença estudantil aliado a cálculos manuais. O dimensionamento respeitou as normas brasileiras e as vigências da ABNT NBR 7190 (1997).

Após o dimensionamento das estruturas em concreto armado e em madeira, atendendo aos requisitos da norma e realizando as devidas otimizações estruturais necessárias, foram realizadas as comparações dos elementos estruturais, tanto em quantidade, dimensões e quanto ao peso. Também foi realizado a análise comparativa do custo dos materiais para as duas estruturas, visando expor melhor as vantagens e desvantagens de cada método construtivo.

### **3.1 Projeto em concreto armado**

O projeto em concreto armado foi calculado com a utilização do software Eberick 2020. A partir de plantas baixas, previamente criadas, foi lançada a estrutura composta por fundação, pilares, vigas e lajes em concreto armado. O projeto foi dimensionado respeitando as normas vigentes sobre estruturas de concreto armado e cargas para dimensionamento de estruturas sendo elas a ABNT NBR 6118 (2014) e ABNT NBR 6120 (1980) respectivamente.

O posicionamento dos pilares foi determinado a partir de uma análise do projeto arquitetônico e seu lançamento foi realizado com pilares de dimensão retangular de 15x30 cm no pavimento térreo. Assim, foi realizado a cópia dos pilares para os pavimentos superiores com exceção dos pilares da garagem que estão presentes apenas no primeiro pavimento da edificação.

As vigas por sua vez, foram lançadas conectando os pilares, cuja projeção possui especificidades para cada pavimento tendo em vista que as vigas do térreo são vigas baldrame e devem estar em todas as áreas de parede. As vigas foram inicialmente retangulares dimensionadas em 15x30cm, e para as vigas baldrame foi determinado o ambiente como em

contato com o solo.

Com o fechamento de áreas criadas pelo contorno das vigas foi possível realizar o lançamento das lajes determinado o ponto interno onde deseja inseri-la. Para o estudo em questão foi utilizado laje do tipo maciça com espessura inicial de 10 cm e o grupo de carga foi definido de acordo com a utilização. Onde para o primeiro pavimento foi utilizado carga acidental de 150 kgf/m<sup>2</sup> com carga permanente do revestimento do piso de 154.5kgf/m<sup>2</sup> para quartos e 181.5 kgf/m<sup>2</sup> para banheiros, e para a laje de cobertura foi utilizado carga acidental de 50 kgf/m<sup>2</sup> e 181.5 kgf/m<sup>2</sup> de carga de revestimento.

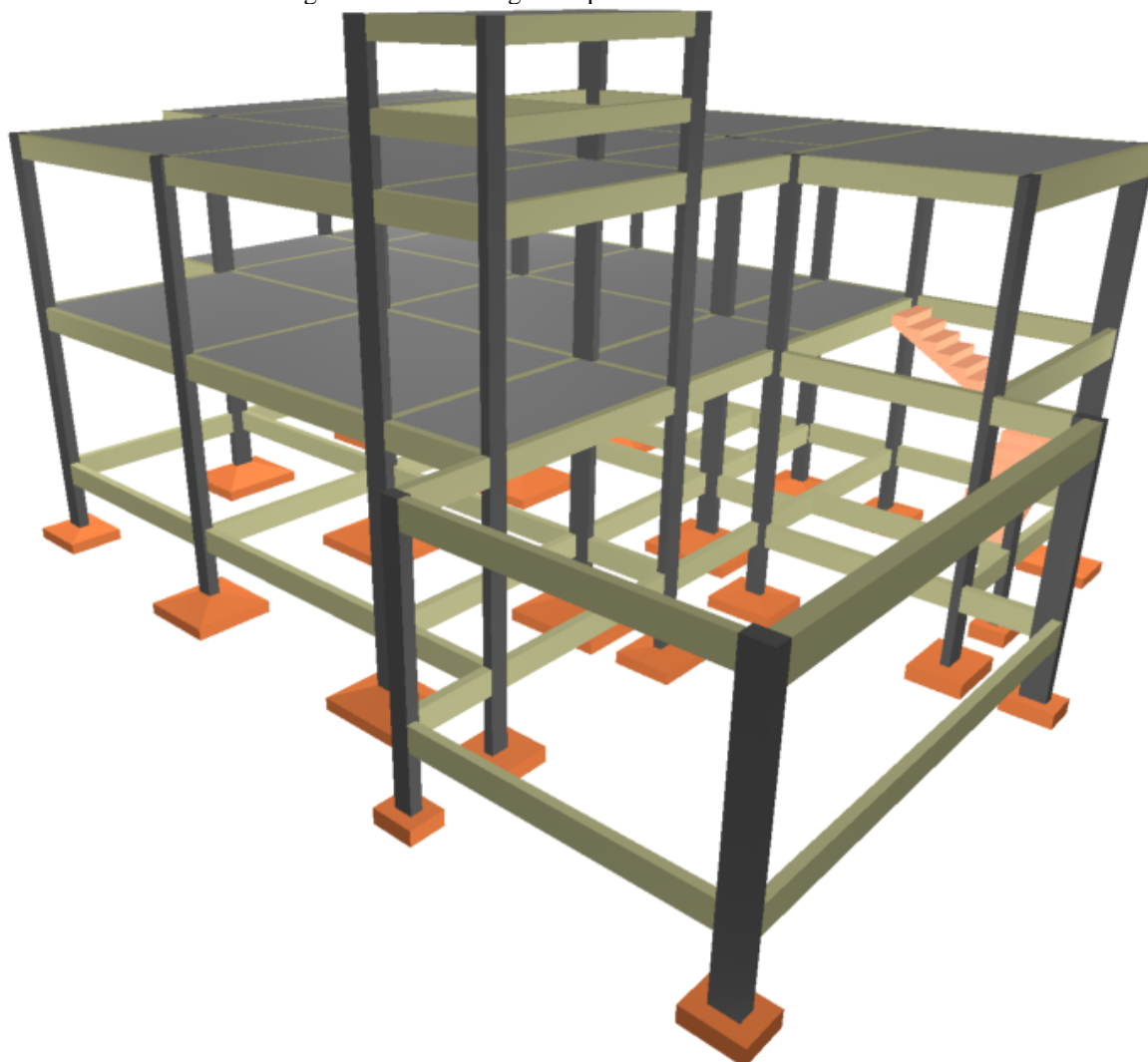
Para a laje suporte do reservatório foi considerado uma carga extra referente ao peso de uma caixa d'água de 1000 litros e para as lajes de cobertura foi considerado uma carga extra de 50 kgf/m<sup>2</sup> referente ao peso do telhado. Para a garagem do projeto foi considerado apenas a utilização de telhado sem laje, assim as cargas foram quantificadas de acordo com a área e distribuídas nas vigas que a suportam.

Finalizando o lançamento das cargas atuantes na estrutura e de acordo com o estabelecido pela arquitetura foi lançado as cargas de parede distribuídas linearmente sendo utilizado a carga de blocos cerâmicos vazados de 11,5 cm mais revestimento de 2x2 cm assim resultados em paredes e 15,5 cm de espessura.

Com a estrutura formada foi lançado a escada da edificação, apoiada em vigas no pavimento térreo, primeiro pavimento e no patamar, sendo inicialmente determinado espessura de 12 cm e escada do tipo fundo plano, de acordo com o determinado pela arquitetura, possuindo assim 2 lances em L e patamar intermediário.

Desta forma, é possível ter uma visualização da estrutura em seu modelo p3rtico 3D, conforme apresentado na Figura 7. Sendo possível realizar o primeiro processamento de cálculos e dimensionamento da estrutura permitindo analisar as necessidades apresentadas no projeto e realizar os devidos ajustes para sua otimização a partir do aumento da altura de vigas, engaste de lajes, rotulação do apoio de vigas sobre vigas e outros.

Figura 7: Pórtico 3D gerado pelo software Eberick 2020



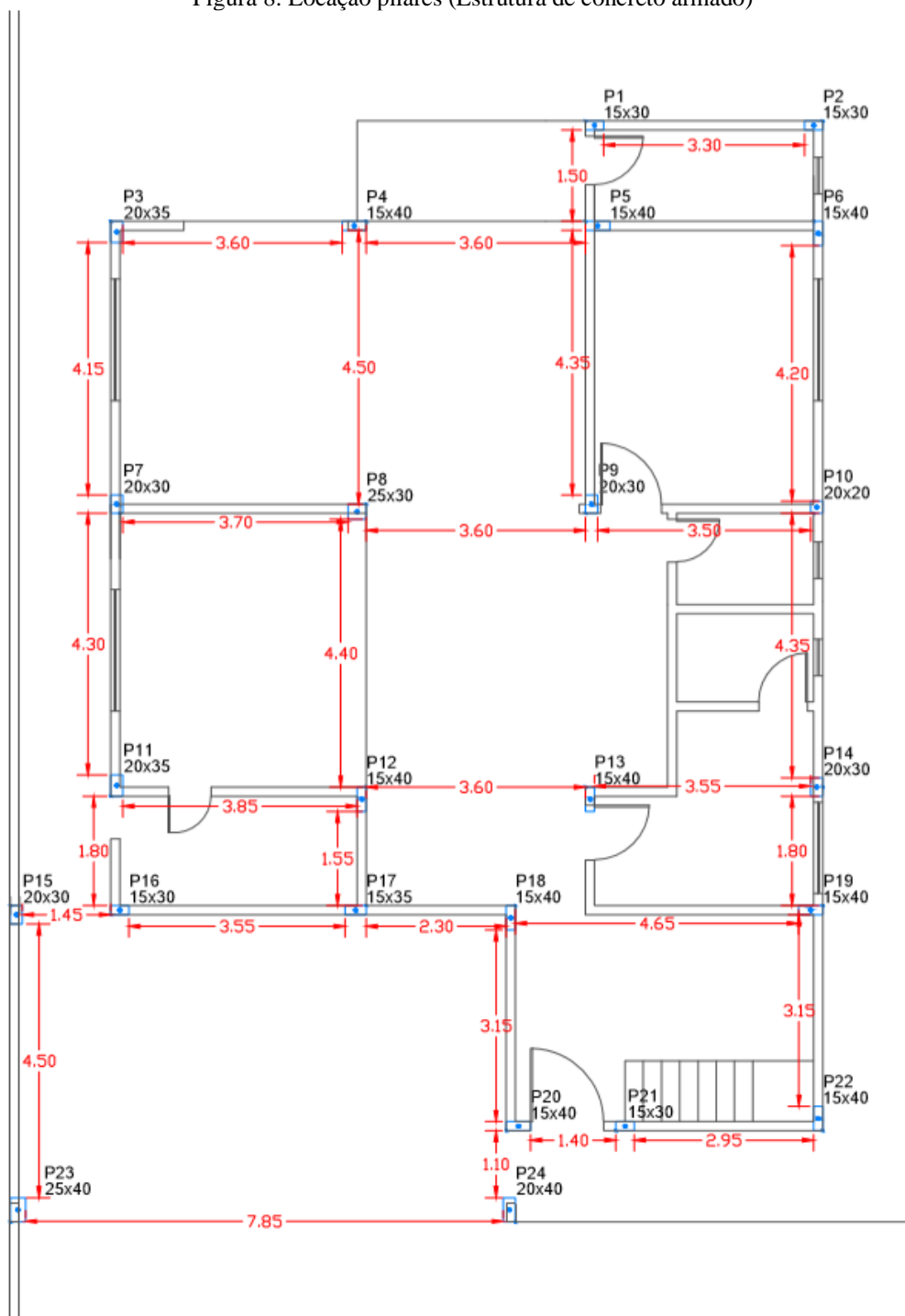
Fonte: Elaborado pelo autor

O software realiza a análise e dimensionamento da estrutura conforme as normas brasileiras e seu processo de cálculo utiliza o método de grelhas associado ao pórtico espacial. Para o processamento da estrutura foi possível realizar a análise estática linear, dimensionamento dos elementos, análise dinâmica da grelha, determinação de flecha nos pórticos e determinação de flecha nas lajes.

A partir do processamento da estrutura foi possível analisar o resultado do dimensionamento realizando as verificações de flechas, análise da deformação em grelhas, deslocamentos, armaduras e outros. Com a análise dos resultados foi realizado as devidas mudanças no projeto, visando atender as verificações não cumpridas e otimizar o desempenho estrutural. A locação e dimensões finais dos pilares são observadas na Figura 8.



Figura 8: Locação pilares (Estrutura de concreto armado)



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.2 Projeto em madeira serrada

Para o projeto em madeira foi utilizado tanto cálculo manual quanto auxílio do software Cype 3D 2019, onde a partir das plantas baixas realizadas para o projeto em estudo foi realizado o dimensionamento com auxílio de planilhas para dimensionamento do piso de madeira composto por tábuas e vigotas de madeira. As cargas do piso composto por tábuas e vigotas

foram lançadas juntamente com a carga de utilização da estrutura para o dimensionamento das vigas e pilares da estrutura no software Cype 3D.

O dimensionamento da estrutura em madeira foi realizado considerando os fatores da região do Tocantins e perfis de madeira disponíveis. Sendo assim a estrutura foi dimensionada com a utilização de madeira serrada sendo selecionados perfis de Itaúba para as tábuas do piso de madeira e Angelim Vermelho para as vigotas, vigas e pilares.

Em pesquisa realizada com empresas locais da cidade de Palmas – TO foi levantado a disponibilidade de cada perfil com suas dimensões e tipo de madeira, assim o projeto foi realizado utilizando apenas os perfis disponibilizados. Desta forma, para o cálculo do piso de madeira foi realizado a análise do vão máximo que as tábuas podem vencer respeitando as verificações estabelecidas em norma.

Os perfis de tábuas disponibilizados são de espessura 2,5 cm e largura variando de 5cm a 30cm com comprimento de até 5 metros e as madeiras são cedrinho e itaúba. Foi adotado a utilização de tábuas de itaúba com base de 20 cm e espessura de 2,5 cm para o dimensionamento dos pisos de madeira e foi realizado o dimensionamento para as mesmas condições de carregamento propostos na estrutura em concreto armado.

Todos os procedimentos de cálculo presentes na ABNT NBR 7190 (1997), foram realizados, determinando os valores de  $K_{mod}$  para correção das características resistentes da madeira bem como aplicado os coeficientes de segurança em suas características de resistência a compressão, tração e cisalhamento. O valor de  $K_{mod}$  é determinado a partir dos coeficientes  $K_{mod1}$ ,  $K_{mod2}$  e  $K_{mod3}$  que representam a correção das características mecânicas da madeira de acordo com o tempo de carregamento, umidade ambiente e categoria respectivamente.

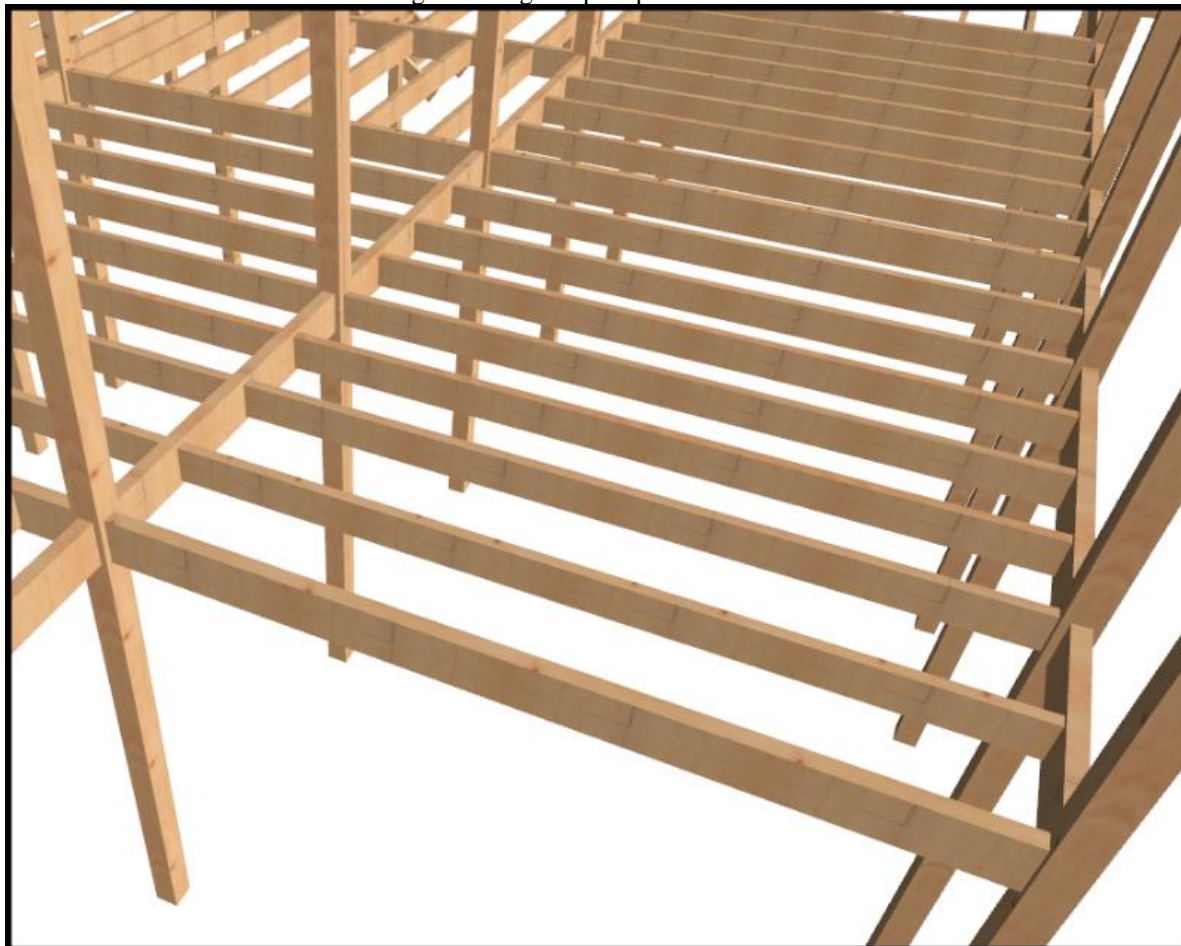
Desta forma, considerando as dimensões do perfil, características da madeira, cargas e sua área de influência e fatores de combinação dos carregamentos foi possível realizar as verificações quanto a flecha, cisalhamento, flambagem lateral e momento fletor na aba superior e inferior.

Assim, para as tábuas do piso, o fator determinante para o vão máximo, sendo este o espaçamento entre vigotas, foi a flecha. Logo o espaçamento entre vigotas adotado foi de 50cm respeitando os limites de flecha das tábuas e por fatores construtivos de forma a padronizar os espaçamentos entre todos os pisos conforme suas dimensões.

Determinado o espaçamento das vigotas foi possível realizar seu dimensionamento de acordo com a área de influência dos carregamentos e adicionando a carga permanente do peso próprio do piso de madeira calculado. Desta forma, foi determinado a seção mínima para a vigota de maior vão do projeto, sendo necessário utilizar as vigas de Angelim Vermelho com

6cm de base por 20cm de altura disponível no mercado, sendo utilizado em todos os vãos por questão de padronização do projeto como pode ser observado na Figura 9.

Figura 9: Vigotas para piso de madeira



Fonte: Elaborado pelo autor

Finalizado o dimensionamento das tábuas e vigotas que formam o piso da estrutura foi realizado o lançamento da estrutura completa com o auxílio do software Cype 3D lançando assim os pilares, vigas e carregamentos atuantes na estrutura. Desta forma foram lançados os carregamentos calculados do piso juntamente com seu peso próprio em panos de área formados pelas vigas, permitindo seu correto dimensionamento para o piso previamente calculado.

Os perfis de pilares e vigas disponíveis no período do estudo foram de angelim vermelho para os pilares com seção de 15x15cm e 20x20cm com comprimento de até 6 metros, enquanto as vigas também de angelim vermelho possuem seção de dimensão com 5x11cm, 5x14cm, 6x20cm, 8x25cm e 8x30cm e seu comprimento com até 8 metros.

Para a concepção do projeto estrutural de madeira foi considerado a mesma concepção realizada no projeto de concreto armado, sendo assim possível verificar as limitações

apresentadas em relação ao uso da madeira serrada quando comparado ao concreto armado. Seguindo a concepção estrutural foi realizado o cadastramento dos perfis disponíveis no programa e realizado o lançamento dos pilares com seção inicial de 15x15cm e as vigas com seção de 8x25cm.

Foram introduzidas as mesmas cargas utilizadas na estrutura de concreto armado considerando assim, mesmos carregamentos de utilização, revestimento e vedação. Também foi inserido o peso próprio do piso de madeira dimensionado, considerando assim o peso das tábuas e vigotas e realizado o processamento da estrutura a fim de analisar os resultados. Desta forma, foram realizados os ajustes estruturais necessários para o bom desempenho da estrutura realizada em madeira serrada e é possível ver seu pórtico 3D conforme apresentado na Figura 10.

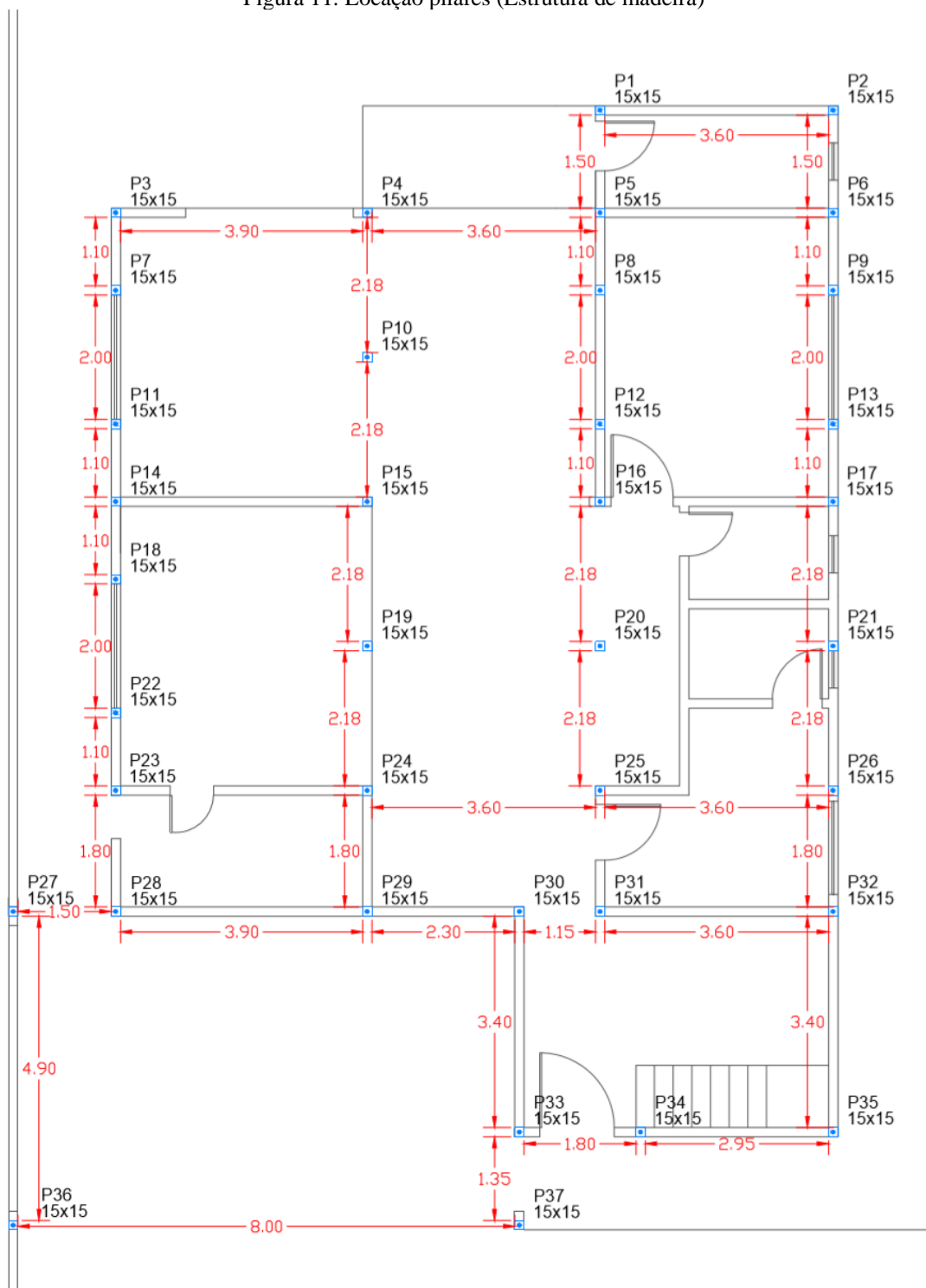
Figura 10: Pórtico 3D gerado pelo software Cype 3D



Fonte: Elaborado pelo autor

A locação final dos pilares de madeira após os devidos ajuste de dimensionamentos podem ser visualizados conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11: Locação pilares (Estrutura de madeira)



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.3 Orçamento

Para este trabalho foi determinado o custo dos materiais estruturais utilizados em ambas as estruturas. O custo de revestimentos, instalações, vedações, execução e fundação não foram contabilizados neste levantamento.

O custo dos telhados também não foi contabilizado por se tratar de estruturas semelhantes que não gerariam diferença para a comparação. Apesar de não serem considerados no orçamento, as cargas referentes ao telhado, revestimentos e vedações foram utilizados para o dimensionamento das estruturas.

Desta forma, o custo de cada material foi levantado a partir de pesquisa realizada com empresas fornecedoras da cidade de Palmas-TO e também com uma empresa de Curitiba-PR. Foi levantado o custo por Kg de cada bitola de aço utilizada, por metro cúbico do concreto de classe de resistência C25, metro quadrado de fôrma e também por metro das seções de madeira de acordo com o tipo de madeira (Itaúba e Angelim Vermelho).

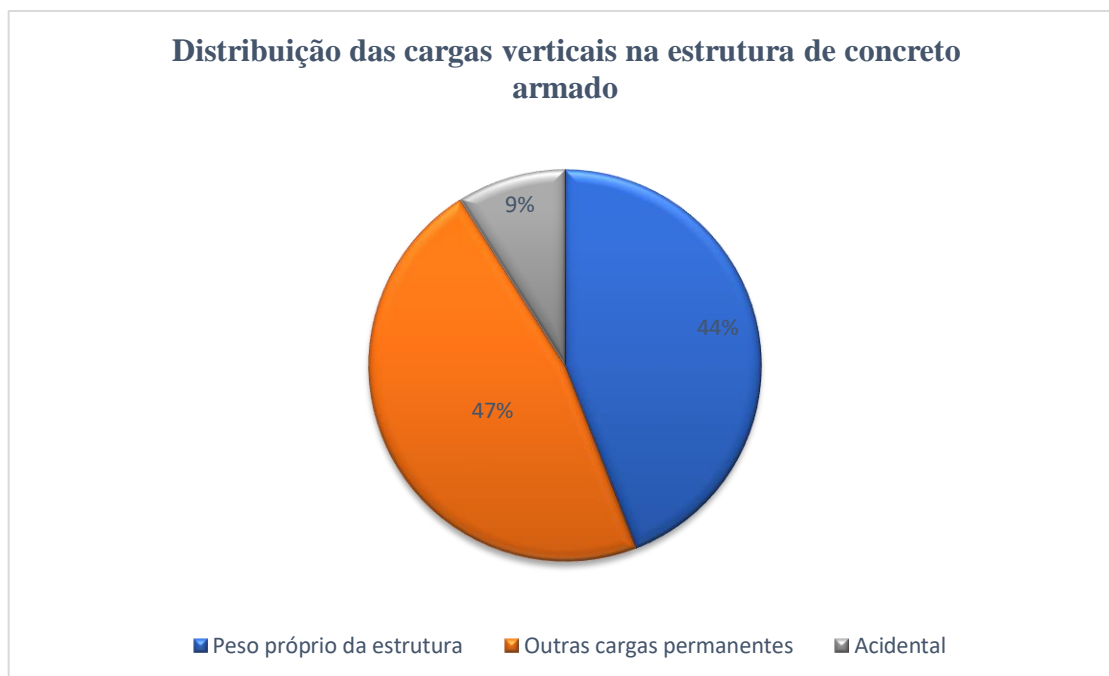
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Finalizados os projetos estruturais em concreto armado e madeira foi possível realizar o levantamento quanto a quantidade de elementos estruturais, dimensões, peso próprio, cargas nas fundações, custo de materiais e outros. Assim pode-se gerar os relatórios comparativos entre as estruturas e apontar aspectos positivos e negativos de cada escolha.

Conforme os parâmetros estruturais adotados para a análise comparativa serão considerados apenas os elementos estruturais sendo que o telhado da cobertura e da garagem não foram considerados, pois ambos possuem mesmo dimensionamento não apresentando assim diferença aos resultados. Apesar da estrutura do telhado não ser considerada, seus carregamentos foram adicionados no dimensionamento de ambas as estruturas.

Foi realizado o levantamento da distribuição das cargas verticais nas estruturas a fim de comparar a redução do peso próprio dos elementos estruturais e seu impacto no peso total da edificação. As cargas verticais na estrutura de concreto armado estão apresentadas no Figura 12 e Quadro 10.

Figura 12: Distribuição das cargas verticais na estrutura de concreto armado



Fonte: Elaborado pelo autor

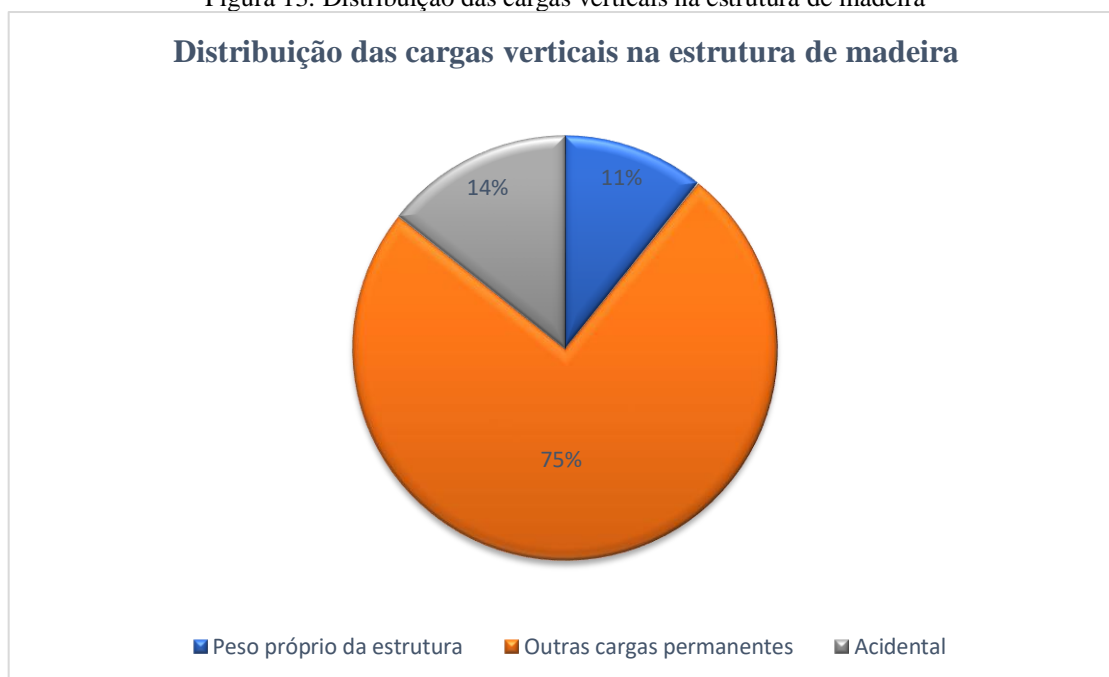
Quadro 10: Carregamentos na estrutura de concreto armado

<b>Ação</b>	<b>Carregamentos (tf)</b>	<b>Percentual (%)</b>
Peso próprio da estrutura	157,83	44,09%
Outras cargas permanentes	168,07	46,95%
Acidental	32,06	8,96%
<b>TOTAL</b>	<b>357,96</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se que a estrutura em concreto armado possui seu peso próprio correspondendo a quase 50% das cargas verticais da estrutura, estando essas cargas diretamente associadas ao dimensionamento das fundações. Da mesma forma, é possível analisar as cargas verticais da estrutura em madeira apresentadas no Figura 13 e Quadro 11.

Figura 13: Distribuição das cargas verticais na estrutura de madeira



Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 11: Carregamentos na estrutura de madeira

<b>Ação</b>	<b>Carregamentos (tf)</b>	<b>Percentual (%)</b>
Peso próprio da estrutura	24,2	10,79%
Outras cargas permanentes	168,07	74,92%
Acidental	32,06	14,29%
<b>TOTAL</b>	<b>224,33</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor



Nota-se que na estrutura de madeira houve uma redução considerável no peso próprio da estrutura devido a substituição do material utilizado. Desta forma, a estrutura em madeira obteve uma redução de 133,63 toneladas no peso da estrutura, o equivalente a uma redução de 84,67% no peso próprio e 37,33% no peso total.

A somatória dos carregamentos provenientes do peso próprio, cargas adicionais e acidentais é o carregamento total da estrutura, esse carregamento é distribuído nos pilares da estrutura que por sua vez transferem esses carregamentos para os elementos de fundação. Desta forma a substituição da utilização de uma estrutura de concreto armado por uma estrutura de madeira impacta diretamente no dimensionamento das fundações, tendo em vista que as fundações da estrutura de madeira serão dimensionadas para um carregamento equivalente a 62,67% do carregamento da estrutura de concreto armado.

Com a utilização da madeira disponível na região (madeira serrada) não possuindo perfis do tipo MLC ou painéis de CLT, foi necessário a utilização de um maior número de pilares do que na estrutura de concreto armado, pois existe a limitação apresentada pelas vigas de madeira devido ao seu tipo e seções disponibilizados, sendo assim, utilizados um total de 24 pilares para a estrutura de concreto armado e 38 pilares para a estrutura de madeira.

Essa limitação das vigas de madeira poderia ser contornada com a utilização de vigas de madeira industrializada do tipo MLC, que, segundo DIAS (2018) são destinados a vencer vãos de até 100 metros sem a utilização de apoios intermediários assim reduzindo o número de pilares utilizados.

Tendo em vista que um fator determinante para escolha da estrutura é o custo, foi realizado o levantamento do custo dos materiais utilizados na estrutura de concreto armado e madeira de acordo com o levantamento de materiais de cada projeto.

Vale ressaltar que para o projeto estrutural de madeira foi realizado o dimensionamento apenas dos elementos estruturais, portanto não foram realizados o dimensionamento das conexões. O quantitativo de materiais utilizados na estrutura de concreto armado tem seu levantamento representado com quantitativo de aço, concreto e fôrma separado por material e por elemento conforme o Quadro 12.

Quadro 12: Resumo por material e elemento

<b>Resumo por material e elemento</b>						
<b>Material</b>		<b>Vigas</b>	<b>Pilares</b>	<b>Lajes</b>	<b>Escadas</b>	<b>Total</b>
Peso total + 10% (kg)	CA50	826,78	710,2	1.127,4	42,5	2.706,88
	CA60	196,4	251,8	235,7	0,0	683,9
	Total	1.493,0	962,0	1.363,1	42,5	3.390,1
Volume concreto (m <sup>3</sup> )	C-25	17,2	8,6	34,6	1,4	61,8
Área de forma (m <sup>2</sup> )		373,5	184,8	290,8	13,1	755,4

Fonte: Elaborado pelo autor

Para as estruturas de madeira foi realizado um quadro com o resumo de madeira por comprimento conforme apresentado no Quadro 13, e outro com o resumo de madeira por elemento e seção conforme apresentados no Quadro 14.

Quadro 13: Resumo de madeira

<b>Estrutura de madeira</b>	
<b>Seção</b>	<b>Comprimento total</b>
30X8	50,2 m
25X8	286,6 m
20X6	473,2 m
15X15	227 m
20X2,5	1582,6 m

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 14: Resumo de elementos de madeira

Elemento	Seção	Comprimento (m)	Quantidade
Escada	30x8	1,2	20
		2,6	2
		2,75	2
Pilar	15x15	2	4
		3	3
		6	35
Tábuas	20x2,5	2	10
		3,7	47
		4	10
		4,65	78
		5	18
		6,65	40
		7,5	84
Vigas	30x8	7,5	1
		8	1
		2	5
	25x8	3	2
		3,5	1
		3,7	8
		4	6
		4,65	2
		5	6
		6,3	6
		6,5	1
		6,65	8
		7,5	5
		7,8	4
		8	1
Vigotas	20x6	1,65	12
		2	21
		3,5	10
		4	14
		6,3	12
		6,65	24
		7,8	14

Fonte: Elaborado pelo autor

Para levantamento do custo dos materiais foi realizado pesquisa com empresas de materiais de construção civil da região de Palmas-TO. Desta forma foram realizadas planilhas de cálculo com os materiais utilizados e preços ofertados. O custo dos materiais utilizados na estrutura de concreto armado está representado no Quadro 15 e Quadro 16, e o custo dos perfis de madeira no Quadro 17.

Quadro 15: Custo de aço por bitola

<b>Aço</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Custo/kg</b>
CA50	6,3	R\$ 4,27
CA50	8,0	R\$ 4,48
CA50	10,0	R\$ 4,17
CA50	12,5	R\$ 4,00
CA50	16,0	R\$ 4,00
CA60	5,0	R\$ 3,85

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 16: Custo de fôrmas

<b>Fôrma</b>	<b>Custo/m<sup>2</sup></b>
Viga	R\$ 46,70
Pilar	R\$ 51,65
Laje	R\$ 44,27
Escada	R\$ 44,27

Fonte: Elaborado pelo autor

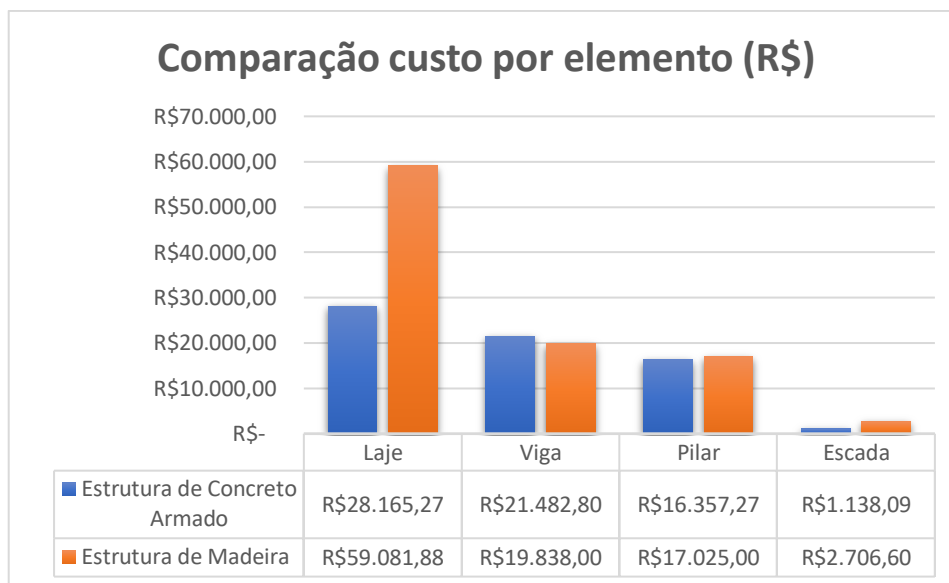
Quadro 17: Custo de elementos estruturais de madeira em Palmas-TO

<b>Tipo</b>	<b>Madeira</b>	<b>Seção</b>	<b>Custo/metro</b>
Pilar	Angelim Vermelho	15x15	R\$ 75,00
Viga	Angelim Vermelho	20x6	R\$ 37,90
		25x8	R\$ 65,00
		30x8	R\$ 78,00
Tábuas	Itaúba	20x2,5	R\$ 26,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Também foi realizado a pesquisa para o valor do concreto C25 que pode ser encontrado na região pelo valor de R\$ 275,00/m<sup>3</sup>. Dessa forma com o quantitativo dos materiais de cada obra e respectivos custo foi possível elaborar o custo de materiais e compará-los conforme apresenta a Figura 14.

Figura 14: Comparação de custo por elemento



Fonte: Elaborado pelo autor

Para a análise comparativa vale ressaltar que o piso composto por tábuas e vigotas na estrutura de madeira foi comparado como laje. Assim, obteve-se um custo total de materiais de R\$ 98.651,48 para a estrutura de madeira e R\$ 67.143,43 para a estrutura em concreto armado.

Percebe-se que quanto ao custo com materiais a estrutura em concreto armado possui um custo de R\$ 31.508,05 a menos, ou seja, 31,94% menor do que a estrutura realizada em madeira. Apesar de a estrutura em concreto armado possuir um menor custo com materiais não é possível determinar qual das estruturas seria a escolha mais econômica, pois para isso é necessário realizar uma análise de outros fatores que impactam diretamente no custo.

Nota-se que a maior diferença de custo entre as estruturas está presente na comparação do piso de madeira com a laje em concreto armado. Está diferença se da devido o piso de madeira realizar não apenas a função estrutural como também o acabamento final sem a necessidade de revestimentos, enquanto para a laje em concreto armado ainda deve ser realizado a regularização do piso com argamassa e aplicação de revestimento de piso (cerâmica, porcelanato, etc.). Acredita-se que ao contabilizar os revestimentos para o concreto armado, tendo assim seu acabamento final como o piso de madeira, seus custos se equipararão.

Para uma análise de custo mais completa é importante contabilizar esses fatores que impactam diretamente no custo, como a reutilização de fôrmas, uma vez que estas possuíram grande impacto no custo da estrutura de concreto armado por não terem sido consideradas reutilizações. Também é necessário realizar o dimensionamento das fundações e analisar o impacto econômico da redução do peso total da estrutura de madeira que é 37,33% mais leve

que em concreto armado.

Outro fator importante a ser considerado é o custo de manutenção de uma estrutura de madeira, tendo em vista que está necessita de tratamentos periódicos para proteger de agentes biológicos enquanto uma estrutura de concreto armado em seu estado íntegro não necessita de manutenções. Também um fator que tem grande participação no custo final de uma obra é o custo a mão de obra. Para estruturas de madeira, apesar de possuir mão-de-obra mais cara, a produtividade é maior com relação a uma estrutura de concreto armado.

Por considerar o custo dos elementos de madeira em Palmas-TO acima do esperado, foi realizado orçamento do custo de madeira com uma empresa de Curitiba-PR. De acordo com o custo por metro cúbico fornecido pela empresa foi organizado o custo por metro de cada elemento estrutural utilizado conforme apresentado no Quadro 18.

Quadro 18: Custo de elementos estruturais de madeira em Curitiba-PR

<b>Tipo</b>	<b>Madeira</b>	<b>Seção</b>	<b>Custo/metro</b>
Pilar	Angelim Vermelho	15x15	R\$ 60,75
Viga	Angelim Vermelho	20x6	R\$ 32,40
		25x8	R\$ 54,00
		30x8	R\$ 64,80
Tábuas	Itaúba	20x2,5	R\$ 18,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Desta forma, o custo total de materiais da estrutura de madeira em Curitiba-PR foi de R\$ 76.338,09, sendo uma redução de R\$ 22.313,39 em relação ao custo da madeira apresentada em Palmas-TO, redução esta equivalente a 20,62%. Ao comparar com o custo da estrutura de concreto armado a estrutura de concreto armado apresenta uma redução de apenas R\$ 9.194,66, ou seja, uma redução de 12,04%.

Esta pesquisa realizou apenas a comparação de custo de materiais com a utilização de madeira serrada. Uma opção para reduzir o custo da estrutura de madeira é a utilização de MLC. Doetzer et al. (2015) realizou um estudo de caso com a comparação estrutural entre a utilização de madeira serrada e MLC para a edificação de um restaurante, onde obteve-se uma economia de 29,21% ao utilizar MLC quando comparada a madeira serrada.

## 5 CONCLUSÃO

Com a presente pesquisa foi possível comprovar e quantificar a redução do peso da estrutura de madeira serrada quando comparado a estrutura de concreto armado, tendo uma redução de 84,67% no peso próprio e 37,33% no peso total da estrutura. Essa redução se deu devido a substituição do concreto armado pela madeira por ser um material de menor densidade.

Foi possível determinar que para a utilização de madeira serrada com os perfis disponíveis na região do Tocantins, a estrutura de madeira necessita de um maior número de pilares quando comparado à estrutura de concreto armado; tendo sido utilizado um total de 24 pilares para o concreto armado e 37 pilares para a de madeira devido a fatores limitantes das vigas de madeira disponível na região para os vãos de projeto.

Apesar de a estrutura de madeira utilizar maior número de pilares que a estrutura de concreto armado, a seção utilizada é de 15x15 enquanto para os pilares de concreto armado as menores seções utilizadas foram de 15x30 e 20x20.

Também pode-se concluir que para comparação do custo de materiais da superestrutura, a estrutura de concreto armado apresentou maior economia, gerando um custo total de R\$ 67.143,43 enquanto que a estrutura de madeira gerou um custo de R\$ 98.651,48, sendo assim uma economia de 31,94% em materiais para a estrutura de concreto armado.

Esta conclusão refere-se apenas ao custo de materiais, sendo que, para análise total de qual estrutura seria mais econômica se faz necessário a contabilização do custo com fundações, onde estima-se que a estrutura de madeira possua maior economia devido a redução do peso e também do custo com execução.

Além disso, na região de Palmas-TO a madeira apresentou um custo elevado quando comparada ao custo em Curitiba-PR. Desta forma, o custo da estrutura em Curitiba-PR apresentou uma economia de 20,62% em comparação com o custo de Palmas-TO, totalizando R\$ 22.313,39 e gerando grande impacto em sua comparação com a estrutura de concreto armado.

Para estudos posteriores sugere-se buscar a comparação com quantitativo em fundações, utilização de outros métodos construtivos para o piso em madeira, comparação com utilização de perfis de MLC e/ou painéis de CLT, custo de manutenção de estruturas de madeira e principalmente levantamento de custo de execução de ambas as estruturas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Filipe André Leitão. **A Madeira como Material Estrutural – Projeto da Estrutura da Cobertura de um Edifício**. Orientador Prof. Dr. Afonso António de Serra Neves. Mestrado Integrado em Engenharia Civil – 2011/2012 – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/72613/1/000155383.pdf>> Acesso em: 9 mai. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, **ABCP**, 2002. Disponível em <<http://www.abcp.org.br/>> Acesso em: 18 ago. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014. 238 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 1980. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14276: Brigada de incêndio – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2006. 37 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Projeto de Revisão - NBR 14276: Brigada de incêndio – Requisitos e procedimentos. 2018. 46 p.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

BAHIA, Marina Santos. **Biodeterioração e a durabilidade da madeira: estudo de aspectos construtivos em Campo Mourão-Pr**. Orientador Prof. Profª Drª Fabiana Goia Rosa de Oliveira. 2015/ Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campo Mourão, Paraná, 2015. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6768/1/CM\\_COECI\\_2015\\_2\\_29.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6768/1/CM_COECI_2015_2_29.pdf)

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru, 2006. 92 p. Apostila. Faculdade de Engenharia. Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>> Acesso em: 3 mai. 2019.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Lajes de concreto armado**. Bauru, 2015. 119 p. Apostila. Faculdade de Engenharia. Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <<http://www.pbastos.feb.unesp.br/concreto1/Lajes.pdf>> Acesso em: 3 mai. 2019.

BATTAGIN, Arnaldo Forti **Uma breve história do cimento Portland**. Disponível em: <<https://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia-do-cimento-portland/>> Acesso em: 6 mai. 2019.

BENEVENTE, V.A. (1995). **Durabilidade em construções de madeira - uma questão de projeto**. São Carlos. 231p. Dissertação (Mestrado) – EESC, USP.



BRITO, L.D. **Patologia em estruturas de madeira: metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação**. Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

CARPINTERIA MADEIRA INTELIGENTE. **CONHEÇA AS VANTAGENS DA MLC – MADEIRA LAMINADA COLADA (GLULAM)**. Disponível em: [https://carpinteria.com.br/2018/11/02/conheca-as-vantagens-da-mlc-madeira-laminada-colada/?utm\\_medium=website&utm\\_source=archdaily.com.br](https://carpinteria.com.br/2018/11/02/conheca-as-vantagens-da-mlc-madeira-laminada-colada/?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com.br). Acesso em: 4 dez. 2019.

**Comparação entre soluções estruturais utilizando madeira serrada e madeira laminada colada para edifícios comerciais de grandes vãos internos**. Disponível em: [http://www.dcc.ufpr.br/NoVoS1T3/wp-content/uploads/2019/07/TFC.Cesar\\_.Glaudencio.Tarcyziiofinal.pdf](http://www.dcc.ufpr.br/NoVoS1T3/wp-content/uploads/2019/07/TFC.Cesar_.Glaudencio.Tarcyziiofinal.pdf). Acesso em: 4 dez. 2019.

CORREIA, Emanuel André Soares **Análise e dimensionamento de estruturas de madeira**. Orientador Prof. Dr. Rui Manuel Carvalho Marques de Faria. Mestrado Integrado em Engenharia Civil – 2008/2009 – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009. Disponível em: < <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59338/1/000136915.pdf> > Acesso em: 10 mai. 2019.

DOETZER, CESAR HAUER; NETO, GLAUDENCIO KOLCZYCKI; KOERNER, TARCYZIO CEZAR. **COMPARAÇÃO ENTRE SOLUÇÕES ESTRUTURAIS UTILIZANDO MADEIRA SERRADA E MADEIRA LAMINADA COLADA PARA EDIFÍCIOS COMERCIAIS DE GRANDES VÃOS INTERNOS**. 2015. Disponível em: [http://www.dcc.ufpr.br/NoVoS1T3/wp-content/uploads/2019/07/TFC.Cesar\\_.Glaudencio.Tarcyziiofinal.pdf](http://www.dcc.ufpr.br/NoVoS1T3/wp-content/uploads/2019/07/TFC.Cesar_.Glaudencio.Tarcyziiofinal.pdf). Acesso em: 7 dez. 2019

HELLMEISTER, J. C. (1973). **Sobre a determinação das características físicas da madeira**. São Carlos, 161p. Tese (Doutorado) – EESC, USP.

ISHIKURA, Juliano Takeo. **Sistema de construção japonesa em madeira**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus Experimental de Itapeva, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/155615>>. Acesso em: 17 abr. 2019.

LELIS, A. T.; BRAZOLIN, S.; FERNANDES, J.L.G.; LOPEZ, G.A.C.; MONTEIRO, M.B.B.; ZENID, G.J. (2001). **Biodeterioração de madeiras em edificações**. ISBN 85-09- 00115-4. IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo.

MACHADO, José Saporiti; CRUZ, Helena; NUNES, Lina. **MITOS E FACTOS RELACIONADOS COM O DESEMPENHO DE ELEMENTOS DE MADEIRA EM EDIFÍCIOS**. LNEC, Lisboa, Volume, n. 3, maio/2003

MUHLBAUER, F.C.; RAZEIRA, S.P. (2001) **Conservação e Restauração de madeira na arquitetura Brasileira**

PELLI, V. S. Notas para uma Tecnologia Apropriada à Construção na América Latina. In MASCARÓ L. Tecnologia e Arquitetura (org.)5 ed. São Paulo: Nobel, 1989. p. 57-64

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de madeira**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 241 p.

PINTO, Edna Moura.; CALIL, Carlito Jr. **Resistência Mecânica de Estruturas de Madeira em situação de Incêndio: Proposta para a inclusão em Anexo da NBR 7190**, São Carlos, ISSN: 18066097, 2004. 7 p.

SOUZA, Marta Francisca Suassuna Mendes De; RODRIGUES, Rafael Bezerra. **Sistemas estruturais de edificações e exemplos**. Orientador Prof. Dr. Nilson Tadeu Mascia. Departamento de Estruturas – DES. Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2008. 93 p. Disponível em:<[http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas\\_estruturais\\_grad.pdf](http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas_estruturais_grad.pdf)> Acesso em: 11 mai. 2019.

VARELA, Noel; VIEIRA, Fernando Sales. **Cimento: uma matéria-prima essencial no fabrico de argamassas**. Disponível em:<<https://www.apfac.pt/congresso2005/comunicações/Paper%2037.pdf>> Acesso em: 15 mai. 2019.