



FACULDADE FASIFE

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**SISTEMA ALTERNATIVO E SUSTENTAVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL –
MADEIRA NO CANTEIRO DE OBRA**

TONY MARC DE LIMA

**CUIABÁ/MT
JANEIRO/2022**



FACULDADE FASIPE

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

SISTEMA ALTERNATIVO E SUSTENTAVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL – MADEIRA NO CANTEIRO DE OBRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Corpo Docente da Faculdade Fasipe como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aluno: Tony Marc de Lima

Orientador: Prof. Esp. André Luis Moreira

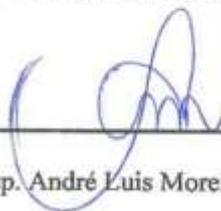
CUIABÁ/MT
JANEIRO/2022

**SISTEMA ALTERNATIVO E SUSTENTAVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL –
MADEIRA NO CANTEIRO DE OBRA**

TONY MARC DE LIMA

TRABALHO DE GRADUAÇÃO APRESENTADO AO CORPO DOCENTE DA
FACULDADE DE ENGENHARIA DA FASIPE CPA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. André Luis Moreira (a)



Prof. Esp. Cristiano Zandoná dos Santos (a)



Prof. Msc. Nayra Nalessa de Campos
Monteiro

Cuiabá/MT, 28 de Janeiro de 2022

Dedico esse trabalho de conclusão de curso a minha família que pacientemente contribuiu para o seu desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a minha família que esteve em todos os momentos no decorrer desta jornada acreditando na minha capacidade.

MARC DE LIMA, TONY. **SISTEMA ALTERNATIVO E SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL**: Madeira. 2022. Número total de folhas 33. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia civil) – Faculdade Fasipe, Cuiabá, 2021.

RESUMO

Este trabalho visa descrever as vantagens e alternativa para a utilização de madeira em canteiros de obra seja para construção de casas ou elementos que auxiliem o homem. Ressaltando a importância da sustentabilidade na construção civil devido aos vários benefícios que a mesma apresenta, tanto ecologicamente, quanto economicamente, assim rompendo barreiras frente ao método construtivo e pré-conceituais, pois permite zerar desperdícios desnecessários e sem deixar resíduos degradáveis. Isto é expor um sistema construtivo de qualidade, com muita rapidez, durabilidade, resistente e versátil. Principalmente tendo a melhor relação custo e benefício já visto no mercado da construção civil e é composto por perfis de madeiras reflorestáveis. Sendo assim este trabalho busca propagar o sistema alternativo e sustentável na construção civil com a madeira já é usado em outros países há muitos anos e no Brasil apesar da sua representatividade ainda pequena, este cenário tem avançado. Apresentar suas principais qualidades mostrando sempre que pode ser alcançado e utilizado em qualquer canteiro de obra, pois são de fundamental importância para qualquer tipo de construção assim incentivando os profissionais da área a se qualificarem para levar com mais agilidade e facilidade ao mercado da construção civil.

Palavras-chave: *Construção civil; sustentabilidade; madeira; wood frame, madeira laminada colada.*

MARC DE LIMA, TONY. **ALTERNATIVE AND SUSTAINABLE SYSTEM IN CIVIL CONSTRUCTION: Wood.** 2022. Total number of sheets 33. Course Conclusion Paper - Faculdade Fasipe, Cuiabá, 2022.

ABSTRACT

This work aims to describe the advantages and alternative for the use of wood in construction sites, either for the construction of houses or elements that help man. Emphasizing the importance of sustainability in civil construction due to the various benefits that it presents, both ecologically and economically, thus breaking barriers in front of the constructive and preconceptual method, as it allows zeroing unnecessary waste and without leaving degradable residues. This is to expose a quality construction system, very fast, durable, resistant and versatile. Mainly having the best cost and benefit ratio ever seen in the civil construction market and it consists of reforestable wood profiles. Therefore, this work seeks to propagate the alternative and sustainable system in civil construction with wood, which has been used in other countries for many years and in Brazil, despite its small representation, this scenario has advanced. To present its main ones, always showing that it can be reached and used in any construction site, as they are of fundamental importance for any type of construction, thus encouraging professionals in the area to be qualified to take the civil construction market more quickly and easily.

Keywords: Construction; sustainability; Wood; wooden frame, glued laminated wood.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Estrutura do isolamento – Processo de carbonização 15
- Figura 2** – Madeiras 17
- Figura 3** – Estrutura celular – coníferas 19
- Figura 4** – Estrutura celular – Dicotilédones 20
- Figura 5** – a) Madeira laminada colada b) Shopping Iguatemi fortaleza 21
- Figura 6**– Estrutura em MLC 22
- Figura 7**– Modelo de construções seguido pela Tecverde 24
- Figura 8** – Condomínio fechado casa unifamiliar 25
- Figura 9** - Condomínio fechado de casas populares 25
- Figura 10**– Casa de alto padrão 26
- Figura 11** – Área de floresta plantada 27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades de alguns materiais de construção 16

Tabela 2 – Os principais compostos da madeira que existe no mercado do Brasil 17

Tabela 3 – Consumo de energia de cada produção 28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
NBR	Norma Brasileira

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVO GERAL.....	13
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4. JUSTIFICATIVA	14
5 METODOLOGIA.....	14
6. DEFINIÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DA MADEIRA	15
7. DOIS PRINCIPAIS MÉTODOS DE TECNOLOGIA CONSTRUTIVA.....	21
7.1 MDL (MADEIRA LAMINADA COLADA).....	21
7.2 WOOD FRAME	23
8. AS VANTAGENS DO USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUSTENTABILIDADE.....	28
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
10. REFERÊNCIA	31-34

1. INTRODUÇÃO

Todos os dias são criados novos produtos de madeira e respectivas utilizações contrariando toda a ideia, que muitas pessoas ainda tem, por ser um material tradicional e usado por décadas pelo homem sem muitas modificações, vastamente conhecido e trabalhado com uma base conhecida sobretudo empírica. Portanto essa ideia não corresponde à realidade do final da segunda guerra mundial, onde surgiram novos materiais derivados da madeira. O espalhamento de novos sistemas construtivos e o desenvolvimento de regras com dimensionamento mais objetivo, que veio a fazer parte do século XXI.

Pode se notar a multiplicidade de novos produtos gerados de madeiras processadas (*engineered wood products*), tendo características bastante interessantes sob o ponto de vista da forma, dimensões, aspectos e, sobretudo, Características físicas e mecânicas. Portanto técnicas de ligação modificaram-se igualmente em uma evolução muito importante, produzidas no desenvolvimento de colas de grande resistência e durabilidade e também no desenvolvimento de ligadores e ligações mais eficiente.

Quanto a durabilidade da madeira, temos conhecimento de espécies comerciais, com informações de como deve ser aplicada, conservada e protegida para que possa prolongar sua vida útil.

Hoje dispomos de projetos de estruturas com modernos cálculos e de um extenso conjunto normativo, que nos permitem fazer da madeira concorrência com outros materiais de construção, podemos especificar o material, caracterizar e verificar o seu desempenho de modo objetivo.

Quais as maneiras alternativas do uso da madeira na construção civil de modo a manter a sustentabilidade da atividade?

2. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desse tema é apresentar a estrutura da madeira e as formas de construção que utilizam a madeira como alternativa, considerando a origem e o destino de cada parte desta, com vistas a manter a sustentabilidade na construção civil.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para tantos, os objetivos específicos utilizados são: Apresentar a definição e especificação da madeira; descrever dois principais métodos tecnológicos construtivo; contextualizar as vantagens do uso da madeira na construção civil e sustentabilidade.

A madeira como material para construção civil se destaca em diversos pontos, devido suas características físicas, que traz suavidade na construção. E portanto a madeira sendo produto renovável e natural, Se utiliza um baixo consumo energético na sua produção, já os produtos industrializados é o contrário gastam mais energia em sua produção.

- Apresentar as especificações e estrutura da madeira
- Descrever as propriedades físicas que influenciam as propriedades mecânicas;
- Explicar a sustentabilidade no uso da madeira na construção civil.

4. JUSTIFICATIVA

O Brasil possui uma extensa área territorial e possui uma parte dessa área coberta por floresta nativa e reflorestamento. Na região norte temos a floresta nativa e reflorestamento de teca e ao sul, grandes áreas plantadas seja reflorestamento do tipo Araucária, Eucalipto e Pinus, assim tem-se um potencial material para construção de habitações.

A utilização da madeira proveniente de florestas plantadas encaminha a uma forma racional de uso dos recursos naturais renováveis.

Para a utilização desse material faz-se necessário projetos de exploração como, manejo florestal, corte raso, exploração seletiva, expedidos pelos órgãos ambientais federais, estaduais e municipais de cada região.

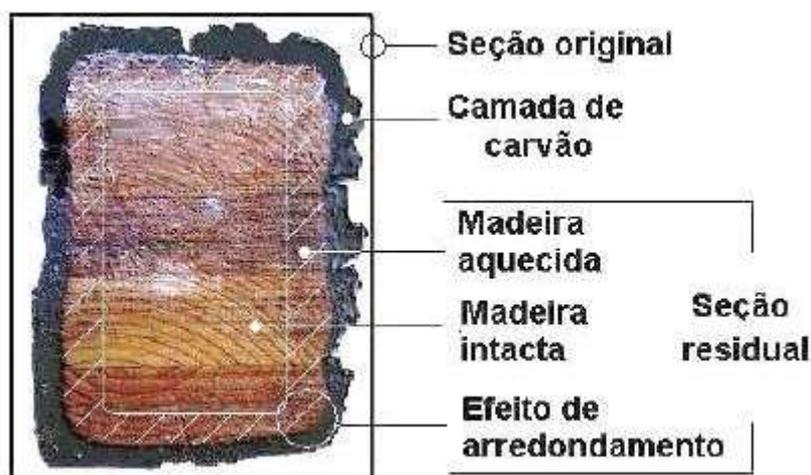
5 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi baseada em levantamentos bibliográficos que levaram ao final dos estudos, obter o maior número de informações sobre sistema alternativo e sustentável na construção civil – madeira. Para realização dessa pesquisa foram utilizadas matérias encontradas por meios eletrônicos, como artigos científicos, revistas, manuais, trabalhos e relatórios de cunho acadêmico, visto que, por se tratar de um trabalho bibliográfico fez-se necessário a reunião de diversas informações pertinentes ao tema escolhido. As principais bases de dados acessadas foi: Scielo, Google Acadêmico e Periódicos Capes. Procurou-se materiais mais recentes dando preferência a artigos e trabalhos publicados a partir de 2010. Apesar disso, parte dos conceitos foram retirados de documentos com base relacionados ao tema e publicados em anos anteriores. As principais palavras-chave utilizadas foram: Sustentabilidade, Estabilidade, Durabilidade, Madeira Construção civil Cerne, Alburno, lenho, teor de umidade e massa específica.

6. DEFINIÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DA MADEIRA

De acordo com Ritter (1992) A madeira é conhecida popularmente como um material vulnerável ao fogo. Ou seja, sua capacidade de resistência ao fogo é muito baixa, contudo não é dessa forma que a madeira se comporta quando ela é exposta. Pois quando a madeira é carbonizada as camadas externas entra em um processo de isolamento térmico tornando o processo de carbonização lenta e impedindo que o fogo atravesse a camada interna conforme a Figura 1.

Figura 1 – Estrutura do isolamento - Processo de carbonização



Fonte: (Ritter,1992)

A madeira é um material de qualidade com eficácia em resistência térmica superior a outros materiais utilizadas na construção civil. No Brasil existe equivalente 9 milhões de hectares remanejados junto ao setor florestal e é considerado uma das maiores economias do país alcançando 65 milhões por ano de acordo com Consufor. é uma organização de consultoria em negócios e estratégias. Um especialista nos setores da indústria da madeira, papel e celulose, bioenergia, siderurgia, floresta e agronegócio. O setor florestal ganhou incentivo fiscal do governo brasileiro nos anos 60 que visavam cultivar algumas espécies como o eucalipto (*Eucalyptos spp*). Eucalipto chegou no Brasil em 1903 com o propósito de ser utilizado apenas para os dormentes de trem. Já o pinus (*Pinus spp*) chegou em 1947. (PITZAHN,2016).

O Brasil possui uma extensa floresta nativa e de reflorestamento da América Latina. Na região norte temos a floresta nativa e ao sul, grandes áreas plantadas seja reflorestamento do tipo Eucalipto e Pinus, assim tem-se um potencial material para construção de habitações. Para a utilização desse material faz-se necessário projetos de exploração como, manejo florestal, corte raso, exploração seletiva, expedidos pelos órgãos ambientais federais, estaduais e municipais de cada região. (PITZAHN,2016).

De acordo com Melo (2007) A madeira sempre esteve presente na vida humana desde seus primordiais sendo utilizada para a construção de abrigo, fonte de energia e sustento. Através da madeira foi possível o desenvolvimento das civilizações para a construção de casas e abrigos. Os troncos foram utilizados para a construção de estruturas para garantir resistência e proteção. A utilização da madeira na construção de abrigo tornou fundamental para que se pudesse constituir novas técnicas de construção para formar os povoados, hoje conhecido como cidades. A madeira é um elemento extraído do tecido vegetal com perfil intrínseco estabelecidas pela fisiologia das árvores conforme a tabela 1.

Tabela1 – Propriedades de alguns materiais de construção

Material	$\rho(t/m^3)$	$F(MPA)$	F/ρ
Madeira a tração	0,5 – 1,2	30 – 110	60 – 90
Madeira a compressão	0,5 – 1,2	30 – 60	50 – 60
Ação a tração	7,85	250	32
Concreto a compressão	2,5	40	16
Nota : ρ= massa específica; F=χresistência característica			

Fonte: Dias e bastos (2016)

A madeira foi o primeiro material utilizado na construção civil, logo depois se tornou o segundo material utilizado na construção civil pois novas tecnologias de construção foram surgindo ao longo do tempo, afim de inovar o mercado da construção. Embora a madeira esteja em segundo lugar em utilização na construção civil, ela sempre é requerida nos canteiros de obra para o auxílio na construção. E são utilizadas como peças fundamentais no canteiro de obra. As madeiras são funcionais e servem como escoramento, formas, esquadrias, andaimes e barracões conforme a Tabela 2. Elas também podem ser utilizadas para a construção permanentes. Ou seja, para a construção

de coberturas, mobiliário, fundações ou edificação. (Martins,2003).

Tabela 2 - Os principais produtos da madeira que existe no mercado do Brasil.

Material	Definições
Madeira	Serrada, Roliça, Pranchas e Pranchões, Vigas e Vigotas, Tábuas e Caibros.
Madeira Beneficiado	Assoalho, Forro, Batente, Rodapé, Taco, Madeira em Laminas.
Painéis	Compensado
Chapas de fibra	Chapadura
Chapas de fibra	MDF (Densidade média)
Chapas de partículas	Aglomerado
Chapas de partículas	MDP (Densidade média)
Chapas de partículas	OSB (Painéis de partículas orientadas)
Madeira estrutural composta	Madeira “Engenheirada”
Madeira tratada	Sistema de proteção

Fonte: Dias e bastos (2016)

A madeira é um recurso natural da natureza sendo um material heterogêneo que contém diversos tipos de células que podem classificar diferentes madeiras. As células são impressões e registros que uma planta contém no sentido radial, tangencial e longitudinal, ligadas entre si pela lignina, formando o tecido lenhoso. As alterações nas composições químicas, físicas e anatômicas da madeira são comuns e ocorrem em grande escala em decorrência da idade, fatores genéticos e ambientais (COSTA,2001).

Figura 2 – Madeiras



Fonte: Gesualdo (2003)

De acordo com Bessa (2009) a ação mecânica da madeira é ligada à sua estrutura celular. Deste modo a madeira se torna um gênero próprio do tecido xilemático dos vegetais superiores situado no tronco e galhos das árvores, com células hábil na sustentação e condução de seiva.

O xilema como é chamado é um tecido vascular vegetal formado por elementos condutores de água e um conjunto de células com forma e encargo diferenciadas. E os componentes mecânicos lenhificados do xilena é convertido em madeira para produzir água nas plantas vasculares. (COSTA,2001).

Segundo Burger (1991) a madeira é um material fibrosa, ou seja, de natureza celulósica que é constituído por uma estrutura sólida com troncos, ramos e raízes da árvore, arbustos e diversos tipos de plantas lenhosas. O tronco arbóreo é dividido em duas partes. Sendo uma viva e externa chamada alburno e a outra morta e interna chamada cerne. Porém a mais utilizada para fins estruturais, carpintaria, marcenaria e que possui maior durabilidade, estética e resistência é a cerne. As plantas que formam a madeira são as perenes de caule duradouro composto por propriedades resistentes que sofrem espessamento secundário ininterrupto.

É preciso ter cuidado com a madeira para que a mesma não sofra com os efeitos físicos, biológicos e químicos comprometendo a madeira e influenciando na exteriorização nos elementos físicas e mecânicas. A categoria utilizada na construção civil é extraída do tronco das árvores e dividida em duas partes duras e macias. A parte dura é chamada de dicotiledôneas e as partes macias chamadas de coníferas. (GESUALDO,2003).

As fanerógamas são subdivididas em Gimnospermas e Angiospermas. A gimnospermas a coníferas é a classe mais importante, conhecida internacionalmente como *Softwoods*, que significa madeiras moles. As árvores classificadas como coníferas suas folhas são constituídas por perenes e o seu formato é de escamas ou agulhas. Essas árvores são características dos climas temperados e frios, mesmo que exista outras classes tropicais (HELLMEISTER, 1983).

Segundo Harlow e Harrar (1958) as coníferas são formadas por folhas perenes e são mais comuns encontra – lá no hemisfério norte, pois as áreas de florestas são fastas para o plantio e desenvolvimento da planta. Com isso as resinosas têm a capacidade de fornecer uma variedade de madeira para diversos tipos de uso, seja dentro da construção

civil, indústrias e comércios. Além disso a conífera pode ser classificada em mais de quinhentos tipos de espécies.

De acordo com Figueroa (2012) as estruturações das células das coníferas são bastantes simples. Composto por células identificadas por traqueídes longitudinais, orientadas no sentido do eixo da árvore. Suas principais referências são: Células na direção longitudinal e transversal, células epiteliais, canal resinífero e raio unisseriada conforme a Figura 3.

Figura 3 – Estrutura celular - Conífera

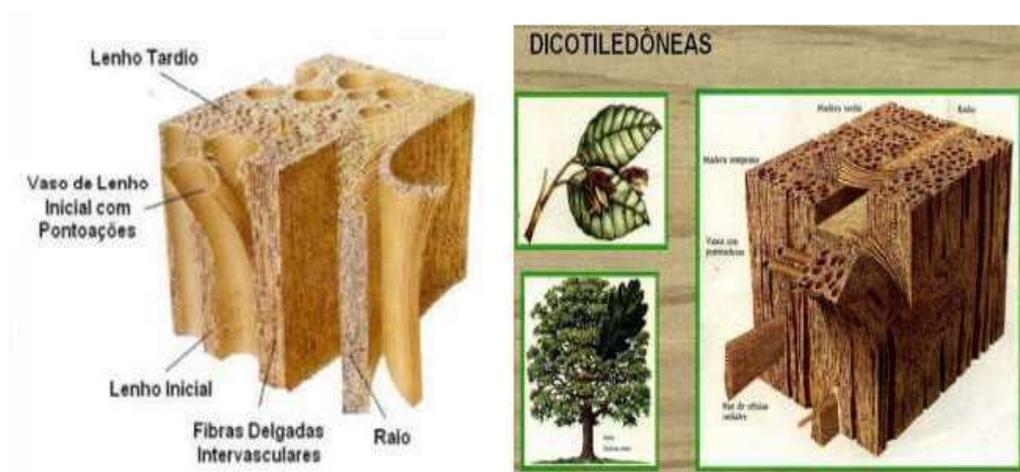


Fonte: Figueroa (2012)

De acordo com Forest Products Laboratory (2010) as angiospermas são vegetais organizados identificando as dicotiledôneas, conhecida internacionalmente como *Hardwoods*, madeiras duras.

Segundo Costa (2001) o pinheiro do paraná (*Araucaria angustifolia*) é o principal agente que representa a classe de madeiras no Brasil. E as dicotiledôneas são prestigiadas no mercado madeireiro brasileiro conforme a Figura 4. As dicotiledôneas são consideradas por sua qualidade, aspecto e durabilidade e podem ser destacadas como: Aroeira do sertão (*Astronium urundeuva*); Peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron*); Ipê (*Tabebuia serratifolia*); Magno (*Swietenia macrophylla*); Cedro (*Cedrelha fissilis*); Imbuia (*Ocotea porosa*); Cambará (*Erismia sp*) entre outros.

Figura 4 – Estrutura celular – Dicotidôneas



Fonte: Figueiroa (2012)

De acordo com *Forest Products Laboratory* (2010) as angiospermas são vegetais organizados identificando as dicotiledôneas, conhecida internacionalmente como *Hardwoods*, madeiras duras.

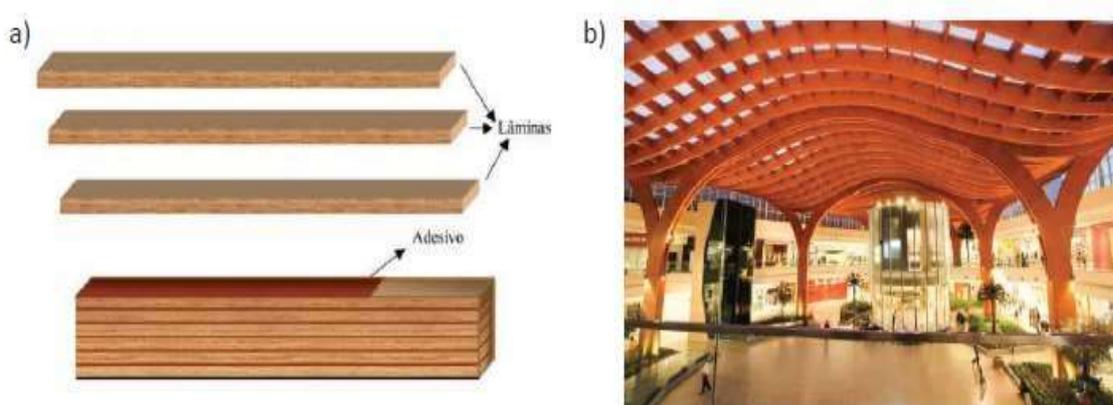
7. DOIS PRINCIPAIS MÉTODOS DE TECNOLOGIA CONSTRUTIVA

7.1 MDL (MADEIRA LAMINADA COLADA)

A inovação de novas ferramentas na construção civil tem ganhado espaço nos canteiros de obras tornando fundamental para uma sustentabilidade seria e comprometida. A tecnologia construtiva permite ao profissional realizar uma construção limpa em seu canteiro de obra, permitindo dar resultados positivos antes e depois da construção. A MLC é produzida pela madeira Pinus e o Brasil é um grande cultivador dessa espécie árvore além do eucalipto que serve para confeccionar vigas. (TEREZO; SZUES ,2010).

De acordo com Bessa (2009) os dois principais métodos de construção são a MLC (Madeira laminada colada) e o Wood frame. A MLC são lâminas coladas umas nas outras para tornar-se uma peça única. Depois de coladas todas elas passam por um processo de imprensar para que todas as lâminas fiquem paralelas e garantam resistência suficiente para alcançar vão livres de até 100 metros conforme a figura 5.

Figura 5 – a) Madeira laminada colada b) Shopping Iguatemi fortaleza



Fonte: Dias e bastos (2016)

A cola utilizada na colagem da madeira laminada é a caseína é que permite que as lâminas coladas e em seguida prensada para tornar-se uma peça resistente e flexível. A utilização da MLC no Brasil tem sido utilizada com frequência por ser um material

sustentável e possuir flexibilidade em criar estruturas em qualquer forma e tamanho. Contudo a MLC garante uma obra mais limpa reduzindo o tempo de construção conforme a Figura 5. Já que as construções convencionais levam meses e até anos dependendo do projeto. (GOMES CALIL,2017).

Figura 6 – Estrutura em MLC



Fonte: Galeria da arquitetura (2021)

A estrutura se torna mais versátil e adaptável para dar forma a estrutura que está no projeto, garantindo um ambiente sustentável e com uma excelente estética. A MLC é resistente a torções e possuem menor peso e maior economia na hora de construir. (GOMES CALIL,2017).

A MLC é produzida pela madeira Pinus e o Brasil é um grande cultivador dessa espécie árvore além do eucalipto que serve para confeccionar vigas. A utilização da MLC oferece diversas formas funcionais e estéticas que servem para compor a estrutura de acordo com cada projeto. Em alguns países o MLC é utilizado para diversas formas de vigas retas ou curvas que servem para modelar uma estrutura. (CHANS; CIMADEVILA; GUITIÉRREZ,2008).

A madeira colada oferece diversas vantagens além da sua flexibilidade para aderir formas estruturais, mais também baixo peso resistência, menor força para içamento e bom desempenho sob a ação do fogo. Pode ser aderida a utilização de madeiras de reflorestamento e baixa a média massa específica pois o mesmo adquire

rigidez logo após passar pelo processamento de colagem e selagem. (TIENNE,2001).

A cola é essencial para que a madeira ganhe forma e resistência. As madeiras coladas ganham espaço nas indústrias de produtos florestais e um dos produtos popularmente conhecido é o MDF que é muito utilizado na construção civil pois é uma madeira estrutural composta. Ou seja, O MDF pode servir na construção de móveis, armários, portas, molduras e janelas. (FRIHART; HUNT,2010).

De acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997) a madeira colada (MLC) devem compor propriedades compatíveis as condições ambientais de temperatura e umidade para que haja a união dos elementos para garantir vida útil.

No Brasil é utilizado a cola fenolresorcinal – formaldeído (PRF). Mas, existe uma outra cola no mercado que é muito utilizada nas industrias madeireiras chamada melamina – uréia- formaldeído (MUF), bi – componente. Elas possuem maior vantagem pois o tempo de cura é menor que a fenolresorcinal – formaldeído. A cola melamina – uréia- formaldeído é indicado para peças MLC externas já que a poliuretanos é mais limitada para uso externo. (MIOTTO; DIAS;2009).

7.2 WOOD FRAME

Conforme Araujo (2016), já existe há mais de 30 anos no Brasil que universidades, laboratórios e centros de pesquisas trabalham com estudos em estruturas de madeiras. Diversas iniciativas foram realizadas no meio acadêmico, inclusive um curso foi criado para suprir essa necessidade e disseminar mais a industrialização da madeira em todo o país.

O *wood frame* no Brasil tem conquistado cada vez mais espaço, devido a demanda de métodos mais rápidos com perfis leves, seguro, confortável e principalmente sustentável. Ele consiste de madeiras de reflorestamento, como pinus, comprometido com o meio ambiente, com o planejamento da execução gera a diminuição dos resíduos no lixo da construção. Iniciativas para introduzir o sistema *wood frame* como mais uma alternativa para a construção industrializada tem buscado romper essa limitação e mostra que é possível erguer edificações de qualidade rapidamente e sem desperdício. (MOLINA; CALIL JR, 2010).

Esse sistema tem sido muito utilizado pelo mundo todo, o Brasil que é conhecido com um mercado eficiente e possui ótimas condições para as construções, porém tem uma certa dificuldade para se enquadrar nesse sistema construtivo frame por se tratar do problema com desmatamento e mão de obra cara. No Brasil a empresa que mais utiliza este sistema construtivo é a Tecverde conforme a Figura 7, essa empresa faz a construção de unidades habitacionais unifamiliares financiadas pelo cliente.

Figura 7 - Modelo de construções seguido pela Tecverde:



Fonte: Ferreira (2013)

Os empreendimentos nessa área começaram a intensificar-se, em 2013 o primeiro condomínio residencial, com 280 unidades de 45 m², foi financiado pelo governo através do programa “Minha Casa, Minha Vida”, que ainda não havia financiado obras em *wood frame*. Esse empreendimento foi construído pela Construtora Roberto Ferreira em parceria com uma empresa fabricante de kits em *wood frame*, a Tecverde conforme a Figura 8,9,10. Foram surgindo logo depois projetos pelo país e a região principal foi Sudeste e Sul afinal é onde se encontram os principais fornecedores de madeira para este tipo de construção. (ARAUJO, 2016).

Figura 8 - Condomínio fechado casas unifamiliares



Fonte: Tecverde, (2021)

Segundo a Tecverde (2021), como o *wood frame* trata-se de um método inovador no Brasil, foi necessário passar por um processo de avaliação de normas técnicas internacionais, assim desenvolveram-se as diretrizes do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores (SINAT nº 005/2011) com renovação em 2016, para atender a NBR-15575, que trata do desempenho das edificações habitacionais.

Figura 9 - Condomínio fechado de casas populares



Fonte: Tecverde, (2021)

Figura 10 - Casa de alto padrão



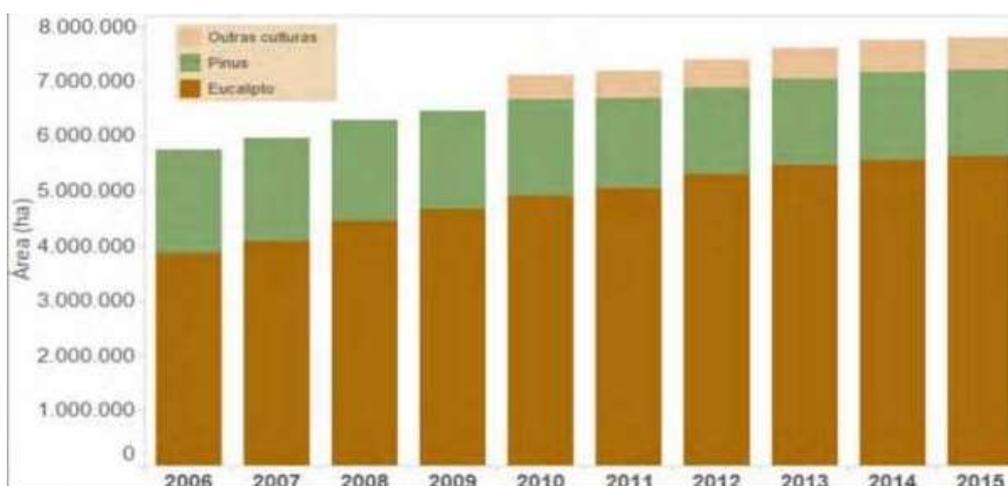
Fonte: Tecverde, (2021)

Conforme Oliveira (2014), é preciso que o governo brasileiro se envolva mais, promova mais campanhas de marketing e gere mais incentivos financeiros para a difusão do sistema no país. Afinal esse sistema possui mais vantagens que desvantagens no qual visa muitos benefícios a sociedade. A falta de credibilidade por parte dos brasileiros com relação a esse material e o receio do risco de degradação biológica, mesmo com tratamento, é uma das grandes barreiras relatadas na literatura (MOLINA; CALIL, 2010).

Corroborando com essa barreira cultural, poucos são os profissionais na área da construção civil que detêm conhecimento com relação ao uso na madeira para edificações OLIVEIRA (2014). Sendo assim MOLINA E CALIL (2010), alegam que a falta da conscientização e educação de engenheiros e arquitetos da necessidade e potencial da utilização desse sistema construtivo no Brasil ainda é muito grande, além de existir nesse meio percepções negativas em relação às propriedades da madeira.

A madeira, em sua maioria, tem fácil trabalhabilidade e excelente desempenho térmico e acústico, além de elevada relação resistência-peso MOLINA; CALIL (2010). O Brasil possui enorme disponibilidade de áreas de reflorestamento, as duas espécies mais utilizadas são *pínus* e eucalipto, apresentam elevada taxa de crescimento.

Figura 11 - Área de floresta plantada (ha)



Fonte: SNIF (2021)

E infelizmente nem toda madeira produzida no Brasil pode ser utilizada para fins construtivos, segundo a diretriz em vigor BRASIL (2015), a madeira usada para o sistema em *wood frame* deve ser tratada de forma adequada e também apresentar uma extrema qualidade, ou seja, não conter defeitos que interfiram em sua resistência mecânica. As dimensões precisam ser consideráveis para ser industrializada na concepção de painéis estruturais, sendo assim certas limitações diminuem e dificultam a venda da matéria-prima. Somando com um ponto positivo de extrema importância, o Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF), informa que o crescimento de madeira serrada para essa construção de 2013 a 2014 foi de 48%, com este dado o país é o segundo com maior área de florestas do mundo, perdendo somente para a Rússia.

8. AS VANTAGENS DO USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUSTENTABILIDADE.

A madeira é um produto natural e renovável que pode ser utilizado e reutilizado até a sua vida útil. E não precisa ser produzido como outros produtos industrializados. A utilização da madeira na construção civil não gera tanto impactos ambientais desde que a madeira seja legal elas possibilitam uma construção limpa. (ANN KIRISTIN PETERSEN,2002). O uso da madeira é considerável para que não ocorra emissão de gases de efeito estufa e consumo de energia e queima de combustível fósseis para fabricar estruturas de aço ou cerâmica conforme a tabela 3.

Tabela 3 – Consumo de energia de cada produção

Para 1 tonelada de material	Kg EC (1kg EC = 3000 Kcal)
Alumínio	4200
Plástico	1800
Aço	1000
Tijolo cerâmico	140
Tijolo concreto	25
Madeira	0,8

Fonte: Montana (2016)

A madeira é um material de fácil manipulação e trabalhabilidade que podem atender projetos pequenos, médios e grandes. A madeira pode ser utilizada no canteiro de obra com a pré-fabricação permitindo uma obra limpa e com baixo desperdício de material. (ARAÚJO,2012).

Segundo Costa (2001) a madeira é possui benefício próprio capaz de absorver 48 vezes menor o calor que um tijolo convencional. Isso significa que a madeira é capaz de dar conforto térmico e acústico de qualidade podendo ser reaproveitada quando a construção não for necessária.

A madeira tem suas variações de umidade ambiente de acordo com cada ambiente. Essas variações da umidade acabam alterando geometricamente a madeira, além de perder a resistência mecânica dos elementos estruturais. A árvore quando é cortada perde naturalmente uma grande quantidade de água em seu interior entrando no processo de impregnação. (FIGUEROA,2012).

A NBR 7190/97 define dois tipos de densidades a serem utilizados em estruturas de madeira. São elas: Densidade básica e densidade aparentes. A densidade básica da madeira é estabelecida como massa específica lograda pelo quociente da massa seca pelo volume saturado. Já a densidade aparente é definida para uma unidade padrão de referência de 12% podendo ser utilizado para a classificação da madeira e nos cálculos de estruturas

“O uso da madeira na construção civil sempre foi considerado uma das melhores, econômicas e eficaz na construção. Pois consegue aproveitar boa parte da matéria prima sem causar tanto desperdício”. A variedade de métodos tecnológicos para a construção com madeira é grande que vão desde retificação térmica, impermeabilização, vigas mistas de madeira e concreto laminados, entre outros. A madeira tem a capacidade de proporcionar conforto térmico dentro das estações do ano e pode ser até comparado com o sistema de blocos de alvenarias pelo mesmo desempenho ou similares. Pois a madeira é um material bom para a construção de edificações. (MIOTTO,2009).

Os métodos construtivos com a madeira são totalmente diferentes dos métodos construtivos com blocos e concreto. Pois a madeira é um material seco e não precisa utilizar água, área, brita, aditivo e concreto no canteiro de obra. Aumentando a eficaz, qualidade e agilidade da obra. Existem vários métodos de construção para edificações de madeiras como: Tábuas e mata – junta, Tábuas horizontais empilhadas; Tábuas horizontais pregadas, Wood frame, entre outras. (MIOTTO, 2009).

A sustentabilidade é um grande ganho dentro da construção civil, para o meio ambiente, sociedade, recursos financeiros e administrativos da obra. Pois além de auxiliar na preservação do meio ambiente a sustentabilidade tem a capacidade de diminuir a complexidade na geração de desperdício em grande escala. (SBI,2017).

De acordo com Yuba (2005) é necessário analisar e gerar pesquisas que possam minimizar impactos ambientais, como a extração de árvores sem a reposição do plantio de novas plantas. Considerando a importância de uma análise pluridimensional.

O *Leed (Leadership in energy and environment design, EUA)* é um sistema sustentável que tem o objetivo de criar edificações ecológicas para seres utilizados como um método de certificação. Que tem como objetivo de dar maior conforto e causar bem-estar dos usuários e aumentar a ação ambiental e a restituição econômica das edificações utilizando padrões e tecnologias sustentáveis. (YUBA,2005).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil possui uma extensa floresta nativa e de reflorestamento da América Latina. Na região norte temos a floresta nativa e ao sul, grandes áreas plantadas seja reflorestamento do tipo Eucalipto e Pinus, assim tem-se um potencial material para construção de habitações.

O mercado da construção civil tem um papel de suma importância para o desenvolvimento de uma sociedade mais justa e equilibrada, em razão de que seus investimentos podem ser direcionados para projetos sociais e ambientais.

Para a utilização desse material faz-se necessário projetos de exploração como, manejo florestal, corte raso, exploração seletiva, expedidos pelos órgãos ambientais federais, estaduais e municipais de cada região.

Este trabalho foi embasado em referências literárias, tendo a finalidade de apresentar o sistema alternativo e sustentável na construção civil - madeira levantamentos bibliográficos que possa ao final dos estudos, obter o maior número de informações sobre as vantagens na utilização do sistema construtivo e sustentável com o uso da madeira nos canteiros de obra. A madeira é um material extraído da natureza de grande resistência e durabilidade que pode ser utilizado na construção de casas, móveis, esquadrias entre outros objetos para o uso cotidiano.

10. REFERÊNCIAS

ANN KRISTIN PETERSEN, B. S. Greenhouse gas emissions, life-cycle inventory and cost-efficiency of using laminated wood instead of steel construction.: Case: beams at Gardermoen airport, 2002. 169-182.

ARAÚJO, MÁRCIO AUGUSTO. A moderna construção sustentável. IDHEA-Instituto para o Desenvolvimento, 2016.

ARAÚJO, R. T. D. Alternativas sustentáveis de uso da madeira na construção civil. Especialize - IPOG, Manaus, p. 1-15, 11 março 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190; Projeto de Estruturas de Madeira: Rio de Janeiro, 1997.

BESSA, F. M. S. Criação de uma xiloteca electrónica (e-xiloteca) tropical e sua utilização para identificação e caracterização de madeiras com fins científicos e económicos. Universidade técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2009, 368 p.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. Anatomia da madeira. São Paulo. Livraria Nobel S.A. 154p. 1991.

CHANS, D. O.; CIMADEVILA, J. E.; GUTIÉRREZ, E. M. Glued joints in hardwood timber. International Journal of Adhesion and Adhesives. v. 28, n. 8, p. 457- 463, 2008.

COSTA, A. Coletâneas de anatomia da madeira. 2008, 42 p.

COSTA. Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2003 6a Edição.

DIAS, A.; BASTOS, P. **Carpinteria Estruturas de Madeira.2016**. Disponível em: <[http://www.carpinteria.com.br/? gallery=finalizado](http://www.carpinteria.com.br/?gallery=finalizado)>. Acesso em: 05 abr. 2021.

FIGUEROA, MANUEL JESÚS MANRÍQUEZ. **Coefficientes de Modificação das Propriedades Mecânicas da Madeira devidos à Temperatura**. Tese de Doutorado. 2012. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

FRIHART, C. R.; HUNT, C. G. **Adhesives with wood materials bond formation and performance**. In: **FOREST PRODUCTS LABORATORY**. Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2010.

GESUALDO, FRANCISCO A. R. **Estruturas de Madeiras** - notas de aula - Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, MG / 2003.

GOMES, C. Novas tecnologias ampliam as possibilidades de uso da madeira. **Remade**, setembro 2017. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/noticias/14324/novas-tecnologias-ampliam-as-possibilidades-de-uso-da-madeira>>. Acesso em: 05 set. 2021.

HELLMEISTER, J.C. (1983) **sobre a determinação das características físicas da madeira**. São Carlos. 119p. Tese Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MARTINS, TOMÁS F. R. M. **Dimensionamento de Estruturas em Madeira - Coberturas e Pavimentos**. Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal / 2003.

MELLO, ROBERTO LECOMTE DE. **Projetar em madeira: uma nova abordagem**. 2007. 195 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MIOTTO, J. L. **Estruturas mistas de madeira-concreto: avaliação de vigas de madeira laminada colada reforçadas com fibra de vidro**. 325f Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

MOLINA, J. C.; CALIL, C. J. **Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira**, Londrina, julho 2010. 143-156.

MONTANA. **Montana Química S.A.** Disponível em: <<http://www.montana.com.br/Guia-da-Madeira/Industrializacao/Madeira-Serrada/Construcao>>. Acesso em: 05 set. de 2021.

OLIVEIRA, L. A. **Avaliação da Aceitabilidade do Sistema Construtivo “Wood Frame”**. Curitiba, 2014. 61 f. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) - Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2014.

PITZAHN, E. **Consufor.com**, 2016. Disponível em: <<http://consufor.com/brasil-tem-r-65-bilhoes-em-florestas-plantadas-com-eucalipto-e-pinus/>>. Acesso em: 25 abr. 2021.

RITTER, M. A. **Timber Bridges**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1992. 944 p p.

SBI – **Stalbyggnadsintituted, The Swedish Institute of Steel Construction. Sustainability of steel framed building**. Disponível em: Acesso em 02 de abr. de 2021.

SNIF, S. N. D. I. F. Sistema Nacional de Informações Florestais. **Sistema Nacional de Informações Florestais - SNIF**. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>>. Acesso em: 16 mai. 2021.

TECVERDE, Engenharia. **Panorama do Sistema Construtivo Tecverde**. Curitiba, PR. 2016.

TIENNE, R. **Alternativas sustentáveis de uso de madeira na construção civil.** Manaus: Especialize, 2001.

YUBA, A. N. **Análise da pluridimensionalidade da sustentabilidade da cadeia produtiva de componentes construtivos de madeira de plantios florestais.** Tese de Doutorado em Engenharia Civil - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em: Acesso em 11 de mai. de 2021.