

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, BIODIVERSIDADE E FLORESTAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Julia Gabriela Bastos da Cruz

Madeira engenheirada: uma revisão bibliográfica

Curitibanos, SC

2022

Julia Gabriela Bastos da Cruz

Madeira engenheirada: uma revisão bibliográfica

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.
Orientadora: Prof^a. Karina Soares Modes, Dr^a

Curitibanos, SC

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Cruz, Julia Gabriela Bastos da
Madeira engenheirada: uma revisão bibliográfica / Julia
Gabriela Bastos da Cruz ; orientadora, Karina Soares
Modes, 2022.
39 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal,
Curitibanos, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. Madeira engenheirada. 3.
Construções em madeira. 4. CLT. 5. MLC. I. Modes, Karina
Soares. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia Florestal. III. Título.

Julia Gabriela Bastos da Cruz

Madeira engenheirada: uma revisão bibliográfica

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Florestal” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Florestal

Curitibanos, 02 de março de 2022.



Documento assinado digitalmente
Marcelo Bonazza
Data: 03/03/2022 08:23:17-0300
CPF: 047.641.899-25
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Marcelo Bonazza, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Karina Soares Modes
Data: 02/03/2022 20:24:50-0300
CPF: 003.082.240-86
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof^a. Karina Soares Modes, Dr^a.
Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Monica Aparecida Aguiar dos Santos
Data: 03/03/2022 11:42:35-0300
CPF: 057.886.408-81
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof^a. Mônica Aparecida Aguiar dos Santos, Dr^a.
Avaliadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Dedicado a Júlio (i.m.) e a Vitório (i.m.), o tempo não se curva ao luto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à vida, pela chance de levantar todo dia e enfrentar desafios apesar das dificuldades.

Agradeço aos meus professores, pela transferência de conhecimentos técnicos. Agradeço a Professora Mônica, que confiou em mim, ofereceu suporte emocional, olhar fraterno e abraço quando soube das minhas dificuldades.

A professora Karina, que apesar da distância soube como me orientar, o meu muito obrigada. Agradeço também, por me acalmar e estender a mão.

Agradeço aos meus colegas que por meio de discussões, troca de ideais e apoio, contribuíram para essa jornada.

Agradeço ao grupo Zanoello, especialmente ao Johnny, pelos conselhos e amizade de longa data.

Aos meus sobrinhos, eu agradeço pela lembrança diária de que a vida sempre se renova, nada dura para sempre e que cada aprendizado importa.

Ao meu bisavô, Sr., Julio Pires, eu agradeço pelos ensinamentos e coragem em dividir o arrependimento acerca da época da exploração madeireira das décadas de 60 e 70.

Por fim, agradeço a todos os membros do 2º Batalhão da Polícia Militar Ambiental de Curitiba pela atenção e possibilidade de dividir o cotidiano, vocês são incrivelmente dedicados ao que fazem.

RESUMO

A busca por soluções construtivas que venha a diminuir a emissão de gases do efeito estufa vem possibilitando a expansão do uso de madeira engenheirada. A madeira engenheirada é considerada como um produto feito a partir de madeira roliça que tenha sido reduzido em pedaços menores de madeira afim de obter peças com propriedades estruturais melhoradas. A Madeira Lamelada Colada (MLC) e a Madeira Lamelada Colada Cruzada (MLCC) ou no inglês *Cross Laminated Timber* (CLT), são os tipos de madeira engenheirada comumente usados em sistemas construtivos no Brasil. Tanto o MLC como o CLT teve origem na Alemanha e compartilham boas características de isolamento térmico e acústico, além de excelente resistência mecânica levando em consideração a densidade do material, em comparação ao concreto. O MLC, consiste na colagem sobreposta de lamelas de madeira na confecção de peças que podem ser curvadas ou retas, bastante empregadas como vigas. Já o CLT, consiste na sobreposição de lamelas em camadas de número ímpar perpendicular entre si, geralmente usadas como laje e parede. Há perspectivas de aumento no uso de CLT e MLC, dada a pressão pela diminuição da emissão de Gases do Efeito Estufa.

Palavras-chave: *Cross Laminated Timber*. Madeira Lamelada Colada. Madeira estrutural.

ABSTRACT

The search for constructive solutions that will reduce the emission of greenhouse gases has enabled the expansion of the use of Engineered Wood Products (EWPs). Engineered Wood Products is considered to be a product made from round wood that has been reduced into smaller pieces of wood in order to obtain pieces with improved structural properties. Glue Laminated (Glulam) and Cross Laminated Timber (CLT) are the types of EWP commonly used in construction systems in Brazil. Both MLC and CLT originated in Germany, and share good thermal and acoustic insulation characteristics, as well as excellent mechanical strength considering the density of the material, compared to concrete. The MLC consists of the superimposed gluing of wooden lamellae in the manufacture of pieces that can be curved or straight, often used as beams. The CLT, on the other hand, consists of the overlapping of lamellar in layers of number perpendicular to each other, generally used as slab and wall. There are prospects for an increase in the use of CLT and MLC, given the pressure to reduce the emission of Greenhouse Gases.

Keywords: Cross Laminated Timber. Glue Laminated. Greenhouse Gases.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	DESENVOLVIMENTO.....	11
2.1	O SETOR FLORESTAL NO BRASIL	11
2.2	HISTÓRICO DAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA NO BRASIL	12
2.3	MADEIRA ENGENHEIRADA E SUAS VANTAGENS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL	16
2.3.1	Madeira lamelada colada (MLC).....	20
2.3.2	Madeira lamelada colada cruzada (<i>Cross laminated timber</i> - CLT)	23
2.4	PESQUISAS RECENTES NO BRASIL COM CLT E MLC.....	27
2.5	PRINCIPAIS INICIATIVAS NO BRASIL E NO MUNDO COM APLICAÇÃO DE PAINÉIS MLC E CLT	28
2.6	PRINCIPAIS ENTRAVES À DIFUSÃO DA MADEIRA ENGENHEIRADA NO BRASIL.....	30
3	CONCLUSÃO.....	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2021) o setor florestal foi responsável por 9,55 milhões de hectares de áreas cultivadas destinadas às indústrias, tendo apresentado um crescimento de 17,5% entre 2019 e 2020, apesar da pandemia do coronavírus (COVID-19).

Entre os dois gêneros mais plantados no Brasil com fins madeireiros estão o *Eucalyptus* e *Pinus*, cuja área plantada corresponde respectivamente a 7,47 milhões e 1,70 milhões de hectares. Entre os produtos obtidos dessas florestas estão: resinas, celulose, madeira serrada e roliça, óleos essenciais, *tall oil*, breu, terebintina entre muitos outros. O setor tem investido em alternativas para a bioeconomia, e, nesse contexto de inovação surge no Brasil a madeira engenheirada como alternativa para a construção civil (IBÁ, 2021).

O conceito de Produtos Engenheirados de Madeira (PEM) ou do inglês *Engineered Wood Products* (EWPs) ou simplesmente madeira engenheirada, refere-se a peças com propriedades estruturais melhoradas (CARLIN, 2017). A madeira engenheirada viabiliza peças com desempenho estrutural aliado ao desenvolvimento sustentável (CARLIN, 2017; GÓES *et al.*, 2017).

As peças serradas de madeira, provenientes ou não de reflorestamentos, podem apresentar diversos defeitos naturais, entre esses temos a presença de nós, fendas e inclinação excessiva das fibras, além disso, outros defeitos podem surgir ao longo do processo de desdobro e secagem de laminas e tábuas (GÓES *et al.*, 2017; OLIVEIRA, 2018).

Neste sentido, surgiram diversos tipos de PEM, como: a Madeira Lamelada Colada Cruzada (MLCC) ou no inglês *Cross Laminated Timber* (CLT), madeira microlamelada ou *Laminated Vanner Lumber* (LVL), Madeira Lamelada Colada (MLC) ou Glulam do inglês *Glue Lamminated*, ou ainda os painéis de tiras de madeira orientadas *Oriented Strand Board* (OSB), entre muitos outros (LOPES; CARMO; SERRA, 2021; PAULI; AZAMBUJA; LUTTGARDES NETO, 2021; DIAS, 2019; GÓES *et al.*, 2017).

A madeira engenheirada pode ser utilizada na construção de casas, edifícios, quadras poliesportivas entre outros, sendo que as peças de madeira engenheirada podem ser aplicadas como vigas de sustentação, paredes e lajes (OLIVEIRA, 2018; DIAS, 2019; SHINGUE, 2018).

De acordo com Camargo, Silva e Jucá (2021), os PEMs têm menor quantidade de resíduos gerados durante a sua fabricação em relação ao concreto, pois, são elaborados

conforme a demanda das construções, o que leva a diminuição do tempo efetivo das obras, além disso, ainda proporcionam isolamento térmico e acústico.

O MLC ou Glulam, se dá a partir da sobreposição de tábuas de madeira serrada, tendo então a colagem entre as camadas de maneira que as fibras/traqueídeos que constituem cada peça posicionem-se de forma paralela entre si. As vigas de MLC geralmente são usadas para a sustentação podendo ser moldadas em curvas (CAVALHEIRO, 2014; OLIVEIRA, 2018; DIAS, 2019; SHINGUE, 2018). De acordo com o levantamento realizado por Leite, Santos e Valle (2017), existem sete fábricas de MLC no Brasil, espalhadas entre a região sul, sudeste e centro-oeste.

As placas chamadas de CLT são produzidas a partir da colagem de lamelas de madeira serrada em camadas ímpares, onde os elementos são colados em sentido ortogonal, ou seja, uma camada posicionada a 90° do sentido das fibras da camada adjacente. As peças de CLT, comumente revestem paredes, telhados e assoalho de edifícios a ginásio (VILELA; MASCIA, 2021).

O presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico do estado da arte dos painéis de madeira engenheirada do tipo CLT (sigla para madeira lamelada cruzada, *Cross Laminated Timber* em inglês) e MLC (sigla para madeira lamelada colada, *Glue Laminated Timber* ou *Glulam* em inglês) no que se refere a origem, composição, características gerais, vantagens, iniciativas de produção e aplicação do produto a nível nacional.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 O SETOR FLORESTAL NO BRASIL

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2021) o Brasil é conhecido mundialmente por ser um país rural, com dimensões continentais e áreas cultiváveis em todos os seus biomas. Neste âmbito o país conta com cerca de 9,55 milhões de hectares de florestas plantadas destinadas à indústria e 6 milhões de hectares de florestas voltadas para a conservação de recursos naturais. Apesar da pandemia de Covid-19 o governo brasileiro reconheceu o setor de indústrias florestais como uma atividade essencial, o que permitiu que as fábricas continuassem a operar dentro dos mais restritos códigos de prevenção a infecções virais.

Dada a demanda de produtos provenientes das indústrias florestais (embalagens de papel, papel e papel para fins sanitários, celulose solúvel que é matéria prima para fabricação de materiais de proteção de profissionais da saúde; o carvão vegetal que é biorredutor para produzir aço, utilizado em instrumentos cirúrgicos, entre outros), houve o crescimento de 17,6% no valor da produção estimada no ano de 2020 em relação ao ano de 2019. (IBÁ, 2021, p. 21).

No ano de 2020 o setor da indústria de transformação de árvores (atividades de fabricação de produtos de madeira, celulose, papel e produtos de papel) chegou a 6% de representatividade na indústria nacional, valor mais alto nos últimos 10 anos. Tal setor vem investindo desde a década de 80 para atuar junto a cadeias globais, o que contribui positivamente para a balança comercial do país e consequente desenvolvimento do setor (IBÁ, 2021).

No Brasil, as principais espécies arbóreas plantadas para exploração são pertencentes ao gênero *Pinus*, Eucaliptos e Teca (ACR, 2019; SNIF, 2020).

De acordo com o Mapa logístico florestal, elaborado pela Associação Catarinense de Empresas Florestais (ACR, 2020), no ano de 2019 Santa Catarina contou com 86 mil hectares de florestas plantadas voltadas para exploração madeireira, sendo que desse total, cerca de 33% das áreas são de plantio de árvores do gênero *Eucalyptus* e cerca de 67% do gênero *Pinus*.

Historicamente a madeira teve funções importantes dentro do cotidiano das civilizações, com usos diversos, servindo para fabricação de canoas, armas de caça, instrumentos musicais, tintas, etc., e entre tantos outros usos da madeira, também temos aqueles voltados para a construção de edificações e habitações, sendo essa utilizada por vezes como vigas, pilares e paredes e em outros casos a madeira é utilizada apenas como material

temporário para montagem de caixarias por exemplo (ACR, 2019; LUCENA, 2017; IBÁ, 2019).

Conforme IBÁ (2019), o setor de construção civil busca por matéria-prima oriunda de processos produtivos com menor contribuição para a emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE). Este fato gerou fomento para a investigação de novos sistemas construtivos a base de madeira engenheirada.

No Brasil, os principais materiais usados na construção civil são o aço e o concreto, para a exploração de ambos é necessário o empenho de muita energia e esses ainda emitem ainda grande quantidade de gás carbônico em sua produção (IBGE, 2016).

Estima-se que o setor da construção seja responsável por cerca de 47% das emissões de GEE, só a transformação do aço representa 3% das emissões humanas de CO_{2eq}, ao passo que a produção de concreto reflete 5% das emissões humanas de CO_{2eq} (IBÁ, s.d.).

Em contrapasso, somente as florestas do estado de Santa Catarina foram responsáveis pelo sequestro de 178 milhões de toneladas de gás carbônico (CO_{2eq}*), ao mesmo tempo, as florestas nativas se encarregaram pelo sequestro de 155 milhões de toneladas de gás carbônico (CO_{2eq}) (ACR, 2019).

2.2 HISTÓRICO DAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA NO BRASIL

De acordo com Shingue (2018), a abundância de florestas originalmente encontradas no Brasil, facilitou a utilização da madeira como o principal material de construção para diversas etnias que habitavam o local.

Apesar da multiplicidade das construções e das adaptações que as mesmas sofriam por conta das regiões em que se encontravam, a vida dos colonizadores para o país alterou até mesmo os costumes construtivos (SHINGUE, 2018).

A tradição do uso de alvenaria com tijolos de barro, fundações de pedras e vedação da cobertura com telhas cerâmicas, veio dos portugueses e virou herança cultural para os brasileiros. Para estes colonizadores a madeira ocupava lugar secundário, sendo usada em esquadrias, assoalhos, forros e estruturas de telhados (SHINGUE, 2018; MEIRELLES *et al.*, 2009; OLIVEIRA, 2014; LEMOS, 1993; PACHECO JÚNIOR, 2020; COLIN, 2010).

Apesar da tradição dos portugueses com sistemas construtivos a base de alvenaria, as construções em madeira foram a base da colonização do norte ao sul do país (SCHIMID, 2017; SHINGUE, 2018).

Segundo Schimid (2017) o uso da madeira perdeu mercado para as construções baseadas em concreto e aço a nível mundial, durante a Revolução Industrial.

As modificações que aconteceram nos métodos construtivos a partir da metade do século XIX, acabaram impulsionadas pela transição socioeconômica que o país passava. De acordo com Shingue (2018) a importação de máquinas a vapor, serrarias e implantação de linhas ferroviárias permitiu que componentes que antes eram importados passassem a ser fabricados no país, garantindo também a produtividade.

Com o fim da escravidão em 1888, a mão de obra imigrante chegou ao Brasil, a efeito da presença desses trabalhadores, houve a necessidade de novas edificações, tais moradias eram vistas com caráter provisório e por isso usou-se abundantemente madeira em suas construções (SCHIMID, 2017; SHINGUE, 2018).

Segundo Shingue (2018) os imigrantes que vieram trabalhar no Brasil, trouxeram consigo diferentes conhecimentos com relação a sistemas construtivos de seu país de origem. Esse fato gerou diversificação da mão de obra que somada ao aumento populacional e a necessidade de infraestrutura, fizeram surgir no país as primeiras construtoras. A introdução de maquinários junto com a demanda das construtoras e com a mão de obra qualificada, alavancou o desenvolvimento de obras de infraestrutura no país. Ao longo desse período cresceram as construções com o uso de telhas cerâmicas, tijolos e materiais industrializados, colocando a madeira somente para usos secundários.

Ainda nessa época, de acordo com Shingue (2018) a industrialização despontou as primeiras serrarias que permitiram o desdobro de madeira serrada com melhor qualidade, assoalhos e esquadrias de melhor acabamento resultando no avanço de elementos de ornamentação com maior grau de complexidade, o que permitiu a padronização dos componentes construtivos feitos a partir de madeira, o que difundiu o material nas construções na região do Sul do país. Ao mesmo tempo, o aumento da ocupação das regiões mais ao interior do país levou ao desenvolvimento das construções e formação de vilas e cidades, onde grande parte do material usado para a construção era madeira.

O auge das construções em madeira no Sul do país foi entre 1940 e 1960, a arquitetura era diversificada com diferentes tipologias construtivas. Além de residências, foram construídas igrejas, hospitais e clubes com madeira. Apesar das primeiras construções em madeira serem de caráter provisório, posteriormente as habitações ganharam caráter permanente, onde as edificações eram compostas por vedação mata-junta com tábuas dispostas na vertical e mais tarde algumas com disposição horizontal, o sistema construtivo

também contava com estrutura do tipo pilar-viga e tábuas mata-junta que fazia a vedação e estabilização da estrutura (OLIVEIRA, 2018; SHINGUE, 2018).

Apesar do amplo uso da madeira em construções algumas cidades começaram a criar leis contra edificações de madeira em regiões próximas ao centro de cidades como Londrina e Curitiba, uma vez que a madeira era considerada um material atrasado em relação ao concreto, além disso o concreto representava o movimento moderno de construção (OLIVEIRA, 2018; SHINGUE, 2018).

De acordo com Shingue (2018) a partir do século XX, o processo de urbanização e adensamento das cidades marca o início do processo de verticalização dos centros urbanos com o uso do concreto. Houve ainda o incremento de novas tecnologias construtivas, como a introdução dos tijolos de seis e oito furos em 1935, concomitantemente a implementação de edifícios com laje mista, compostas por vigotas de concreto e blocos cerâmicos, posteriormente as louças sanitárias e mais tarde telhas de fibrocimento. Nota-se que durante esse período a madeira foi destinada para uso em portas, esquadrias, janelas e afins.

O desenvolvimento do setor de construção civil com base no concreto armado no Brasil foi alavancado a partir de 1940 com a gestão de Getúlio Vargas, pois a aliança do país com os Estados Unidos da América durante a Segunda Guerra mundial permitiu que as tecnologias norte-americanas fossem importadas para cá. Nesse mesmo período criou-se a Companhia Siderúrgica Nacional, que impulsionou a produção de aço, cimento, petróleo e energia no país (SCHIMID, 2017; SHINGUE, 2018; SANTOS, 2008).

Ainda na década de 40, é criada a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que surge a partir do esforço de diversos setores da construção civil em normatizar o uso do concreto (SHINGUE, 2018; SANTOS, 2008).

Segundo Schimid (2017), a construção de Brasília na década de 60 consolidou o uso do concreto no país, para o autor dentre os motivos que levaram a consolidação do concreto estão a demanda do setor da construção civil, a fabricação da matéria-prima em escala industrial e a busca pelo desenvolvimento da arquitetura moderna. Tido como versátil o concreto permitia obras de infraestruturas e edificações, como barragens e edifícios de múltiplos pavimentos.

Já na Europa, tem-se início durante a Segunda Guerra Mundial de restrições quanto ao uso do aço à população geral, em função da sua utilização para fins bélicos, o que acabou por fomentar o uso de madeira engenheirada por toda a Europa, inclusive em aviões (SCHIMID, 2017; SANTOS, 2008).

Em relação ao sul do Brasil, de acordo com Schimid (2017) a intensa exploração de recursos florestais nos estados do Paraná e Santa Catarina, gerou preocupação com a extração de árvores, e apesar do primeiro Código Florestal de 1934 e do segundo Código Florestal de 1965 a crise de escassez de recursos florestais não foi evitada, o que levou a busca de matéria prima em regiões cada vez mais distantes, gerando a decadência das construções em madeira. Ainda, segundo o mesmo autor, buscando suprir a matéria-prima que agora era escassa houve incentivo por parte do governo federal para reflorestamentos por meio de subsídio financeiro, posteriormente tais programas possibilitaram a implantação de fábricas de celulose e siderúrgicas.

Por volta desse período, os plantios de *Pinus* spp. passaram a ser utilizados para a construção de casas, direcionadas em especial a população de baixa renda, dada ao baixo custo da matéria prima, popularizando as casas pré-fabricadas, modelo que surgiu nas serrarias. Os sistemas construtivos oferecidos à população baixa renda fazia uso do sistema mata-junta e o modelo construtivo voltado à população mais abastada fazia uso do sistema de encaixe em montante (SCHIMID, 2017).

Entretanto o sistema construtivo a base de madeira de *Pinus* foi considerada ruim, pois a madeira usada não tinha o cultivo voltado para esta finalidade, ou seja, o manejo inapropriado dos plantios de *Pinus* garantia madeira de baixa qualidade para a construção de casas, o que novamente levou as construções em madeira a serem vistas somente como temporárias (SCHIMID, 2017).

Atualmente no Brasil na maioria das vezes a madeira ainda desempenha papel temporário na construção civil servindo como formas para concreto, andaimes e escoramento. Em caráter permanente é usada como forro, estruturas de cobertura (beiral, treliças, cunhas, entre outros), esquadrias (portas e janelas) e algumas vezes como piso, visto que nos últimos anos o uso de pisos laminados se destacou no segmento já que alia conforto térmico e beleza (OLIVEIRA, 2018).

Nesse sentido, no Brasil ainda permanece a lógica da construção convencional, pautada no uso predominante de alvenaria e do concreto, fato demonstrado pelo levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), em que as construções brasileiras são majoritariamente de alvenaria (88%). Além disso, 62,6 milhões de unidades domiciliares, casas e apartamentos possuem estrutura feita de concreto armado e paredes de tijolos revestidas com argamassa cimentícia, que é o sistema construtivo que mais gera desperdícios de materiais, chegando a 8% (OLIVEIRA, 2018; IBGE, 2016; IBÁ, s.d.).

Apesar disso, a utilização de madeira na construção civil, especialmente madeira cultivada, propicia um novo modo de construção, seguindo as tendências de mercado dos Estados Unidos, Canadá, Austrália, entre outros que já utilizam da combinação de CLT e MLC para a construção de edifícios a cerca de duas décadas, evidenciando a busca por sistemas construtivos renováveis (OLIVERIA, 2018).

No entanto, segundo Pauli, Azambuja e Luttgardes Neto (2021) no Brasil o uso de madeira engenheirada ainda é pouco difundido o que dificulta a aplicação em grande escala, o que pode estar relacionado ao fato de que as técnicas de produção e execução de projetos com madeira engenheirada são mais onerosas do que as técnicas que aplicam madeira maciça. Além disso, exigem uma mão de obra muito mais especializada e equipamentos específicos.

2.3 MADEIRA ENGENHEIRADA E SUAS VANTAGENS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

É conhecida a importância do setor de construção para o crescimento econômico do Brasil, sobretudo, a importância do ramo a nível de desenvolvimento social para a população. A fim de fomentar o setor, o governo brasileiro implementou o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e o Programa de Investimento em Logística (PIL), além do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) atualmente Programa Casa Verde e Amarela (PCVA). Tais programas buscam desenvolver a economia como um todo e movimentam o mercado despertando novas tecnologias que despertam novos interesses na sociedade (ABDI, 2015).

Nesse sentido, de acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2015), a industrialização de sistemas construtivos é considerada como um passo no sentido da racionalização na construção, proporcionando produção em caráter industrial com montagem no canteiro de obras. Dessa maneira, surgem oportunidades para o setor madeireiro, com possibilidade da madeira engenheirada ocupar espaço em novos empreendimentos na construção civil (LOPES; CARMO; SERRA, 2021).

Guss (1995) definiu madeira engenheirada como qualquer produto estrutural feito a partir de madeira roliça que tenha sido reduzido em pedaços menores de madeira (cavacos, lâminas ou tábuas).

De acordo com Souza (2021) a madeira engenheirada é uma solução construtiva que utiliza a madeira como matéria-prima e, por meio de diferentes processos industriais a transforma em um material com excelente desempenho técnico, ou seja, as boas características da madeira são aproveitadas em PEMs.

Dada a evolução da indústria e a busca por novas alternativas, foram desenvolvidos produtos de alta resistência mecânica que utilizam a madeira como matéria prima, dentre as soluções tecnológicas de madeira engenheirada tem-se a madeira lamelada colada cruzada ou no inglês *Cross Laminated Timber* (CLT), madeira microlamelada no inglês *Laminated Veneer Lumber* (LVL), madeira lamelada colada sob alta pressão e temperatura chamada de *Parallel Strand Lumber* (PSL) no inglês, madeira lamelada colada (MLC) ou no inglês *Glue Lamminated* (Glulam), madeira lamelada serrada ou *Laminated Strand Lumber* (LSL), madeira serrada orientada ou *Oriented Strand Lumber* (OSL), madeira lamelada pregada ou *Nail-Laminated Timber* (NLT), madeira lamelada cavilhada ou *Dowel Laminated Timber* (DLT) e painel de tiras de madeira orientadas ou *Oriented Strand Board* (OSB). A combinação do uso de diferentes tipos de madeira engenheirada em grandes dimensões é conhecida como *Engineered Wood Product* (EWP) (LOPES; CARMO; SERRA, 2021; PAULI; AZAMBUJA; LUTTGARDES NETO, 2021; DIAS, 2019).

Apesar dos diversos tipos de madeira engenheirada e sistemas construtivos que combinam esses tipos de madeira os tipos mais conhecidos são a madeira lamelada cruzada ou *Cross Laminated Timber* (CLT), e a madeira lamelada colada (*Glulam* ou MLC), cuja diferença básica é a orientação da colagem das lamelas, podendo serem utilizados de forma combinada (Figura 1). No MLC as lamelas são coladas em sentido paralelo, ao passo que os painéis de CLT são formados pela colagem ortogonal das lamelas. Esses materiais apresentam até um 1/5 do peso do concreto e seus meios de obtenção e produção são menos poluentes (IBÁ s.d.; LOPES; CARMO; SERRA, 2021; OLIVEIRA, 2018).

As ligações das peças por meio de dispositivos permitem assegurar a transmissão de esforços entre os elementos de uma estrutura. Essas podem ser feitas por meios diversos como o uso de conectores, pinos metálicos, encaixes na madeira ou adesivos e podem ser combinadas (SZCÜS *et al.*, 2015).

Os painéis e vigas de madeira engenheirada são conectados em edificações por meio de parafusos, pregos, rebites de madeira, chapas de treliças, conectores metálicos, engaste, cavilhas e anilhas (DIAS, 2020). De acordo com Dias (2020), para o Brasil é indicado que as construções de edificações com madeira engenheirada seja híbrida, com o uso de concreto e aço, por restrições normativas.

Os elementos de madeira engenheirada são instalados sob laje de concreto, buscando evitar o contato direto do produto com o solo e evitar situações que possam levar ao apodrecimento da madeira, além disso, o uso de concreto armado sobre lajes de madeira

contribui para a diminuição das vibrações do CLT e atuam como barreiras para a passagem de incêndio entre os pavimentos (DIAS, 2020).

Conforme Dias (2020) o uso do aço é direcionado para os elementos de conexão, cantoneiras, parafusos de ligação e na armadura do concreto armado.

Figura 1 – Combinação de CLT e MLC na construção de quadra esportiva.



Fonte: DIAS (2018).

A madeira engenheirada proporciona vantagens em relação ao concreto, entre elas o isolamento térmico e acústico (CAMARGO; SILVA; JUCÁ, 2021). De acordo com Shingue (2018) o elevado desempenho térmico das construções em madeira, diminuem as necessidades com sistemas de calefação e resfriamento, o que também leva a diminuição nos custos.

Outra vantagem significativa em relação ao isolamento térmico, principalmente em painéis de CLT e vigas e MLC, está ligada ao ambiente hermético e a baixa superfície, que contribui para a inibição da propagação de incêndios (DIAS, 2018).

De acordo com Gomes *et al.* (2019), as características de conforto térmico são diretamente influenciadas pela capacidade de condutividade térmica de um material e em consequência pela transmitância térmica. A transmitância térmica, se refere a taxa de transferência de calor através da matéria, desta maneira, quanto mais baixo o valor, mais confortável será o ambiente feito com o referido material.

Os sistemas construtivos que fazem uso desse tipo de matéria também possibilitam facilidade de construção e de desconstrução e representam uma alternativa sustentável de fonte de matéria-prima (CAMARGO; SILVA; JUCÁ, 2021).

Conforme Camargo, Silva e Jucá (2021) e Dias (2018) os sistemas construtivos que utilizam madeira engenheira tem a facilidade da pré-fabricação, onde se evita o desperdício de materiais, levando a diminuição no tempo de execução da obra, outro ponto significativo é a usinagem das peças por meio de equipamentos mecânicos e controlados por software, o que diminui o desperdício de materiais. Há de se levar em consideração que independente do clima os painéis de CLT e MLC continuam a ser produzidos, o que não acontece com as construções a base de aço e concreto.

Para a construção de edificações de madeira engenheirada, no Brasil, é usado lajes de concreto com aço. Entretanto, dada a massa específica significativamente mais leve da madeira engenheirada em relação ao concreto, a laje das edificações demanda menor uso de material tradicional, como o concreto armado (DIAS, 2018).

As peças de CLT e MLC, que ficarão expostas a umidade passam por um tratamento antifúngico a base de CCB, além disso, a fim de evitar problemas com Wheathing (degradação da madeira exposta a condições atmosféricas), as peças passam por um acabamento com aplicação de proteção superficial contra a incidência de raios solares (CROSSLAM, 2020).

No que se refere a matéria-prima, o Brasil possui grande potencial madeireiro, com grandes áreas de florestas tropicais e áreas de reflorestamento (IBÁ, 2020). Ainda segundo Lopes, Carmo e Serra (2021) a existência de inúmeras indústrias madeireiras como serrarias e indústrias de laminação somada a abundância de matéria prima proveniente de florestas renováveis, indicam a aptidão do mercado brasileiro para estabelecimento de indústrias de madeira engenheirada.

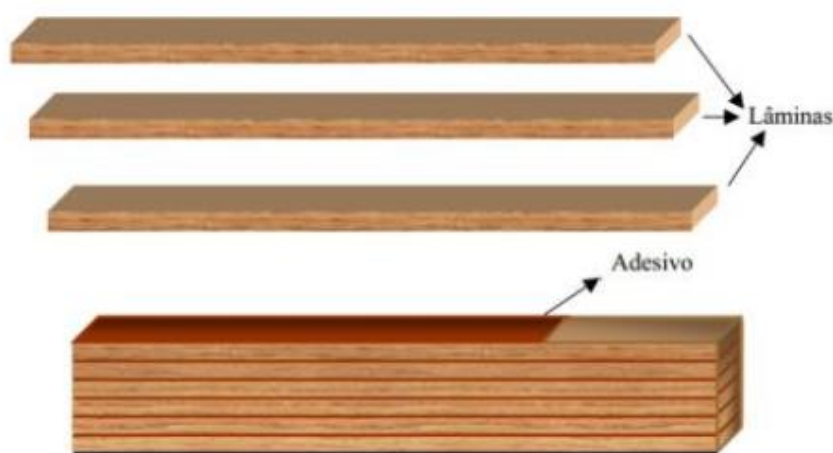
Atualmente as principais espécies usadas no país para madeira engenheirada são o *Pinus spp.*, *Eucalyptus spp.*, *Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke e *Tectona grandis* L. f., que vem sendo submetidas a diversos estudos para conhecimento das melhores combinações entre propriedade físicas e mecânicas da madeira e características de adesivo e prensagem, buscando estabelecer num futuro não tão distante, protocolos construtivos para as diferentes regiões do Brasil (LOPES; CARMO; SERRA, 2021).

As oportunidades de negócio para o setor estão ligadas a construções de edifícios, sendo predominante estruturas com até 10 andares. Para suportar essa demanda algumas empresas já trabalham com painéis de CLT de dimensões 0,5 x 6 x 18 metros (BOURSCHEID; KNISS; TEREZO, 2015; CBCS, 2014; CTE, 2020).

2.3.1 Madeira lamelada colada (MLC)

De acordo com Calil (2011) a Madeira Lamelada Colada (MLC) ou *Glue Laminated* (Glulam) é produzida com a colagem de lamelas (entendidas como tábuas) onde as fibras ficam orientadas paralelamente (Figura 2). Na sobreposição das lamelas de madeira serrada recomenda-se que haja alternância de colagem das lamelas quanto ao sentido dos anéis de crescimento, levando então a uma peça mais estável (DIAS, 2019; LUCENA, 2017).

Figura 2 – Composição de viga de MLC.



Fonte: Terezo e Szüics (2010).

Cunha e Matos (2010) e Szüics *et al.* (2015), citam que dentre os principais adesivos usados para a montagem de vigas de MLC estão Resorcina Fenol Formaldeído (RFF), Poliuretano (PUR), Melamina Uréia Formaldeído (MUF), Caseína, Resorcina e Ureia-formol.

O MLC é composto por lamelas que geralmente possuem espessura de 2,5 cm a 5,0 cm, a depender da altura e curvatura desejada para a peça final, entretanto, padrões diferentes podem ser observados para largura e espessura das lamelas. Em peças curvas, a espessura deve ser proporcional ao raio de curvatura da lâmina em sua face interna (PAULI; AZAMBUJA; LUTTGARDES NETO, 2021). A empresa ITA construtora, utiliza em suas peças de MLC, lamelas de 4, 6, 8, 12, 15 ou 18 cm de largura (ITA CONSTRUTORA, 2014).

De acordo com Dias (2020) o comprimento das peças de MLC podem ir até 30 metros, a principal limitação nesse sentido é o tamanho da prensa usada durante a fabricação dos elementos.

As peças formadas por MLC podem ter formato reto ou curvo, sendo que para a execução de viga em curva é necessário que a prensagem seja feita em formas apropriadas para o resultado esperado (ALMEIDA, 2007; ALMEIDA, 2012; TEREZO *et al.*, 2020).

As peças de MLC podem ser utilizadas para os fins variados, podendo fazer parte de estruturas como vigas, pilares e coberturas, possibilitando a construção até mesmo de pontes, estádios, arenas esportivas, templos religiosos e edifícios de múltiplos pavimentos. Além disso as estruturas também podem ser usadas para a construção de escadarias, rampas, corrimões, pergolados, adegas e destilarias, ornamentos, móveis, entre outros (PAULI; AZAMBUJA; LUTTGARDES NETO, 2021).

Em comparação a madeira maciça o MLC apresenta liberdade de formas, variedades de soluções construtivas, possibilita o alcance de grandes dimensões e para além disso, o peso do MLC é relativamente baixo quando comparado ao aço e ao concreto, o que leva a economia na execução das fundações (FIORELLI; DIAS, 2005).

As peças de MLC também apresentam maior resistência mecânica a esforços de tração, compressão e flexão, incorporada à cola usada em sua confecção e pela modelagem adequadas das peças, o que permite peças mais esbeltas do que aquelas de madeira serrada (PAULI; AZAMBUJA; LUTTGARDES NETO, 2021). O uso de MLC é ilustrado na figura 3.

Figura 3 – Exemplo do uso de MLC em construções.



Fonte: (A) ITA Construtora (2014); (B) Rewood (s.d.); (C) R.A.V. Projects (2017).

Segundo Schmid (2017) o uso de vigas retas em madeira lamelada colada foi patenteado pelo alemão Friedrich Otto Hetzer por volta de 1902, que mais tarde em 1906, patenteou os arcos de madeira lamelada colada. As restrições ao uso do aço durante a Segunda Guerra Mundial, acabaram por fomentar o uso de MLC em toda a Europa, sendo que atualmente as residenciais em madeira representam 10% das construções na França, 20% na Alemanha e 60% na Finlândia.

De acordo com Gonçalves (2011) em 1906, com a descoberta da caseína as ligações metálicas e parafusos foram substituídos por cola, o que levou a peças com seções mais

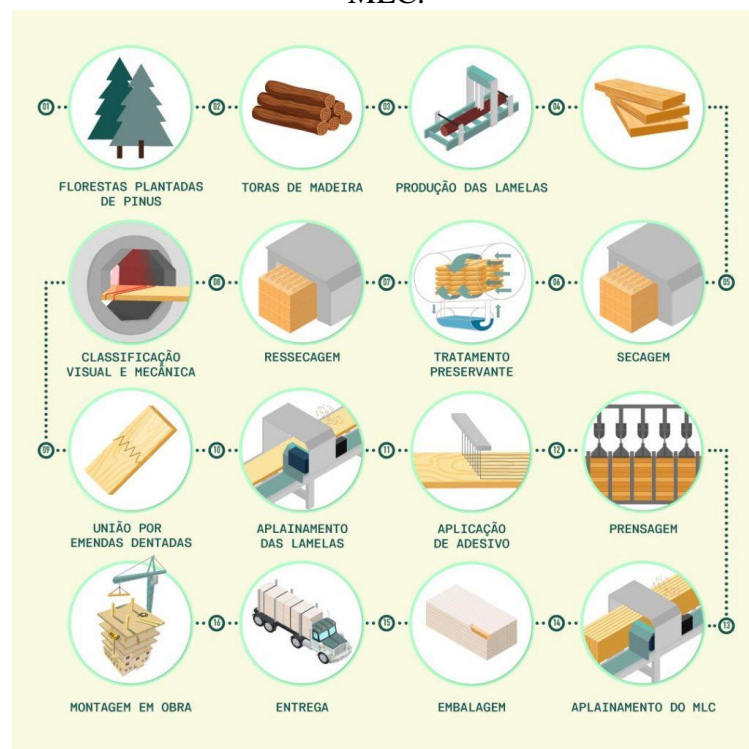
homogêneas e sem acontecimentos de resvalos entre as lâminas. A evolução da técnica do MLC caminhou concomitantemente com o desenvolvimento e descobertas dos adesivos, por conseguinte a partir de 1940 com o surgimento dos adesivos sintéticos as combinações entre madeiras e adesivo foi cada vez mais eficiente (GONÇALVES, 2011; CALIL, 2011).

O processo produtivo do MLC começa pela obtenção das toras, que são desdobradas em lamelas (entendidas aqui como tábuas), em seguida as lamelas são secas a 12% de umidade (FIORELLI; DIAS, 2005; SZCÜS *et al.*, 2015).

A classificação visual e mecânica das peças que irão compor as vigas de MLC busca eliminar peças com possíveis defeitos, como defeitos de secagem, lenho de reação ou tração, de modo geral, essa etapa seleciona apenas lamelas livres de condições que possam comprometer a estabilidade das vigas (SZCÜS *et al.*, 2015).

O processo seguinte consiste no aplainamento das tábuas e a formação das juntas de topo, ou *finger-joints*, em seguida as peças passam pelo tratamento contra agentes deterioradores biológicos e após a secagem são novamente submetidas ao aplainamento e finalmente é realizada a aplicação do adesivo, em seguida é feita a prensagem e a cura do adesivo. Ao final as peças de MLC são aplainadas lateralmente e direcionadas ao uso final (FIORELLI; DIAS, 2005). Na figura 4, consta um esquema do processo de manufatura do MLC.

Figura 4 – Fluxograma do processo produtivo de madeira engenheirada do tipo MLC.



Fonte: AMATA (2022).

Embora seja um dos mais antigos produtos resultantes de colagem de lâmina, o MLC vem ganhando espaço progressivamente no Brasil e o seu uso nas construções ainda é considerado pequeno (SCHIMID, 2017; OLIVEIRA, 2018).

De acordo com Pauli, Azambuja e Lutgardes Neto (2021) no Brasil, a primeira fábrica de vigas de MLC, foi instalada em Curitiba no ano de 1934.

De acordo com Calil (2011), até o ano de 2011 havia apenas duas empresas de MLC no Brasil, sendo uma localizada no Rio Grande do Sul e outra em Goiás. À época o valor de venda para o metro cúbico de MLC feito com Pinus e Eucalipto nas indústrias estava na ordem de R\$ 4.000,00 (quatro mil reais) por metro cúbico. O estudo realizado por Furtado (2014), investigou que o valor do custo de produção de 1 m³ de MLC feito com madeira de *Scchizolobium amazonicum* (Huber x Ducke (Paricá) era de R\$ 1.676,96. Já em 2018, Leite, Santos e Valle mencionaram que o valor para comercialização de peças de MLC feitas com Pinus ou Eucaliptos variava entre R\$ 5.500,00 e R\$ 6.000,00 por metro cúbico.

Garbe *et al.* (2019), avaliaram os valores de venda praticados para MLC e a partir de equações demonstrou as tendências da evolução dos preços. A partir disso, o autor concluiu que os valores de venda das peças até o ano de 2024 pode ir de R\$ 5.496,68 até R\$ 6.417,05.

O Brasil conta com três empresas que produzem MLC a nível comercial, localizadas no estado de São Paulo e Rio Grande do Sul (DIAS, 2018).

As espécies mais usadas por empresas no Rio Grande do Sul para a produção de MLC são eucalipto, pinus e cedro e apesar dos relatos de uso de araucária e imbuia, é indicado que a madeira usada tenha massa específica entre 0,40 e 0,75 g/cm³. A produção anual no Rio Grande do Sul varia de 60 m³ a 360 m³. Já no estado de São Paulo que é considerado o maior produtor nacional de MLC a média de produção anual é de 1.290 m³ ao ano (DIAS, 2018; DOVETAIL PARTNERS, 2016).

2.3.2 Madeira lamelada colada cruzada (*Cross laminated timber - CLT*)

Segundo Ecker, Miotto e Turmina (2017), pode-se definir CLT como madeira engenheirada pré-fabricada, cuja montagem consiste na justaposição de pelo menos 3 camadas ortogonais de madeira lamelada serrada, intervaladas por adesivos estruturais afim de formar um sólido retangular.

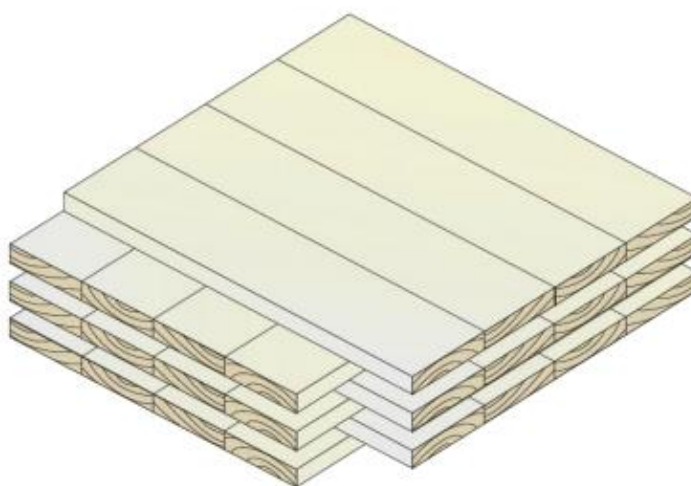
O painel de CLT pode ser formado por 3, 5 ou 7 camadas, resultando no geral em peças de 3 metros de largura por 12 metros de comprimento, sendo a logística de transporte e

a capacidade de prensagem da empresa fabricante os dois maiores fatores limitantes para a produção de painéis maiores. A colagem das laminas é realizada após as mesmas estarem com o teor de umidade por volta de 12%, afim de evitar variações dimensionais e aparecimento de fendas superficiais (DIAS, 2019; AMORIM; MANTILLA; CARRASCO, 2017). Para Ecker, Miotto e Turmina (2017) e Dias (2019) a largura das lamelas está entre 60 a 240 mm e espessura entre 15 a 51 mm.

De acordo com Dias (2018), o comportamento de contração e retração da madeira é muito menor no sentido perpendicular às fibras, logo, as placas de CLT possuem estabilidade superior dada a colagem das lamelas em direção cruzada.

A laminação em sentido cruzado reduz os efeitos de retração e inchamento devido ao comportamento higroscópico da madeira (ECKER; MIOTTO; TURMINA, 2017). Na figura 5 consta o aspecto construtivo dos painéis CLT.

Figura 5 – Composição do Painel de CLT.



Fonte: Terezo; Szücs (2010).

Entre os adesivos mais comuns na manufatura estão o poliuretano, que não tem adição de solventes ou de formaldeídos, porém, pode-se usar também Melamina-Ureia-Formaldeído (MUF), Fenol-Resorcinol-Formaldeído (PRF) e Emulsão Polímero Isocianato (EPI), conforme relacionam Ecker, Miotto e Turmina (2017).

Segundo Oliveira (2018) a madeira lamelada colada cruzada ou CLT, foi empregada primeiramente em sistemas construtivos alemães, em meados da década de 1970 e foram produzidos em escala comercial pela primeira vez em meados dos anos 90.

Com desenvolvimento inicial na Alemanha e na Áustria, o CLT tem seu uso já consolidado na Europa, larga utilização da América do Norte e acelerado emprego no Japão, Nova Zelândia e Austrália (OLIVEIRA, 2018; AMORIM; MANTILLA; CARRASCO, 2017).

De acordo com Dias (2018) a normatização do CLT na Europa deu seus primeiros passos em 1998, mas só foi aceita em 2008, atualmente a produção dos painéis é regulamentada pela norma EN 16351 que foi lançada em 2014. Os primeiros edifícios construídos com CLT apareceram na Suíça em 1993, Alemanha em 1995 e Áustria em 1998, a partir de então a produção de CLT aumentou indo de aproximadamente 0,095 milhões de m³ em 2000 para 0,61 milhões de m³ em 2010 (DOVETAIL PARTNERS, 2016).

No Brasil, a fabricação de painéis de CLT se deu a partir de 2012, com a iniciativa da empresa Crosslam (CROSSLAM, 2022; OLIVEIRA 2018).

O CLT pode ser usado como parede, placas de pavimento e até mesmo vigas e pilar (TEREZO *et al.*, 2020). A estrutura formada pelo CLT permite a produção de edificações de madeira, podendo compor tanto laje e telhados quanto parede (OLIVEIRA, 2018). A figura 6 demonstra situações do uso de CLT.

Figura 6 – Uso de painéis de CLT em construção de residência.



Fonte: Arch daily (2022).

De acordo com Oliveira (2018) o processo produtivo de painéis CLT vai da colheita das toras a montagem das peças no canteiro de obras. As toras são direcionadas ao desdobro para obtenção das lamelas (entendidas como tábuas), essas são secas a 12% de umidade afim de evitar variações dimensionais e aparecimento de fendas superficiais.

Posteriormente a secagem ao teor de umidade de 12%, as lamelas passam por um processo de emenda de topo, que pode ser do tipo *finger joint*. As lamelas podem ser tratadas com CCB ou CCA e levadas a uma nova secagem, seguida da classificação visual e mecânica das peças que irão compor os painéis para descartar componentes com defeito (OLIVEIRA, 2018; DIAS, 2019; AMORIM; MANTILLA; CARRASCO, 2017).

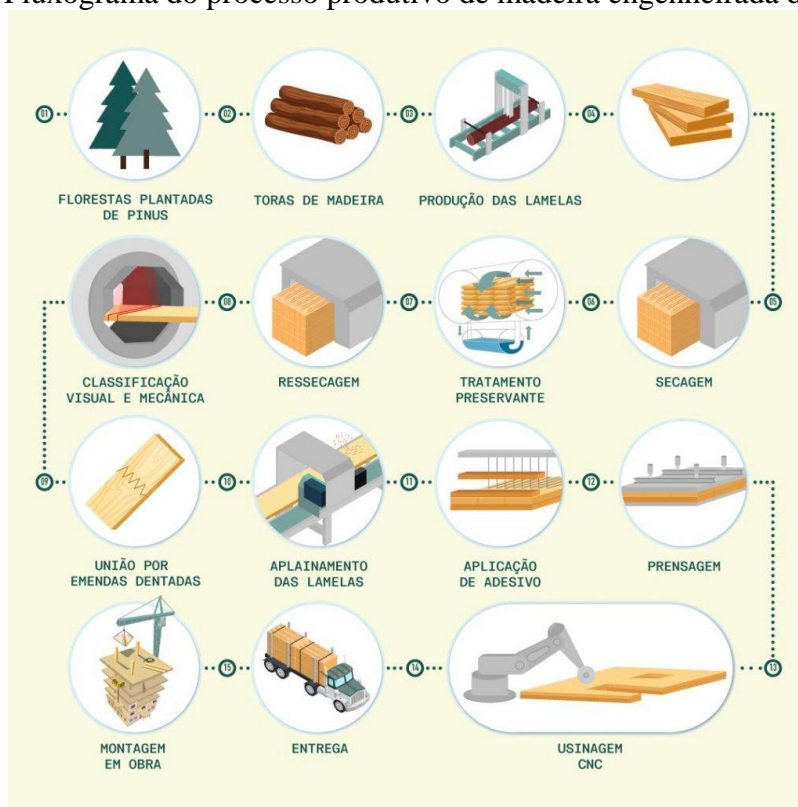
As lamelas são então aplainadas, alinhadas e recebem o primeiro revestimento de adesivo, sofrendo pressão negativa para a prensagem da primeira camada para efetiva colagem. A pressão pode ser feita através de máquinas a vácuo e deve ser uniforme sobre toda a placa (ECKER; MIOTTO; TURMINA, 2017; DIAS, 2019). Seguida a prensagem, acontece a cura do adesivo, então os painéis são usinados e destinados até o canteiro de obras, onde são montados por uma equipe treinada (Figura 7). “*O corte e a usinagem dos painéis são realizados em um equipamento de usinagem com CNC, por meio de fabricação subtrativa, que envolve a remoção de materiais sólidos por meio de processos mecânicos, elétricos ou químicos*”. (OLIVEIRA, 2018, p. 93).

As excelentes propriedades de resistência dos painéis CLT estão relacionadas com a composição interna dos mesmos que permite a distribuição da carga de forma bidirecional. É conhecido que a alta capacidade de carga, comparada ao peso do próprio material confere as peças de CLT alto coeficiente de esbeltez, mesmo em peças de grandes dimensões. Além disso, nos sistemas construtivos amplamente usados a transferência de carga é predominante em fluxos unidirecionais, porém, nos painéis de CLT os elementos se comportam como placas e desta forma a distribuição da carga é feita bidirecionalmente (CAMARGO; SILVA; JUCÁ, 2011).

Atualmente as empresas brasileiras que fabricam painéis CLT são a Crosslam, localizada em Suzano no estado de São Paulo e a Lamelar, que se trata de um empreendimento criado por egressos da Universidade do Estado de Santa Catarina, em Lages (DIAS, 2018; DOVETAIL PARTNERS, 2016).

A empresa Crosslam tem como principal matéria prima o *Pinus taeda*, mas também utiliza *Eucalyptus grandis*, além disso a madeira de Paricá é amplamente testada em estudos acadêmicos (CROSSLAM, 2020).

Figura 7 – Fluxograma do processo produtivo de madeira engenheirada do tipo CLT.



Fonte: AMATA (2022).

2.4 PESQUISAS RECENTES NO BRASIL COM CLT E MLC

No Brasil, a nível acadêmico muitas das pesquisas realizadas visam testar a matéria-prima disponível e sua capacidade de resistência aliada a diferentes tipos de adesivos em montagens de painéis MLC e CLT, testando tempo de prensagem, tempo de curagem, presença ou não de preservantes de madeira, uso de ignífugos, entre outros (ALMEIDA, 2007; ALMEIDA, 2012; LUCENA, 2017; OLIVERIA, 2018).

O estudo conduzido por França e Bogo (2019), investigou as características de conforto térmico de diferentes sistemas construtivos de paredes e coberturas da edificação. Os resultados do estudo demonstraram que os sistemas construtivos que tiveram melhor desempenho térmico foram o CLT sem isolamento térmico, CLT com isolamento térmico e *wood frame*, quando comparados a sistemas construtivos tradicionais, ou seja, aqueles a base de concreto e tijolos.

O estudo de Gomes *et al.* (2019), avaliou a condutividade térmica, densidade e transmitância térmica de seis diferentes materiais usados na construção civil, entre estes madeira lamelada colada. O MLC foi o material com menor densidade, com um valor de 700 kg/m³, além disso, esse foi o material que apresentou menor valor de transmitância térmica. Já

os valores de condutividade térmica foram iguais a da madeira sólida, o que era esperado, dado a natureza da matéria prima.

O estudo de Segundinho *et al.* (2021), teve por objetivo avaliar as propriedades físicas e mecânicas da madeira do híbrido de *E. grandis* × *E. urophylla* voltado para a produção de elementos de MLC colados com os adesivos resorcinol-formaldeído (RF) e poliuretano de mamona (PUR). O teste observou que o híbrido de *E. grandis* × *E. urophylla* apresentou resultados satisfatórios para ser usado na fabricação de elementos de MLC, sobretudo quando coladas com adesivo resorcinol-formaldeído (RF).

2.5 PRINCIPAIS INICIATIVAS NO BRASIL E NO MUNDO COM APLICAÇÃO DE PAINÉIS MLC E CLT

O aumento da concentração de gases do efeito estufa são explanados ao mundo por meio dos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). A preocupação com o acúmulo dos GEEs, evidenciados a partir da década de 1950, levou a adoção dos 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODSs), que representam um esforço encabeçado pela Organização das Nações Unidas (ONU). Entre os ODSs, aqueles que contribuem para o fomento do uso de madeira engenheirada, estão o objetivo 9 e o objetivo 11 (ONU, 2022).

A indústria, inovação e infraestrutura é tratada pelo objetivo 9 que almeja construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação. O objetivo 11, se refere ao desenvolvimento de cidades e comunidades sustentáveis e para isso propõe tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, resilientes e sustentáveis (ONU, 2022). Tais objetivos são aliados a política ESG (*Environmental, Social, Governance*) e acabam por gerar uma pressão comercial para o desenvolvimento de iniciativas menos poluentes (BONATELLI, 2021).

O tempo de construções feitas em madeira pode ser de 30 a 50% menor do que construções de alvenaria e as emissões de GGE chegam a ser 31% menor (IBÁ, s.d.). De acordo com o IBÁ (s.d.), estima-se que entre 40 e 70% dos recursos naturais existentes são consumidos pelo setor de construção civil para construções em alvenaria, além disso só no Brasil a construção gera cerca de 25% do total de resíduos das indústrias e 60% do lixo das cidades.

De acordo com Souza (2021), o setor de construção civil é o que possui maior potencial para redução de gases do efeito estufa, já que 1m³ de madeira engenheirada pode

retirar até uma tonelada de dióxido de carbono da atmosfera. Para isso, é necessário que a matéria prima seja obtida de reflorestamentos e de preferência sejam certificados, garantindo que os aspectos de sustentabilidade sejam cumpridos.

No Brasil, há empresas que buscam popularizar o uso de madeira engenheirada, algumas se valem dos selos de certificação de ESG (*Environmental, Social, Governance*), como o selo FSC, para confirmar a origem renovável da matéria prima utilizada, neste cenário nos últimos anos, surgiram algumas empresas no setor, como a startup Urbem, que no ano de 2021 recebeu cerca de 103 milhões de reais em investimento de um grupo de sócios, que serão aplicados no desenvolvimento do setor (BONATELLI, 2021).

No Reino Unido, mais especificamente em Londres, no ano de 2009, foi inaugurado o prédio Stadhaus (Figura 9), projetado por Waugh Thistlenton Architects. O edifício que tem altura de 29 metros é montado com painéis de CLT, teve a construção concluída em 1 ano, 6 meses a menos do que o tradicional (IBÁ, s.d.).

Outro exemplo do uso de painéis de CLT e MLC para construção de edifícios é o MjØstårnet (Figura 10), localizado na Noruega. Essa conta com 18 andares acima do solo e um andar no subsolo, ao total são 85,4 metros (IBÁ, s.d.).

Figura 9 – Fotografia do edifício Stadhaus localizado em Londres, Inglaterra.



Fonte: Will Pryce (s.d.).

Figura 10 – MjØstårnet, edifício situado na Noruega com componentes de CLT e MLC.



Fonte: Madeira em construção (2019).

No Brasil a madeira engenheirada ganhou uso no edifício da loja de chocolates da marca Dengo, localizado em São Paulo (SP), conforme figura 11. A construção conta com elementos de MLC e CLT e evidencia as propriedades de conforto térmico da madeira engenheirada (AMATA, 2021).

Figura 11- Loja de chocolates Dengo, localizada em São Paulo (SP).



Fonte: AMATA Brasil, (2021).

2.6 PRINCIPAIS ENTRAVES À DIFUSÃO DA MADEIRA ENGENHEIRADA NO BRASIL

De acordo com Shingue (2018) apesar das diversas vantagens do uso de madeira engenheirada, relacionadas aos aspectos ambientais ligados ao uso de matéria-prima

proveniente de fontes renováveis, a madeira engenheirada ainda apresenta dificuldade para ganhar o mercado de construção civil no Brasil.

Alguns autores consideram que o uso incipiente de construções que tem por base o uso de madeira engenheirada se deve ao fator cultural (DEPIERI; SANTOS; COSTA, 2018).

Diversos autores atribuem à população um preconceito quanto ao uso de madeira para construções. Neste sentido, a madeira é tida como um material antiquado e inadequado para construções industriais e urbanas, sendo vista apenas como material para construção de chalés. Além disso, alguns técnicos da área de construção desconhecem as características de resistência, durabilidade, resistência ao fogo, isolamento térmico e acústico da madeira e da madeira engenheirada (OLIVEIRA, 2018; SHINGUE, 2018).

Ademais, existe a ideia de que edificações feitas de madeira engenheirada podem facilmente incendiar e estar suscetível ao ataque de agentes biológicos (OLIVEIRA, 2018; SHINGUE, 2018). Entretanto esses problemas podem ser evitados se a madeira passar por tratamentos que buscam inibir a ação de agentes (LUCENA, 2017; ECKER; MIOTTO; TURMINA, 2017).

Alguns estudos demonstram que há baixo conhecimento sobre o uso de CLT e MLC entre os profissionais da área e a população mesmo em países onde o emprego da madeira engenheirada já é consolidado (ESPINOZA *et al.*, 2016 *apud* SHINGUE 2018).

Há a crença que construções feitas com madeira engenheirada representam maior custo para a obra, haja visto que a deterioração do material implica em custos para a manutenção, apesar disso, essa percepção não leva em consideração umas das vantagens com a utilização da madeira engenheirada que é a diminuição na velocidade de construção, o que impacta diretamente nos custos, além de custos com transporte, e fundações (ESPINOZA *et al.*, 2016 *apud* SHINGUE 2018).

Adicionalmente a este fato, segundo Shingue (2018) o setor de construção civil fez e faz amplos investimentos em tecnologias para o uso do concreto armado buscando a popularização do material, além disso, o setor é considerado conservador em relação ao uso de novas tecnologias e tem tendência a aversão a riscos, ou seja, evita a diversificação do mercado e aposta em sistemas construtivos já conhecidos.

O desenvolvimento do setor de construções em madeira, especialmente madeira engenheirada é um processo de inovação incremental, que acontece aos poucos, com pequenos avanços graduais. Como o mercado de construção civil tem comportamento conservador, este considera o sistema de construção de madeira engenheirada inovador apesar da longa data de existência de alguns, como MLC (OLIVEIRA, 2018; SHINGUE, 2018).

Atualmente algumas dificuldades estão ligadas a obtenção de matéria prima, apesar da longa data da existência de povoamentos no país, o manejo na maior parte das áreas ainda é feito de maneira amadora o que inviabiliza toras de primeira qualidade (OLIVEIRA, 2018; SHINGUE, 2018).

O cenário atual apresenta complicações para a aquisição de insumos (adesivos, máquinas, entre outros) para a fabricação de CLT e MLC, dado ao valor do dólar, em consequência a crise econômica gerada pelo COVID-19 (BONATELLI, 2021).

3 CONCLUSÃO

As peças de MLC, cuja origem é datada de 1906, na Alemanha são compostas pela colagem de lamelas em sentido paralelo as fibras. O CLT, que também é originário da Europa é feito a partir da colagem cruzada de lamelas em camadas que vão de 3 a 7. Tanto o MLC como o CLT possuem boas características de resistência e proporcionam conforto térmico, acústico, diminuição nos custos e agilidade de construção. Além do já apresentado, destaca-se que como qualquer outra edificação as construções feitas com CLT e MLC necessitam de manutenção preventiva, afim de evitar danos que possam comprometer as qualidades técnicas de rigidez a ponto irreversível. No Brasil as principais matérias primas utilizadas para os painéis de CLT e para o MLC são Pinus, Eucaliptos, Cedro e Paricá.

O uso de construções de madeira engenheirada aliada a marcas reconhecidas e com público consolidado no mercado, contribui para a criação de um vínculo onde a madeira engenheirada é relacionada com produtos de qualidade, fato que pode ampliar a procura por sistemas construtivos com o uso de CLT e MLC, agregando a imagem de qualidade a esse tipo de construção.

Deve-se considerar que, apesar de o Brasil não possuir norma técnica específica para a condução de testes que busquem investigar as características físicas e mecânicas de CLT e MLC, bem como a ausência de norma reguladora própria para a construção de edificações com esses materiais, os esforços da iniciativa privada vêm sendo decisivos para a difusão das técnicas construtivas com elementos de madeira engenheirada.

Ademais nota-se também que os esforços das pesquisas acadêmicas, que buscam entender e adaptar conhecimento estrangeiro para as condições do Brasil são fundamentais para a divulgação de informações relativas aos painéis de CLT e MLC.

Apesar do cenário momentaneamente desfavorável ao comércio interno de madeira (entende-se que é melhor vender madeira para o exterior) dada a valorização do dólar, as pressões socioambientais para redução de emissão de GEE, podem representar um contexto positivo para o estabelecimento de construções com madeira engenheirada.

Para difusão do uso de construções que usem madeira engenheirada, cabe a todo o setor de engenharia florestal o esclarecimento perante a sociedade do uso de madeira advinda de florestas plantadas, não sendo usada madeira de extrativismo ilegal, bem como, madeira plantada em área de desmatamento ilegal. Além disso, o setor florestal também deve buscar a otimização de áreas reflorestadas, produzindo toras livres de defeitos, por meio do manejo adequado a região do plantio.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Manual da construção industrializada da ABDI**. Vol. 1. 2015. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

ALMEIDA, C. C. F. **Avaliação da qualidade da colagem da madeira da *Cupressus lusitanica* MILL. para a produção de painéis colados lateralmente (*Edge Glued Panel - EGP*)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, 2015. Disponível em: <http://www.tede.udesc.br/bitstream/tede/1930/1/PGEF15MA048.pdf>. Acesso em: 13 set. 2020.

ALMEIDA, F. A. L. **A madeira como material estrutural – projeto da estrutura da cobertura de um edifício**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, Portugal. 2012. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/72613/1/000155383.pdf>. Acesso em: 13 set. 2020

ALMEIDA, P. A. O. **Madeira como material estrutural**. . 1 ed. São Paulo: Arte Interativa, 2007. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/393004/mod_resource/content/1/Madeira%20como%20material%20estrutural.pdf. Acesso em: 14 set. 2020

ALMEIDA, D. H. *et al.* Madeira Laminada Colada (MLC) da espécie Paricá. **Madeira: Arquitetura & Engenharia**, São Carlos, SP, v. 12, n. 30, p. 71 -82, 2011.

AMATA. **Urbem**. Disponível em: <https://amatabrasil.com.br/>. Acesso em: 22 jan. 2022

AMORIM, S. T. A. *et al.* A madeira laminada cruzada: aspectos tecnológicos construtivos e de dimensionamento. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, Suplemento, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rmat/v22s1/1517-7076-rmat-22-suppl-e11937.pdf>. Acesso em: 13 set. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS – ACR. **Anuário Estatístico de Base Florestal para o Estado de Santa Catarina 2019 (Ano Base 2018)**. 2019. Disponível em: http://www.acr.org.br/uploads/biblioteca/Anuario_ACR_2019_atualizado.pdf. Acesso em: 6 out. 2020.

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS – ACR. **Anuário estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina (Ano base 2015)**. 2016. Disponível em: http://www.apreflorestas.com.br/wp-content/uploads/2017/03/ACR_AnuarioEstatistico-Florestal-ACR-2016.pdf. Acesso em: 18 out. 2020.

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS (ACR). **Mapa logístico florestal 2020**. Disponível em: <http://www.acr.org.br/uploads/biblioteca/mapa-logistico-florestal-2020.pdf>. Acesso: 31 jan. 2022.

AZAMBUJA, M. A. **Estudo experimental de adesivos para a fabricação de madeira laminada colada: avaliação da resistência de emendas dentadas, da durabilidade e de vigas**. 2006. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP. 2006..

BRASIL. **Florestas do Brasil em resumo**: 2019. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: MAPA/SFB, 2019. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/publicacoes/1737-florestas-do-brasil-em-resumo-2019>. Acesso em: 12 set. 2020.

BOURSCHEID, C. B.; KNISS, D. D. C.; TEREZO, R. F. **Potencial da madeira laminada colada cruzada no Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 2., 2015, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: SBCTEM, 2015.

CARLIN, T. **Avaliação experimental da influência da deformação por cisalhamento em vigas “I-Joists”**. 2017. 86 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

CALIL NETO, C. **Madeira Laminada Colada (MLC): controle de qualidade em combinações espécie-adesivo-tratamento preservativo**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP. 2011.. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-19042011-171909/publico/CarlitoCalilNetoNOVA.pdf>. Acesso em: 22 out. 2020.

CALIL NETO, C.; DIAS, A. A. **Utilização da madeira em construções rurais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.1, p.71-77, 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/58bg3vn8xXTLhwwgm375XTk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso: 23 fev. 2022.

CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES – CTE. **Madeira engenheirada: você conhece essa nova tecnologia construtiva?** 2020. Disponível em: <https://cte.com.br/blog/inovacao-tecnologia/madeira-engenheirada-voce-conhece-essa-nova-tecnologia-construtiva/>. Acesso em: 18 out. 2020.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – CBCS. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil de Promoção de Políticas Públicas - Subsídios para a promoção da Construção Civil Sustentável**. 2014. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel/show.asp?ppgCode=DAE7FB57-D662-4F48-9CA6-1B3047C09318>. Acesso em: 7 out. 2020.

CROSSLAM. **Informações técnicas**. 2022. Disponível em: https://www.crosslam.com.br/site/PDFs/Technical_Information_CLT-Portuguese.pdf. Acesso em: 20 fev. 2022.

CROSSLAM. **Conhecendo sobre o Cross Laminated Timber (CLT)**. 2020. Disponível em: <https://www.crosslam.com.br/site/PDFs/Conhecendo%20sobre%20o%20%20CLT.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2022.

CUNHA, A. B. da. MATOS, J. L. M. de. Rigidez e resistência de vigas estruturais de madeira lamelada colada e com perfil I compostas por diferentes adesivos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 345–356, 2010.

DEPIERI, R.; SANTOS, A. C. E.; COSTA, O. A. L. **O uso sustentável do *Pinus elliotti* para a fabricação do MLC- Madeira Laminada colada**. **Revista Foco**. N. 15(2018). Disponível em: <http://revistafoco.inf.br/index.php/FocoFimi/article/view/668>. Acesso em: 10 jan. 2022

DIAS, A. **Crosslam: Cross Laminated Timber**. Informações técnicas 2020. Disponível em: <http://www.crosslam.com.br/home/sites/default/files/informacoestecnicasbasicas.pdf> Acesso em: 14 set. 2020.

DIAS, A. **Dossiê da Madeira Laminada Colada Cruzada (CLT): Produção e Desenvolvimento**. Madeira e construção. 2018. Disponível em: <http://madeiraeconstrucao.com.br/dossie-da-madeira-laminada-colada-cruzada-clt-producao-e-desenvolvimento/>. Acesso em: 19 out. 2020.

DOVETAIL PARTNERS. **Edifícios altos e modernos em madeira: oportunidades para inovação**. 2016. Disponível em: https://madeiraeconstrucao.com.br/wp-content/uploads/2017/08/dovetailtallwoodbuildings_261016.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

ECKER, T. W. P.; MIOTTO, J. L.; TURMINA, G. Painéis de madeira laminada colada cruzada para lajes: avaliação experimental mecânica sob diferentes níveis de consumo de adesivo. **Ciência & Engenharia**, Uberlândia, MG, v. 26, n. 1, p. 17 – 25, 2017.

FRANÇA, M. E.. AMILCAR, J. B.. Avaliação de conforto ambiental comparativa em edificações construídas em madeira lamelada colada cruzada (Painéis CLT) e em sistemas construtivos tradicionais. **Labor e Engenho**, Campinas, SP, v. 13, p. 1 -7, 2019.

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

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório 2019**. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2019-final.pdf> . Acesso em: 07 out. 2021.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório 2020**. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2021.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório 2021**. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **As árvores cultivadas e a madeira na construção civil.** (s.d.). Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/e-mail-marketing/livre/info-madeira-construcao.pdf>. Acesso em: 07 out. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – (IBGE). **Extração vegetal e silvicultura.** 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/>. Acesso em: 15 out. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – (IBGE). **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínuos - PNAD Contínua.** 2016. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9173-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-continua-trimestral.html?=&t=downloads>. Acesso em: 17 out. 2020.

GÓES, J. L. N.; CARLIN, T.; PIZZINI, P. R.; TAVARES, M. G. **Avaliação experimental da influência da deformação por cisalhamento em vigas I de madeira.** II Congresso Latinoamericano de Estruturas de Madeira. 2017. Disponível em: <https://clem-cimad2017.unnoba.edu.ar/papers/T6-26.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2022.

LEITE, T.M.; SANTOS, P.A.F.M.; VALLE, I.M.R. **O uso da madeira laminada colada no Brasil: panorama e desafios.** Acesso em: 03 set. 2021.

LEMOS, C. A. C. **Transformações do espaço habitacional ocorridos na arquitetura brasileira do século XIX.** Anais do Museu Paulista Nova Série NQ1 1993

LOPES, S. C.; CARMO, M. E. R.; SERRA, S. M. B. **Levantamento de soluções construtivas em madeira industrializada.** In: WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS, 1., 2021, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1–6. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/tecsic/article/view/1305>. Acesso em: 2 mar. 2022.

LUCENA, R. C. **Análise teórica de rigidez e resistência à flexão de painéis de madeira lamelada colada cruzada.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2017.

PAULI, B. A., AZAMBUJA, M. dos A., & OLIVEIRA NETO, L. de . (2021). **Madeira lamelada colada: Potencial em edificação, da graduação à industrialização.** *Periódico Técnico E Científico Cidades Verdes*, 9(24). <https://doi.org/10.17271/2317860492420212940>.

OLIVEIRA, A. R. *et al.* **Análise estrutural de vigas de madeira laminada colada.** 2013. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1562&subject=L%E2%80%90minas&title=An%E1lise%20estrutural%20de%20vigas%20de%20madeira%20laminada%20colada. Acesso em: 18 out. 2020.

OLIVEIRA, G. L. **Cross Laminated Timber (CLT) no Brasil: processo construtivo e desempenho - Recomendações para o processo de projeto arquitetônico.** 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2018.

OLIVEIRA, G. L.; OLIVEIRA, F. L.; BRAZOLIN, S. **Análise da estanqueidade de painéis de Cross Laminated Timber (CLT) para uso externo em fachadas de edificações.** 2018. Disponível em: https://www.ipt.br/artigo_tecnico/1669-analise_da_estanqueidade_de_paineis_de_cross_laminated_timber__clt__para_uso_externo_e_m_fachadas_de_.htm. Acesso em 17 out. 2020.

Organização das Nações Unidas (ONU). **Como as nações unidas apoiam os objetivos de Desenvolvimento sustentável no Brasil.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 24 de fev. 2022.

ROTH, C. das G., GARCIAS, C. M. Construção civil e a degradação ambiental. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, RS, v. 7, n. 13, p. 111–128, 2018. SCHIMID, M. Mercado de madeira serrada dos EUA e as oportunidades para o Brasil. 2017. Disponível em: <https://www.forest2market.com/blog/br/mercado-de-madeira-serrada-dos-eua-e-as-oportunidades-para-o-brasil>. Acesso em: 21 out. 2020.

SANTOS, L.M.A. **Madeiras.** 2008. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_madeiras_lara_monalisa.pdf. Acesso em: 24 de fev. 2022.

SCHIMID, M. Mercado de madeira serrada dos EUA e as oportunidade para o Brasil. 2017. Disponível em: <https://www.forest2market.com/blog/br/mercado-de-madeira-serrada-dos-eua-e-as-oportunidades-para-o-brasil>. Acesso em: 21 out. 2020.

SEGUNDINHO, P.G.A.; OLIVEIRA, R.G.E.; GONÇALVES, F.G., et al. **Avaliação da madeira do híbrido de *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* para utilização em madeira lamelada colada.** Revista Matéria, v.26, n.3, 2021.

SERVIÇO NACIONAL DE INFORMAÇÃO FLORESTAL (SNIF). **Boletim SNIF 2020** Ed.1. Disponível em: https://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/Boletim_SNIF_ed1_2020_vfinal.pdf. Acesso em: 20 nov. 2021.

SHIGUE, E. K. **Difusão da construção em madeira no Brasil: Agentes, ações e produtos.** 2018. 250 p. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-03092018-094051/publico/DissCorrigidaErichKazuoShigue.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2022

TEREZO, F. T.; SZÜCS, C. A. Análise de desempenho de vigas em madeira laminada colada de parica (*Schizolobium Amazonicum* Huber ex. Ducke). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 471-480, 2010.

TEREZO, F.T.; SZÜCS, C.; VALLE, A.; SAMPAIO, C. A. P.; STÜPP. **Propriedades da madeira de paricá em diferentes idades para uso estrutural.** II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira (CBCTEM), Belo Horizonte (MG) – 20-22 de setembro de 2015. Disponível em: [file:///C:/Users/Julia%20Gabriela/Downloads/7147-23154-2-PB%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Julia%20Gabriela/Downloads/7147-23154-2-PB%20(3).pdf). Acesso em: 22 fev. 2022.

VILELA, R.; MASCIA, N. T. **Avaliação de propriedades mecânicas da madeira de *Pinus taeda* provenientes de placas de cross laminated timber.** Ambiente Construído, Porto

Alegre, v. 21, n. 4, p. 89-110, out./dez. 2021. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000400560> Acesso em: 10 jan. 2022.