



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus Experimental de Itapeva

JOICE CORRÊA DE OLIVEIRA

**"ANÁLISE DA QUALIDADE DE COLAGEM DE PAINÉIS DE MADEIRA
COMPENSADA DE *Pinus taeda* TRATADA COM CCA"**

Itapeva – SP

2016

JOICE CORRÊA DE OLIVEIRA

**"ANÁLISE DA QUALIDADE DE COLAGEM DE PAINÉIS DE MADEIRA
COMPENSADA DE *Pinus taeda* TRATADA COM CCA"**

Trabalho de Graduação apresentado na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho - Campus Experimental de Itapeva, como requisito para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Cristiane Inácio de Campos

Itapeva – SP

2016

Oliveira, Joice Correa de.
O482a Análise da qualidade de colagem de painéis de madeira compensada de *Pinus taeda* tratada com CCA / Joice Correa de Oliveira. -- Itapeva, SP, 2016
56 f.: il.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado – Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Experimental de Itapeva, 2016

Orientadora: Cristiane Inácio de Campos

Banca examinadora: César Augusto Galvão de Moraes, Bruno Santos Ferreira

Bibliografia

1. Painéis de madeira. 2. Colagem. 3. Pinus taeda. I. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Experimental de Itapeva. II. Título.

CDD 674.8

Dedico o presente trabalho, primeiramente, a Deus fonte de vida e sabedoria, que me sustentou, foi meu guia e minha fortaleza em todos os momentos. Ao meu querido pai, José Maria de Oliveira (*in memoriam*) e amados avós maternos, Ana de Oliveira Corrêa (*in memoriam*) e Aristides Custódio Corrêa (*in memoriam*), meus grandes incentivadores, os quais partiram deixando uma lacuna repleta de saudades, porém, ainda que haja a distância física, os guardarei sempre em meu coração e pensamento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pelo dom da vida e da ciência para que pudesse compreender seus feitos e suas maravilhas e, por tantas vezes, ter me acolhido e me mostrado os caminhos nos momentos que não me senti capaz de seguir em frente.

A minha mãe, Cécília de Fátima Corrêa, o exemplo de mulher que quero seguir admirando pela vida afora, e que sempre me apoiou nos sonhos e nas realidades mais duras, agradeço pelo amor incondicional, pela dedicação e pela paciência. Te amo.

Ao meu pai, José Maria de Oliveira (*in memoriam*), meu incentivador e grande amigo, que não pôde estar comigo para presenciar a concretização deste momento, mas que de onde estiver sei que se alegra com as minhas vitórias. Obrigada, pai.

Ao meu “namorado”, João Henrique, agradeço pelos anos de amor, amizade e companheirismo durante o curso e na vida, e pelas duas jóias mais lindas que Deus nos deu de presente: Dante e Maria Anna, que embora não tivessem conhecimento disto, foram minhas maiores fontes de inspiração, e que, de maneira especial foram luz para os meus pensamentos, me levando a buscar e dar sempre mais de mim. Foi por vocês, meus filhos, que amo infinitamente.

A querida Prof^a Dr^a Cristiane Inácio de Campos, minha gratidão pela amizade, pelos ensinamentos recebidos e pelo incentivo quando mais precisei. Obrigada por não desistir de mim.

Ao MSc. Bruno Santos Ferreira, pela amizade e solicitude nos momentos de dúvida no desenvolvimento deste trabalho. Meus agradecimentos.

A todos os professores, alunos e funcionários da UNESP-Itapeva, muito obrigada por compartilhar esses anos de aprendizado e convivência.

Aos meus parentes e amigos, que sempre estiveram ao meu lado torcendo pelas minhas conquistas, meus mais sinceros agradecimentos.

“Eu tentei 99 vezes e falhei, mas na centésima tentativa eu consegui, nunca desista de seus objetivos mesmo que esses pareçam impossíveis, a próxima tentativa pode ser a vitoriosa.”

(Albert Einstein)

RESUMO

Não é novidade que os painéis de madeira compensada vem se destacando cada vez mais por ser um produto mais versátil comparado a madeira maciça. Por esse motivo é sempre necessário que se atualizem os estudos e experimentos, principalmente, voltados para as resinas que são um dos componentes que mais influenciam no valor final das chapas, para que estas ofereçam uma colagem cada vez mais eficiente, satisfatória e rentável. Para tanto, o presente trabalho possui o objetivo de avaliar a qualidade de colagem de compensados de madeira fabricados com lâminas de *Pinus taeda* coladas com adesivo a base de fenol-formaldeído. Os painéis foram submetidos a tratamento químico preservante em autoclave com CCA, utilizando método de célula cheia. Numa primeira situação foram tratadas somente as lâminas e então fabricado o painel, e na segunda o painel foi fabricado e só então passou pelo tratamento. Nos dois casos foram retirados os corpos-de-prova que foram submetidos a duas condições, sendo uma com imersão em água por 24 horas e outra sem imersão em água. Os corpos-de-prova foram devidamente ensaiados de acordo com o documento normativo ABNT NBR ISO 12466 em máquina universal de ensaios mecânicos. Sendo assim, pôde-se analisar, quantitativamente, que os resultados obtidos para os painéis tratados com CCA, não apresentaram melhora na qualidade da colagem, porém continuaram a atender as especificações exigidas pela norma supracitada.

Palavra-chave: Madeira, *Pinus taeda*, fenol-formaldeído, colagem,

ABSTRACT

Unsurprisingly the plywood panels has been increasing more and more to be a more versatile product compared to solid wood. Therefore, it is always necessary to update the studies and experiments mainly focused on the resins that are one of the components that influence the final value of the plates so that they provide a bonding increasingly efficient and satisfactory. Therefore, this work has the objective of evaluating the quality of plywood made of *Pinus taeda* veneers bonded with phenol-formaldehyde based adhesive. The panels were subjected to chemical treatment in an autoclave with CCA preservative, using the full cell method. In the first situation, there were treated only the veneers; in the second situation were treated only the panel. In both cases it was removed the specimens that were submitted to two conditions, one with immersion in water for 24 hours and the other one without immersion in water, and then properly tested according to the normative document ABNT NBR ISO 12466 in a mechanical universal testing machine. Thus, it was possible to analyse quantitatively the results obtained for the panels treated with CCA, did not improve the bonding quality of the panels, but continued to meet the specifications required by the standard.

Keywords: wood, *Pinus taeda*, plywood, phenol-formaldehyde, bonding.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação dos painéis à base de madeira	18
Figura 2 - Exemplos de configurações de painéis de madeira compensada	22
Figura 3 - Fluxograma da fabricação do compensado, (A) Produção das lâminas por torneamento e (B) Produção do painel.....	24
Figura 4 - Esquema de preservação de madeira em autoclave (método célula cheia)	39
Figura 5 - Autoclave utilizada para a realização do tratamento com CCA	43
Figura 6 - Corpo de prova de cisalhamento na linha de cola, dimensões em mm	45
Figura 7 - Máquina universal de ensaios mecânicos EMIC.....	46
Figura 8 - Corpo de prova de cisalhamento na linha de cola na máquina de ensaios.....	46
Figura 9 - Requisitos de colagem para o teste de cisalhamento na linha de cola.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Condições de tratamento para teste de cisalhamento na linha de cola ...	45
Tabela 2 - Requisitos de colagem	48
Tabela 3 - Valores médios e desvios padrões para os três tratamentos realizados..	50

LISTA DE ABREVIATURAS

ABIMCI	Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CCA	Arseniato de Cobre Cromatado
CCB	Borato de Cobre Cromatado
HDF	High Density Fiberboard
ISO	International Organization of Standardization
LVL	Laminated Veneer Lumber
MDF	Medium Density Fiberboard
MDP	Medium Density Particleboard
NBR	Norma Brasileira
OSB	Oriented Strand Board
PVAc	Acetato de polivinila
WB	Wafer Board

LISTA DE SÍMBOLOS

τ Tensão de cisalhamento

α Nível de significância

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVO	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Painéis de madeira reconstituída	18
3.1.1 Painéis de fibras de madeira	19
3.1.2 Painéis de partículas de madeira	20
3.1.3 Painéis de lâminas de madeira	21
3.2 Painéis de madeira compensada	22
3.2.1 Produção do compensado	23
3.2.1.1 Adesivos	30
3.2.1.2 Tipos de adesivos	31
3.3 Tratamento químico preservante para madeira e derivados de madeira	36
3.3.1 Preservação da madeira	36
3.3.2 Métodos de tratamento preservativo	37
3.3.3 Arseniato de Cobre Cromatado (CCA)	40
4 MATERIAIS E MÉTODOS	42
4.1 Materiais	42
4.2 Métodos	42
4.2.1 Cálculo de resistência na linha de cola	47
4.3 Análise dos resultados	48
4.4 Análise estatística	49
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
6 CONCLUSÃO	52
7 REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

As tecnologias utilizadas na produção de painéis vêm se desenvolvendo e avançando muito no tocante ao maior aproveitamento da madeira e a obtenção de painéis de alta qualidade, ou seja, o rendimento é maior do que a madeira serrada e com qualidade e propriedades adequadas para as aplicações a que se destinam.

Devido as necessidades de se trabalhar ou se dar um destino mais rentável, economicamente viável e, que supra as necessidades que a madeira em seu estado maciço não atende ou não é eficiente, surgem os painéis à base de madeira que buscam atender o desenvolvimento de diversos produtos que não poderiam existir a partir da madeira serrada. Cada tipo de painel tem uma atribuição específica para determinadas aplicações e se destacam por apresentar algumas vezes propriedades iguais ou superiores a madeira maciça. O fator anisotrópico é uma das características que mais é levada em consideração, pois é ele que confere uma estabilidade dimensional ao produto que será confeccionado.

Neste contexto de buscar maior estabilidade dimensional a um novo produto e associar aos painéis à base de madeira é que se destaca o painel de madeira compensada. O grande diferencial desse produto engenheirado de madeira é a sua estrutura composta por camadas dispostas de forma defasadas ortogonalmente em relação as adjacentes. Esta disposição permite que o painel apresente maior estabilidade dimensional quando comparada a madeira maciça devido a sua anisotropia e também um ganho de resistência em suas duas direções. Estes painéis apresentam grande aplicação na construção civil, podendo ser utilizado como fôrmas para modelagem de concreto, tapumes para fechamento de obras, estrutura de embarcações, revestimento de paredes, estruturas de piso e parede, entre tantas outras aplicações. No entanto, quando utiliza-se painéis de madeira nas mais diferentes aplicações mencionadas o que passa a ser um fator limitante e preocupante é a durabilidade destes quando expostos às intempéries ou mesmo ao ataque de agente xilófagos.

Com base no exposto anteriormente é que surge a proposta deste trabalho, que foi estudar a resistência na qualidade de colagem de painéis de madeira compensada submetidas a tratamento químico preservante com CCA e, assim, avaliar se o tratamento compromete o desempenho mecânico deste painel, ou se mesmo após

tratamento ainda mantém as condições adequadas para os diferentes usos em que se aplica.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de colagem de painéis de madeira compensada produzidos com madeira de pinus e resina fenol-formaldeído submetidos a tratamento químico com CCA em duas situações distintas, sendo o primeiro com tratamento nas lâminas utilizadas e o segundo com o tratamento do painel.

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Avaliação da qualidade de colagem em teste de cisalhamento de linha de cola de painéis produzidos com lâminas tratadas e com painéis tratados, em condição seca;
- Avaliação da qualidade de colagem em teste de cisalhamento de linha de cola de painéis produzidos com lâminas tratadas e com painéis tratados após imersão em água por 24 horas;
- Análise estatística dos resultados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Brasil apresenta condições favoráveis para se tornar um importante produtor mundial de painéis de madeira, isto porque possui tecnologia que possibilita o uso de resíduos de processamento da madeira em diversas áreas. A produção de painéis à base de madeira é de relevante importância para a economia brasileira, pois possibilita geração de empregos diretos e indiretos. Em princípio, disponibilidade de matéria-prima e existência de um mercado local são fatores importantes no processo decisivo para a localização dos novos e substanciais investimentos. O desenvolvimento da produção de painéis é decorrência de uma série de fatores, entre elas a disponibilidade de matéria-prima em quantidade e qualidade adequada, a competitividade resultante de menores custos operacionais e a abertura destes novos mercados (PEDRO, 2008).

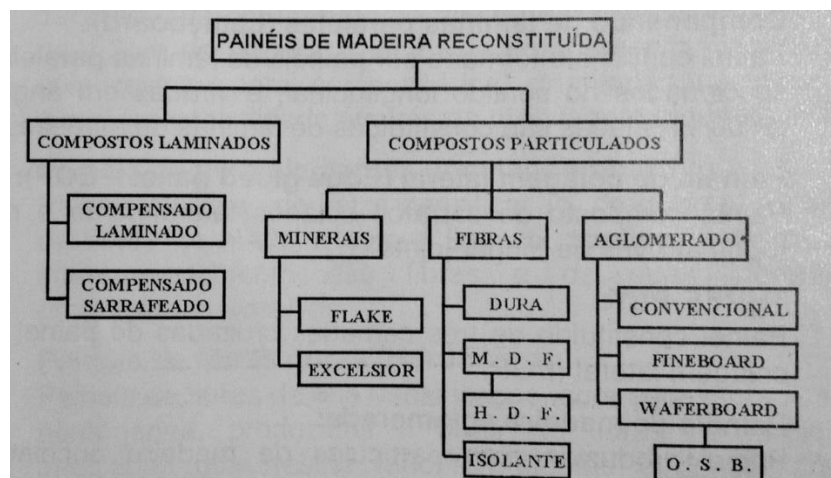
A floresta pode gerar grandes benefícios para o homem e a sociedade por meio de seu manejo e uso racional. E que esta contribuição pode ter tanto uma função ecológica quanto econômica (IWAKIRI, 2005)

Segundo Youngquist (1988) os painéis de madeira reconstituída são divididos em três grupos sendo eles, painéis de lâminas (compensado, compensado sarrafeado e LVL), de partículas (MDP, WB e OSB) e de fibras (chapa de fibra isolante, HDF e MDF).

A classificação dos produtos à base de madeira pode ser feita em função da forma do material lenhoso utilizado na fabricação e das peças. Considerando outra comparação sob aspectos técnicos, podem-se classificar as chapas à base de madeira segundo a densidade, o processo e a matéria-prima (GONÇALVES, 2000).

A Figura 1 apresenta a classificação dos painéis à base de madeira proposta por Iwakiri (2005), nela o autor elenca os tipos de painéis em dois grupos principais, sendo eles os painéis laminados e os painéis particulados. No grupo dos particulados o autor subdivide o mesmo entre painéis minerais, painéis de partículas e painéis de fibras de madeira.

Figura 1 – Classificação dos painéis à base de madeira.



Fonte: Iwakiri, 2005

3.1 Painéis de madeira reconstituída

Os painéis de madeira reconstituída são estruturas produzidas com madeiras em forma de lâminas ou em diferentes estágios de desagregação que, aglutinadas pela ação de pressão, de temperatura e da utilização de resinas, são novamente agregadas visando à manufatura destes produtos (BIAZUS; HORA; LEITE, 2010).

A partir dos diversos elementos de madeira, com formas e dimensões variadas, podemos gerar novos produtos de madeira através de sua reconstituição, utilizando métodos e processos adequados para cada tipo de produto e finalidade de uso (IWAKIRI, 2005).

Como essa versatilidade pode-se obter produtos engenheirados de madeira, o que confere uma ampla gama de painéis que surgem a partir dos compostos laminados e particulados. O emprego das chapas de madeiras traz consigo diversas vantagens: industrialização, pré-fabricação, redução da anisotropia, homogeneidade e utilização de espécies de florestas plantadas e de rápido crescimento (LIMA et al, 2008).

A seguir apresenta-se uma breve descrição dos painéis à base de madeira a partir da matéria-prima utilizada em seu processo produtivo, iniciando pelos painéis

de produzidos com fibras, na sequência painéis particulados e por fim, os painéis produzidos com lâminas de madeira.

3.1.1 Painéis de fibras de madeira

Os painéis de fibras de madeira são produtos caracterizados por sua estrutura ligeiramente homogênea e isotrópica devido ao seu processo de produção, que tem como premissa a utilização de fibras de madeira individualizadas e depositadas de forma aleatória ao plano da chapa, conferindo vantagens em termos de homogeneidade das propriedades. Também mostra uma ampla gama de aplicações (isolamento térmico e acústico, divisórias internas, móveis, portas, molduras, revestimentos etc (IWAKIRI, 2005). Ainda, o mesmo autor define que existem dois tipos básicos de painéis de fibras de madeira: isolante e prensada. Para os dois casos a classificação se baseia na densidade do painel e no método de produção, ou seja, aplicação, ou não de prensagem a quente.

O uso de espécie de madeira de reflorestamento de curta rotação é a grande tendência de mercado na produção não somente do MDF como dos demais painéis de fibras de madeira (SANTOS; JUNIOR, 2014).

Painéis de fibras de alta densificação, com espessura fina e homogênea, são produzidas a partir de fibras de madeira e resina fenol-formaldeído que se consolidam através da prensagem a quente (IWAKIRI, 2005). A densidade destes painéis está na faixa de 0,80 a 1,20 g/cm³. Os painéis de fibras “duras” possuem diversas aplicações, tais como: forma de concreto; painéis com pré-acabamento; mobiliário; base para piso; divisórias; entre outros.

Segundo Iwakiri (2005) os painéis de fibras de média densificação (MDF), são produzidas a partir de fibras de madeira encoladas, normalmente, com resina uréia-formaldeído e consolidados através de prensagem a quente. A densidade desses painéis gira em torno de 0,50 a 0,85g/cm³.

O HDF é um painel cuja característica principal é a alta densidade com duas faces lisas, podendo ser usinada. É um painel muito versátil e utilizado em diversas indústrias, e como sua utilização apresenta bons resultados em usinagem e tra-

balhos de baixo relevo, e ainda, apresentando finas espessuras é possível ser manipulado e aplicado em forma de arco. É indicado para a fabricação de móveis residenciais e corporativos em fundo de armários e gavetas, para embalagens de produtos de diversas indústrias, artesanatos em geral e brinquedos. Na construção civil é utilizado em pisos laminados, divisórias e portas (BUENO, 2014).

Os painéis isolantes podem ser, do tipo “semi-rígidos” ou “rígidos”. Sendo considerados “semi-rígidos” aqueles com densidade considerada muito baixa, na faixa de 0,02 a 0,15 g/cm³, e que são utilizados para isolamento e proteção. Os painéis isolantes rígidos possuem uma densidade mais elevada, na faixa de 0,15 a 0,40 g/cm³, e são destinados à aplicação estrutural (paredes), em revestimentos isolamento e como forro de teto decorativo. Nos dois últimos casos, as chapas são perfuradas ou lisas, com acabamento superficial em tinta ou estampas decorativas. (IWAKIRI, 2005)

3.1.2 Painéis de partículas de madeira

Dentre os painéis de madeira reconstituída existem os painéis aglomerados (contemporaneamente denominados MDP) que surgiram na Alemanha, por volta de 1940, como forma de viabilizar a utilização de resíduos de madeira, em face da dificuldade de obtenção de madeiras de boa qualidade para produção de lâminas de compensados, devido ao isolamento do país durante a segunda guerra mundial (MENDES et al., 2010).

Os painéis de madeira aglomerada, comercialmente denominado de “aglomerado”, é um painel produzido com partículas de madeira, com incorporação de um adesivo sintético e reconstituídos numa matriz randômica e consolidados através de calor e pressão na prensa a quente (IWAKIRI, 2005).

Segundo HASELEIN et al. (2002), os painéis de aglomerado ou ainda painéis de partículas de madeira (MDP), são produzidos a partir de vários materiais, aos quais se adiciona um adesivo e, por meio de um processo de prensagem, forma-se o painel. As chapas aglomeradas, geralmente, são produzidas com resinas sintéticas e os métodos de produção exigem gastos significativos com aquecimento na prensagem e gastos de energia para a secagem das partículas.

Segundo Iwakiri (2005) os painéis de MDP podem ser classificados com base na densidade, tipo de partículas e na distribuição destas na chapa:

Quanto a densidade, os painéis podem ser classificados em: baixa densidade (até $0,59 \text{ g/cm}^3$); média densidade (de $0,59$ a $0,80 \text{ g/cm}^3$) e alta densidade (acima de $0,80 \text{ g/cm}^3$). Já quanto ao tipo das partículas em: MDP (partícula tipo “sliver”); painéis de partículas do tipo “flake” (flakeboard); painéis de partículas do tipo “wafer” (waferboard); painéis de partículas do tipo “strand” (strandboard). Ou ainda quanto a distribuição das partículas na chapa: painéis homogêneos; painéis de múltiplas camadas; painéis de camadas graduadas e painéis de partículas orientadas (“oriented strand board”).

Dentre os painéis de madeira aglomerada, o MDP, o flakeboard, o waferboard e o oriented strand board são os mais conhecidos. O MDP é um painel produzido com partículas de madeira encoladas normalmente com resina ureia-formaldeído, já o waferboard é um painel de uso estrutural, produzido com partículas maiores de formatos quadrado ou ligeiramente retangular, encoladas com resina fenol-formaldeído, com distribuição aleatória das partículas e consolidado através de prensagem a quente. Por conseguinte tem-se os painéis de partículas orientadas (OSB) que consiste num painel estrutural produzido a com partículas longa de formato retangular, encoladas com resina fenol-formaldeído e/ou isocianeto, orientadas na mesma direção, consolidado através de prensagem a quente.

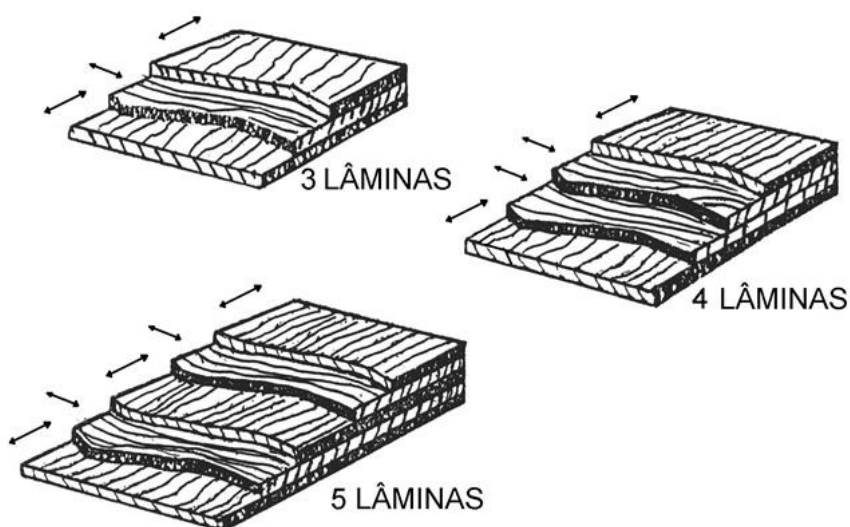
3.1.3 Painéis de lâminas de madeira

No grupo dos painéis laminados pode-se citar alguns exemplos como a chapa de madeira compensada, o painel de lâminas paralelas (LVL – Laminated Veneer Lumber) e ainda, o compensado sarrafeado. Mas, quando o assunto é painéis de lâminas, no Brasil pode-se mencionar somente o compensado multilaminado, painel de maior produção e uso nacional e que é o objeto de estudo deste trabalho, e por isso será melhor definido no item a seguir.

3.2 Painéis de madeira compensada

O painel de madeira compensada é uma chapa composta por lâminas finas de madeira dispostas com a grã perpendicular entre lâminas adjacentes (Figura 2), sendo na maioria das vezes em número ímpar, com melhor estabilidade dimensional do painel, e com variação de espessura de 1,6 a 7,6 mm (IWAKIRI, 2005).

Figura 2- Exemplos de configurações de painéis de madeira compensada



Fonte: Iwakiri (2005).

Segundo ABIMCI (2004), o compensado é um painel constituído de lâminas de madeira sobrepostas e cruzadas entre si, unidas por meio de adesivos e resinas especiais, mediante pressão e calor. O compensado multilaminado é produzido com uma quantidade ímpar de lâminas, sendo que a lâmina de capa é, via de regra, posicionada de forma que seja orientada no sentido do comprimento da chapa.

O compensado chegou ao Brasil por volta do ano de 1928, porém a primeira indústria foi instalada nos anos de 1940 no sul do país e, utilizava a madeira de Araucária Angustifolia conhecida popularmente por Pinheiro do Paraná como matéria-prima. Com a redução do estoque de Pinheiro do Paraná as indústrias de compensado

da região sul foram forçadas a mudar para o norte do país na década de 1970, passando a produzir painel de compensado de madeira tropical da Amazônia.

Também na década de 1970 foi criada pelo Governo Federal uma política de incentivos fiscais para o plantio de florestas de rápido crescimento nas regiões sul e sudeste sendo a principal espécie plantada o Pinus, pois se adequou muito bem ao clima da região (ABIMCI 2003). Como essa espécie possuía muitos galhos e um crescimento muito rápido, foi preciso um estudo tecnológico para o uso industrial, e a partir da década de 1980 foi intensificada a técnica de poda com a intenção de diminuir a incidência de nós (SALDANHA, 2004).

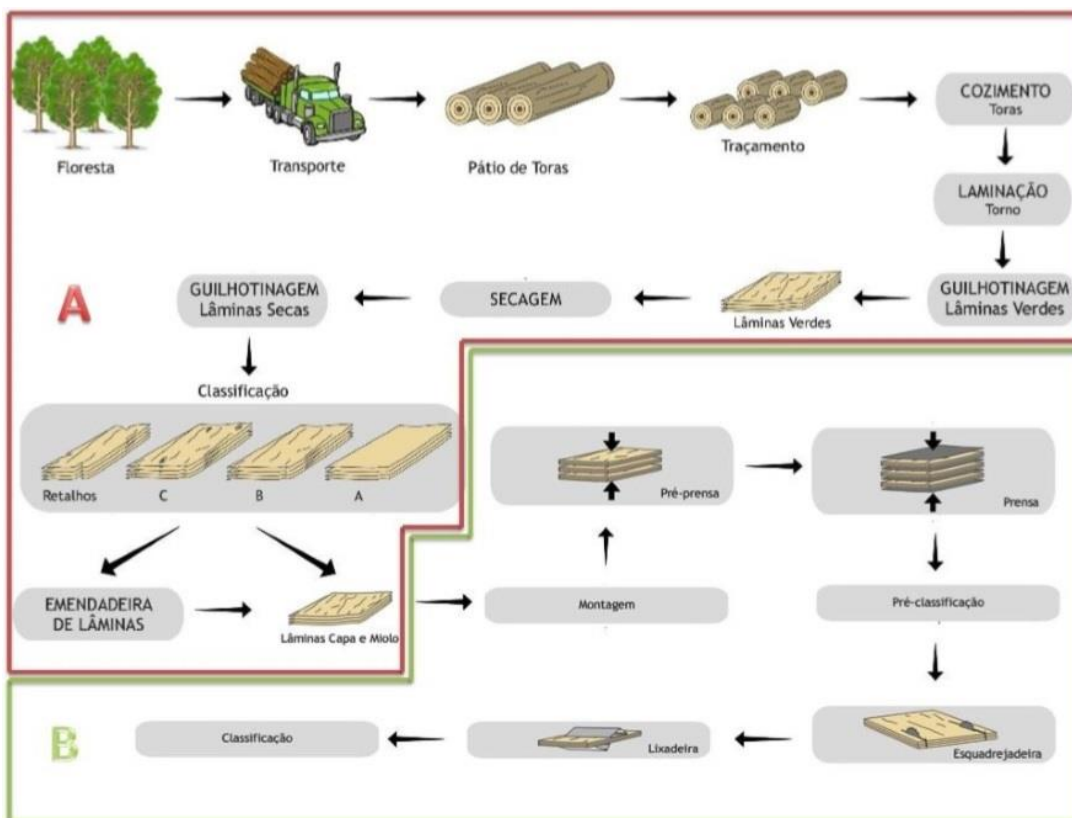
Por volta de 1990 sabia-se que 60% da produção de painéis de compensado no Brasil eram produzidos com madeira de folhosas e somente 40% com madeira de coníferas, principalmente madeira de Pinus. Atualmente, estima-se que o Brasil possui mais de 200 empresas de compensado no país no qual produzem cerca de 4 milhões de metros cúbicos anuais e que a produção de compensado inverteu sendo agora por volta de 78% da produção de compensado com madeira de coníferas, especialmente pinus, segundo Cardoso, Brito e Gonçalves (2012).

A Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI, 2004a) diz que o compensado pode ser classificado em seis diferentes tipos, como de uso geral (utilizado na construção civil e embalagens), forma de concreto (construção civil), decorativo (indústria moveleira), industrial (construção civil e embalagens, naval (construção civil em ambientes externos), sarrafeado (indústria moveleira). O que difere nos tipos de compensados, está diretamente ligado à qualidade das lâminas empregadas, local de utilização (interior e exterior) que tem relação direta com o tipo resina utilizada e o revestimento empregado.

3.2.1 Produção do Compensado

De acordo com ABIMCI (2004), o processo de fabricação do compensado envolve duas etapas distintas, sendo a primeira a obtenção das lâminas por meio de torno laminador e, a segunda como sendo a elaboração do painel por meio da montagem, colagem e prensagem destas lâminas, conforme Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma da fabricação do compensado, (A) Produção das lâminas por torneamento e (B) Produção do painel.



Fonte: ABIMCI, 2004a e ABIMCI, 2004b (Adaptado).

Serão descritos a seguir algumas etapas do processo produtivo do compensado multilaminado:

- Armazenamento das toras

O pátio de toras pode ser instalado no solo ou na água (beiras de rios ou lagos). Alguns procedimentos operacionais no pátio de armazenamento são importantes, pois podem influenciar diretamente na qualidade das lâminas e no rendimento da laminação. No pátio, as toras que são recebidas passam por processo de identificação, medição, classificação e armazenamento. Este último, em condições adequadas, pode evitar ou minimizar alguns problemas, como fendilhamento de topo, mancha

azul, ataque de agentes biodeterioradores, ocorrência de bactérias causadoras de odores indesejáveis e porosidade da madeira. Alguns dos procedimentos adotados para manter a qualidade das toras, são o armazenamento das toras por um período mínimo, utilizar as toras por ordem de chegada, impermeabilizar os topos para não secar excessivamente, afixar grampos ou cintas metálicas nos topos, manter a casca para proteção da madeira e manter as toras com alto teor de umidade (IWAKIRI, 2005).

- Descascamento das toras

O descascamento se faz necessário para diminuir o tempo de aquecimento das toras, pois a casca é um material isolante. A facilidade para remover a casca está ligada ao grau de adesão no fuste, dentre outros fatores, como: a remoção da casca nas coníferas ser mais fácil do que nas folhosas, a adesão da casca estar mais relacionada a espécie do que a densidade, a temperatura e umidade relativa influenciarem no descascamento (no verão é mais fácil remover a casca do que no inverno), portanto, quanto mais seca a casca mais fácil descascar as toras. Porém, se as toras estiverem armazenadas em água, a ação de bactéria facilita o descascamento (IWAKIRI, 2005)

Batista (2007) diz que a remoção da casca facilita o aquecimento das toras, pois a casca é um isolante térmico, e devido a sua composição conter elevado teor de minerais e impurezas, como por exemplo, areia, a remoção da casca também é importante na manutenção das facas do torno laminador.

Existem alguns métodos de remoção de casca, partindo da utilização de ferramentas manuais como machado, até sistemas mais automatizados como aplicação de água sob pressão, tambor rotativo (método de fricção), descascador em anel (método de cisalhamento de câmbio) e descascador do tipo “cilindro cortante” (IWAKIRI, 2005).

- Conversão das toras

Nessa etapa as toras de grandes comprimentos são seccionadas em tamanhos menores, de acordo com as dimensões das lâminas que serão usadas para a

produção dos painéis compensados. As toras especiais para fabricação de lâminas decorativas, são desdobradas em blocos ou pranchões que serão utilizados na faqueadeira. A conversão das toras pode ser obtida por meio de corte com motosserra, serra fita e serra circular pra desdobro em pranchões. No entanto, alguns fatores devem ser considerados como: corte executado a 90° em relação ao eixo longitudinal para melhor fixação no torno; eliminar tortuosidade da tora para evitar o número de rotações para arredondamento; destopar os topos fendilhados evitando o deslizamento das garras e produção de lâminas fendilhadas; e eliminar partes com defeitos (IWAKIRI, 2005).

- Aquecimento das toras

O aquecimento das toras tem por finalidade tornar a madeira mais flexível, afim de minimizar a ocorrência de fendas superficiais na lâmina durante o processo de corte. O aquecimento também melhora as condições de laminação em madeiras duras, a obtenção de lâminas mais espessas, e ajuda na redução do desgaste da faca.

Alguns fatores como o teor de umidade, a permeabilidade e a temperatura da madeira exercem efeitos marcantes na produção das lâminas.

Os métodos empregados no aquecimento das toras podem ser classificados em função do meio de aquecimento (tanques com água quente, vapor ou uma mistura dos dois anteriores) e operacionalidade (tanques podem ser com ou sem movimentação das toras).

Segundo Thoemen et al. (2010) as toras nem sempre são aquecidas, mas recomenda-se o aquecimento para espécies de alta densidade ou quando forem obtidas lâminas finas o aquecimento torna-se necessário.

De acordo com ABIMCI (2004), as toras destinadas ao torno laminador, são cozidas. As toras para fins de faqueamento, são convertidas em blocos e encaminhadas para tanques de cozimento. Em ambos os casos, após o carregamento do tanque, este é fechado e, posteriormente, inicia-se o cozimento, que pode ser feito através de vapor ou água quente, de acordo com as características da madeira e material que se quer obter. Este cozimento se dá a uma temperatura normalmente inferior à 100° C,

isto varia em função da massa específica da madeira. Já o tempo de cozimento depende do diâmetro da tora/bloco sendo, em geral, em torno de 14 horas. Este procedimento confere ao final do processo uma maior plasticidade às toras/blocos.

- Produção das lâminas

A laminação de madeiras pode ser realizada por meio de torno, faqueadeira e serra, de modo que, o torno laminador vem a ser o método mais utilizado (cerca de 90%) na produção de lâminas para fabricação de compensados. A faqueadeira é mais empregada na produção de lâminas decorativas, e a serra se encontra em quase que total desuso por ser um método antigo e obsoleto (IWAKIRI, 2005).

Thoemen et al. (2010) diz que em geral, quanto maior a espessura da lâmina, maior a chance de formação de tensão na mesma. Isto ocorre porque o raio de curvatura mínimo para uma lâmina espessa é maior do que para a lâmina de menor espessura. Para ajudar a minimizar as tensões, a madeira é mantida saturada.

As faqueadeiras são utilizadas em 5% do total de lâminas produzidos no país, sendo o produto final utilizado para revestimento de superfícies de painéis de madeira (compensados, MDP ou MDF) ou até paredes. As lâminas torneadas representam 95% da produção total nacional. É utilizada particularmente na fabricação de compensados (ABIMCI, 2004c).

No sistema de torno laminador, as toras são fixadas por garras em suas extremidades que, em um movimento rotativo contra o gume de uma faca é possível obter lâminas contínuas de madeira. Já no faqueamento, a tora é desdobrada em blocos ou pranchões de tamanhos desejados e, então, é executado o faqueamento descontínuo, onde o corte pode ser efetuado tanto pela movimentação da estrutura barra-faca de pressão contra a madeira (faqueadeira horizontal), ou pelo movimento da madeira na faca em condição estática (faqueadeira vertical). Há ainda tecnologias mais recentes que as anteriores, como o tipo rotativo “stay-log”, onde os planos de corte são definidos em função dos desenhos requeridos nas lâminas.

No faqueamento a propensão a defeitos como fendilhamento superficial é muito menor do que desenrolamento em torno, porém em termos de rendimento, a

produção nos faqueados é menor em relação aos torneados devido ao movimento de corte ser descontínuo e de forma alternada (IWAKIRI, 2005).

- Transporte e seccionamento das lâminas

Segundo Iwakiri (2005) logo após o processo de laminação, as lâminas seguem para etapa de transporte e corte em guilhotinas, sendo que no sistema de torneamento estas operações podem ser executadas por meio de sistemas de esteiras ou bobinas. No sistema contínuo, a lâmina é recolhida por uma esteira transportadora que irá desenrolar e seccionar por meio de guilhotina, eliminando os defeitos existentes e ajustando nas larguras pré-estabelecidas. As guilhotinas mais modernas são dotadas de sensores que detectam defeitos e acionam, automaticamente, o mecanismo de corte. Já no sistema descontínuo, as lâminas também são recolhidas em esteira, no entanto, elas são seccionadas inicialmente em larguras maiores, empilhadas e posteriormente seccionadas para eliminação de defeitos e ajuste das larguras finais. No sistema de bobinas a lâmina é enrolada e armazenada para posterior seccionamento, porém é importante que o bobinamento seja no sentido da laminação e que o seccionamento seja feito antes do resfriamento na forma curva. Este último não é recomendado para espessuras acima de 3,2 mm por ser mais susceptível a fendilhamento superficial devido o começo do bobinamento ter um encurvamento maior na madeira.

O seccionamento no processo de faqueamento é feito por meio de guilhotina refiladeira com sistema de acionamento a laser para corte, ou também a guilhotina com aplicador de cola nas bordas das lâminas. Geralmente, são de acionamento mecânico ou pneumático, sendo que neste último caso a velocidade de acionamento é maior, o que proporciona um corte mais uniforme (IWAKIRI, 2005).

- Secagem das lâminas

Iwakiri (2005), denomina a secagem das lâminas de madeira como sendo um processo de retirada de água até um determinado teor de umidade, no menor

tempo possível e com o mínimo de defeitos. Portanto, a secagem tem como objetivo oferecer condições adequadas para uma boa colagem e formação dos painéis.

Segundo Thoemen et al. (2010) seja qual for o método de secagem, o importante é que as lâminas devem ser secas a um teor de umidade entre 6 e 12% para garantir uma boa qualidade de colagem. Com as lâminas prontas e classificadas é preciso controlar duas variáveis no processo de fabricação: a umidade e a temperatura que deve estar abaixo de 40°C para garantir a qualidade da colagem sem interferir na viscosidade do adesivo.

Dentre os métodos mais utilizados, é possível elencar três:

Secagem Natural, que se dá ao ar livre tem como fator limitante as condições climáticas do local, no entanto, é um método ainda utilizado nas indústrias para uma pré-secagem das lâminas para evitar ataques de fungos.

Secador de câmara convencional, a secagem se dá por meio de ventilação forçada onde as lâminas são empilhadas e colocadas no secador, onde são controladas a temperatura e a umidade relativa.

Secadores contínuos e descontínuos, dentre os descontínuos é possível citar os secadores de prensa que necessitam de carregamento manual e cujo funcionamento é intermitente, já os secadores contínuos tem uma maior variedade, dentre eles estão os secadores progressivos de placas, secador contínuo de rolos, secadores contínuos de esteiras e secadores a jato.

A má condução da secagem pode gerar alguns defeitos indesejados, o que resulta em perda de material e comprometendo a qualidade de colagem. Alguns dos principais defeitos são desuniformidade do teor de umidade final, torções e ondulações, rachaduras, adesividade da superfície, superfícies queimadas, alteração na coloração da lâmina, contração excessiva, colapso, entre outros (IWAKIRI, 2005).

- Junção das lâminas e aplicação do adesivo

De acordo com Iwakiri (2005), como as lâminas nem sempre apresentam as dimensões finais desejadas para a montagem do painel, se faz necessário a junção

das mesmas por meio da colagem lateral entre elas para que haja melhor aproveitamento de material. Estas lâminas são utilizadas, geralmente, para composição do miolo ou contra-capas do compensado. Já as lâminas das capas são aquelas consideradas “inteiras” quando provenientes de torno laminador, quando não, no caso de lâminas decorativas obtidas pelo processo de faqueamento, estas também são unidas por colagem lateral. O processo de classificação e junção das lâminas, é uma das etapas produtivas mais importantes em relação a qualidade final do painel.

Para que seja feita a aplicação do adesivo, antes é necessário preparo prévio do mesmo. Sua composição envolve componentes como resina, extensor, água, catalizador, materiais de enchimento e aditivos químicos como retardantes de fogo, imunizantes contra biodegradadores, entre outros. As quantidades dos componentes do adesivo são definidas tanto em função do tipo de resina e dos parâmetros requeridos do compensado, como também as variáveis na mistura como viscosidade e teor de sólidos.

3.2.1.1 Adesivos

Segundo Lima et.al. (2008) a colagem é uma etapa fundamental para o melhor aproveitamento da madeira, principalmente para o setor moveleiro e o setor de construção civil.

Segundo Iwakiri (2005) as primeiras substâncias empregadas como adesivos, foram, provavelmente, a lama e a argila, seguindo-se pelas ceras e resinas e, posteriormente, a utilização de sangue, ovos, caseína, peles fervidas e ossos. O autor também cita que, no antigo Egito, já era utilizada a madeira na produção de mobiliário e sarcófagos, e que muitas dessas peças já apresentavam características essenciais de um painel compensado, onde, acredita-se que adesivos a base de albumina eram empregados.

O aparecimento das primeiras resinas sintéticas, ocorreu no final dos anos 1920 com o fenol-formaldeído, seguida da uréia-formaldeído, melamina-formaldeído

e resorcina-formaldeído, até meados dos anos 40. Logo vieram os adesivos termoplásticos, como o acetato polivinílico e emulsões copoliméricas, soluções base elastômero, látex, epóxi, entre outros (IWAKIRI, 2005).

Iwakiri (2005) afirma que para que haja a colagem é necessário a presença de dois materiais e um fenômeno entre o adesivo e o aderente. O adesivo é um material com propriedades aderente capaz de manter unidos outros materiais em suas superfícies; o aderente ou substrato, é a denominação dada aos materiais sólidos unidos pelo adesivo. Como processo de colagem entre o adesivo e o aderente tem-se a adesão que é o fenômeno físico-químico que faz a interação entre superfícies sólidas e uma segunda fase (partículas individuais como moléculas, pequenas gotas ou película contínua).

O processo de colagem se inicia como a deposição do adesivo sobre a superfície do substrato (período que compreende a fase de mobilidade do adesivo), e decorrido um tempo ocorre a fase de solidificação (momento no qual se formam os pontos de “ancoragem” entre as interfaces). O grau de adesão depende da intensidade adesiva nos elos de ligação (IWAKIRI, 2005).

3.2.1.2 Tipos de adesivos

Segundo IWAKIRI (2005), a utilização de adesivos propiciou o surgimento de máquinas de beneficiamento, além de máquinas para a colagem de lâminas visando a produção de madeira compensada. Este período foi o ponto de partida para o desenvolvimento da química de materiais, para a fabricação e aprimoramento de novos adesivos. Ainda segundo o autor os adesivos mais utilizados em madeira, são os adesivos sintético, que podem ser do tipo termoplástico ou termoendurecedor, e dentre os adesivos naturais é possível encontrar alguns a base de derivados proteicos de origem animal (glutina, caseína e albumina), origem vegetal (soja), derivados do amido (batatas, trigo), éter celulósico e borracha natural.

Os principais adesivos utilizados na produção de chapas de madeira são os sintéticos, com destaque para a ureia formaldeído, fenol formaldeído, melamina-formaldeído e resorcinol-formaldeído, somando cerca de 90% de todos os adesivos empregados na indústria de painéis (CAMPOS, 2005). Nos últimos 10 anos além dos

adesivos à base de formaldeído verifica-se que novos adesivos sintéticos vêm se destacando quando o assunto é a colagem de madeira e neste grupo pode-se citar os adesivos termoplásticos com ligações cruzadas como é o caso do PVAc (Acetato de polivinila com ligações cruzadas). Ainda pode-se destacar também as resinas poliuretanas à base de isocianatos que tem apresentando excelente desempenho na colagem de madeira.

A seguir, serão apresentados de acordo com Iwakiri (2005), os principais tipos de resinas utilizadas na colagem de painéis de madeira.

- Acetato de polivinila (PVAc): a resina termoplástica mais utilizada para produção de painéis de madeira, pois sua cura se dá a temperatura ambiente, apresenta baixo custo, porém, como tem baixa resistência a água, é viável para uso interno. Atualmente, existem resinas PVAc-termofixas com cura em prensas a quente, que apresentam excelente resistência a água e a temperatura, e tem alto desempenho na colagem. Por ser a base de água, é fácil e segura de manusear, não produz forte odor, não é inflamável, tem baixo custo, a secagem é rápida em condições adequadas.
- Hot-melt: É um adesivo que se apresenta na forma sólida e que, a altas temperaturas se funde sobre a superfície da madeira. Não contém solventes e sua adesão não envolve reação química. Muito utilizado na produção de sarrafeados.
- Ureia-formaldeído: Muito utilizada na colagem em madeira sólida, laminados e particulados. 90% dos painéis de madeira levam esta resina em sua fabricação, pois apresenta um custo inferior em relação as outras, porém é susceptível a degradação em presença de umidade e altas temperaturas (acima de 40°C), o que a classifica para uso interno.
- Melamina-formaldeído: É uma resina de classificação intermediária entre a ureia-formaldeído e o fenol-formaldeído. Possui coloração branca leitosa, maior

resistência a água em relação a uréia-formaldeído e cura mais rápida em relação ao fenol-formaldeído. Porém, custa de 3 a 4 vezes mais que a uréia-formaldeído e 20 a 25% mais que o fenol-formaldeído. Pode ser utilizada conjuntamente com a ureia-formaldeído para conferir maior resistência a umidade.

- Fenol-formaldeído: Apresenta coloração marrom avermelhado, tem como principal característica a alta resistência a umidade, o que a classifica para uso externo. Sua principal utilização é na produção de compensados à prova d'água, painéis de fibras duras, aglomerados estruturais e OSB. Seu custo é relativamente alto (2,5 vezes maior que a ureia-formaldeído), mas também pode ser incorporada em misturas com outras resinas como a fenol-melamina-uréia-formaldeído, afim de obter maior resistência a umidade com menor custo.
- Resorcina-formaldeído: Resina de cura a frio, com catalisador, apresenta coloração marrom, geralmente utilizada na produção de vigas laminadas, construções navais, na aviação, etc. Devido ao alto custo para produção do resorcinol, este é misturado na mesma proporção com o fenol para ser utilizado.
- Isocianato: Resina utilizada para painéis particulados de alta performance, podendo ser utilizada em partículas com maior teor de umidade. Apesar de ser um adesivo livre de formaldeídos e necessitar de tempo de prensagem relativamente curto, tem a desvantagem de aderir facilmente em superfícies metálicas ter um alto custo de produção.

Segundo Baldwin (1995) a falta de controle no processo de produção das chapas, pode resultar em um desperdício de até 15%. O custo da resina é um ponto crítico no valor final do painel compensado, portanto, é essencial o controle desta etapa.

A aplicação do adesivo sobre a superfície da lâmina pode ser realizada através de aplicador de rolos, de spray, de cortina, ou por extrusão. Em todos é necessário controlar a quantidade de adesivo a ser aplicado por metro quadrado de área

(gramatura), pois este controle que irá assegurar uma distribuição uniforme do adesivo. A gramatura depende da espessura da lâmina, da formulação e do tipo de resina. Um exemplo é a recomendação de gramatura para diferentes tipos de resina, sendo que, para a ureia-formaldeído deve ser na faixa de 320 g/cm² (para lâminas de 1mm) a 380 g/cm² (para lâminas de 3mm) em linha dupla. E para resina fenol-formaldeído, na faixa de 360 g/cm² a 430 g/cm² (linha dupla), neste caso quanto maior o grau de extensão, maior deve ser a gramatura.

- Montagem dos compensados

Segundo Iwakiri (2005) a montagem do compensado é a operação de sobreposição das lâminas com adesivo em conformidade com a composição pré-estabelecida e obedecendo a laminação cruzada. A sequência de montagem deve seguir uma lâmina de capa, várias lâminas do miolo (curto e comprido) e uma lâmina de contra-capas, seguindo em número ímpar de camadas. Após esta etapa, é necessário um tempo de “descanso” chamado “tempo de montagem” para que haja a transferência adequada do adesivo para as lâminas adjacentes a absorção do adesivo pelas lâminas, esse período compreende o tempo entre montagem dos painéis compensados e o carregamento na prensa quente.

- Pré- prensagem

Segundo Iwakiri (2005), a pré-prensagem dos compensados tem sido adotada com a finalidade de auxiliar a transferência e distribuição do adesivo entre as lâminas, e facilitar carregamento da prensa. Também auxilia no aumento da qualidade da colagem, na produtividade e na redução dos defeitos de fabricação. Geralmente, é realizada em lotes com quantias de painéis proporcionais ao número de aberturas da prensa quente. Uma boa pré-prensagem está diretamente relacionada com as características do adesivo, temperatura ambiente, espécie da madeira, temperatura da lâmina, gramatura, teor de umidade, “stand time” (montagem), pressão e tempo de prensagem.

- Prensagem a quente

Baldwin (1995) diz que no processo de prensagem a quente o calor tem a função de curar o adesivo e a pressão tem a função de fazer com que as lâminas entrem em contato umas com as outras. Iwakiri (2005) diz que o processo de prensagem a quente é o mais utilizado, e pode-se variar o ciclo de prensagem a partir do controle de pressão, temperatura e tempo de prensagem. Segundo Baldwin (1995) as variáveis do ciclo de prensagem como o tempo, a pressão e temperatura, podem afetar a espessura final do painel e também a qualidade final da chapa.

De acordo com Iwakiri (2005), as prensas utilizadas na produção de compensados podem ter de 6 a 50 aberturas, ser de carregamento manual ou automático e com sistema de aquecimento a óleo, elétrico ou a vapor (mais utilizada).

- Acabamento dos painéis

O acabamento compreende a fase final da produção do compensado multilaminado, que segundo Iwakiri (2005), envolve as etapas de acondicionamento, que visa a cura adicional do adesivo e equalização do gradiente de umidade e temperatura, o esquadrejamento, para ajustar as medidas nas dimensões comerciais, a calibração e lixamento, afim de ajustar as espessuras e eliminar pequenas imperfeições nas faces conferindo melhor acabamento das superfícies dos painéis.

Segundo Thoemen et al. (2010) as indústrias de madeira compensada têm desenvolvido uma ampla gama de acabamentos para os produtos a fim de aumentar o seu valor e diferenciar de outros produtores. Assim, os acabamentos incluem anti-derrapantes, papel impregnado, entre outros.

3.3 Tratamento químico preservante para a madeira e derivados de madeira

Dentre as diversas causas da degradação em produtos de madeira, a que acarreta maiores prejuízos é o ataque por organismos xilófagos. No caso da madeira de pinus, os fungos são os principais microrganismos degradadores (MAGALHÃES, 2005).

A madeira, por ser material de origem orgânica, dependendo das condições ambientais a que seja submetida, irá sofrer deterioração por agentes biológicos como microrganismos (bactérias e fungos), insetos (coleópteros e térmitas) e brocas marinhas (moluscos e crustáceos). Quando a situação de uso da madeira envolve a possibilidade de ocorrer a degradação biológica, torna-se necessário o uso de espécies de alta durabilidade natural ou de baixa durabilidade submetidas a tratamento preservante (BARILLARI, 2002).

Segundo Valle et al. 2013, agentes físicos, químicos e biológicos podem acelerar o processo de deterioração da madeira, e esse problema pode ser atenuado quando realizado o tratamento preservativo na mesma.

3.3.1 Preservação da madeira

A definição de preservação de madeira defendida por Cavalcante (1983), compreende o conjunto de produtos, métodos, técnicas e pesquisas que tem a finalidade de alterar, medir e estudar a durabilidade da madeira. Elas podem ser divididas em preservação natural (quando se usa a madeira evitando a ação dos organismos xilófagos), indireta (onde trata-se o meio no qual a madeira será instalada), biológica (quando se utiliza organismos vivos para prevenir ou combater os agentes deterioradores), química (impregnação da madeira com produto químico, com o fim de torná-la tóxica aos organismos xilófagos).

Apesar dos possíveis riscos no manuseio e uso de biocidas, a preservação química ainda é a forma mais usual na prevenção do ataque biológico. Os métodos mais eficientes para aplicação do preservante na madeira incluem o uso de pressão

superior a do ambiente (autoclave) como auxiliar da impregnação, resultando em melhor distribuição e penetração do preservante na peça tratada (BARILLARI, 2002).

3.3.2 Métodos de tratamento preservativo

MORAIS (2008), cita dois métodos básicos de tratamento: com e sem pressão. Sendo que o método sem pressão consiste na aplicação de produto preservativo por meio de brocha, spray ou banho da parte a ser tratada, porém este método de tratamento superficial, resulta em baixa penetração e absorção do preservativo e é mais utilizado em obras durante a construção ou como profilaxia em madeiras já instaladas. Também diz que para atingir penetração mais profunda, é necessária a injeção do preservativo nas células da madeira por meio de pressão, e que há diversas combinações entre pressão e vácuo que podem ser utilizadas para atingir níveis adequados do produto químico dentro da madeira.

Segundo MAGALHÃES (2005), dentre os métodos de tratamento sem pressão, estão:

- Pincelamento, aspersão ou pulverização, que são indicados para madeiras mais permeáveis, e que serão utilizadas em locais de baixa incidência de ataques por organismos xilófagos, para este processo são utilizados produtos hidrossolúveis e óleo-solúveis de baixa viscosidade;
- Imersão, onde a penetração e retenção do preservante é maior e melhor que nos métodos anteriores, porém ainda não é indicado para madeiras em contato com o solo e umidade. O tipo de preservante depende da umidade da madeira, se verde (hidrossolúveis) ou seca abaixo do ponto de saturação das fibras (óleo-solúveis de baixa viscosidade), e a imersão pode variar de alguns segundos até muitos dias, dependendo do produto e da permeabilidade da madeira;
- Banho quente e frio, é indicado para madeira seca, e que ficará em contato com solo ou água. Este processo consiste no aquecimento da madeira em banho

quente por cerca de duas horas (que irá diminuir a viscosidade do preservativo e expulsar parte do ar e água presente nas células) e em seguida submetê-la ao banho frio (que promove a contração do ar formando um pequeno vácuo absorvendo o preservativo frio) é mais utilizado com preservativos óleosolúveis que permaneçam estáveis sob aquecimento.

- Substituição de seiva, é um processo que serve apenas para madeira roliça e verde recém-abatida, portanto, deve ser realizados no período de no máximo 24 horas após o corte, e consiste na substituição da seiva pela solução preservante, no caso o CCB (Borato de Cobre Cromatado) é o mais indicado por ter uma fixação mais lenta, que permite maior tempo de tratamento prático.
- Difusão, é um método utilizado para madeira com elevado teor de umidade, que será colocada em contato com soluções salinas concentradas (geralmente a base de sais de boro ou flúor), e que, por difusão, os íons da solução migrarão para ela. Para que o tratamento seja eficiente, deve ser promovido, preferencialmente, com árvore recém-abatida e com umidade acima de 50 %. Após o tratamento deve ser armazenada a sombra, com pouca ventilação, por um período de três a quatro semanas antes da utilização. Esse período serve para que haja uma melhor distribuição do produto na peça.

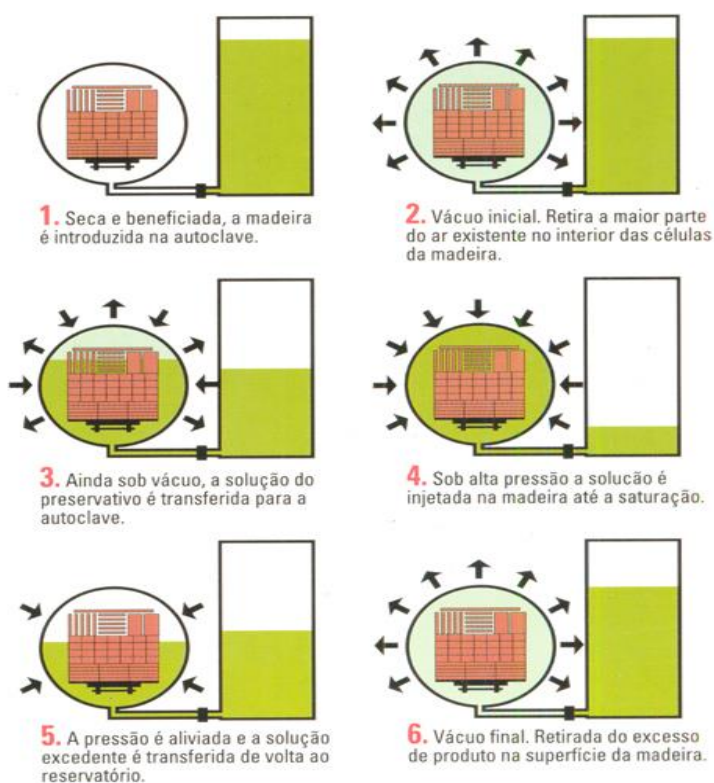
Para Barillari (2002), os tratamentos são considerados mais eficientes devido a melhor penetração e distribuição do preservante na peça. Estes métodos podem ser classificados como célula cheia ou célula vazia em função de como está distribuído o preservante ao longo da peça. Madeiras tratadas por esses métodos tem condições de utilização em ambientes com alta incidência de ataques de organismos xilófagos.

No método utilizando pressão em autoclave, os processos que se destacam, são:

- Célula cheia, que, de acordo com Magalhães (2005), com a madeira em autoclave ocorre a promoção de um vácuo inicial para retirada do ar do cilindro,

logo em seguida a autoclave se enche com a solução preservativa e aumenta-se a pressão por determinado tempo para que a solução preencha as células, e transcorrido esse período de tempo, drena-se a solução e aplica-se novo vácuo para a retirada do excesso de preservativo da superfície da madeira. (Figura 4).

Figura 4 - Esquema de preservação de madeira em autoclave (método célula cheia).



Fonte: Presermadde, 2016

- Célula vazia, difere do processo de célula cheia pelo vácuo inicial, onde o líquido preservante é injetado na madeira sem a retirada do ar de seu interior, que, conseqüentemente, produz uma compressão do ar dentro da madeira no período de impregnação e, quando a pressão é aliviada o ar se expande e expulsa parte do preservativo.

Nos dois métodos com pressão, os produtos preservativos mais utilizados são o CCA (Arseniato de Cobre Cromatado) e o CCB (Borato de Cobre Cromatado).

3.3.3 Arseniato de Cobre Cromatado (CCA)

O preservante mais comum utilizado é o Cromo Cobre Arsênio (CCA). O cobre funciona como primeiro fungicida, o arsênio como segundo fungicida e como inseticida e o cromo é um fixador que também provê resistência aos raios ultravioleta. O CCA é aplicado na madeira em uma solução de água e reage quimicamente com a madeira tornando-se virtualmente insolúvel. Esta reação é chamada fixação. (Morais, 2008)

Segundo Valle et al. (2013), os vários produtos utilizados na preservação de madeiras, o arseniato de cobre cromatado (CCA) é atualmente um dos preservativos mais eficientes para o tratamento da madeira, protegendo-a da podridão por fungos e da deterioração por insetos e xilófagos marinhos.

Barillari e Freitas (2002), mencionam que o CCA é o preservante hidrossolúvel mais utilizado no tratamento da madeira e existem inúmeros registros comprovando a sua eficiência e a sua segurança, porém tem aumentado as restrições do uso da madeira tratada com o mesmo, e que, tais restrições tem sido impostas principalmente na Comunidade Europeia, que afirmam haver perda dos componentes do CCA ao longo do tempo, por lixiviação ou volatilização, e que poderiam trazer riscos de contaminação do ser humano e do meio ambiente, porém, até o presente momento, as informações que se tem a respeito não permitam estabelecer, com precisão, a intensidade da lixiviação e o conseqüente risco de contaminação ambiental.

De acordo com Montana (2010), o destino final dos produtos de madeira tratados com CCA, podem passar por três situações distintas, sendo ela:

- Reciclagem e reutilização, com o intuito de conservar florestas, diminuir uso de aterros industriais e criar oportunidades por meio das reciclagens. Nesta estão inseridas a fabricação de chapas de fibras, chapas de partículas, ma-

deira laminada e compósitos de madeira-cimento e de madeira-plástico a partir do material descartado, ou seja, permite a produção de vários itens, tais como: paletes, defensas rodoviárias, barreiras de som, equipamentos de jardinagem, etc

- Aterros industriais que são construídos e obrigados a seguir a NBR 10157 para projeto e operação com resíduos perigosos, recebem a madeira tratada e representam uma solução viável, no sentido de se possibilitar, no curto prazo, a resolução de um problema incômodo, enquanto outras técnicas começam a aparecer, com apelos de natureza social e ecológica mais atrativas.
- Tecnologias de tratamento térmico, como a incineração da madeira tratada com CCA pode também ser combinada com um processo de reciclagem, desde que seja adotado um sistema de controle de emissão de gases capaz de atender a legislação ambiental (federal, estadual e municipal) vigente. A incineração apresenta-se como opção para o descarte de madeira tratada com CCA, desde que os requisitos ambientais exigidos sejam seguidos. No Brasil, alguns incineradores têm licenciamento ambiental para executar este processo com madeira tratada devido às características peculiares ao CCA.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Os painéis fabricados e utilizados para a caracterização dos estudo de qualidade de colagem foram produzidos com lâminas de madeira de *Pinus taeda* que apresentaram uma espessura média de 2,3mm e que foram doadas pela empresa Caribea Compensados, localizada na cidade de São Manoel/SP.

Para a produção dos painéis de compensado foi utilizado o adesivo fenol-formaldeído doado pela empresa Momentive, que tem uma coloração marrom avermelhado, densidade entre 1,19 e 1,25 g/cm³, teor de sólidos entre 48 e 51%.

4.2 Métodos

As lâminas foram inicialmente seccionadas e esquadrejadas, no Laboratório de Processamento da Madeira – UNESP / Campus de Itapeva, nas dimensões requeridas de 45 cm por 45 cm para produção de painéis compensados que levariam 7 lâminas em sua composição.

Para a fabricação e caracterização dos painéis compensados foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Esquadrejadeira da marca Verry, com eixo inclinado para corte de painéis de até 2800 mm.
- Medidor de umidade resistivo da marca STIHL, modelo EM4806.
- Estufa para secagem e esterilização da marca MARCONI, modelo MA033 com potência de 2400 watts.
- Cilindro de vaso pressão para preservação de madeiras (autoclave) do fabricante CWA Inds. Mec. LTDA, com dimensões de 1 m de diâmetro, 5 m de comprimento, volume de 3,93 m³ e pressão de tratamento hidrostático de 1,765 Mpa.
- Prensa da marca HIDRAL-MAC, modelo HMP80T, com potência de 33Kw, com carga máxima de 230 bar ou 80 toneladas.
- Máquina universal de ensaios mecânicos da marca EMIC, modelo DL30000 com carga máxima de 300KN.

O tratamento preservativo com CCA tanto para as lâminas como para os painéis foi realizado em autoclave pelo método de célula cheia (Figura 5).

Figura 5– Autoclave utilizada para a realização do tratamento com CCA.



Fonte: Próprio autor, 2016

O processo de célula cheia utilizado consistiu em três etapas descritas abaixo:

1ª etapa – vácuo inicial de 560 mmHg durante 30 minutos com a intenção de retirar o ar presente nos poros da madeira para facilitar a penetração da solução de CCA. Nesta etapa ocorreu, transcorridos os 30 minutos, o enchimento do cilindro da autoclave.

2ª etapa – nesta etapa ocorreu a aplicação de uma pressão de 12 kgf/cm² por um período de 60 minutos, com o intuito de promover a penetração da solução preservante na madeira.

3ª etapa – vácuo final após a retirada da solução do cilindro. Nesta etapa o material foi novamente submetido à um vácuo de 560 mmHg durante 15 minutos, para a retirada do excesso de solução da superfície da madeira.

Para a fabricação dos painéis que serviriam de testemunha, houve a necessidade de fazer a secagem das lâminas que não passaram por tratamento com CCA, pois as mesmas encontravam-se com teor de umidade em torno de 15%, valor este inadequado para confecção de painéis. Portanto, as lâminas foram colocadas em

estufa a uma temperatura de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por um período de 2 horas. Para o controle da umidade, a cada 30 minutos realizou-se a medição do teor de umidade até que as lâminas atingissem o valor ideal de 3% de umidade, conforme específico em literatura.

As lâminas preservadas em autoclave com CCA foram secas, primeiramente, ao ar livre até estabilização da umidade em aproximadamente 12%, e só então foram para estufa com temperatura de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por um período de 2 horas, onde também passaram por medição de teor de umidade a cada 30 minutos, até que atingissem o valor ideal de 3%.

Os painéis foram produzidos no laboratório de Propriedade dos Materiais - Câmpus de Itapeva / UNESP. Para a produção de todos os painéis foi utilizada uma gramatura de 400 g/m^2 de adesivo para linha de cola dupla. Na composição do adesivo foi utilizada a proporção de 100 partes de adesivo, 10 partes de farinha de trigo como material de enchimento e 10 partes de água para tornar a viscosidade do adesivo adequada para a aplicação nas lâminas de madeira.

Após ser aplicado e espalhado o adesivo nas lâminas, e ser feita a montagem do painel, o mesmo foi levado para a pré-prensagem e, por fim, a prensagem a quente. A pressão aplicada foi de 65 bar, o que corresponde a 10 kgf/cm^2 e o tempo de prensagem foi de 10 minutos distribuídos em três ciclos de prensagem para que os vapores pudessem ser eliminados. A temperatura de prensagem foi de 180°C .

Em seguida os painéis foram acondicionados e dentre eles, alguns foram escolhidos para que, depois de fabricados, passassem por tratamento em autoclave. Posteriormente, foram retirados os corpos-de-prova como especificado no documento normativo, sendo que para todos os casos apresentados seriam imersos em água por 24 horas amostras para cada condição apresentada, e enfim realizar os ensaios de cisalhamento na linha de cola.

Os tratamentos a serem analisados estão discriminados na Tabela 1.

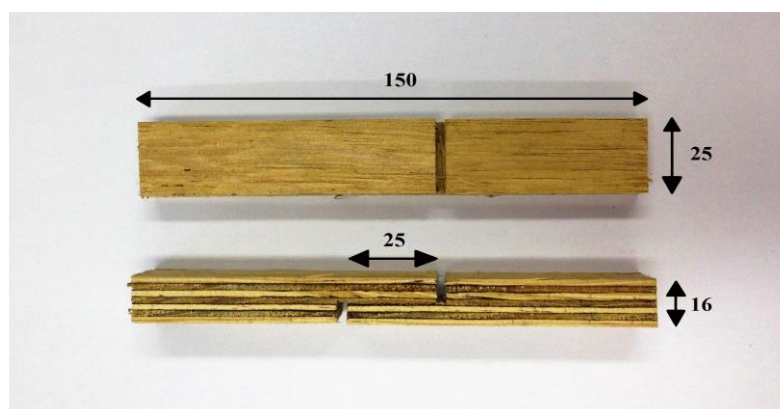
Tabela 1 – Condições de tratamento para o teste de cisalhamento na linha de cola.

TRATAMENTO	CONDIÇÃO
Sem tratamento (Testemunha)	Sem imersão
	Com imersão 24 horas
Tratamento Lâmina	Sem imersão
	Com imersão 24 horas
Tratamento Painel	Sem imersão
	Com imersão 24 horas

Fonte: Próprio autor, 2016

O ensaio de cisalhamento na linha de cola foi realizado obedecendo as instruções do documento normativo ABNT NBR ISO 12466-1:2012. Foram retirados 9 corpos-de-prova para cada situação de tratamento. Os corpos-de-prova retirados dos painéis foram submetidos aos cortes nas dimensões requeridas (Figura 6), e feitos os sulcos correspondentes de forma que estes estejam localizados no centro da lâmina central do painel, por ser a região mais crítica. Também, como exigência da norma, as lâminas externas e central estão com as fibras voltadas na direção paralela ao comprimento dos corpos-de-prova, para que por consequência, as duas lâminas que se encontram entre as linhas de colas a serem testadas, estejam com a direção das fibras perpendicular ao comprimento.

Figura 6 – Corpo de prova de cisalhamento na linha de cola, dimensões em mm.



Fonte: Próprio autor, 2016

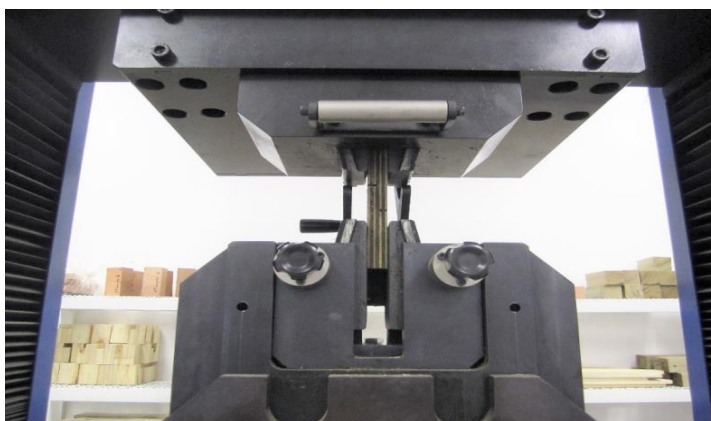
Os ensaios foram realizados em máquina universal de ensaios mecânicos-EMIC (figura 7), localizada no Laboratório de Propriedade dos Materiais - UNESP Campus de Itapeva, como uma velocidade de ensaio de 120 N/s, com média de 35 segundos por ensaio, ou seja, dentro do intervalo exigido pela norma que é de 30 ± 10 s. A figura 8 apresenta o corpo de prova durante o ensaio de cisalhamento na linha de cola.

Figura 7- Máquina universal de ensaios EMIC



Fonte: Próprio autor, 2016

Figura 8 – Corpo de prova de cisalhamento na linha de cola na máquina de ensaios.



Fonte: Próprio autor, 2016

4.2.1 Cálculo de resistência na linha de cola

Para os cálculos da área cisalhante dos corpos-de-prova, foram retiradas as medidas de largura e comprimento, com auxílio de paquímetro digital com resolução de 0,01 mm, antes do tratamento e da ruptura em máquina de ensaios, permitindo a realização dos cálculos referentes a força cisalhante por intermédio da Equação 1.

$$\tau = \frac{F}{l \times b} \quad (1)$$

Onde:

τ é a força de cisalhamento de cada corpo-de-prova, dado em megapascal;

F é a força (carga) no momento da ruptura do corpo-de-prova, dado em newton;

l é o comprimento da área cisalhante, dado em milímetros;

b é a largura da área cisalhante, dado em milímetros.

4.3 Análise dos resultados

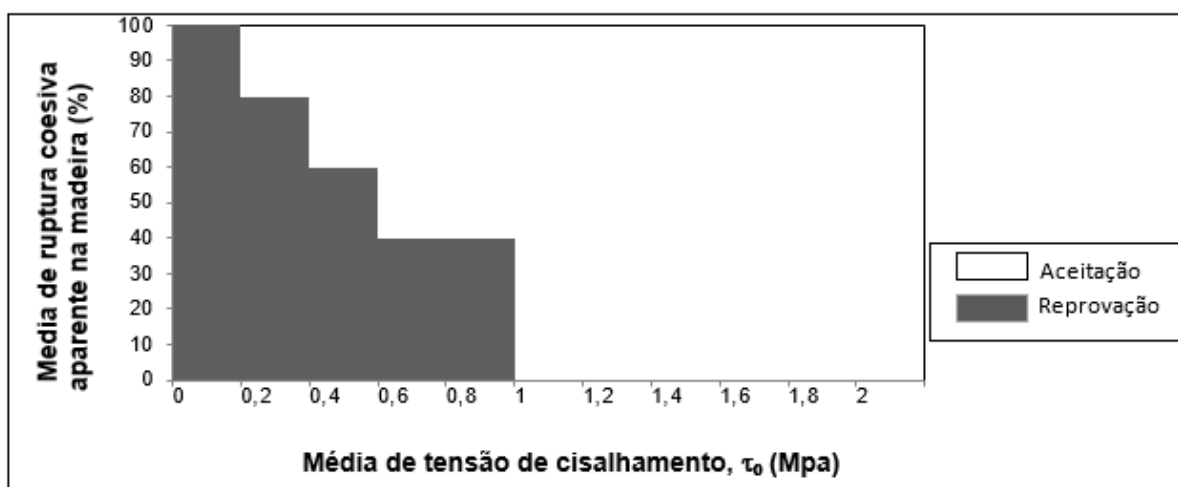
Os resultados obtidos foram comparados com os valores da norma ABNT NBR ISO 12466-2:2012, os quais relacionam os dados de avaliação da tensão média de cisalhamento na madeira. Esta relação é feita com base na Tabela 2 ou com a Figura 9.

Tabela 2: Requisitos de colagem.

Tensão média de cisalhamento τ (MPa)	Média da ruptura aparente na madeira (%)
$\tau < 0,2$	Não aplicável
$0,2 \leq \tau < 0,4$	≥ 80
$0,4 \leq \tau < 0,6$	≥ 60
$0,6 \leq \tau < 1,0$	≥ 40
$1,0 < \tau$	Sem requisito

Fonte: ABNT NBR ISO 12466-2:2012

Figura 9: Requisitos de colagem para o teste de cisalhamento na linha de cola



Fonte: ABNT NBR ISO 12466-2:2012

4.4 Análise estatística

Foi realizado um delineamento inteiramente casualizado com um fator com três níveis, cada um representando um tratamento. Para isto foi utilizada a análise de variância a um nível de significância de 5%, com o intuito de encontrar diferenças significativas entre os tratamentos. Obtendo esta diferença foi realizado o teste Tukey também a um nível de significância de 5%. O software utilizado para esta análise foi o Software R versão 3.2.3 de 2015.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir estão apresentados os resultados obtidos no ensaio de qualidade de colagem segundo recomendações ABNT NBR ISO 12.466-2:2012.

A Tabela 3 apresenta os valores médios e respectivos desvios padrões para os três tratamentos realizados e as duas condições, ou seja, sem e com imersão em água por 24 horas.

Tabela 3 – Valores médios e desvios padrões para os três tratamentos realizados.

Tratamento	Cisalhamento (MPa)	
	Sem imersão	Com imersão
Sem tratamento	3,67 a ¹ (0,61) ²	2,03 a (0,42)
Tratamento lâmina	2,95 b (0,27)	1,77 ab (0,31)
Tratamento painel	2,64 b (0,73)	1,58 b (0,30)

¹Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença significativa ($\alpha = 5\%$).

²Desvio padrão dos valores.

Fonte: Próprio autor, 2016

A partir dos resultados apresentados na Tabela 2, pode-se verificar que houve redução da resistência na linha de cola, tanto para a situação em que houve o tratamento do painel quanto na situação em que houve o tratamento da lâmina, quando comparados com a testemunha em que não foi submetida a nenhum tratamento químico. Verifica-se também que ambos os tratamentos químicos não apresentaram diferença significativa entre si. Somente a testemunha sem tratamento químico diferiu das duas situações em que tanto as lâminas como o painel foram tratados com CCA.

Já na condição que passou por imersão em água por 24 horas, os tratamentos também influenciaram na diminuição da resistência na linha de cola, sendo que aqueles que tiveram diferença significativa entre eles foram o tratamento do painel e a testemunha, pois por dedução é possível dizer que o painel passou por duas vezes em imersão, sendo a primeira pelo CCA e a segunda em água. Já, no tratamento das lâminas houve redução aparente na resistência em relação ao tratamento do painel, porém não foi significativa comparado aos outros dois.

Cabral (2011) obteve resultados para resistência na linha de cola em condição seca para painéis de madeira compensada produzidos com resina fenólica de *Pinus taeda*, de 0,808 MPa, inferiores aos resultados obtidos neste estudo.

Para Silva (2010), a resistência na linha de cola para compensados com, aproximadamente, 6,5mm de espessura de *Pinus oocarpa* e utilizando resina fenol-formaldeído e teste seco obteve uma média de 17,73kgf/cm², que corresponde a 1,74MPa.

No estudo realizado por Iwakiri (2001), os resultados tanto para teste seco como para fervura 24 horas, sendo, respectivamente, 35,67kgf/cm² (3,49 MPa) e 14,85kgf/cm² (1,46 MPa). Os testes foram realizados utilizando compensado de 10mm, compostos por 5 lâminas de aproximadamente 2 mm provenientes de *Pinus taeda*

De acordo com o Catalogo Técnico da ABIMCI para compensados a base de pinus, compensados de 7 lâminas e espessura de 18 mm de *Pinus taeda*, também encolados com resina fenólica, devem apresentar valores médios de 1,31 MPa para fervura 24hs, e de 1,09 MPa para fervura 72hs.

Contudo, é possível afirmar que para a situação mais crítica, onde ocorre o tratamento do painel em condição de imersão por 24 horas (1,58MPa), de acordo com a Tabela 2, ainda continua atendendo as especificações normativas ABNT NBR 12466-2:2012, além de estar em consonância com os resultados obtidos na literatura, exceto com Cabral (2011), podendo ser atribuído a espessura do compensado que é de 4 mm.

6 CONCLUSÃO

Os produtos engenheirados de madeira têm apresentado crescente desenvolvimento e a construção civil é uma das áreas que tem absorvido de modo acentuado o uso e aplicação desses materiais. Sistemas construtivos industrializados e que utilizam tecnologia internacional como o Steel Frame e o Wood Frame utilizam os painéis estruturais como o compensado e o OSB e para isso, esses produtos necessitam além de atender as solicitações mecânicas relativas as exigências de uso, requerem durabilidade especialmente quando expostos a agentes biodegradadores.

Sendo assim, a proposta do estudo foi submeter os painéis de madeira compensada a tratamento químico com CCA e avaliar se mesmo após tratamento os painéis continuariam atendendo as exigências e especificações normativas, especialmente, quanto a qualidade de colagem que é uma solicitação grande desses painéis em condições de uso como formas de concreto, elementos de lajes e vigas.

Pode-se observar que o tratamento químico realizado tanto nas lâminas de madeira como nos painéis reduziu a resistência de colagem quando comparados aos painéis que não foram tratados. No entanto, mesmo após os painéis serem submetidos ao tratamento os mesmos continuaram atendendo as especificações normativas quanto a qualidade de colagem.

Em um segundo momento, os painéis tratados e a testemunha foram submetidos a imersão em água por 24 horas que é um teste mais agressivo e requer melhores condições de fabricação dos painéis. E analisando os resultados obtidos neste estudo pode-se observar que mesmo após imersão os painéis submetidos a tratamento com CCA ainda continuaram atendendo as exigências normativas o que mostrou-se bastante satisfatório.

Sendo assim, pode-se observar que o tratamento químico para as lâminas e mesmo para os painéis apresenta-se como uma proposta promissora para a indústria de painéis de madeira compensada, sinalizando como uma opção viável e adequada.

Estudos futuros podem submeter os painéis à condições mais severas como a fervura dos painéis tratados com CCA.

7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE - ABIMCI. 2003. **Estudo Setorial 2003 - Produtos de Madeira Sólida**. Disponível em: <<http://www.abimci.com.br/port/03Dados/0306EtSet2003/0306Quadro.html>>. Acesso em: 12 fevereiro 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. Fluxograma de produção de compensado de madeira. Artigo Técnico, n.20, Curitiba, 2004b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. Fluxograma de produção de lâminas de madeira. Artigo técnico, n.19, Curitiba, 2004c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. Painéis de compensado de pinus: catálogo técnico. Disponível em: <http://www.abimci.com.br/wpcontent/uploads/2014/02/Catalogo_Tecnico_Compensado_Pinus.pdf>. Acesso em: 27 maio 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. Produtos de Madeira. Artigo Técnico, n.15, Curitiba, 2004a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12466-1**: compensado: qualidade de colagem-Parte 1: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12466-1**: compensado: qualidade de colagem-Parte 2: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

BALDWIN, R. F. **Plywood and veneer-based products**: manufacturing practices. San Francisco: Miller Freeman Inc., 1995.

BARILLARI, C.T. **Durabilidade da madeira do gênero *Pinus* tratada com preservantes**: avaliação em campo de apodrecimento. 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura “Luíz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

BARILLARI, C.T.; FREITAS, V.P. Preservação. **Revista da Madeira**, n. 68, dez 2002. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=264&subject=Preservação&title=Preservação>. Acesso em: 3 abril 2016.

BATISTA, D.C. Laminação de madeiras. Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Produção e utilização de compensados do curso de Engenharia Florestal, Curitiba: UFPR, 2007. 42 p

BIAZUS, A.; HORA, A. B. da ; LEITE, B. G. P. Panorama de mercado: painéis de madeira. **BNDES Setorial**, p.49-90, set. 2010.

BUENO, M. A. P. Painéis de *Medium Density Fiberboard* fabricados com bagaço de cana-de-açúcar e madeira de reflorestamento. 2014. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, São Paulo, 2014.

CABRAL, Bruna Mulinari. **Qualidade de painéis compensados de *Pinus taeda* produzidos por indústrias da região de Irati/PR**, Irati-PR, 2011.42 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenheiro Florestal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR, 2011.

CAMPOS, C. I. Propriedades físico-mecânica de MDF a partir de fibras de madeira de reflorestamento e adesivos alternativos em diferentes teores. 2005. 203 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo Campus de São Carlos, São Carlos, 2005.

CARDOSO, M. C.; BRITO, E.O.; GONÇALVES, F.G. Evolução Econômica do painel compensado no Brasil e no mundo. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, p. 277-285, jul/set 2012.

CAVALCANTE, M.S. Implantação e desenvolvimento da preservação de madeiras no Brasil. **Pesquisa e Desenvolvimento**, v.14, p.1-57, 1983.

GONÇALVES, M. T. T. Processamento da madeira. Bauru: M.T.T. Gonçalves, 2000, 242 p.

HASELEIN, C. R. et al. Resistência mecânica e à umidade de painéis aglomerados com partículas de madeira de diferentes dimensões. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.2, p. 127-134, jul. 2002.

IWAKIRI, S et al. Produção de chapas de madeira compensada de cinco espécies de pinus tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 71-77, 2001.

IWAKIRI, S. et al. Produção de painéis aglomerados de alta densificação com uso de resina melamina-uréia-formaldeído. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p.323-328, out./dez. 2005.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF – Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2005.

LIMA, C.; Pereira, K. Colagem da madeira de clones de *Eucalyptus* com três adesivos comerciais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n., p.73-77, mar. 2008. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr77/cap08.pdf>>. Acesso em: 22 março 2016.

MAGALHÃES, W.L.E. Controle de manchadores e apodrecedores da madeira de *Pinus*. In: SEMINÁRIO DE ATUALIDADES EM PROTEÇÃO FLORESTAL, 2, 2005, Blumenau. **Anais...** Blumenau: UFPR, FURB, FUPEF, 2005.

MENDES, R. F. et al. Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p.285-295, abril 2016.

MONTANA QUÍMICA S.A. Destinação final de madeira tratada com CCA: informativo técnico – Divisão Osmose. São Paulo, SP: Montana Química S.A. 2016. Disponível em: < <http://www.montana.com.br/Comunicacao/Publicacoes/Informativo-Tecnico> >. Acesso: 24 maio 2016.

MORAIS, A. Produtos para tratar madeira previnem perdas. **Revista da Madeira**. n. 117, nov 2008. Disponível em:http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1332&subject=Preservantes&title=Produtos para tratar madeira previnem perdas. Acesso em 23 abril 2016.

PEDRO, R. **Processo produtivo de painéis MDF**. União da Vitória, Paraná: Centro Universitário de União da Vitória curso de Engenharia Industrial Madeireira. 2008. Apostila.

PRESERMADDE. Tratamento. Disponível em:<<http://www.presermadde.com.br/foto-processo.htm>>. Acesso em: 20 maio 2016.

SALDANHA, L. K. **Alternativas tecnológicas para a produção de chapas de partículas orientadas “OSB”**. 2004. 97 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SANTOS, P. E. T.; JUNIOR, J. E. P. **Fibras e partículas**. Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2014. Disponível em:< <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/eucalipto/arvore/CONT000h018tez002wx7ha07d3364qkqm9zo.html#> >. Acesso em: 27 maio 2016.

SILVA, B.C da. **Avaliação da qualidade de compensados fabricados com adesivos à base de taninos de *Pinus oocarpa* e fenol-formaldeído**, Rio de Janeiro: Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.

SILVA, J. R. M. et al. Produção de chapas com diferentes espécies de pinus. **Revista da Madeira**, n. 84, out 2004. Disponível em: < http://www.remade.com.br/br/revista-damadeira_materia.php?num=634&subject=Painéis&title=Produção de chapas com diferentes espécies de pinus>. Acesso em: 4 abril 2016.

THOEMEN, M. I. M. S. H. **Painéis de Madeira**: uma introdução para especialistas. 2010. 287f. Monografia (Bacharelado em Painéis de Madeira) - Brunel University Press, EUROPEAN CIENCE FOUNDATION, 2010. Disponível em: <http://www.ahb.bfh.ch/NR/rdonlyres/6388C45C-8399-47AA-A833-589576D903BA/0/WoodBased_PanelsThoemen_et_allISBN9781902316826.pdf> Acesso em: 3 abril 2016.

VALLE, M.L.A. et. al. Retenção e penetração de CCA em madeira de primeira e segunda rotação de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 481-490, abr.-jun., 2013.

YOUNGQUIST, J.A. Wood-based composites – The panel and building components of the future. **Proceedings...** IUFRO, Canadá, p.5-22,1988.