

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

BRUNO DUARTE LOURENÇO DE ARAÚJO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA JUVENIL DE *Tectona grandis* (Linn f.) E DE JUNTAS COLADAS PARA USOS MÚLTIPLOS

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2023

BRUNO DUARTE LOURENÇO DE ARAÚJO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA JUVENIL DE *Tectona grandis* (Linn f.) E DE JUNTAS COLADAS PARA USOS MÚLTIPLOS

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2023

BRUNO DUARTE LOURENÇO DE ARAÚJO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA JUVENIL DE *Tectona grandis* (Linn f.) E DE JUNTAS COLADAS PARA USOS MÚLTIPLOS

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Aprovado em 28 de julho de 2023

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Rejane Costa Alves
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Dra. Izabella Luzia Silva Chaves (Pesquisadora)
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Me. Marcos Alves Nicacio
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

DEDICATÓRIA

AOS MEUS PAIS,

LUNY DUARTE RIBEIRO E MARCÍLIO LOURENÇO DE ARAÚJO,
PELO APOIO INCONDICIONAL.

E AO MEU TIO,
GLAUCO CASTRO,
QUE NOS DEIXOU VÍTIMA DA COVID-19,

DEDICO ESTE TRABALHO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por permitir e me guiar até o presente momento, com saúde e paz.

Aos meus pais, Luny Duarte Ribeiro e Marcílio Lourenço de Araújo, que sempre fizeram de tudo para que eu pudesse ter oportunidades e condições de alçar voos maiores. Sempre com amor, zelo e amizade. Tudo o que fizeram por mim não cabe aqui. Eu amo vocês.

Ao meu padrasto Josemar Farias, meu tio Jorge Ribeiro, minha tia Lia Ribeiro que sempre me trataram como filho e davam conselhos importantíssimos.

A toda minha família, Duarte, Araújo e Farias, por amor e carinho que sempre recebi.

A Universidade Federal do Espírito Santo pela estrutura para realização desta graduação.

A FAPES, pela bolsa de iniciação científica.

Aos professores que tive, em especial minha orientadora Rejane Costa Alves, pelo entendimento, conversas e ensinamentos tanto durante o projeto, quanto nas disciplinas ministradas.

Aos meus amigos que nessa reta final foram de extrema importância, em especial a Damielle Figueiredo e Felipe Araújo.

Aos técnicos José Geraldo do Laboratório de Anatomia e o Sr. Elecyr da Marcenaria, pelo auxílio na realização dos ensaios e produção dos corpos de prova.

A Banca examinadora fica meu agradecimento especial também, por todos os conselhos e dicas.

E a Érica Patrícia Pinto Queiroz, que sempre me incentivou, foi companheira e paciente. Por todo amor e ajuda que me deu, sem você isso não seria possível.

A todas as pessoas que de forma direta e indireta contribuíram para essa trajetória.

RESUMO

A colagem da madeira desempenha um papel cada vez mais importante na indústria de produtos florestais, permitindo tornar o manejo nas florestas brasileiras mais sustentável, já que a colagem permite grande variedade de uso com peças em diferentes dimensões, além de minimizar as limitações causadas pela anisotropia da madeira. O presente estudo teve como objetivo principal avaliar a qualidade da madeira juvenil de *Tectona grandis* (Linn f.) e de juntas coladas para usos múltiplos. Os corpos de prova foram confeccionados conforme a normativa ASTM D905-08. Para o ensaio de cisalhamento na linha de cola foram confeccionados dez corpos de prova para cada adesivo. Estes foram lixados e as juntas coladas com três adesivos industriais EP-950, EP-925 e X-080 da marca Titebond. Para a caracterização tecnológica dos adesivos, foram avaliados o pH, a viscosidade e teor de sólidos totais de cada adesivo. Analisou-se também a interferência na colorimetria da madeira após o intemperismo acelerado, sem e com produto de acabamento. Os valores de resistência ao cisalhamento da linha de cola no adesivo EP-925 foram superiores aos demais adesivos avaliados. Nos ensaios de colorimetria, a madeira de *Tectona grandis* teve variação na cor após aplicação do produto e do ensaio de intemperismo. Apesar do destaque do adesivo EP-925, todos os adesivos avaliados apresentaram características satisfatórias quanto a qualidade da colagem para madeira de teca, o que nos permite inferir sobre a possibilidade de uso dessa madeira na formação de elementos colados para diversas finalidades.

Palavras-Chave: Madeira laminada colada; Adesão; Teca; Colorimetria; *Stein*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios da retratibilidade da madeira de <i>Tectona Grandis</i>	34
Tabela 2. Valores médios das variáveis de cor no sistema CIE L*a*b*, obtidos antes do intemperismo (AI) e depois do intemperismo (DI) em peças com e sem <i>stain</i>	36
Tabela 3. Valores médios das propriedades reológicas dos adesivos utilizados.....	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Grupos de cores de madeira obtidos através de análises colorimétricas...	20
Quadro 2. Relação do coeficiente de anisotropia, qualidade da madeira e indicação para uso.....	22
Quadro 3. Densidade da madeira juvenil de <i>Tectona grandis</i> (Linn f.).....	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. (A) Corpo-de-prova. (B) sistema de orientação para determinação das propriedades de retração.....	26
Figura 2. A) Máquina de ensaios de intemperismo acelerado; B) Corpos de prova com face ensaiadas.....	27
Figura 3. Espectrofotômetro portátil.....	28
Figura 4. pHmetro digital realizando ensaio.....	29
Figura 5. Viscosímetro digital.....	30
Figura 6. (A) Corpo de prova segundo a ASTM D905-08. (B) Máquina universal de ensaios durante a compressão do corpo de prova.	31
Figura 7. (A) Tábuas coladas, antes de serem prensadas. (B) Prensa hidráulica com estrutura planejada para distribuição da carga de maneira uniforme.....	32
Figura 8. Utilização de gabarito quadriculado para determinação de percentual de falha na madeira.....	32
Figura 9. Amostras com e sem <i>stain</i> , antes e depois do intemperismo.....	38
Figura 10. Resistência ao cisalhamento da linha de cola.....	39
Figura 11. Efeito do tipo de adesivo na percentagem de falha na madeira (%).....	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. O problema e sua importância	12
1.2. Objetivos	13
1.2.1. Objetivo geral	13
1.2.2. Objetivos específicos	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. <i>Tectona grandis</i> (Linn F.)	14
2.2. Taxa de crescimento de Teca no Brasil	14
2.3. Comércio da madeira de Teca	16
2.4. Colorimetria	17
2.5. Estabilidade dimensional	21
2.6. Produto de acabamento	22
2.7. Ligações das peças por meio de adesivo	23
3. MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1. Descrição do material	25
3.2. Determinação da contração na madeira	26
3.3. Intemperismo acelerado	27
3.4. Colorimetria	28
3.5. Caracterização dos adesivos	29
3.6. Produção das juntas coladas e resistência ao cisalhamento	30
3.7. Análise estatística	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1. Determinação da contração na madeira	34
4.2. Colorimetria	36
4.3. Caracterização dos adesivos	38
4.3.1. Resistência ao cisalhamento na linha de cola e percentual de falha	39
5. CONCLUSÕES	42
6. REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

A *Tectona grandis* é uma espécie arbórea da família Lamiaceae, nativa das florestas tropicais do continente asiático, e é utilizada pela indústria moveleira, de construção naval, construção civil, decoração, produção de laminados e compensados (Araújo, 2022). A madeira é conhecida por possuir alta durabilidade devido à presença de extratos fenólicos e ácidos no cerne (Kokutse *et al.*, 2006).

A teca é uma espécie de fácil cultivo e pouco suscetível a pragas e doenças, possui o tronco revestido por uma casca resistente ao fogo e apresenta densidade aparente de 650 kg.m⁻³, além de possuir satisfatória estabilidade dimensional e resistência às cargas de tração e flexão (Lima *et al.*, 2011).

Algumas aplicações da madeira, como esquadrias e movelaria são diretamente afetadas pela retratibilidade ou variações dimensionais da madeira (Moraes Neto *et al.*, 2009). Estas variações, dependendo da magnitude, podem comprometer a integridade estrutural do material, em função do surgimento de empenamentos e rachaduras (Borges e Quirino, 2004).

A indústria madeireira tem se mostrado cada vez mais propícia a utilizar madeiras de reflorestamento (Pace *et al.*, 2018). O total destinado a árvores de floresta plantada no Brasil chegou a 9,93 milhões de hectares, um aumento de 38 mil hectares em relação a 2021 (Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ, 2022). Em 2021, foram 7,37 milhões de hectares certificados, seja FSC (*Forest Stewardship Council*) ou PEFC/Cerflor (*Programme for the Endorsement of Forest Certification*), o que representa um avanço de 8,3% em relação ao ano anterior.

Ainda segundo o relatório do IBÁ (2022), o valor bruto da produção da cadeia produtiva florestal em 2021 no Brasil foi de R\$ 244,16 bilhões e entre a década de 2010 a 2021 o valor adicionado da cadeia produtiva representou 1,2% do PIB nacional.

As florestas plantas são responsáveis por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no território nacional (IBÁ, 2022). O Brasil detém a maior extensão de plantações de teca na América Latina, que totaliza mais de 87 mil hectares, distribuídos pelos estados de Mato Grosso, Pará, Rondônia, Acre, Goiás, Minas Gerais, entre outros. O Mato Grosso, seguido pelo Pará, concentra mais de 90% da extensão de plantações no país (Nascimento, 2021).

Com maior aplicação na indústria naval, por sua alta resistência aos raios UV, efeitos da umidade e ao ataque de brocas marinhas, também é utilizada em ambientes externos como decks, ofurôs, portas e janelas. Essa aplicação da espécie é bem aceita na marcenaria por suas propriedades características estéticas e acabamento

A cor é o primeiro contato visual, e pode indicar de forma imediata a utilização prática do material e é um dos atributos estéticos mais importantes para a madeira, e muitas vezes tanto quanto as outras propriedades físicas e mecânicas da madeira (Mori et al., 2004). A coloração é influenciada por vários fatores, tais como estrutura anatômica, composição química, método de derrubada, posição da amostra na árvore, condições do meio ambiente, altura, diâmetro e idade da árvore, além de fatores genéticos inerentes a cada espécie (Gonzalez et al., 2005). Além disso, a cor possibilita a identificação e indicação de usos da madeira de diferentes espécies, principalmente quando analisada em conjunto com aspectos de textura e desenho (Camargos & Gonzalez, 2001).

Apesar da madeira juvenil possuir algumas limitações, como baixa classe diametral e instabilidade dimensional, ela pode ser utilizada em objetos de maior valor agregado se for colada, formando peças maiores, como ofurôs e decks. A madeira de teca apresenta um grande potencial econômico devido à alta qualidade e adaptabilidade, que permite o aumento da sua utilização, principalmente na produção de móveis (Moreira et al., 2021).

Atualmente, as restrições impostas pela legislação impedem que a crescente demanda por matéria-prima florestal seja atendida apenas por florestas nativas, e a expansão da área ocupada por florestas plantadas ainda não é capaz de atender tal demanda. Sendo assim há um aumento nos estudos referentes à utilização de teca juvenil para múltiplos usos, com o objetivo de diminuir o ciclo de corte e agregar valor à produção.

1.1. O problema e sua importância

Atualmente a busca de madeira de rápido crescimento e com qualidade para aplicações nobres têm se tornado um gargalo do mercado madeireiro, em função da alta demanda do mercado. A grande demanda do setor incentiva o desenvolvimento de novos estudos referentes à madeiras mais jovens, com o objetivo de diminuir o

ciclo de corte e agregar valor à madeira. Neste contexto, este trabalho busca apresentar algumas características necessárias para que a utilização de madeira juvenil seja viável, bem como avaliar a resistência ao cisalhamento de juntas de madeira coladas de teca (*Tectona grandis*) para avaliar a possibilidade de uso da mesma em diferentes dimensões e para finalidades distintas por meio da colagem.

Um dos principais pontos considerado para a execução deste trabalho é a escassez de informações quanto à colagem de madeira juvenil de teca, que pode ser uma alternativa para o uso dessa madeira em usos múltiplos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Avaliar a qualidade da madeira juvenil de *Tectona grandis* para usos múltiplos e a qualidade de juntas coladas produzidas com essa madeira.

1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar a propriedade de contração da madeira;
- Determinar a cor da madeira com e sem acabamento;
- Avaliar a resistência ao cisalhamento de juntas coladas produzidas com três adesivos comerciais;
- Caracterizar os adesivos utilizados quanto às suas propriedades tecnológicas (pH, viscosidade e teor de sólidos totais);
- Determinar o percentual de falha na madeira produzido por cada adesivo utilizado;
- Avaliar a qualidade da linha de cola e eficiência de colagem das juntas produzidas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Tectona grandis* (Linn F.)

A *Tectona grandis*, conhecida popularmente como teca, pertence à família botânica Verbenaceae. É uma árvore nativa do sudeste da Ásia, de grande porte, quando adulta chega a atingir entre 25 e 35 m de altura e diâmetro a altura do peito de 100 cm, possui tronco reto e é revestido por uma casca espessa e resistente ao fogo (Angeli e Stape, 2019).

A madeira de teca possui uma cor marrom viva e brilhante, que confere a ela um grande efeito decorativo, possui densidade média de 0,65g/cm³, que apesar de ser leve, apresenta boa resistência a peso, tração e flexão (Flórez, 2012). A madeira é estável, ou seja, tem pouca variação com a umidade do ambiente onde se encontra. Essa espécie apresenta grande durabilidade, poucos estudos mostram que a teca sofreu ataques comprometedores de pragas (Borges *et al.*, 2018).

As propriedades da madeira são influenciadas pelo ambiente de crescimento, clima, solo, práticas silviculturais e o manejo (Souza, 2019). A madeira é de boa trabalhabilidade com ferramentas manuais e elétricas, mas contém sílica que tende a diminuir a afiação dos instrumentos. A madeira é fácil de colar e de fácil acabamento. (Fonseca, 2004).

A estabilidade da teca torna-a um material ótimo para construção naval, móveis finos, pisos, marcenaria, acabamentos interiores, vigas e portas, painéis, esculturas, torneados, mobiliários dentre outros usos. Tem sido relatado que Teca é também usada para os mastros e cabides, suportes em minas de carvão, dormentes, ornamentais, placas, pianos, chaves de violinos e rapé (Kollert, 2017).

2.2. Taxa de crescimento de Teca no Brasil

De acordo com Reis, Oliveira e Santos (2023), o estado do Mato Grosso é no Brasil o lugar com maior potencial para produção de teca (80.000ha), quantidade superior à de outras regiões, seja de ocorrência natural ou plantada. Hoje para o Brasil os plantios de teca de maior interesse para investimentos internacionais, consistem naqueles de curta rotação e aqueles que as madeiras obtidas alcançam bons preços,

ainda que sejam valores inferiores aos obtidos na comercialização de madeira nativa (Kollert e Kleine 2017).

Atualmente, no Brasil, existem três certificados válidos de manejo florestal FSC® em plantios de teca e três encerrados. Dos certificados válidos, dois se localizam no Mato Grosso, com 34.327 ha de área total e um no Pará, com 48.200 ha de área total. Dos certificados encerrados, dois no Mato Grosso correspondiam a 4.163 ha e um, em Minas Gerais, com uma área total de 4.859 ha.

Produzir teca pode ser algo vantajoso para muitos produtores, de acordo com Ângelo et al. (2009), que estudando os aspectos econômicos da produção de *Tectona grandis*, determinaram que o retorno do capital está assegurado a curto prazo para o investidor, principalmente devido à alta taxa de crescimento dessa espécie nos primeiros anos.

Segundo os mesmos autores, a maturidade financeira ocorre dos 14 aos 20 anos, dependendo da taxa de juros e do critério econômico empregado na análise. A taxa de crescimento mostra que o momento ótimo de cortar a floresta ocorre quando essa taxa é igual à taxa de juros. A empresa investidora observada obteve o máximo de retorno do capital investido nas idades de 20, 18 e 16 anos, para as respectivas taxas de juros de 6, 8 e 10% aa.

Para a madeira de teca, a paralisação do crescimento ocorre mais cedo, a taxa de crescimento é maior nos espaçamentos menos condensados e as plantas crescem mais em Cambissolo do que em Latossolo (Medeiros et al., 2018). No Brasil, a teca tem sido manejada em ciclos de corte de 25 anos, já em outros países esse ciclo varia de 60 a 80 anos de acordo com Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, (ESALQ 2004).

A teca apresenta uma vantagem em relação à algumas madeiras de florestas plantadas, como o cedro rosa, quando se diz respeito ao plantio comercial. Apesar da *Cedrela fissilis*, conhecida como cedro rosa, ser uma das espécies florestais mais importantes da América Tropical (Souza et al., 2009), além de ser nativa do Brasil (Lorenzi, 1992), o crescimento do cedro de uma forma geral, é extremamente variável, dependendo da intensidade do ataque da broca-do-cedro. O incremento médio anual em volume de 3,25 m³/ha, obtido em Cascavel, PR, aos dez anos, inviabiliza esta espécie para plantios comerciais na região (Carvalho, 2005).

2.3. Comércio da madeira de Teca

Vários fatores influenciam no comércio da madeira de teca. Entre os fatores estão os padrões de qualidade, as dimensões, medição dos volumes de toras, e a logística do comércio (Pachas *et al.*, 2019). As remessas de madeira de teca enviadas para fora do país requerem conhecimentos específicos como containerização, transporte intermodal e despachantes de carga (Tomaselli e Hirakuri, 2023).

Segundo informações do Manual de Cultivo de Teca (Cáceres Florestal S/A, 2006), a maior parte da madeira teca é consumida pelo mercado interno dos países produtores e apenas 500 mil metros cúbicos são consumidos pelo mercado internacional, com uma produção mundial de quase três milhões de metros cúbicos por ano.

Segundo os mesmos autores, a oferta ainda é maior que a demanda, porém, isso tende a mudar, uma vez que haverá melhorias no padrão de vida em países menos desenvolvidos, além da queda na oferta de outras madeiras tropicais e da conscientização ambiental dos consumidores, que contribuem para essa situação.

De acordo com o Manual do Cultivo de Teca (Cáceres Florestal S/A, 2006) os países que lideram no ranking de produção de teca são: Indonésia, Mianmar e Sri Lanka. Enquanto a Alemanha, Arábia Saudita, Austrália, Dinamarca, Emirados Árabes, Estados Unidos, Japão, Holanda, Itália e Reino Unido são os maiores importadores.

O Brasil tem grande tendência de consumo e produção de teca, pois possui excelentes regiões para o plantio e muitas áreas de floresta tropical nativa para preservar. O país possui a maior área plantada de teca da América Latina (87.502ha) concentrados em Mato Grosso, Pará, Rondônia, Acre, Goiás e Minas Gerais (Coutinho, 2017).

A madeira de teca é utilizada principalmente na produção de esquadrias, por ser resistente à exposição ao tempo, seguida da produção de móveis, embarcações e decorações. Atualmente, nos países do sudeste asiático, ainda se encontram mobiliário em teca original do início do século, deixados em área externa e expostos aos intemperismos naturais, e, no entanto, em excelente estado de conservação (Gripp, 2003). Isso nos revela que apesar de poucas empresas no Brasil utilizarem teca para fabricação de ofurôs, ela seria uma das melhores opções (se não a melhor),

visto que esse objeto fica exposto às intempéries, entretanto é desejável que a sua madeira permaneça em bom estado.

2.4. Colorimetria

Em qualquer mercado, não só madeireiro, a cor do produto exerce grande influência sobre o consumidor, pois ela é o ponto chave de atração superficial, e com o mercado consumidor ficando cada vez mais exigente, é preciso que as tendências e “designers” acompanhem essas evoluções. Atualmente, existem vários métodos para a determinação de cor da madeira, o que permite uma maior homogeneidade de análises científicas e ainda economizam tempo.

A colorimetria é a medição quantitativa das cores, que permite registrar objetivamente uma cor e traduzi-la em dados numéricos (Lavisci *et al.*, 1989). Segundo Fernandes (2002) a colorimetria é a ciência da medição da cor. Por meio dela, a impressão sensorial cor deixa de ser subjetiva para ser objetiva, podendo ser expressa quantitativamente, de uma forma numérica, pela medição por reflectância em espectrofotômetro de um determinado objeto. Uma forma objetiva na colorimetria é possível, desde que se trabalhe com valores normalizados quanto às fontes luminosas, geometrias de observação e sensibilidade média do olho humano.

A variação da coloração da madeira ocorre em grande amplitude, desde bege claro até marrom escuro, devido a fatores genéticos e ambientais que colaboram para que ocorra essa diferença de tonalidades entre espécies, e dentro de uma mesma espécie. A análise final da cor de qualquer produto lhe garante um padrão de qualidade de mercado, exigido mundialmente. Para atender aos usos mais nobres da madeira, a cor deve ser incorporada ao planejamento, visando a caracterização tecnológica da madeira (Mori *et al.*, 2004).

De acordo com Gonzalez *et al.* (2001), existem dois métodos para a determinação da cor, o comparativo e o quantitativo. O método comparativo mais famoso é o sistema Munsell que tem como sustentação um mapa com várias cores, com a finalidade de distinguir, mensurar e verificar a aparência dos materiais em estudo. Já o método quantitativo mais utilizado é a colorimetria, conhecido como a ciência da medição da cor.

A colorimetria pode ser realizada através de dois aparelhos, os colorímetros e os espectrofotômetros. Os colorímetros possuem um grupo de filtros e fotodetectores empregados para quantificar a cor dos materiais expostos à luz, ao mesmo tempo em que os espectrofotômetros iluminam a superfície do objeto a ser medido e calculado o comprimento de onda e a quantidade de luz por ela refletida (Rappold e Smith, 2004).

O estudo realizado por Mesquita, Gonzalez e Paula (2017) para verificar o comportamento da cor da madeira de teca (*Tectona grandis*) frente ao intemperismo artificial, revelou que não houve variação significativa na cor natural da madeira de teca frente ao intemperismo para todos os tempos utilizados. Atualmente, a madeira vem sendo muito utilizada em ambientes externos, devido a isso é de grande importância o estudo dela frente a possíveis intempéries. Neste trabalho, será estudado o comportamento da madeira antes e depois do intemperismo acelerado, levando em conta também o produto de acabamento.

De acordo com Williams (2005), intemperismo é o longo processo de degradação de materiais quando expostos ao tempo. O mesmo autor ainda afirma que, independentemente do material, o mecanismo de degradação é uma combinação de fatores encontrados na natureza, como umidade, irradiação solar, temperatura, uso de produtos químicos, abrasão e causas biológicas. Quando a madeira é submetida ao intemperismo, ela padece de estragos que são primeiramente examinados pela variação de cor natural, podendo chegar a comprometer suas propriedades físicas e mecânicas (Teles e Costa 2014).

Com a finalidade de reduzir custo e tempo em testes em campo para a avaliação do intemperismo, vem-se desenvolvendo testes laboratoriais que simulam o intemperismo (Teles e Costa, 2014). Esses ensaios podem ser realizados em câmaras que trabalham em uma atmosfera controlada, com radiação UV, temperatura e umidade. A simulação é executável devido a alternâncias de fenômenos como o sol, chuva e orvalho da noite, sempre seguindo normas, os resultados promovidos nos materiais subordinados aos testes são muito similares com o intemperismo natural (Santos et al., 2017).

A CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*, ou *International Commission on Illumination*, ou ainda Comissão Internacional de Iluminação) foi fundada em 1913 por um grupo internacional de pesquisadores com objetivo de promover um fórum para a troca de ideias e informações e para padronizarem todos os termos relativos à

iluminação (Leão *et al.*, 2005). Segundo Gonzalez *et al.* (2001) o sistema CIELab-1976 é o mais utilizado para a quantificação e medição da cor, pois ele fornece um espaço mais uniforme da distribuição das cores.

Nesse sistema, o valor de luminosidade L^* É aproximadamente o valor da luminância Y (para o CIE xyY) variando de branco a preto, assumindo o valor 0 (zero) para o preto absoluto e 100 para o branco total. O valor de a^* pode variar de verde a vermelho e o valor de b^* pode variar de azul a amarelo, analogamente à percepção das cores pelo cérebro, ou seja, cores-opostas. O sistema de medição de cores CIELab 1976 é baseado em três elementos: luminosidade ou claridade, a tonalidade ou matiz e a saturação ou cromaticidade (Barros, 2014).

Pesquisas de grande relevância na área da colorimetria foram desenvolvidas por Camargos e Gonzalez (2001), no qual foram estudadas trezentas e cinquenta espécies florestais, agrupadas em uma tabela de cor, sendo constatado que o ângulo de tinta (h^*) de todas as cores das madeiras estudadas se enquadram de 0° a 90° (1º quadrante do sistema CIELAB de 1976). A maior claridade (L^*) para a madeira foi de 86,44, correspondente à cor branca (para um branco absoluto de 100) e a menor claridade, correspondendo à cor escura, foi de 25,93 (preto absoluto igual a 0). O ângulo de tinta teve variação entre 13,94 (vermelho) e 87,00 (amarelo) e a cromaticidade teve como maior valor 47,03 e o menor valor 2,31.

Quadro 1. Grupos de cores da madeira obtidos através de análises colorimétricas

GRUPO CLUSTER	COR	INTERVALOS DAS VARIÁVEIS CROMÁTICAS				
		L	a*	b*	C	h
01	Amarelo-oliva	64-64	06-06	46-46	47-47	82-82
02	Branco	69-80	04-08	19-27	21-28	71-79
03	Marrom-escuro	38-51	06-11	10-16	12-19	50-61
04	Rosa	55-68	11-27	18-27	23-30	53-64
05	Amarelo-claro	65-76	07-11	26-37	28-38	71-77
06	Roxo	36-39	12-07	03-07	12-16	14-29
07	Preto-avermelhado	28-35	04-08	03-06	05-10	35-44
08	Marrom-arroxeadado	29-44	08-11	08-12	11-16	34-52
09	Oliva	40-55	05-10	12-22	13-24	60-71
10	Oliva-claro	70-73	01-04	22-26	22-27	81-87
11	Branco-acinzentado	74-86	03-06	16-25	17-26	74-83
12	Marrom-escuro	35-51	11-16	13-18	17-23	43-55
13	Marrom-oliva	48-71	09-13	22-30	25-32	64-72
14	Preto	26-36	01-06	02-08	03-09	49-64
15	Vermelho-escuro	35-38	17-21	13-15	21-26	33-38
16	Cinza-rosado	61-76	04-08	13-20	14-21	67-76
17	Vermelho	37-52	17-24	16-23	24-31	39-52
18	Oliva-amarelado	51-69	06-09	20-27	21-28	69-76
19	Laranja-amarelado	53-54	24-27	34-38	42-46	54-55
20	Amarelo-alaranjado	49-66	12-19	31-36	33-40	61-67
21	Marrom-claro	45-61	10-13	16-25	19-28	54-66
22	Rosa-acinzentado	55-71	07-11	14-22	16-25	59-68
23	Amarelo-amarronzado	45-61	12-19	23-30	27-34	52-65
24	Amarelo	73-76	04-07	38-42	39-42	81-84
25	Marrom-avermelhado	39-57	13-17	18-23	23-29	50-58

L*: luminosidade; a*: coordenada cromática (verde - vermelho); coordenada cromática (azul - amarelo); C*: saturação da cor; h*: ângulo de tinta.

Fonte: Camargos & González (2001).

González (1993) afirma que vários fatores podem influenciar na cor da madeira, tais como a composição química, a anatomia, o método de derrubada, a posição da amostra na árvore, a espécie, a altura e diâmetro da árvore, qualquer fator relativo ao meio ambiente e a idade da árvore. Desta forma, a cor da madeira não é estável, tende a alterar-se com a ação externa do intemperismo, seja pela lixiviação ocasionada pela chuva ou ainda pela fotodegradação (Amorim et al., 2013), além das características da cor da madeira serem dependentes dos componentes químicos que interagem com a luz (Hon e Minemura, 2001).

Corrêa Queiroz (2018) ao realizar a caracterização colorimétrica para a teca de seis procedências na região de Cáceres no estado do Mato Grosso, com o cerne e o alburno avaliados no perfil radial, seguindo o grupo colorimétrico criado por Camargos e González (2001), encontrou que o cerne para quatro procedências se enquadrou na cor rosa acinzentado e outras duas apresentaram a cor marrom-claro e marrom-oliva. A variável b* (amarela) foi determinante na formação e composição de agrupamento de cores da espécie. A variável a* (vermelha), apesar de ser baixa (9,5), é 1,86 vezes maior no cerne, resultando numa tonalidade intensa de cor oliva.

Já no trabalho de Moya e Berrocal (2010) com teca de rápido crescimento na Costa Rica, encontraram pelo sistema CIELab, para madeira de cerne de teca, valores para os parâmetros de $L^* = 58,15$, $+a^* = 10,4$ e $+b^* = 25,91$. Já nos resultados obtidos por Thulasidas et al. (2006), os autores encontraram valores médios de $L^* = 56,36$, $a^* = 6,85$ e $b^* = 23,44$, para cerne em três plantios de teca na Índia.

2.5. Estabilidade dimensional

Um corpo é considerado anisotrópico em relação a uma propriedade quando esse atributo apresenta valores diferentes conforme a direção considerada.

A madeira é um material anisotrópico, já que suas propriedades mecânicas variam de acordo com a disposição das suas fibras. A direção na madeira que mais sofre variações é a tangencial, seguida pela radial e axial. Essa diferença entre as variações tangencial e radial é em razão de os raios da madeira dificultarem a expansão da madeira na direção radial (Freitas, 2016).

Um importante representante da estabilidade da madeira é o fator anisotrópico ou coeficiente de anisotropia, que é a relação entre as contrações nesses dois sentidos transversais. De acordo com Durlo e Marchiori (1992,) as espécies mais estáveis dimensionalmente apresentam valores mais próximos de um, o que também indica que a madeira está menos propensa a defeitos como rachaduras e empenamento transversais. De acordo com Durlo e Marchiori (1992) as espécies mais estáveis dimensionalmente apresentam valores mais próximos de um, o que também indica que a madeira está menos propensa a defeitos como rachaduras e empenamento.

A estabilidade dimensional da madeira pode ser explicada por dois fenômenos, são eles: quando a madeira passa pelo processo de secagem e atinge teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras, ela passa por um processo chamado de contração, onde sofre redução do seu volume, contrariamente, quando ganha umidade, ela passa pelo processo chamado de inchamento (Rezende, 2009). Basicamente, a qualidade da madeira pode ser relacionada com o fator anisotrópico através da classificação apresentada por Longsdon e Penna (2005), onde também indicam o uso adequado da madeira para cada coeficiente obtido como exposto abaixo (Quadro 2).

Quadro 2. Relação do coeficiente de anisotropia, qualidade da madeira e indicação para uso.

Coeficiente de anisotropia		Qualidade da Madeira	Indicação para uso
Contração	Inchamento		
$\leq 1,5$	$\leq 1,54$	Excelente	Móveis finos, esquadrias, barcos, instrumentos musicais, esportivos e construção civil.
1,5 – 2,00	1,54 – 2,10	Normal	Estantes, mesas, armários, usos que permitam pequenos empenamentos.
$\geq 2,00$	$\geq 2,10$	Ruim	Carvão e lenha.

Fonte: Longsdon e Penna (2005).

No trabalho realizado por Arruda (2013) onde foram avaliadas informações técnicas do comportamento da secagem da madeira juvenil de *Tectona grandis*, foram encontrados valores de contração radial de 2,4% a 5,8%, contração tangencial de 4,9% a 5,8% e o coeficiente de anisotropia foi de 1,82 a 2,14. Com estes resultados, o autor afirma que a contração radial sofre efeito da idade (desbaste) e da posição radial, o mesmo não ocorre para a contração tangencial.

Já no trabalho de Dias et al. (2017), os autores observaram retração volumétrica parcial (3,6%) e total (5,23%) apresentando comportamento estável, o que justifica o baixo valor de coeficiente de anisotropia (1,99%) e indica estabilidade dimensional satisfatória.

No estudo de Arruda et al. (2018), com o intuito de avaliar o coeficiente de anisotropia da *Tectona grandis* em diversas alturas, verificou-se que a madeira de teca é considerada normal em relação aos defeitos na secagem, devido ao resultado obtido para o fator anisotrópico.

2.6. Produto de acabamento

Os produtos de acabamentos são aplicados nas madeiras por várias finalidades, como: realçar as características como cor, textura, grã, proteger de xilófagos, umidade, calor, intempéries, e por consequência aumentar a vida útil desse material. Outra vantagem a se levar em consideração é a abundância de variedades desses produtos existentes no mercado. Ficando a gosto do cliente se quer mudar as

características estéticas da madeira, ou apenas proteger, mantendo a aparência original da espécie (Fonte, 2016).

As aplicações dos produtos de acabamentos tornam as superfícies mais resistentes à degradação fotoquímica e alterações dimensionais (Ghofrani, Mirkhandouzi e Ashori), o que é desejável para ofurôs. Seladoras, primers, tintas e vernizes são produtos normalmente utilizados para dar acabamento em madeiras (SILVA et al., 2010).

O *stain*, tem ação de forma distinta do verniz, ele penetra na madeira e deixa seus abertos, nutrindo as suas fibras. Isso confere um aspecto mais natural aos seus veios, sobretudo ao tato, mas mesmo na versão transparente acaba escurecendo um pouco a peça. Por impregnar na madeira, é um acabamento que a torna extremamente impermeabilizada. De fácil aplicação e manutenção, o *stain* não trinca, porque é absorvido pela madeira e não forma uma camada de filme de proteção.

2.7. Ligações das peças por meio de adesivo

A prática da união de materiais com adesivos tem sido amplamente estudada e utilizada em diversos ramos da engenharia. Quando se deseja unir materiais distintos ou pouco resistentes à temperatura, é recomendável que se faça isso por meio da adesão, visto que nessas situações, técnicas convencionais de união (prego ou parafuso) apresentam desvantagens (Berry e D’Almeida 2000).

A utilização da madeira serrada apresenta limitações, tais como as dimensões das peças, anisotropia e defeitos naturais da madeira que exercem influência nas suas propriedades físicas e mecânicas. Entretanto, por meio da colagem de madeiras com emprego de adesivos é possível obter produtos reconstituídos de madeira, com maiores dimensões, maior estabilidade dimensional e melhor distribuição da resistência mecânica, com ganhos em qualidade e relação custo-benefício (Iwakiri, 2005).

A quantidade de adesivo (gramatura) na formação da linha de cola entre duas peças de madeira é um dos parâmetros específicos para promover uma boa colagem. De acordo com Fonte e Trianoski (2015) quando a gramatura é menor, ou maior que a ideal, a resistência do produto colado pode ser alterada. Gramaturas muito baixas implicam em resistência inferior devido à aderência e ancoragem insuficientes. Já, no

caso de gramaturas elevadas, pode ocorrer vazamento do adesivo em excesso pelas bordas, formação de linha de cola espessa e conseqüentemente, prejuízos econômicos (Marra, 1992). Na indústria, as gramaturas mais utilizadas variam de 180 g.m⁻² a 220 g.m⁻² para o PVA (acetato de polivinila) e de 350 g.m⁻² a 400 g.m⁻² para RF (resorcinol-formaldeído) (Iwakiri et al., 2014).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Descrição do material

A madeira utilizada nesta pesquisa foram árvores de *Tectona grandis* (Linn f.), com idades de onze a quatorze anos, provenientes de plantio localizado na fazenda de São Jorge, no município de Água Boa, Mato Grosso. A madeira estava seccionada em tábuas produzidas para fins comerciais, portanto sem separação de cerne e alborno. A madeira foi doada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAIE) da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, localizado no município de Jerônimo Monteiro, estado do Espírito Santo.

A madeira doada foi previamente caracterizada por Araújo (2022) quanto à densidade, num trabalho anteriormente realizado com madeiras do mesmo lote que a estudada neste trabalho. A análise de densidade básica e densidade aparente foram realizadas de acordo com o que prevê o método da Norma Brasileira Regulamentadora – ABNT NBR 7190 (1997) e os resultados encontrados são apresentados abaixo (Quadro 3).

Quadro 3. Densidade da madeira juvenil de *Tectona grandis* (Linn f.)

Densidade da madeira	
Densidade básica (Kg.m⁻³)	Densidade Aparente 12 % U (Kg.m⁻³)
535,77	617,26

Fonte: Araújo (2022)

O produto de acabamento utilizado foi o *stain* preservativo, Osmocolor, da marca Montana. Para aplicação do produto foi utilizado um pincel da marca Condor, cerda gris 1 ½” 38,1 mm. Foram quatro demãos de aplicação, com movimento suave e molhando apenas um quarto do tamanho das cerdas com *stain*. O intervalo entre as aplicações foi de 12h e após o processo, as amostras ficaram expostas à secagem natural por sete dias.

3.2. Determinação da contração na madeira

Para determinação da anisotropia de contração, foram utilizados os critérios previstos na ABNT NBR 7190 (1997). Esses ensaios foram realizados no laboratório de Qualidade da Madeira do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Foram confeccionados vinte corpos de prova, conforme a Figura 1 A e B.

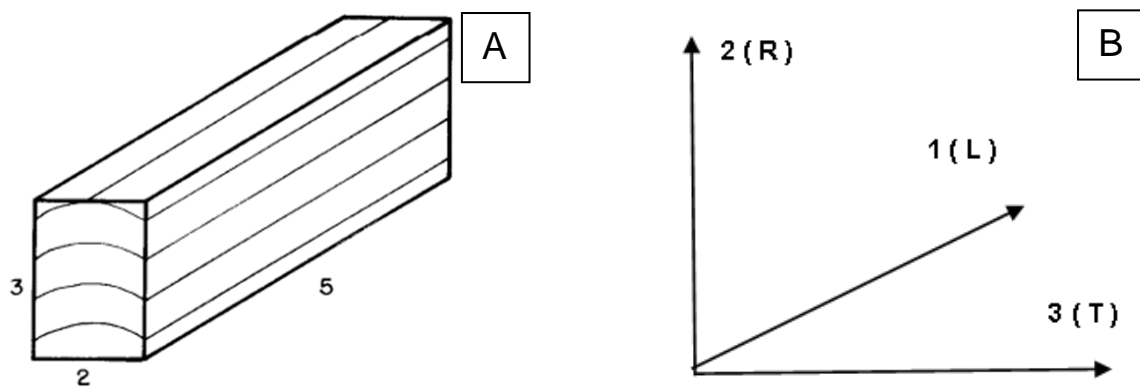


Figura 1. (A) Corpo de prova. (B) sistema de orientação para determinação das propriedades de retração.

Fonte: ABNT NBR 7190 (1997).

Foram determinados os coeficientes de contração lineares tangencial e radial (Equação 1) e o coeficiente de anisotropia (Equação 2).

$$\beta_{(t,r)} = \frac{(L_u - L_0)}{L_u} \times 100 \quad (1)$$

$$CA = \frac{\beta_t}{\beta_r} \quad (2)$$

Em que: β = coeficiente de contração máxima linear (%); L_u = dimensão na condição saturada (mm); L_0 = dimensão após secagem em estufa (mm); t = direção tangencial; r = direção radial; CA = coeficiente de anisotropia.

A determinação das dimensões dos corpos de prova foi realizada com paquímetro digital nas seguintes condições: saturada (umidade > 30%); após a estabilização da massa em câmara climatizada com temperatura de $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65\% \pm 2\%$, para se obter umidade de equilíbrio da madeira próximo a 12%; e após secagem em estufa a $103^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ até massa constante

(variação < 0,5%). As mensurações nos corpos de prova foram realizadas sempre nas mesmas posições para todas as condições de umidade.

3.3. Intemperismo acelerado

As amostras que foram submetidas ao intemperismo acelerado foram analisadas no laboratório de Biodeterioração e Proteção da Madeira do DCFM - UFES. A simulação foi realizada em máquina de ensaios de intemperismo acelerado, modelo Bass/UUV (Figura 2), que possui oito lâmpadas ultravioletas e regiões para a saída de vapor, que simulam o efeito de condensação. Nesse estudo desejou-se comparar a alteração na cor da madeira de *Tectona grandis*, após o intemperismo acelerado com e sem o produto de acabamento.



Figura 2. A) Máquina de ensaios de intemperismo acelerado; B) Corpos de prova com face ensaiadas.

Fonte: o autor.

Todos os ensaios feitos seguiram o que prevê a norma americana, *American Society for Testing and Materials - ASTM G154 (2016)*, que apresenta vários ciclos

possíveis. Nesse estudo, as amostras foram envelhecidas seguindo o ciclo quatro, que possui doze horas de duração por dia, onde são quatro horas de condensação a 50°C e oito horas de luz ultravioleta a 70°C, o ensaio tem duração de quinze dias, que corresponde a 360 horas.

3.4. Colorimetria

A determinação da cor seguiu as diretrizes do sistema CIELab (1976). Para isso foi utilizado o espectrofotômetro portátil CM 2500D, ilustrado na Figura 3.



Figura 3. Espectrofotômetro portátil

Fonte: o autor.

Os parâmetros avaliados pelo aparelho são L^* , a^* e b^* . A saturação (C), e o ângulo de tinta foram calculados, seguindo as equações 3 e 4.

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3)$$

$$h = \arctang \frac{b^*}{a^*} \quad (4)$$

Em que: h = ângulo da tinta; \arctang = arco tangente.

A luminosidade (L^*) indica os eixos de preto a branco, variado de 0 a 100. Já o parâmetro a^* varia de 0 a 60 no eixo verde a vermelho. Enquanto b^* varia de azul a amarelo, variando de 0 a 60 (Barros, Muniz e Matos, 2014; Garcia et al., 2014). O aparelho utilizado foi configurado com o diâmetro de desobstrução da área de

iluminação igual a 3 mm (“SAV – *SmallAreaView*”), o iluminante padrão foi o D65 e 10° para o ângulo de observação e posteriormente o aparelho foi calibrado no padrão preto e branco de acordo com o manual.

Foram determinadas cinco leituras por corpo de prova. As medições foram realizadas antes e depois do intemperismo nas amostras com e sem *stain*.

3.5. Caracterização dos adesivos

Os adesivos utilizados para colagem das peças de madeira foram doados pela empresa Titebond, ao DCFM – UFES, em formato de códigos (EP – 950, EP - 925 e X – 080), onde foram caracterizados quanto às suas propriedades tecnológicas (viscosidade, pH e teor de sólidos totais) no Laboratório de Painéis - UFES.

Segundo metodologia utilizada por Chaves (2022), o pH dos adesivos foi determinado com uso de pHmetro digital Alfakit, modelo AT-355 (Figura 4) a 22°C e calibrado em soluções tampão padronizadas (4, 7, 10). O valor obtido foi registrado após o contato de um minuto do eletrodo com o adesivo. Foram realizadas cinco repetições para cada tratamento.

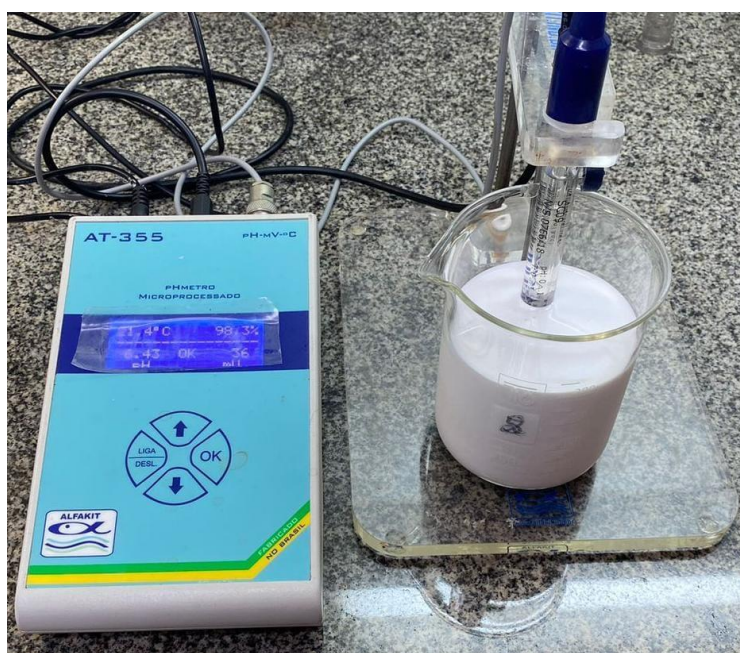


Figura 4. pHmetro digital realizando ensaio.

Fonte: o autor.

A viscosidade dos adesivos foi determinada de acordo o método D-1084 (ASTM, 2021), por meio de viscosímetro digital da marca Marte, modelo MVD-8 haste SPL3 e SPL4, e 60 rpm (Figura 5) em 200 ml de cada adesivo e o resultado expresso em centipoise (cP). Foram realizadas cinco repetições para cada tratamento.

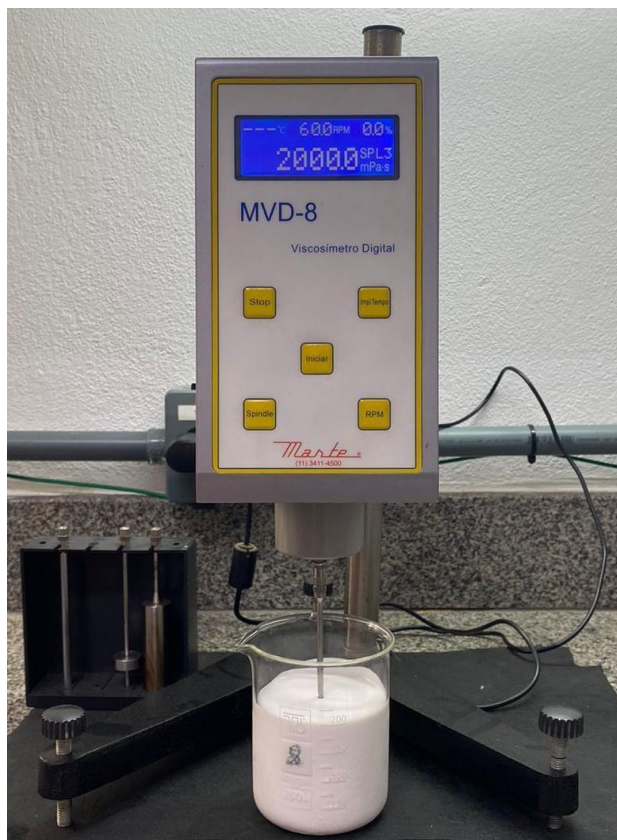


Figura 5. Viscosímetro digital

Fonte: O autor

O teor de sólidos totais (%) foi obtido pela razão entre a massa seca e a massa úmida do adesivo após estabilização da massa após secagem em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, metodologia utilizada por Chaves (2022).

3.6. Produção das juntas coladas e resistência ao cisalhamento

Os corpos de prova foram confeccionados seguindo a norma D905-08 (ASTM, 2005) e os ensaios foram realizados no Laboratório de Ensaio Mecânicos do DCFM - UFES, em máquina universal de ensaios, modelo DL 10000, com capacidade de 10 kN e tomada automática de dados.

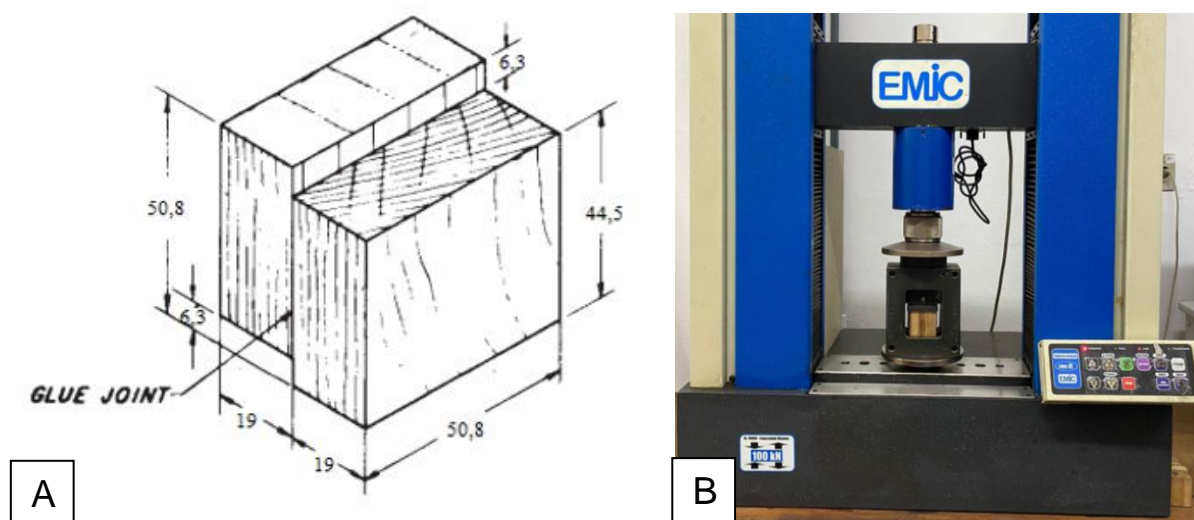


Figura 6. (A) Corpo de prova segundo a ASTM D905-08. (B) Máquina universal de ensaios durante a compressão do corpo de prova.

Fonte: o autor.

Antecedendo a colagem, as peças foram lixadas (com gramaturas 50 e 100) na superfície onde foi aplicado o adesivo. Foram utilizados três adesivos EP-950, EP-925 e X-080, preparados de acordo com as recomendações do fabricante, onde a gramatura utilizada foi de 200g.m^{-2} , a aplicação foi com espátula manual, aos adesivos EP-950 e EP 925 foram adicionados 15% de endurecedor e ao X-080, 6% de catalisador. Os adesivos foram aplicados formando linha de cola dupla e a pressão utilizada foi de 12Kgf.cm^{-2} durante 24h em prensa hidráulica com capacidade de 15 toneladas (Figura 7 A e B).

Posteriormente, as peças já coladas foram dispostas em câmara climatizada com temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $65\% \pm 2\%$ para estabilização da massa. Antes de serem levadas à prensa, as peças coladas foram envolvidas em plástico filme (Figura 7A) para que não houvesse risco de colagem lateral entre as peças com o excesso de adesivo no escape natural da prensagem.

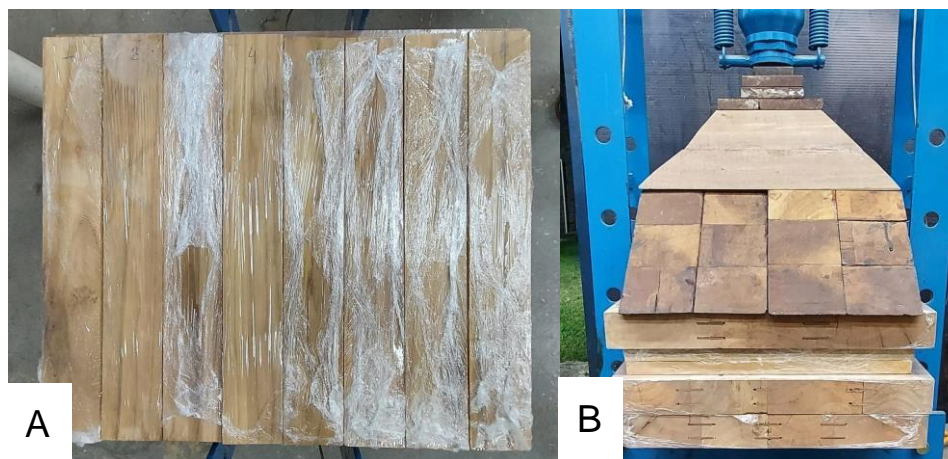


Figura 7. (A) Tábuas coladas, antes de serem prensadas. (B) Prensa hidráulica com estrutura planejada para distribuição da carga de maneira uniforme.

Fonte: O autor

Para cada tratamento, foram confeccionados 10 corpos de prova de acordo com a normativa D905-08 (ASTM, 2005) para avaliar a resistência ao cisalhamento da linha de cola na madeira (f_{v0}), por conseguinte avaliou-se a eficiência do adesivo (E%), segundo a equação 5.

$$E\% = \frac{f_{gv.0}}{f_{v.0}} \times 100 > 90\% \quad (5)$$

Em que: $f_{gv.0}$ = resistência ao cisalhamento da linha de cola, MPa;

$f_{v.0}$ = resistência ao cisalhamento longitudinal da madeira bruta, MPa (retirada da literatura)

Os corpos de prova foram também submetidos a avaliação de percentagem de falha na madeira/linha de cola, com uso de um gabarito quadriculado (Figura 8), impresso em folha de acetato, como preconiza o método D3110 (ASTM, 1994).

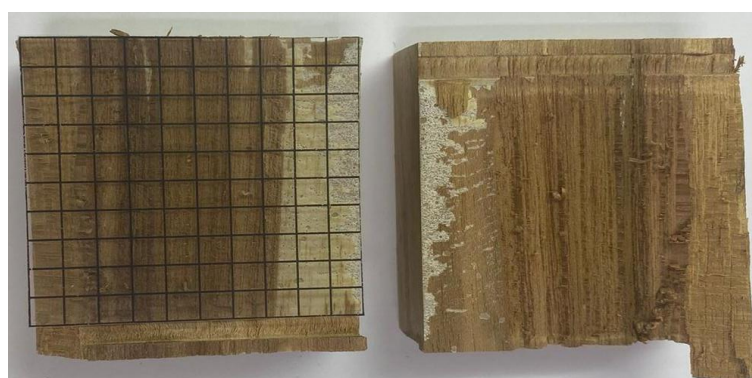


Figura 8. Utilização de gabarito quadriculado para determinação de percentual de falha na madeira.

Fonte: o autor.

3.7. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de Bartlett, ao atender às prerrogativas para a análise paramétrica foi aplicado o teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância. Os dados foram analisados com o auxílio do pacote *agricolae* no software 4.3.0. (R Core Team, 2023).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Determinação da contração da madeira

Os resultados obtidos para os ensaios de contração são apresentados na Tabela 1, onde nota-se que o coeficiente anisotrópico encontrado (1,66) é classificado como normal, tendo em vista que os valores de retração radial e retração tangencial estão dentro dos padrões de classificação apresentados anteriormente (Quadro 2), sendo assim a retração volumétrica encontrada de 6,83 em média, corrobora para esse resultado.

Tabela 1. Valores médios da retratibilidade da madeira de *Tectona Grandis*

Valores	Retratibilidade (%)			CA (T/R)
	Br	Bt	β_v	
Média	2,80	4,68	6,83	1,66
CV%	17,18	20,47	17,71	

Em que: β_r, t, v : retração radial, tangencial e volumétrica, respectivamente; CA: coeficiente anisotrópico; CV: coeficiente de variação.

Observa-se ainda, que os valores encontrados se apresentaram próximos aos limites inferiores descritos por Tsoumis (1991), de 4,4% a 9,1% para contração tangencial, 2,1% a 5,1% para contração radial, e de 6,8% a 14,0% para contração volumétrica.

Bonduelle *et al.* (2015) ao avaliar a madeira de *Tectona grandis* aos 18 anos, provenientes do município de Brasnorte (MT) encontrou valores médios inferiores (β_r 1,87; β_t 4,20; β_v 6,30) ao encontrado neste trabalho. Esta diferença pode estar relacionada a vários fatores, como por exemplo, sítio de crescimento, idade e metodologia de ensaio.

Avaliando o coeficiente de variação, é possível verificar que estão superiores aos sugeridos pelos *Forest Products Laboratory* (2010), de 14% para contração tangencial, 15% para radial e 16% para volumétrica, o que indica maior variabilidade das propriedades.

Foi possível observar, conforme esperado, que os valores de contração na direção tangencial são maiores que na direção radial, em função do comportamento da madeira.

Segundo Skaar (1988), no sentido radial, as variações dimensionais são menores que no sentido tangencial em função da orientação transversal dos raios e da presença de pontoações areoladas, predominante nas paredes radiais das traqueídeos, que causam um desvio das microfibrilas de celulose na camada S2.

Em relação aos valores médios das contrações e da anisotropia encontrados, a contração tangencial foi relativamente baixa (4,68%) e a anisotropia de contração (1,66%) sugere que esta madeira pode ter estabilidade dimensional de média a boa, e assim não está sujeita a empenamentos acentuados com a variação da umidade das peças. Segundo Oliveira e Silva (2003), quanto mais próximo estiver esse valor de 1,0, maior será a estabilidade dimensional e qualidade da madeira.

De acordo com Motta *et al.* (2013), o baixo fator anisotrópico indica que a madeira apresenta menores propensões ao fendilhamento e empenamentos durante as alterações, provocadas pela variação dimensional durante o processo de secagem, e são, conseqüentemente, menos instáveis. Paes *et al.* (2015) analisando a madeira de Teca com idade de seis a sete anos atestou valores de 6,17 para contração tangencial e coeficiente anisotrópico de 2,22, o que pode ser justificado pela idade do material.

Em relação a contração volumétrica, valores elevados podem dificultar a utilização industrial, sobretudo no que diz respeito ao processo de secagem da madeira, em função da possibilidade de formação de defeitos (Muller *et al.*, 2014). Ao estudar a madeira juvenil de teca para produção de móveis, Paes *et al.* (2015) encontraram valor médio de contração volumétrica de 9,83, superior ao encontrado neste trabalho. O resultado aqui encontrado pode ser explicado pela idade mais avançada do material que possibilita menor β_v (retração volumétrica), e, por conseqüência, maior estabilidade. A anatomia da madeira pode explicar o resultado positivo aqui encontrado. Estudos apontam que a madeira tende a estabilizar seus elementos anatômicos, como valores de comprimento das fibras em idades mais avançadas (Pinto, 2007).

De acordo com Motta *et al.* (2014), o baixo fator anisotrópico indica que a madeira apresenta menores propensões ao fendilhamento e empenamentos durante as alterações provocadas pela variação dimensional durante o processo de secagem, e são, conseqüentemente, menos instáveis. Segundo Oliveira e Silva (2003), quanto mais próximo estiver esse valor de 1,0, maior será a estabilidade dimensional da madeira.

Para avaliar a estabilidade dimensional da madeira, o fator anisotrópico é o mais importante parâmetro a ser observado, de acordo com Durlo e Marchiori (1992). Os mesmos autores apresentaram critérios de classificação da madeira quanto a esse índice.

Para valores entre 1,2 e 1,5 a madeira é excelente; valores entre 1,5 e 2,0, a madeira é considerada normal; e acima de 2 a madeira é considerada ruim. Portanto, em função desta escala é possível constatar que a madeira de *Tectona grandis* estudada neste trabalho é classificada como normal (1,66).

4.2. Colorimetria

Os valores referentes a luminosidade (L^*), variáveis cromáticas (a^* e b^*), saturação da cor (C) e o ângulo de tinta (h) são apresentados na Tabela 2. A cor foi determinada de acordo com a tabela desenvolvida por Camargos e Gonzalez (2001).

Tabela 2. Valores médios das variáveis de cor no sistema CIE $L^*a^*b^*$, obtidos antes e depois do intemperismo em peças com e sem *stain*.

Tratamento		L^*	a^*	b^*	C	h	Cor
Sem <i>Stain</i>	AI	65,03 Aa	8,35 Aa	24,39 Aa	26,32 Aa	71,22 Aa	Amarelo claro
	DI	47,18 Ab	16,39 Ab	28,76 Ab	33,16 Ab	59,98 Ab	Amarelo amarronzado
Com <i>Stain</i>	AI	56,39 Ba	11,19 Ba	29,15 Ba	31,28 Ba	68,83 Ba	Amarelo amarronzado
	DI	48,21 Ab	12,88 Ab	29,49 Ab	32,24 Ab	65,96 Bb	Marrom oliva

AI – Antes do intemperismo e DI – Depois do intemperismo. Letras maiúsculas para comparação de peças sem e com *Stain* e minúsculas para comparação antes e depois do intemperismo. Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Fonte: O autor

É possível verificar que, a aplicação do *stain* provocou um escurecimento nas peças, que pode ser comprovado pela diminuição da luminosidade (L^*) e aumento das variáveis cromáticas a^* (matiz vermelha) e b^* (amarela), ocasionando mudança na cor. A madeira sem *stain*, é classificada como Amarelo claro e a com *stain*, amarelo amarronzado. Flórez (2016) ao estudar o comportamento em serviço da madeira de Teca aos 13 anos para uso em ambiente externo também constatou uma redução da luminosidade quando usou *stain*, segundo o autor este comportamento pode ser explicado pelo fato que o *stain* não forma uma película sobre a superfície da madeira, então era de se esperar menor valor do brilho e conseqüentemente menor valor em sua luminosidade.

Nas amostras em que o *Stain* não foi utilizado, após o intemperismo, a coloração mudou de amarelo claro para amarelo amarronzado, o que foi comprovado

pela diminuição da luminosidade (L^*) e aumento das variáveis a^* (vermelha) e b^* (amarela). Ao estudarem a madeira de teca Mesquita, Gonzalez e Paula (2017) encontraram resultado contrário ao encontrado neste trabalho, onde após o intemperismo as peças não alteraram a cor. Já para a madeira de Cedro após o intemperismo houve um escurecimento nas peças (Silva, 2013). Ao avaliar a variação colorimétrica com o sistema CIELab de madeiras de coníferas e folhosas sob intemperismo artificial e natural, Almeida et al. (2021), encontraram resultados que indicaram que a ação dos raios UV foi diferente para cada intemperismo. No caso de intemperismo artificial os valores de L^* , a^* e b^* diminuíram, chegando a zero para a^* e b^* , mostrando que ocorre um escurecimento da madeira por efeito dos raios UV, o que evidencia mudança na cor das madeiras.

Nas madeiras com *Stain*, após o intemperismo, a coloração mudou de amarelo amarronzado para marrom oliva. Destaca-se a coordenada a^* (vermelha) que têm importante participação na formação final da cor desta madeira, é a principal responsável pela coloração amarronzada. Segundo Lopes et al. (2014) valores de a^* acima de oito, justificam o fato da tonalidade vermelha (a^*) se sobressair e caracterizar a cor marrom, mesmo com valores superiores a 25 mostrado pela coordenada b^* .

Os valores da saturação da cor e ângulo de tinta confirmam a importância das duas coordenadas na formação da cor para a madeira de teca. Todavia, a variável h (ângulo de tinta) exerce influência marcante, e posiciona a cor da madeira próximo ao eixo amarelo no sistema CIELab.

O uso do produto de acabamento com ou sem o efeito do intemperismo alterou visualmente a coloração da madeira como é apresentado na Figura 9.



Figura 9. Amostras com e sem *stain*, antes e depois do intemperismo.

Fonte: O autor (2023).

4.3. Caracterização dos adesivos

A resistência ao cisalhamento da madeira colada também pode ser influenciada pelo tipo de adesivo utilizado no processo. Na Tabela 3 são apresentados os valores médios das propriedades dos três adesivos avaliados. Os adesivos, de maneira geral, apresentam propriedades distintas. Os adesivos EP - 950 e EP - 925 são os que mais se assemelham aos valores de pH e teor de sólidos. Em contrapartida, o adesivo X - 080 obteve os valores mais elevados de viscosidade e teor de sólidos, e o menor valor de pH.

Tabela 3. Valores médios das propriedades reológicas dos adesivos utilizados

Adesivos	Propriedades		
	pH	Viscosidade (cP)	Teor de sólidos (%)
EP - 950	6,77	1414	41,50
EP - 925	7,07	4724	46,50
X - 080	4,99	9997	53,50

Em que: EP - 950; EP - 925; X - 080 correspondem aos adesivos utilizados. Fonte: O autor.

Conforme exposto por Gonçalves e Lelis (2008), a viscosidade está ligada ao teor de sólidos, o que condiz com os resultados, onde é possível observar que o

adesivo X - 080 possui maior teor de sólidos totais e viscosidade que os outros dois adesivos.

Uma baixa viscosidade facilita a pulverização de uma resina e o contrário, uma viscosidade maior que 1500 cP dificulta a aplicabilidade da cola quando por meio de aspersão (Gonçalves e Lelis, 2008). Entretanto, para este trabalho, o adesivo foi aplicado com o auxílio de uma espátula manual e assim não houve prejuízo nos resultados encontrados. O adesivo X-080, que possui a maior viscosidade, não apresentou maior dificuldade de aplicabilidade em comparação com o EP - 925 e EP-950, onde pode ser visto nos resultados de resistência ao cisalhamento na linha de cola, e não houve geração de linha de cola espessa, nem vazamento excessivo de adesivo, além da comprovada qualidade de ancoragem do adesivo de acordo com os resultados encontrados tanto para o percentual de falha na madeira quanto para a resistência ao cisalhamento apresentados a seguir.

4.3.1. Resistência ao cisalhamento na linha de cola e percentual de falha

O desempenho do adesivo foi avaliado pela análise da resistência ao cisalhamento e pelo percentual de falha na madeira ocorrida nas juntas coladas. Os valores médios de resistência ao cisalhamento são apresentados na Figura 10.

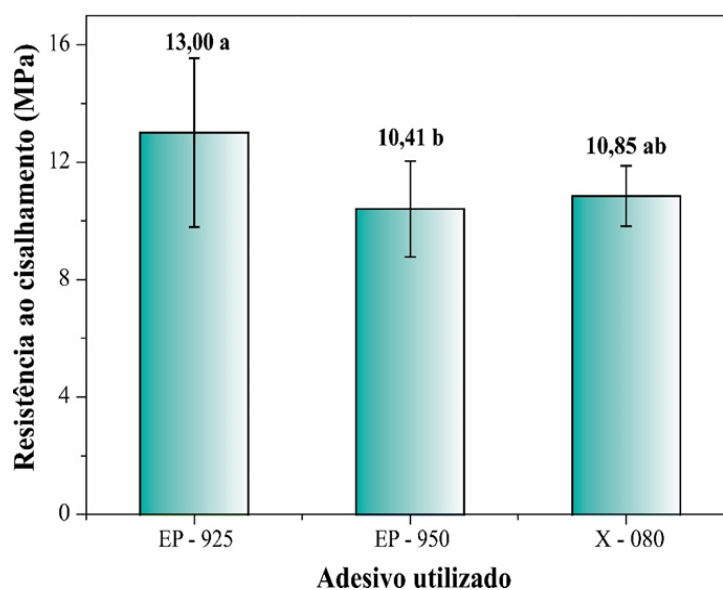


Figura 10. Resistência ao cisalhamento da linha de cola. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: O autor

É possível observar diferenças significativas no valor de resistência ao cisalhamento na linha de cola. O adesivo EP-925 obteve maior resistência ao cisalhamento que os demais adesivos e é estatisticamente diferente do EP-950. Já o adesivo X-080 não difere dos demais.

Pode-se observar ainda que para a madeira de Teca, os adesivos EP-925 e EP-950 têm as maiores médias de resistência ao cisalhamento. Os valores observados para essa variável estão próximos aos obtidos por Motta *et al.* (2014) ao estudarem a resistência ao cisalhamento na linha de cola da madeira de teca com 15 anos, onde, os valores médios obtidos no estudo foram de 11,9; 10,9; 12,4 e 13,3.

A madeira de teca estudada apresentou um comportamento satisfatório quanto à colagem para todos os adesivos testados. Isto pode estar relacionado com a idade das árvores, porosidade da madeira, condições de prensagem além da qualidade e o estado de solidificação das gomo-resinas que permitiram a penetração e ancoragem adequada dos adesivos.

Com os resultados obtidos para o cisalhamento na linha de cola, existe uma relação direta entre a porcentagem de falha na madeira com a eficiência da colagem apresentada na Figura 11. De acordo com o que prevê a ASTM D2559-12a (2018), as resistências das juntas coladas não podem ser inferiores às resistências ao cisalhamento da madeira sólida.

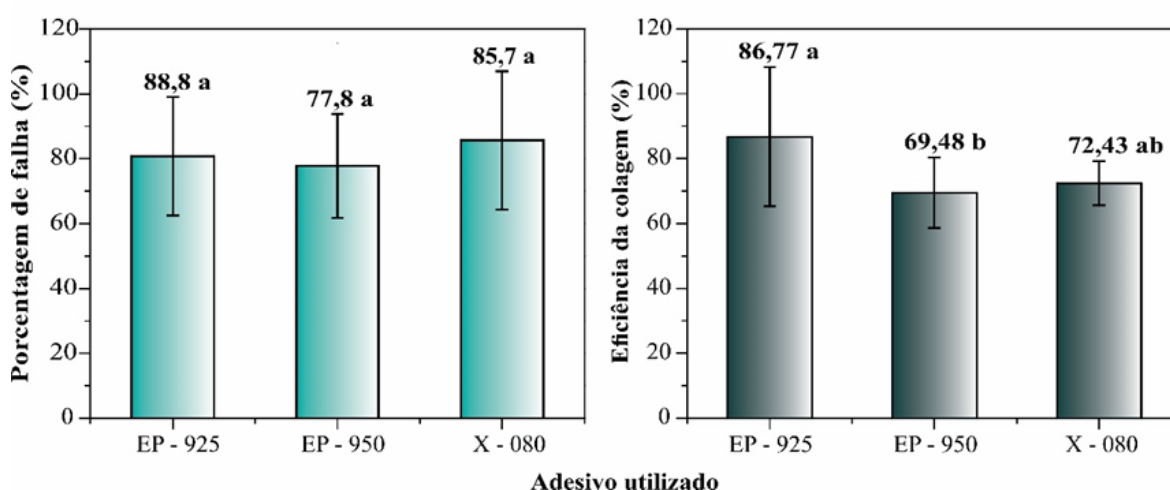


Figura 11. Efeito do tipo de adesivo na porcentagem de falha na madeira (%).

Fonte: O autor.

Os resultados de falha na madeira, mesmo com valores médios diferentes, não apresentam diferença estatística entre os adesivos testados. Na literatura existem trabalhos em porcentagens semelhantes para a falha na madeira colada. Motta *et al.*

(2014) encontraram valores variando de 90% e 85% de falha na madeira de teca para a ureia formaldeído e o adesivo PVA, respectivamente.

Para Frihart e Hunt (2010), o padrão para uma boa colagem é que a haja um rompimento da madeira juntamente com o adesivo, e que a resistência da junta colada seja superior ou igual ao da madeira sólida, para que a junta não se rompa no adesivo, ocorrendo uma delaminação. Levando em conta os adesivos utilizados, todos superaram o valor de 60% de rompimento na madeira, valor que é recomendado pela ASTM D-5751 (2005). Gonçalves et al. (2016) ao estudar a resistência ao cisalhamento da madeira de *Pinus* sp. coladas em temperatura ambiente observou para a falha na madeira, valores de 68,05%, 75,90% e 90,90% para PVA, MUF, UF, respectivamente.

5. CONCLUSÕES

A madeira de teca utilizada neste trabalho foi classificada como normal quanto a estabilidade dimensional.

O intemperismo e o produto de acabamento alteraram a cor natural da madeira, entretanto, a proteção fornecida pelo produto faz com que essa alteração seja menos perceptível, enquanto a madeira sem aplicação do produto de acabamento apresentou uma alteração drástica de coloração.

Pode-se concluir ainda que apesar de todos os adesivos apresentarem resultados e trabalhabilidade satisfatórios, o melhor desempenho do adesivo EP-925 deve ser ressaltado, tanto para ensaios de eficiência de colagem e falha na madeira.

Por fim, recomenda-se, com base nos resultados satisfatórios encontrados, que novas análises sejam realizadas, a fim de confirmar a viabilidade de uso da madeira de teca colada para diferentes finalidades.

6. REFERÊNCIAS

- ALBINO, V. C. S.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Estudo da interface madeira adesivo de juntas coladas com resorcinol-formaldeído e madeira de *Eucalyptus grandis* w. Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v.38, n.87, p.509-516, 2010.
- ALMEIDA, T. H. et al. Color variations in CIELAB coordinates for softwoods and hardwoods under the influence of artificial and natural weathering. **Journal of Building Engineering**, v. 35, n. October 2020, p. 101965, 2021.
- ALVES, R. C. **Determinação das constantes elásticas da madeira considerando sua ortotropia**. 2017, 91 p. Dissertação (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.
- MOTTA, J. P; OLIVEIRA, J. T. S.; PAES, J. B.; ALVES, R. C.; Vidaurre Dambroz, G. B. Resistência natural da madeira de *Tectona grandis* em ensaio de laboratório. **Ciência Rural**, v.43, n.8, p.1393-1398, 2013.
- PAES, J.B; SANTOS L. L; SILVA, L.F; MOTTA, J.P; BRAZ, R.L; LOMBARDI L.R. **Caracterização tecnológica da madeira juvenil de teca (*Tectona grandis*) visando à produção de móveis**. Ciências Agrárias, vol. 10, núm. 3, 2015.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM D2559-12a: **Standard Specification for Adhesives for Bonded Structural Wood Products for Use Under Exterior Exposure Conditions**. United States, p.19, 2018.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. D3110: **Standard specification for adhesives used in nonstructural glued lumber products**. United States, p. 184-192, 1994.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D5751: **Adhesives used for laminate joints in nonstructural lumber products**. West Conshohocken, PA, 2005. 11p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM D90508: **Standard Test Method for Strength Properties of Adhesive Bonds in Shear by Compression Loading**. West Conshohocken: ASTM International.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM E1876: **Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Impulse Excitation of Vibration**. United States, p. 17, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM G154: **Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials**. United States, p. 11, 2016.

AMORIM, P. G. R.; GONÇALEZ, J. C.; CAMARGOS, J. A. A. Propriedades da Madeira de *Pinus caribaea* e *Eucalyptus grandis* estimadas por colorimetria, **Cerne**, Lavras, v.19, n. 3, p.461- 466, 2013.

ANGELI, A.; STAPE, J.L. ***Tectona grandis* (Teca)**. IPEF, 2019. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/tectona.grandis.asp>>. Acesso em: 30 jun. 2023.

ÂNGELO, H.; SILVA, V. S. de M.; SOUZA, Á. N. de; GATTO, A. C. Aspectos financeiros da produção de teca no estado de Mato Grosso. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 23-32, jan./mar, 2009.

ARAÚJO, H. J. B. **Agrupamento das espécies madeiras ocorrentes em pequenas áreas sob manejo florestal do projeto de colonização Pedro Peixoto (AC) por similaridade das propriedades físicas e mecânicas**.2002, 157 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ARAÚJO, K. A. S. **Caracterização mecânica da madeira jovem de *Tectona grandis***. 2022, 56 p. Monografia (Departamento de Ciências Florestais e da Madeira) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2022.

ARRUDA, T. P.; LOGDSON, N. B.; FONSECA, A.et al. **Avaliação do coeficiente de anisotropia no inchamento da madeira de teca, *Tectona grandis* L.F., em diferentes alturas**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira 2013.Campinas, Galoá, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14535: **Móveis de madeira - Requisitos e ensaio para superfície pintadas**. Rio de Janeiro, p. 32, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.NBR 7190: **Projetos de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, p. 107. 2022.

AULETE, C. **Dicionário contemporâneo da Língua Portuguesa**. 3 ed. Rio de Janeiro, v.5, 1980.

BARROS, S. V. S.; MUNIZ, G.I.B.; MATOS, J. L. M. caracterização colorimétrica das madeiras de três espécies florestais da Amazônia. **Cerne**, v.20, n. 3, p. 337-32, 2014.

BERG, J. C. Role of acid-base interactions in wetting and related phenomena. In: Berg, J. C. (Org.). Wettability. New York: Marcel Dekker, p.75-148, 1993.

- BERRY, N.G.; D'ALMEIDA, J. R. M. Efeito da Presença de Defeitos no Comportamento Mecânico de Juntas Coladas Carbono-Epoxi. **Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 3, p. 138-148, 2000.
- BONDUELLE, Ghislaine Miranda et al. Análise da massa específica e da retratibilidade da madeira de *Tectona grandis* nos sentidos axial e radial do tronco. **Floresta**, v. 45, n. 4, p. 671-680, 2015.
- BORGES, R. C. F.; MACEDO, M. A.; CABRAL, C. S.; ROSSATO, M.; FONTES, M. G.; SANTOS, M. D. M.; FERREIRA, M. A.; FONSECA, M. E. N.; REIS, A.; BOITEUX, L. S. Vascular wilt of teak (*Tectona grandis*) caused by *Fusarium oxysporum* in Brazil. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 57, n. 1, p. 115-121, 2018.
- BRISSOLARI, A. **Estudo da molhabilidade em madeiras tropicais ou de reflorestamento por medidas de ângulo de contato**. 2008. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- BRITO, A. S. **Caracterização Da Madeira E Da Casca De Árvores De *Khaya grandifoliola* C. Dc. Para Usos Múltiplos**. 2021. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES.
- BROCCO, V. F. **Potencialidades dos extrativos do cerne da madeira de teca como preservativo natural e sua influência na cor de madeiras claras**. 2014, 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.
- BUCUR, V. Acoustics of wood. 2. ed. New York: CRC Press, v. 1. 399p., 2006.
- Cáceres Florestal**. Manual do Cultivo da Teca. Janeiro, 2006.
- CARNEIRO, R. P. **Colagem de junta de madeira com adesivo epóxi**. 2010, 98 p. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.
- CARVALHO, P. E. R. Cedro: Taxonomia e Nomenclatura. **Embrapa Florestas, Circular Técnica**, 113, Colombo – PR, 2005.
- CATEIN, F. A. **Caracterização da madeira de *Cedrela odorata* destinada a fabricação de ofurô**. 2019, 65 p. Monografia (Departamento de Ciências Florestais e da Madeira) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2019.
- CHAVES, I. L. S. **Taninos de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. Submetidos à hidrólise ácida e adição de microfibras de celulose para produção de adesivos**

para madeira. 2022. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES.

CORRÊA QUEIROZ, F. L. **Qualidade da madeira de *Tectona grandis* L. f. de diferentes procedências para utilização na indústria de produtos florestais.** 171f. Tese (Doutorado – Doutorado em Ciências Florestais) — Universidade de Brasília, 2018.

COSTA, C. G.; CALLADO, C. H.; CORADIN, V. T. R.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Xilema. In: APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (Eds.) **Anatomia Vegetal.** Viçosa: UFV, 2003. cap. 5, p. 129-154.

COUTINHO, S. A. Cultivo e mercado de teca. **Revista Opiniões**, n. 49, set-nov, 2017.

CURRY, W. T.; TORY, J. R. **The relation between the modulus of rupture and modulus of plasticity of timber.** Aylesbury, Bucks Building Research Establishment, Princess Risborough Laboratory, Current paper. n. 30. 1976.

Departamento de ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Madeira – Teca. **Revista da Madeira**, n. 86, dez. 2004.

DURLO, M. A; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira: retratibilidade.** Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33p. (Série Técnica, 10).

FEIO, A. O.; LOURENÇO, P. B. Possibilidades e aplicações de ensaios não destrutivos. 2005. In: **Encontro sobre a madeira e suas aplicações nobres. Bem Utilizar a Madeira**, 2005.

FEIST W. C.; HON D. N. S. Chemistry of weathering e protection. In: ROWELL, R. M. The chemistry of solid wood. Washington D.C.: **American Chemical Society**, p. 401-454, 1984.

FIRMINO, A.V. **Qualidade da Madeira de Andiroba em Floresta de Terra Firme e Várzea da Amazônia Oriental.** 2016, 50 p. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais), Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2016.

FLÓREZ, J. B. **Caracterização tecnológica da madeira jovem de teca (*Tectona grandis* L. f).** 2012. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FLÓREZ, J. B. **Comportamento em serviço da madeira jovem de *Tectona grandis* L.f com diferentes acabamentos para uso em ambiente externo.** 2016. 109 f. (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

- FONSECA, W.G. **Manual de produtores de Teca em Costa Rica**. San José: Instituto Técnico de Costa Rica. 121 p. 2004.
- FONTE, A. P. N. e TRIANOSKI, R. (2015). Efeito da gramatura sobre a qualidade de colagem lateral da madeira de *Tectona grandis*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, 4(3), 224-233. doi: 10.5965/223811711432015224
- FOREST PRODUCTS LABORATORY (FPL). **Wood handbook: wood as an engineering material**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 2010, 508 p.
- FREITAS, D. L. de et al. Estabilidade dimensional da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 4, p. 435-439, 2016.
- FRIHART, C. R.; HUNT, C. G. Adhesives with wood materials: bond formation and performance. In: *Wood handbook: wood as an engineering material*. Madison: U.S. Department of Agriculture / Forest Service, 2010. p. 228 – 251.
- GHOFRANI, M.; MIRKHANDOUZI, F. Z.; ASHORI, A. Effects of extractives removal on the performance of clear varnish coatings on boards. **Journal of Composite Materials**, v. 0, n. 0, p. 1-6, 2015.
- GONÇALEZ, J. C; JANIN, G.; SANTORO, A. C. S.; COSTA, A. F. da; VALLE, A. T. do. Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva de determinar a cor da madeira. **Revista Brasil Florestal**. Ano XX. n. 72. p. 47–48, 2001.
- GONÇALEZ, J.C. **Caracterisation technologique de quatre especes peu connues de la forêt Amazonienne: anatomie. chimie. couleur. propriétés physiques et mécaniques**. Nancy. 1993. 445 f. Thèse (Doctorat en Sciences Forestières) - Ecole Nationale du Génie Rural. des Eaux et des Forêts. Nancy. France. 1993.
- GONÇALVES, F. G. et al. CHAPAS AGLOMERADAS CONFECCIONADAS COM UREIA-FORMALDEÍDO SOB ADIÇÃO DE TANINO EM PÓ. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1349–1363, out. 2017.
- GONÇALVES, F. G.; LELIS, R. C. C.; OLIVEIRA, J. T. S. Influência da composição da resina tanino-uréia-formaldeído nas propriedades físicas e mecânicas de chapas aglomeradas. *Revista Árvore*, v. 32, n. 4, p. 715-722, 2008.
- GONÇALVES, F. G.; SEGUNDINHO, P. G.; SCHAYDER, L. F.; TINTI, V. P.; SANTIAGO, S. B. Avaliação da resistência ao cisalhamento da madeira de *Pinus* sp. coladas em temperatura ambiente. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 7, n. 1, 2016.

- GRIEBELER, C. G. de O. **Colorimetria da Madeira de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden modificada termicamente**. 2013,69 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- GRIPP, R. **Teca – Madeira de Qualidade e Valor**. Eng. Agri. Ruy Gripp, 2003. Disponível em: <<https://ruygripp.com.br/2018/11/11/teca-madeira-qualidade-valor/>>. Acesso em: 02 jul. 2023.
- GUERRA, S. C. S. **Influência do teor de extrativos na resistência natural de cinco madeiras a cupins xilófagos**. 2010, 36 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.
- HIGUCHI, N. **Informações básicas para o manejo florestal da *Tectona grandis* L.F. introduzida no alto Jaurú**. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso. Departamento de Engenharia Florestal. 1979. 92 p.
- HON, D.N.S.; MINEMURA, N. Color and Discoloration. In: HON. D.N.S.; SHIRAISHI. N. (eds.) **Wood and Cellulosic Chemistry**. 2nd. rev. and expanded. New York: Marcel Dekker Inc. 2001.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **Cedro rosa**. IBF, 2020. Disponível em: <[http://www.ofuro.com.br/dicas-e-novidades](https://www.ibflorestas.org.br/lista-de-especies-nativas/cedro-rosa#:~:text=Locais%20de%20Ocorr%C3%A2ncia%3A%20Ocorre%20principalment e,Quando%20enterrada%20apodrece%20rapidamente.>. Acesso em: 20 nov. 2022.</p><p>IWAKIRI, S. (2005). Painéis de Madeira Reconstituída. Curitiba: FUPEF.</p><p>IWAKIRI, S., MATOS, J. L. M., TRIANOSKI, R., PARCHEN, C. F. A., CASTRO, V. G., & IWAKIRI, V. T. (2014). Características de vigas laminadas coladas confeccionadas com madeira de teca (<i>Tectona grandis</i>). Floresta e Ambiente, 21(2), 269–275. doi:10.4322/floram.2014.036</p><p>JÚNIOR, F. et al. A Guide to Useful Woods of the World. Forest Products Research; 2 edition, August 2001.</p><p>KAN TUI. Dicas e novidades. Kan Tui, 2019. Disponível em: <. Acesso em: 30 dez. 2019.
- KOLLERT, W.; KLEINE, M. (ed.). The global teak study: analysis, evaluation, and future potential of teak resources. Viena, Austria: **IUFRO**, 2017. 107 p. (IUFRO. IUFRO world series volume, 36).

- KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ JUNIOR, W. A. Principles of wood science and technology. Berlin: **Springer-Verlag**, 1968. 592p.
- LEÃO, A.C.; ARAÚJO, A. de A; SOUZA, L.A.C. Implementação de sistema de gerenciamento de cores para imagens digitais. **Editora PUC-Minas**, Poços de Caldas, MG, Brasil, cap. 3, p. 61-96. 2005.
- LONGSDON, N. B.; PENNA, J. E. Análise comparativa entre os coeficientes de anisotropia dimensional da madeira, no inchamento e na retração. **Agricultura Tropical**, Cuiabá, v.8, n. 1, 2005.
- LOPES, J. DE O.; GARCIA, R. A.; LATORRACA, J. V. DE F.; NASCIMENTO. A.M.DO. Alteração da cor da madeira de Teca por tratamento térmico. **Floresta e Ambiente**. Floram. 2014.
- LOPES, M.; GARCIA, A. Adesivos para a colagem de madeira com fins estruturais. **Revista da Madeira**, n. 86, dez. 2004.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992.
- MADY, F. T. M. A condutividade térmica na madeira. **Revista da Madeira**, n. 112, abr. 2008.
- MARRA, A. A. (1992). Technology of wood bonding: Principles in practice. New York: **Van Nostrand Reinhold**.
- MATRICARDI, W. A. **Efeito dos fatores do solo sobre o desenvolvimento da teca *Tectona grandis* L.F. cultivada na Grande Cáceres** – Mato Grosso.1988, 135 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.
- MEDEIROS, R. A.; PAIVA, H. N. da; D’ÁVILA, F. S.et al. **O crescimento e a produção da teca ocorrem em espaçamentos diferentes**. *Pesq. agropec. sutiãs*, Brasília, v. 53, n. 10, pág. 1109-1118, 2018.
- MESQUITA, R. R. S.; GONÇALEZ, J. C.; PAULA, M. H. da. Comportamento da madeira de *Tectona grandis* frente ao intemperismo. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 47, n. 1, p. 29 - 35, jan./mar. 2017.
- MIDGLEY, S.; MOUNLAMAI, K.; FLANAGAN, A.; K. PHENG SOPHA, K. **Global markets for plantation teak: implications for growers in Lao PDR**. Australian: ACIAR, 2015. 74 p

- MORI, C. L. S. DE O.; MORI, F. A.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; OLIVEIRA, A. C. Influência das características tecnológicas na cor da madeira de eucaliptos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 123-132, 2004.
- MOTTA, J. P. et al. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais. **Ciência Rural**, v. 44, p. 2186-2192, 2014.
- MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; PAES, J. B.; ALVES, R. C.; VIDAURRE, G. B. Avaliação da resistência ao cisalhamento de juntas coladas com madeira de teca (*Tectona grandis*). **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 104, p. 615-621, 2014.
- MOYA, R.; BERROCAL, A. Wood colour variation in sapwood and hartwood of Young trees of *Tectona grandis* and its relationship with plantataion characteristics. site. and decay resistance. **Ann. For. Sci.** N.67. p.109. 2010.
- MYERS, D. Surface, interfaces and colloids. New York: **VCH publishers**, 1990, cap. 17, p.415-445.
- Nascimento, P. A. Teca – desrama é fundamental no plantio. **Campo & Negócios Online**. Urberlândia, 2021. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/teca-desrama-e-fundamental-no-plantio>> Acesso em 25 de março 2023.
- OLIVEIRA, J. T. da S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. Tecnologias Aplicadas ao Setor Madeireiro II. **Vitória: Aquarius**, 2007a. 302 p.
- OLIVEIRA, L. C.; ANGELI, A.; STAPE, J. L. Teca é a nova opção na indústria mundial. **Revista da Madeira**, n. 106, jul. 2007b.
- OTANI, L. B.; PEREIRA, A. H. A. Guia de caracterização dos módulos elásticos e do amortecimento de madeiras e derivados utilizando as soluções Sonelastic. **GC 02-ATCP**. 2013.
- PACHAS, A. N. A. et al. Teak (*Tectona grandis*) silviculture and research: applications for smallholders in Lao PDR. **Australian Forestry**, v. 82, n. sup1, p. 94-105, 2019.
- PERINI, C.; COSTA, M.; CATÃO, A. C.; SILVA, G.; ALMEIDA, V. S.; MATOS, P. B. C. Banho de ofurô em recém-nascidos no alojamento conjunto: um relato de experiência. **Revista de Pesquisa Cuidado é Fundamental Online**, v. 6, n. 2, p. 785-792, 2014.
- PINTO, M.L. **Propriedades e características da madeira de Teca (*Tectona grandis*) em função da idade**. 2007. 131p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

- QUEIROZ, F. L. C.; GONÇALEZ, J. C.; MENEZZI, C. H. et al. Intemperismo Artificial em Lâminas de *Tectona grandis* Tratadas com Produtos de Acabamento. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 4, p. 573-581, 2016.
- R CORE TEAM (2023). **_R: A Language and Environment for Statistical Computing_**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>. (Accessed, on July 22, 2023)
- RAPPOLD, P. M.; SMITH, W. B. An investigation of the relationships between harvest season, log age, and drying schedule on the coloration of hard maple lumber. **Forest Products Journal**, v.54. n.12. p.178 – 184,dez. 2004.
- REIS, C. A. F; OLIVEIRA, E. B. de; SANTOS, A. M. **Teca (*Tectona grandis*) no Brasil**. Embrapa. p. 109. 2023
- REZENDE, R. N. **Secagem de toras de clones de *Eucalyptus* empregados na produção de carvão**. 2009, 178 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2009.
- ROWELL, R. M. Wood chemistry and wood composites. Boca Raton: **CRC Press**, 2005. 473p.
- SANTOS, J. C. H. dos; MACHADO, S. F.; FERREIRA, M. D. et al. Avaliação da superfície da madeira de duas espécies florestais submetidas a ensaio de envelhecimento acelerado. **III Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira**, Florianópolis, 2017.
- SHAW, D. J. **Introdução à química dos colóides e de superfícies**; tradução: Juergen Heinrich Maar. São Paulo, Edgard Blucher, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1975.
- SHIMOYAMA, V. R. S. **Estimativas de propriedades da madeira de *Pinus taeda* através do método não destrutivo emissão de ondas de tensão, visando a geração de produtos de alto valor agregado**. 2005, 163 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- SILVA, L. F. X.; GONÇALEZ, J. C. **Envelhecimento artificial acelerado de duas espécies florestais amazônicas para usos como madeira serrada**, 2013
- SKAAR, C. **Wood-water relations**. New York: SpringerVerlag, 1988. 283 p.
- SOUZA, M. R. **Classificação de madeiras para instrumentos musicais**. Série técnica, Brasília, DF, n. 6, 1983.

- SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, R. P.; TUCCI, C. A. F.; CARLOS, L. Nutritional assessment of cedar seedlings (*Cedrela fissilis* Vell.) grown in a greenhouse. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 2, p. 236-243, 2009.
- SOUZA, R. S. **Propriedades tecnológicas de *Tectona grandis* proveniente de sítios distintos**. 2019. Tese (Ciências Florestais) Universidade de Brasília, Brasília, 2019.
- TOMASELLI, I.T; HIRAKURI, S.R **Teca (*Tectona grandis*) no Brasil**. Embrapa.p. 46. 2023.
- TELES R. F.; COSTA A. F. Influência do intemperismo acelerado nas propriedades colorimétricas da madeira de angelim pedra. **Pesquisas Agrárias e Ambientais. Sinop**, v. 2, n. 2, p. 65-70, 2014.
- THOMAS, R. J. Wood structure and chemical composition. In: GOLDSTEIN, I. S. **Wood technology: chemical aspects**. Washington, D. C.: American Chemical Society, 1977. p.1-23. (ACS Symposium Series, 43).
- TSOUMIS, G. T. **Science and technology of Wood: Structure, properties, utilization**. New York: Chapman e Hall, 1991, 479 p.
- WARREN, W. G. A critical examination of the statistical techniques available for estimating exclusion limits from in-grade tests. **Technical Report, Western Forest Prod. Lab.**, Vancouver, B. C. 1979.
- WILLIAMS R. S. Weathering of wood. In: ROWELL, R. M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Florida: CRC Press, 2005. p.139-185.