


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANNAH CAROLINA BAJALUK BILIK



POTENCIAL TECNOLÓGICO DA MADEIRA DE *Eucalyptus dunnii* MAIDEN  
ORIUNDA DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE FERTILIZAÇÃO E MATERIAIS  
GENÉTICOS PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS COLADOS LATERALMENTE

CURITIBA

2022

ANNAH CAROLINA BAJALUK BILIK

POTENCIAL TECNOLÓGICO DA MADEIRA DE *Eucalyptus dunnii* MAIDEN  
ORIUNDA DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE FERTILIZAÇÃO E MATERIAIS  
GENÉTICOS PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS COLADOS LATERALMENTE

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosilani Trianoski

Coorientadores: Prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo

Prof. Dr. Setsuo Iwakiri

CURITIBA

2022

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Bilik, Annah Carolina Bajaluk

Potencial tecnológico da madeira de *Eucalyptus dunnii* Maiden oriunda de diferentes tratamentos de fertilização e materiais genéticos para a produção de painéis colados lateralmente / Annah Carolina Bajaluk Bilik . - Curitiba, 2022.  
94 f. : il.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosilani Trianoski

Coorientadores: Prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo

Prof. Dr. Setsuo Iwakiri

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 16/09/2022.

1. Lâminas de madeira. 2. Compensados de madeira. 3. Eucalipto - Aplicações industriais. 4. Eucalipto - Melhoramento genético. 5. Madeira - Testes. 6. Madeira - Juntas. 7. Adesivos. I. Trianoski, Rosilani. II. Angelo, Alessandro Camargo. III. Iwakiri, Setsuo. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD - 624.184

CDU - 634.0.832.2

Bibliotecária: Marilene do Rocio Veiga - CRB9/424



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA  
FLORESTAL - 40001016015P0

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **ANNAH CAROLINA BAJALUK BILIK** intitulada: **Potencial tecnológico da madeira de *Eucalyptus dunnii* Maiden oriunda de diferentes tratamentos de fertilização e materiais genéticos para a produção de painéis colados lateralmente.**, sob orientação da Profa. Dra. ROSILANI TRIANOSKI, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 16 de Setembro de 2022.

ROSILANI TRIANOSKI

Presidente da Banca Examinadora

ADAUTO JOSÉ MIRANDA DE LIMA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

KAREN KOCH FERNANDES DE SOUZA

Avaliador Externo (CEEP NEWTON FREIRE MAIA (SEED-PR))

Dedico aos meus pais,

Rondon e Elaine.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade e honra em alcançar este nível de formação. À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos. Aos coordenadores e representantes discentes pela dedicação e serviços.

À minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosilani Trianoski pelos ensinamentos, dedicação e empenho. Ao coorientador Prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo pelas sugestões e permissão para interação com o Projeto Arboreto e ao coorientador Prof. Dr. Setsuo Iwakiri pelas contribuições.

Aos professores que contribuíram para a realização desta pesquisa, em especial, Prof. Dr. Alan Sulato de Andrade, Prof. Dr. Thiago Campos Monteiro, Prof. Dr. Rui Andre Maggi dos Anjos, Prof. Dr. Renato Cesar Gonçalves Robert, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Karen Koch Fernandes de Souza e Prof. Dr. Humberto Klock.

Aos meus pais, Rondon e Elaine, por todo amor, cuidado e suporte. À minha irmã Bia, tio Sergio e Lucas que me apoiaram sempre. À minha avó Adélia pelo cuidado, carinho, alegria e amor incondicional.

Ao Alexandre, pelo companheirismo e também à toda família e amigos de Contenda pelos momentos que compartilhamos.

Às minhas amigas e colegas de Laboratório Bruna de Araújo Braga e Josiane Fernandes Keffer, meu grandioso obrigado por toda a ajuda, conversas, apoio e descontração, vocês foram fundamentais. Aos colegas da Pós-Graduação que pontualmente tivemos trocas benéficas.

Aos amigos da graduação que me acompanharam nesse trajeto: Barbara, Mariana, Karoline, Carolina, Yasmin, Naiany, Aline, Coutinho, Kelvin, Roger, Vini Mayer, Luciana, Winicius e Miguel obrigada por estarem comigo em todos os momentos apesar da distância.

À Rozane Eisfeld pela confiança, amizade e ensinamentos ao longo dos últimos anos.

Aos meus amigos de infância, em especial Érica Schmidt e família, obrigada por todos os momentos felizes.

De modo geral agradeço a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho e para o meu bem-estar durante esse processo.

Agradeço o privilégio da vida e da saúde de todos ao meu redor e que possamos seguir em frente, esperançosos e otimistas.

*“Precisamos resolver nossos monstros secretos, nossas feridas clandestinas, nossa insanidade oculta. Não podemos nunca esquecer que os sonhos, a motivação, o desejo de ser livre nos ajudam a superar esses monstros, vencê-los e utilizá-los como servos da nossa inteligência. Não tenha medo da dor, tenho medo de não enfrentá-la, criticá-la, usá-la.”*

*Michel Foucault*

## RESUMO

Os plantios florestais brasileiros para fins industriais ocupam uma área de 9,55 milhões de hectares, destes, cerca de 7,47 milhões de hectares (78%) são compostos exclusivamente por plantios de eucalipto. Diversos métodos para aumentar a qualidade e a produtividade dessas árvores são implementadas, destacam-se o melhoramento genético e a fertilização das mudas, duas práticas que em conjunto com a boa condição edafoclimática de grande parte do território brasileiro, permitiram aos plantios florestais uma alta produtividade. Como finalidades industriais, abrange-se entre outros, o segmento dos painéis de madeira. Dentre esses painéis, o painel de colagem lateral – EGP, caracterizado pela união lateral ou de topo de sarrafos por uma ligação adesiva. A partir do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial tecnológico da madeira de *Eucalyptus dunnii* Maiden oriunda de diferentes tratamentos de fertilização e materiais genéticos, para produção de painéis colados lateralmente. Para tal, foi realizado a coleta do material, foram selecionadas 24 árvores com 9,5 anos de idade oriundas de plantio experimental em Pinhais – PR. Destas, 12 árvores oriundas de clones e 12 árvores oriundas de sementes, ambos materiais genéticos receberam 2 tratamentos de fertilização (convencional e de liberação lenta) e 1 sem fertilização (testemunha). Assim, o delineamento experimental englobou 6 tratamentos. Foi realizado a análise volumétrica do material coletado e em sequência, as análises químicas e físicas da madeira. Após o período de secagem natural do material foi feita a colagem dos sarrafos e a avaliação da resistência das juntas coladas. Como resultados, as árvores oriundas de clones apresentaram os maiores volumes e a menor densidade básica. Em relação ao coeficiente anisotrópico, o material com fertilização lenta, apresentou o menor resultado. A composição química do material foi influenciada pela fertilização em todas as análises. Após a avaliação da qualidade da colagem, é possível afirmar que o tratamento com maior aptidão para produção de painéis EGP foi o que englobou árvores clonais e que receberam fertilização de liberação lenta.

Palavras-chave: Painéis de madeira. Colagem de Madeira. Silvicultura. Qualidade de colagem.

## ABSTRACT

Brazilian forest plantations for industrial purposes occupy an area of 9.55 million hectares, of which approximately 7.47 million hectares (78%) are composed exclusively of eucalyptus plantations. Several methods are implemented to increase the quality and productivity of these trees, including genetic improvement and seedling fertilization, two practices that, together with the good soil and climate conditions of a large part of the Brazilian territory, have allowed forest plantations to have high productivity. As industrial purposes, it covers, among others, the segment of wood panels. Among these panels, the edge glued panel - EGP, characterized by the lateral or top joint of battens by an adhesive bond. Based on the above, this work aimed to evaluate the technological potential of *Eucalyptus dunnii* Maiden wood from different fertilization treatments and genetic materials, for the production of edge glued panels. For this, the material was collected, 24 trees with 8.5 years of age were selected, coming from experimental planting in Pinhais – PR. From these, 12 trees came from clones and 12 trees came from seeds, both genetic materials received 2 fertilization treatments (conventional and slow release) and 1 (control). Thus, the experimental design included 6 treatments. The volumetric analysis of the material collected was carried out and, in sequence, the chemical and physical analyzes of the wood. After the natural drying period of the material, the battens were glued and the strength of the glued joints was evaluated. As a result, trees from clones had the highest volumes and the lowest basic density. Regarding the anisotropic coefficient, the material with slow fertilization, presented the lowest result. The chemical composition of the material was influenced by fertilization in all analyses. After evaluating the bonding quality, it is possible to affirm that the treatment with the greatest aptitude for the production of EGP panels was the one that included clonal trees that received slow-release fertilization.

Keywords: Wood panels. Wood bonding. Forestry. Bonding quality.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - APTIDÃO CLIMÁTICA <i>Eucalyptus dunnii</i> .....	25
FIGURA 2 - PAINEL DO TIPO EDGE GLUED PANEL (EGP) .....	35
FIGURA 3 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE COLETA.....	49
FIGURA 4 - PLANTIO EXPERIMENTAL DE <i>Eucalyptus dunnii</i> DO PROJETO ARBORETO .....	50
FIGURA 5 - DELINEAMENTO DO EXPERIMENTO INICIAL EM CAMPO .....	51
FIGURA 6 - SECCIONAMENTO DOS TORETES RETIRADOS POR ÍNDIVIDUO ..	53
FIGURA 7 - MATERIAL PRÉ E PÓS-SERRARIA.....	54
FIGURA 8 - TORETES DA REGIÃO DO DAP E MATERIAIS RETIRADOS PARA ENSAIOS .....	54
FIGURA 9 - TÁBUAS E SARRAFOS .....	55
FIGURA 10 - PROCEDIMENTOS PARA DETERMINAR OS EXTRATIVOS TOTAIS .....	59
FIGURA 11 - AMOSTRAS EM BANHO-MARIA E MEDIÇÃO DO pH .....	60
FIGURA 12 - MATERIAL INORGÂNICO (CINZAS) .....	60
FIGURA 13 - JUNTAS COLADAS E PRENSADAS .....	61
FIGURA 14 - CORPOS-DE-PROVA DE CISLHAMENTO DA LINHA DE COLA E EQUIPAMENTO EMIC.....	62
FIGURA 15 – RESULTADOS MÉDIOS DO COMPRIMENTO DO ENCANOAMENTO E DAS RACHADURAS POR FATOR.....	68
FIGURA 16 – RESULTADOS MÉDIOS EM PORCENTAGEM DE TÁBUAS COM RACHADURAS POR TRATAMENTO.....	69

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DESCRIÇÃO DOS FERTILIZANTES .....	51
TABELA 2 - DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	52
TABELA 3 - VALORES MÉDIOS DENDROMÉTRICOS, VOLUMETRIA E INCREMENTOS DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES ESTUDADOS .....	66
TABELA 4 - RESULTADOS DAS MEDIANAS DAS PROPRIEDADES FÍSICAS POR MATERIAL GENÉTICO.....	71
TABELA 5 - RESULTADOS DAS MEDIANAS DAS PROPRIEDADES FÍSICAS POR TRATAMENTO DE FERTILIZAÇÃO .....	72
TABELA 6 - RESULTADOS MÉDIOS DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS - DESDOBRAMENTO DAS INTERAÇÕES FERTILIZAÇÃO X MATERIAL GENÉTICO .....	75
TABELA 7 - RESULTADOS MÉDIOS DA RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA AO CISALHAMENTO .....	78
TABELA 8 - RESULTADOS MÉDIOS DA RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA AO CISALHAMENTO - DESDOBRAMENTO DAS INTERAÇÕES FERTILIZAÇÃO X MATERIAL GENÉTICO PARA O PRÉ-TRATAMENTO DE FERVURA (6H) .....	79

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABARES - Australian Bureau Of Agricultural And Resource Economics And Sciences

ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente

ABRAF - Associação Brasileira De Produtores De Florestas Plantadas

ANOVA - Analysis Of Variance

APA – Área de Proteção Ambiental

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CIFLOMA – Centro de Ciências Florestais e da Madeira

CLT – Cross Laminated Timber

CV – Coeficiente de Variação

DAP – Diâmetro à Altura do Peito

DIC – Delineamento Inteiramente Casualizado

DLT - Dowel Laminated Timber

EGP – Edge Glued Panel

EN – European Norm

EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

EPI - Emulsion Polymer Isocyanate

FC – Fertilização Convencional

FLL – Fertilização de Liberação Lenta

GLULAM – Glued Laminated Timber

Hc – Altura Comercial

Ht – Altura Total

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores

IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

ILPF – Interação Lavoura Pecuária Floresta

IMA – Incremento Médio Anual

LVL – Laminated Veneer Lumber

MDF – Medium Density Fiberboard

MDI - Methylene Diphenyl Diisocyanate

MDP – Medium Density Particleboard

MLC – Madeira Laminada Colada

NBR – Norma Brasileira

NLT – Nail Laminated Timber

OSB – Oriented Strand Board

pH – Potencial hidrogeniônico

PMVA – Produto de Maior Valor Agregado

PSF – Ponto de Saturação das Fibras

PVAc - Polyvinyl Acetate

sp. - Abreviatura de espécie

spp. - Abreviatura de espécies

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry

## LISTA DE SÍMBOLOS

% - porcentagem

B – Boro

Ca – Cálcio

Cl - Cloro

cm - centímetro

Cu - Cobre

Fe - Ferro

g/cm<sup>3</sup> - gramas/ centímetro cúbico

K – Potássio

kg/ha – quilograma/hectare

kg/m<sup>3</sup> - quilograma/metro cúbico

kgf/cm<sup>2</sup> - quilograma-força/ centímetro quadrado

m - metro

m/s – metro/segundo

m<sup>2</sup> - metro quadrado

m<sup>3</sup> - metro cúbico

m<sup>3</sup>/ha/ano – metro cúbico/ hectare/ ano

Mg – Magnésio

MJ/m<sup>2</sup> - Megajoule/metro quadrado

mm - milímetro

Mn - Manganês

Mo – Molibdênio

MPa - Megapascal

N - Nitrogênio

Ni - Níquel

°C – graus Celsius

P - Fósforo

S - Enxofre

V – Volume

Zn - Zinco

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
1.2 OBJETIVOS .....	21
1.2.1 Objetivo geral .....	21
1.2.2 Objetivos específicos .....	21
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>22</b>
2.1 GÊNERO <i>Eucalyptus</i> .....	22
2.1.1 Histórico .....	22
2.1.2 <i>Eucalyptus dunnii</i> Maiden .....	24
2.2 PRÁTICAS SILVICULTURAIS .....	27
2.2.1 Melhoramento genético .....	28
2.2.2 Fertilização florestal .....	30
2.3 O USO DA MADEIRA .....	32
2.3.1 Painéis Colados Lateralmente ( <i>Edge Glued Panel</i> – EGP) .....	35
2.3.1.1 Fatores que afetam a qualidade dos painéis EGP .....	37
2.3.1.1.1 Propriedades da madeira .....	38
2.3.1.1.2 Parâmetros da colagem .....	44
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>48</b>
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO SOBRE O EXPERIMENTO .....	48
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA COLETA DO MATERIAL .....	48
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL .....	50
3.4 DENDROMETRIA E VOLUMETRIA .....	52
3.5 DESDOBRO E PREPARAÇÃO DO MATERIAL .....	53
3.6 PROPRIEDADES FÍSICAS .....	55
3.6.1 Densidade .....	55

3.6.2 Estabilidade dimensional .....	56
3.7 PROPRIEDADES QUÍMICAS .....	57
3.7.1 Umidade da serragem .....	58
3.7.2 Extrativos totais.....	58
3.7.3 pH .....	59
3.7.4 Cinzas.....	60
3.8 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE COLAGEM .....	61
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	63
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>64</b>
4.1 DENDROMETRIA E VOLUMETRIA .....	64
4.2 QUALIDADE GERAL DO MATERIAL .....	68
4.3 PROPRIEDADES FÍSICAS.....	71
4.4 PROPRIEDADES QUÍMICAS .....	74
4.5 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA COLAGEM .....	78
4.5.1 Efeito entre material genético.....	80
4.5.2 Efeito entre as diferentes fertilizações .....	80
4.5.3 Efeito da interação material genético x fertilizações .....	81
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>83</b>
<b>6 RECOMENDAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>84</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>85</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com um mercado em constante crescimento, os produtos oriundos das florestas se destacam mundialmente, especialmente a madeira, em virtude de sua origem renovável, da qualidade expressiva, do custo competitivo e da estética. Os painéis de madeira, produtos fabricados a partir de elementos de madeira, apresentam diversas aplicações na vida cotidiana, desde *skates*, brinquedos, forrações, decoração, móveis e até os recentes edifícios construídos em estrutura de madeira.

Os painéis de colagem lateral (*Edge Glued Panel - EGP*) são, de certo modo, ainda recentes na produção e no consumo brasileiro, porém estes apresentam relevância no que diz respeito aos produtos de maior valor agregado, pois do ponto de vista das serrarias há uma escassez de matéria prima adequada. Portanto, se faz necessário a utilização de toras com diâmetros inferiores aos utilizados poucas décadas atrás, e inclusive reaproveitamento de subprodutos de serrarias. Isto ocorre, principalmente em função do encurtamento das rotações e da idade dos primeiros desbastes.

Este perfil das florestas é justificado pelas características edafoclimáticas, pesquisas e desenvolvimento no Brasil, país que lidera o *ranking* da produtividade em florestas plantadas de eucalipto, deste modo, não é difícil encontrar plantios com produção acima de 40 m<sup>3</sup>/ha/ano em todas as regiões do país.

Duas principais estratégias utilizadas pelos silvicultores, para alcançar esse patamar, foram a introdução no campo de mudas melhoradas geneticamente a partir de técnicas de propagação vegetativa e o aprimoramento das metodologias e dos produtos aplicados na fertilização florestal.

No melhoramento genético florestal é possível obter árvores clones, a partir de uma matriz com as características de interesse. Isso garante plantios com alta produtividade e uniformidade e quando comparados com os plantios seminais, em geral, apresentam um melhor desempenho na caracterização dendrométrica e resistência à fatores bióticos e abióticos, em consequência, apresentam maiores volumes.

Além da origem do material é importante mencionar os outros fatores que irão influenciar o desenvolvimento da planta em campo, como condições climáticas, área do entorno, declividade, espaçamento, patologias, parâmetros pedológicos e os recursos naturais que proveem hidratação, radiação solar e nutrição. A nutrição é um fator passível de manipulação, em razão da fertilização que permite fornecer a planta os nutrientes limitados em seu meio de cultivo.

A fertilização florestal ocorre pela adição de produtos de origem mineral ou orgânica com quantidades de macronutrientes e micronutrientes controlados de acordo com as necessidades da planta ou ainda, pelo recomendado para uma condição específica.

Esta prática pode ser realizada de diferentes formas, sendo fertilização convencional (FC), a que disponibiliza o fertilizante no momento que entra em contato com a planta, e normalmente é aplicado em três etapas, a fertilização de arranque, que ocorre cerca de 1 mês após o plantio; a fertilização de cobertura, aplicada cerca de 2 meses após o plantio; e a fertilização de manutenção, aproximadamente, entre os 15 e os 30 meses após o plantio.

Além da fertilização convencional, outro tipo de produto teve relevância nos últimos anos, a fertilização de liberação lenta (FLL). Este fertilizante fica disponível para planta por um período de tempo que pode variar de 6 a 9 meses. A criação desta tecnologia se deu, entre outras razões, pela necessidade de diminuir as perdas por lixiviação e a possibilidade de fornecer os nutrientes de maneira gradual à planta, assim foi possível eliminar a necessidade da fertilização de cobertura, reduzindo custos, mas como seu valor é em dólar há a variação de preços deste produto, conforme a alta e a baixa desta moeda.

Por consequência às práticas de seleção de diferentes materiais genéticos para o estabelecimento de plantios florestais, bem como o uso de diferentes tipos de fertilização, torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas para avaliar a qualidade da madeira oriunda destas condições ou práticas para aplicação em produtos sólidos colados. Além disso, escassos ou inexistentes são os estudos que avaliam materiais clonais x seminais que receberam diferentes fertilizações para esta finalidade. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial tecnológico da madeira jovem de *Eucalyptus dunnii* Maiden, oriunda de diferentes

tratamentos de fertilização e materiais genéticos para produção de painéis colados lateralmente (*Edge Glued Panel*), permitindo a produção de um produto de maior valor agregado.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial tecnológico da madeira de *Eucalyptus dunnii* Maiden, oriunda de diferentes tratamentos de fertilização e materiais genéticos para produção de painéis EGP (*Edge Glued Panel*).

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito do material genético e da fertilização sobre as características dendrométricas e volumétricas das árvores de *Eucalyptus dunnii*.
- Avaliar as propriedades físicas e químicas da madeira de *Eucalyptus dunnii* nos diferentes tratamentos.
- Avaliar a resistência das juntas coladas com relação ao tipo de material genético (seminal e clonal).
- Avaliar a resistência das juntas coladas com relação ao tratamento de fertilização (convencional, de liberação lenta e sem fertilização).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 GÊNERO *Eucalyptus*

#### 2.1.1 Histórico

O eucalipto pertence à divisão *Angiospermae*, classe *Dicotyledoneae*, ordem *Myrtales*, família *Myrtaceae* e gênero *Eucalyptus*, segundo Joly (1979). É originário da Oceania e do sudeste da Ásia, com predominância na Austrália, onde suas florestas cobrem uma área de 101 milhões de hectares, cerca de 77% das florestas nativas deste país. Outra informação relevante é que o termo “eucalipto” inclui aproximadamente 800 espécies nos gêneros *Angophora*, *Corymbia* e *Eucalyptus* (ABARES, 2019).

Em relação as propriedades da madeira o gênero apresenta grande variação entre as espécies, de modo geral, tensões de crescimento e de secagem da madeira que podem provocar rachaduras e outros defeitos são característicos. Os plantios frequentemente apresentam rotações curtas, assim, o setor de madeira serrada, que emprega madeira de eucalipto para produtos sólidos, é carente de pesquisas pois em sua maioria os indivíduos apresentam idades inferiores a 10 anos (VIDAURRE et al., 2020).

Ao nível global, o eucalipto é um dos recursos florestais mais utilizados no mundo. De modo geral, ele começou a ser plantado a menos de 200 anos, na maioria dos casos devido aos fluxos migratórios, pela demanda por madeira e para produção de carvão para a indústria do aço, seja na Europa, nos Estados Unidos, na África do Sul ou no Brasil. Em outras regiões do mundo foi introduzido pelo colonialismo britânico, espanhol, português e holandês, além de iniciativas internacionais (DARRIBA, 2016).

Quanto a datas e locais, Martini (2004) revela as incertezas quanto a introdução do gênero no Brasil, porém, o autor apresenta de maneira minuciosa o valioso trabalho exercido por Edmundo Navarro de Andrade, em destaque a partir de

1904 na Companhia Paulista de Estradas de Ferro, onde, por meio da necessidade de estimulação da cultura florestal no estado para suprir a demanda de madeira para combustível, estacas, toras, postes e dormentes, o jovem comprova que o eucalipto era a melhor espécie para suas necessidades através da implantação de talhões experimentais e pesquisas.

Entre os primeiros estabelecimentos de algumas espécies do gênero com finalidades experimentais e comerciais até os dias atuais, houve acontecimentos que mudaram o modo como a produção florestal se manifesta no país, principalmente pela difusão de conhecimento, políticas econômicas e o cenário de um setor florestal visto como promissor (OLIVEIRA, 2021).

Apresentados por Gonçalves (2006) e por Einfeld (2020), destaca-se a vinda da primeira Escola Nacional de Florestas em 1960; a instituição da Lei n.º 5.106 em 1966, que estabeleceu uma nova sistemática de incentivos fiscais para o “reflorestamento”, através da qual os interessados poderiam descontar do Imposto de Renda devido (até o limite de 50%) a quantia comprovadamente aplicada em plantações florestais; a criação do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) em 1967; e a criação da Embrapa Florestas que é uma unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária em 1978.

O gênero apresenta relevância na economia brasileira por ser um grande fornecedor de matéria prima para diversas finalidades industriais, como na produção de lenha, carvão vegetal, celulose e papel, madeira sólida, diversos tipos de painéis de madeira, óleos extraídos das folhas, entre outros (IBÁ, 2020).

Essa gama de aplicações está relacionada à grande variabilidade da qualidade da madeira de diversas espécies e clones desse gênero. Outros fatores para a relevância do gênero no Brasil são a adaptação às condições edafoclimáticas, a elevada taxa de crescimento, a facilidade de rebrota, a excelente produção volumétrica e uma boa qualidade da madeira, resultantes do intenso melhoramento genético realizado com a espécie e do manejo adequado dos povoamentos (BELTRAME et al., 2012; PREVEDELLO et al., 2013).

Após diversas empresas terem se concretizado no mercado para suprir as demandas do setor florestal, incluindo os usos convencionais e recentemente os novos usos biotecnológicos, atualmente o gênero *Eucalyptus* é o mais plantado no

Brasil. Em 2020 apresentava uma área de 7,47 milhões de hectares, representando 78% do total da área plantada que se concentra principalmente em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e São Paulo. A produtividade média no Brasil é de 36,8 m<sup>3</sup>/ha/ano, sendo destaque com relação à todos os outros países produtores (IBÁ, 2021).

Essa produtividade é fruto das condições adequadas do país citadas anteriormente, e sobretudo, das pesquisas e aplicação dessas metodologias, com ênfase no melhoramento genético e nas práticas silviculturais adequadas. Porém, por ser uma país de grande extensão, observa-se que o clima, o relevo, as condições hidrológicas, a altitude, os solos, entre outros, se alteram vigorosamente entre as regiões, aumentando os desafios para uma produção de qualidade abrangendo essa diversidade de situações (FLORES et al., 2016; VIDAURRE et al., 2020).

Segundo Serpe (2015) nas áreas com classificação climática (Cfb) de Köppen, ou seja, clima temperado, com invernos rigorosos, estão sendo testadas espécies de eucalipto mais resistentes à geadas, no entanto, a região apresenta setor madeireiro especializado na laminação de toras, onde o setor papelheiro, painéis de madeira reconstituída e industrial madeireiro encontram-se em desenvolvimento para este gênero.

Como espécies de eucalipto economicamente importantes para as condições mais frias do Brasil um pequeno grupo apresenta boa aptidão para a produção de madeira visando diversas finalidades, os principais são: *E. benthamii*, *E. dunnii*, *E. saligna*, *E. grandis*, e o híbrido entre *E. benthamii* x *E. dunnii*. Ainda com aptidão, mas menos difundidos, encontram-se: *E. viminalis*, *E. camaldulensis*, *E. cloeziana*, *E. badjensis*, e *C. citriodora* (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2005).

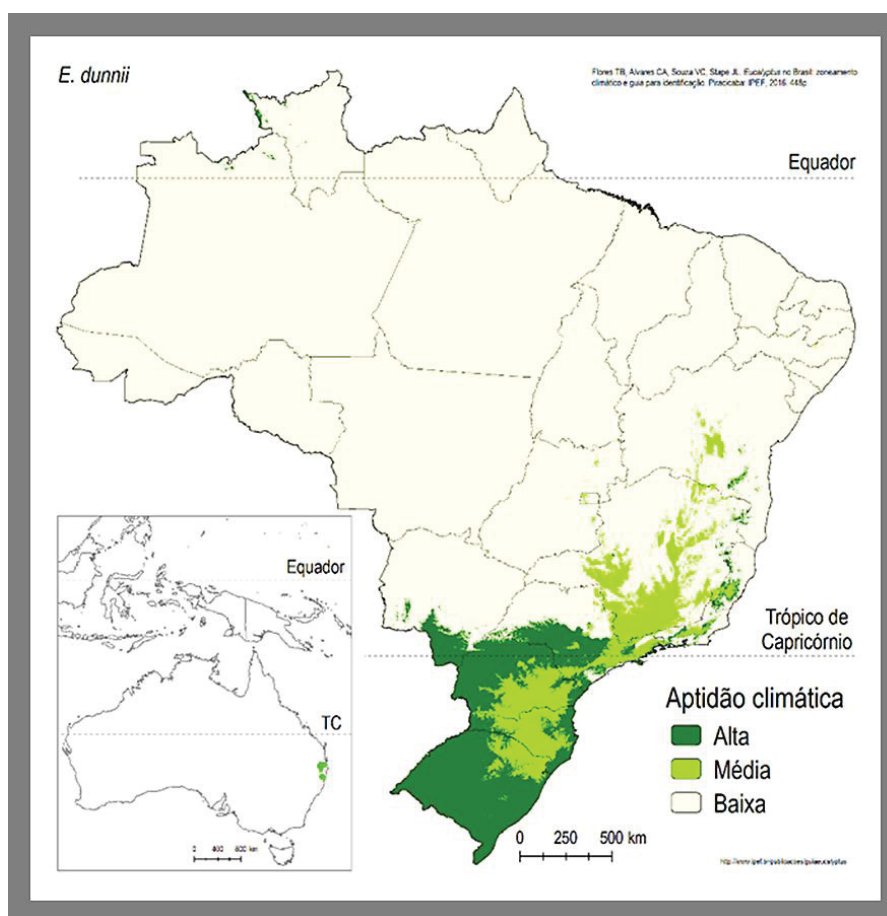
### 2.1.2 *Eucalyptus dunnii* Maiden

O *Eucalyptus dunnii* Maiden ocorre naturalmente em pequenas áreas no nordeste de Nova Gales do Sul e no sudeste de Queensland, na Austrália. Segundo Hardner et al. (2016) atualmente a espécie é plantada na Austrália, e em áreas mais

secas e afetadas por geadas, como no sul do Brasil, China Central, África do Sul, Uruguai e Argentina, onde *E. dunnii* superou o *E. grandis*, espécie amplamente usada, particularmente para utilização de polpa e biocombustível.

A maioria dos eucaliptos plantados na Região Sul do Brasil apresentam aptidões climáticas diferentes dos cultivados nas demais regiões do país, principalmente devido à ocorrência de geadas nos meses de inverno. Na Figura 1 observa-se as áreas de aptidão climática para o *Eucalyptus dunnii*, nota-se um predomínio na região Sul, onde o clima é classificado como subtropical úmido.

FIGURA 1 - APTIDÃO CLIMÁTICA *Eucalyptus dunnii*



FONTE: FLORES et al. (2016).

Segundo Paludzyszyn Filho e Santos (2005), algumas exigências climáticas para se obter plantios produtivos, como precipitação média anual entre 845 e 1.950 mm, temperatura média anual entre 12°C e 22°C, temperatura média das máximas

do mês mais quente entre 24°C e 31°C e temperatura média das mínimas do mês mais frio entre -1°C e 17°C, não ultrapassando 5 meses sem chuvas.

Segundo Dobner Jr (2008) entre os eucaliptos plantados em área de clima temperado, o *E. dunnii* ocupa o primeiro lugar em crescimento volumétrico, atingindo produtividade de 50 m<sup>3</sup>/ha/ano. Paludzyszyn Filho e Santos (2005) afirmam que a espécie cresce anualmente, em média, 3 metros em altura e 3 cm em diâmetro do tronco. A característica do fuste em povoamentos adultos e densos é a ausência de galhos até os 30 metros de altura. A casca pode assumir diferentes aparências e gradativamente se desprende de cima para baixo no tronco, na forma de longas fitas.

Com relação às características da madeira, a densidade básica da madeira se enquadra no agrupamento de espécies de madeira de média densidade (em torno de 500 kg/m<sup>3</sup>), afirmam Oliveira e Júnior (2021). Segundo estudo de Raymond et al. (2010), observou-se em 132 árvores de 8 anos de idade uma densidade básica variando entre 469 e 618 kg/m<sup>3</sup>, ou seja, permite usos onde a resistência mecânica elevada seja exigida.

Em comparação com a *Araucaria angustifolia*, Dittmann et al. (2017), estudando a qualidade da madeira serrada das espécies após secagem ao ar livre, verificaram que o *Eucalyptus dunnii* apresentou o maior número de defeitos, pelo fato de ser uma folhosa e possuir grã irregular. Por outro lado, a madeira apresentou baixo índice de nós, agregando valor para essa madeira processada.

Esses defeitos também são relatados por Rocha e Trugilho (2006), onde destacam as elevadas tensões de crescimento, as quais se manifestam na madeira serrada através de rachaduras e empenamentos. Porém, são diversas as alternativas utilizadas para redução de tais defeitos, como o melhoramento genético, métodos de colheita, técnicas de desdobro adequadas, entre outras.

No Brasil a espécie destacou-se na Região Sul pelo crescimento rápido e uniforme, boa forma das árvores, boa tolerância a geadas, produção de polpa de boa qualidade e bom rendimento no processo industrial (FINGER et al., 1995).

Sobre seus usos, apresenta grande potencial da madeira para postes de eletrificação, madeira roliça para a construção civil, produção de carvão, e ainda,

para situações nas quais a resistência mecânica é indispensável, como fins estruturais, assoalhos, parquetes, carrocerias, cabos de ferramentas, além de possuir boa aptidão para a manufatura de painéis do tipo compensado (DOBNER JR, 2008; FINGER et al., 1995).

## 2.2 PRÁTICAS SILVICULTURAIS

A silvicultura é a arte e a ciência de manipular a vegetação florestal para aumentar o crescimento da floresta e estabelecer novos povoamentos florestais e habitat de vida selvagem (GREBNER et al., 2013).

Os sistemas silviculturais recebem várias divisões: podendo ser em áreas nativas ou voltado aos plantios florestais, estes, podem ser de espécies nativas ou exóticas como os eucaliptos. Em relação a quantidade de espécies: mistos (2 ou mais espécies) ou monoculturais, e em relação à função: enriquecimento ou restauração. Atualmente existem os sistemas dentro da Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) que permitem a criação de diferentes conjuntos produtivos visando uma melhor conservação dos solos, bem-estar animal, sombra, nutrientes, etc. (IBÁ, 2020; OLIVEIRA; JÚNIOR, 2021; ROLIM, 2018).

Em um cenário onde o sistema de monocultivo é dominante, existem diversos obstáculos a se ultrapassar para atingir os objetivos silviculturais. Gonçalves et al. (2013) relatam que a maioria das plantações de eucalipto são manejadas em rotações curtas, e estabelecidas em regiões com estresse hídrico, nutricional e com geadas de baixo a alto grau.

Essas condições, em desequilíbrio, causam prejuízos, por vezes, irreparáveis ao plantio. Dutra (2020) destaca a água, a luz e os nutrientes como os recursos naturais necessários para o correto crescimento e desenvolvimento dos organismos vegetais, sendo, os nutrientes presentes no solo o fator de maior facilidade e plasticidade de manipulação em plantações florestais, podendo ser manejada por meio de práticas de conservação de solos e fertilizações.

A partir dessas situações, duas técnicas se tornaram comuns nos plantios florestais, especialmente os de eucalipto, sendo elas, o uso de mudas clonais e a

aplicação de fertilizantes. Assim, é possível a produção de florestas mais resistentes aos infortúnios e favorecidas nutricionalmente.

### 2.2.1 Melhoramento genético

Como uma das práticas da silvicultura de maior relevância, o melhoramento genético florestal é uma estratégia repleta de desafios como o aumento de produtividade, a adaptação a ambientes estressantes (bióticos e abióticos) e melhor qualidade da madeira para diversos produtos. Os programas de melhoramento do eucalipto no Brasil se mostram eficientes em gerar florestas superiores (ASSIS et al., 2015).

Nesse sentido, basicamente, diferentes estratégias são estabelecidas combinando desenhos de cruzamento, métodos de seleção e estrutura da população, permitindo assim, o aumento dos alelos de interesse (CASTRO et al., 2016).

A principal diferença entre procedências clonais e seminais é a variabilidade genética. Materiais oriundos de sementes não são geneticamente iguais entre si ou às suas matrizes, embora possam ser aparentados. Já os clones são geneticamente idênticos à sua matriz. Os materiais diferem entre si, quanto ao crescimento, às propriedades da madeira, à resistência a pragas e doenças, e às condições edafoclimáticas (solo e clima). Portanto, a escolha do material a ser plantado é determinada por, basicamente, dois fatores: a finalidade e o local do plantio (CIPRIANI et al., 2015).

Em meados da década de 1970, se iniciou a implementação da técnica de estaquia em escala comercial, e atualmente a grande maioria das florestas com eucalipto proveem de mudas propagadas vegetativamente, por metodologias diferentes e cada vez mais avançadas do ponto de vista biotecnológico (WENDLING et al., 2021).

As atividades de pesquisa e desenvolvimento realizadas pelas grandes empresas brasileiras em prol do melhoramento genético e da otimização de manejo

florestal geraram ganhos significativos no incremento médio anual (IMA) de suas bases florestais (ABRAF, 2013).

A influência do método de propagação no desempenho das mudas e na qualidade das madeiras é estudada em maior escala para as espécies de pinus e eucalipto, porém outras espécies como a teca (*Tectona grandis* L.f., Lamiaceae), estudada por Lemos et al. (2019), apresentou vantagens no material clonal com relação ao material seminal, sendo a produção volumétrica média por árvore 74,52% maior nos clones e os valores médios para os percentuais de cerne iguais a 23,09% e 38,33% para o material seminal e clonal, respectivamente, demonstrando a superioridade da madeira dos plantios clonais.

Outros trabalhos comprovam a superioridade volumétrica dos clones em relação ao material seminal. Mais especificamente aos eucaliptos, destacam-se Reis et al. (2014) que avaliaram o desempenho de clones comerciais de eucalipto na região de Ponta Porã, MS, sendo testados o desempenho de 5 clones e 3 sementes, com 51 meses de idade. Dois clones apresentaram bons níveis de adaptação e produtividade às condições ambientais do local. Os autores complementam sobre a necessidade de aplicar técnicas silviculturais adequadas para que bons níveis de produtividade sejam alcançados.

No entanto, nem sempre se comprova a superioridade dos clones, Souza (2015) cita a relação clone x ambiente, como um dos fatores pelos quais, em certos plantios/ experimentos, mudas seminais podem ter maior desenvolvimento quando comparados com mudas clonais, ou seja, diferentes locais apresentam respostas diferentes com o mesmo clone, outro fator, apresentado como conclusão da autora, é que a adubação, apresenta forte influência no desenvolvimento dos clones, deste modo, mudas clonais ausentes em adubação, podem sim apresentar resultados inferiores as mudas seminais.

Tanto as espécies, os híbridos e os clones apresentam diferenças entre si quanto à resposta aos estímulos ambientais de cada nicho ecológico. Esses materiais, para serem utilizados em uma região hidrográfica com sucesso, necessitam da realização de testes para avaliação da sua capacidade de adaptação e produção (FERREIRA et al., 2017).

Visando alavancar os ganhos quantitativos e qualitativos em florestas clonais faz-se de suma importância que todas as características tecnológicas das madeiras sejam aferidas (TALGATTI et al., 2020).

### 2.2.2 Fertilização florestal

Os fertilizantes são produtos aplicados ao substrato em contato com a planta, ou ainda, por absorção foliar, onde disponibilizam macronutrientes e/ou micronutrientes, podem ser de origem orgânica ou mineral. Sua aplicação e dosagem ocorre em função das necessidades da planta ou quando é recomendado em uma condição específica (HAZLETT et al., 2021; MAGALHÃES et al., 2017).

Os três macronutrientes primários são o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K). Já os macronutrientes secundários são o cálcio (Ca), o magnésio (Mg) e o enxofre (S). Estes podem ser aplicados em diferentes formulações e ainda com acréscimo de micronutrientes como boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cloro (Cl), molibdênio (Mo) e níquel (Ni) (FRAGOSO et al., 2014; GATTO et al., 2014; ROSA et al., 2021).

Segundo Bazani et al. (2016) a limitação nutricional é frequente em plantações de eucalipto, em especial para P, K e B. Atualmente a fertilização é responsável por ganhos entre 30 e 50% na produção de madeira e o fósforo, apesar de ser o macronutriente de menor conteúdo na planta, tem alto efeito na produtividade de madeira.

Em relação aos produtos e métodos de aplicação, são usuais, a fertilização convencional (FC) e a fertilização de liberação lenta (FLL). A FC, é realizada, normalmente em três etapas, a fertilização de arranque, que ocorre cerca de 1 mês após o plantio; a fertilização de cobertura, aplicada cerca de 2 meses após o plantio; e a fertilização de manutenção, aproximadamente, entre os 15 e os 30 meses após o plantio (SOUZA, 2015).

A FLL é um produto mais recente, mas apresentou relevância pois a criação desta tecnologia se deu, entre outras razões, pela necessidade de diminuir as perdas por lixiviação e a possibilidade de fornecer os nutrientes de maneira gradual

à planta, assim foi possível eliminar a necessidade da fertilização de cobertura, reduzindo custos. Também evitam injúrias às sementes e raízes decorrentes de aplicações excessivas, e são pouco suscetíveis a perdas, minimizando os riscos de poluição ambiental (SCIVITTARO et al., 2004).

Segundo Rossa et al. (2015), mudas de *Eucalyptus grandis* apresentaram melhores padrões de qualidade quando da utilização do fertilizante de liberação lenta em comparação com o fertilizante convencional e os melhores padrões de mudas foram verificados sob doses entre 9,1 e 12,9 kg/m<sup>3</sup> do FLL.

Como principal desvantagem, Rossa et al. (2013a) relatam que os fertilizantes de liberação lenta apresentam custo superior às fontes solúveis, requerendo a adequação das doses nos diferentes sistemas de produção, visando otimizar o uso do insumo e garantir a produção econômica de mudas.

Porém, ainda com relação ao impacto econômico na escolha entre fertilização convencional ou de liberação lenta devem ser considerados: (a) qualidade das mudas produzidas e a valorização na venda; (b) índice de sobrevivência em campo, implicando em menor custo de replantio; (c) menor desperdício de adubo; (d) redução do impacto ambiental provocado pela contaminação do sítio e do lençol freático, provenientes de fertilizantes de elevada solubilidade (ROSSA et al., 2013b).

Como mencionado no tópico anterior, por Souza (2015), a adubação, de modo geral, influencia no bom desenvolvimento de clones de eucalipto, sendo sua ausência, capaz prejudicar seu incremento à ponto de ficarem inferiores em relação às árvores oriundas de sementes. Segundo Barbosa et al. (2014) algumas alterações na qualidade da madeira são frequentemente associadas à aplicação de fertilizantes, pois estes afetam as condições de crescimento das árvores.

Essa influência/ efeito, segundo Vidaurre et al. (2020), são dependentes da idade das árvores, tipo de fertilizante, época e frequência de aplicação e da quantidade aplicada. Os autores ainda observam que o efeito da fertilização na qualidade da madeira, apesar de alguns trabalhos publicados sobre o tema, não traz resultados homogêneos, em parte, em razão das variações das características genéticas das árvores e pelo fato que os locais de plantios apresentam diferentes condições ambientais.

### 2.3 O USO DA MADEIRA

Segundo Celestino (2020) a madeira é o material natural de uso cotidiano mais valioso e versátil do Planeta, apresenta grande importância nas construções de cidades e civilizações da antiguidade, na construção de pirâmides, templos históricos, em portões, muros de proteção dos castelos medievais, e até na destruição destes pelo uso de catapultas e aríetes, também para fabricar navios e embarcações dos exploradores, e ainda, na geração de calor e energia, fundamentais para sobrevivência da sociedade até os dias atuais.

A madeira possui diversas características, funções e propriedades que nos permitem estudar e trabalhar para aplicação em diversos usos. Deste modo, Iwakiri et al. (2004) evidenciaram que os estudos referentes ao potencial tecnológico de espécies alternativas de rápido crescimento para usos múltiplos são de grande importância, tendo em vista aumentar a oferta de matéria-prima ao setor de indústrias de base florestal, podendo assim, contribuir para minimizar as pressões ambientais sobre o uso das florestas nativas.

Para Barbosa e Sousa (2018) dentre as características da madeira, a densidade básica e as variações dimensionais são fatores relevantes para definição do uso da madeira.

Usos estes, bastante variáveis na indústria florestal/madeireira, sendo na maioria para produção de papel, celulose, carvão e em destaque o segmento dos painéis de madeira, que em particular, o Brasil é o sétimo maior produtor mundial. Apesar dessa posição, outros países ainda estão muito à frente, como a China, que produz cerca de 50% de todos os painéis no mundo, enquanto o Brasil apenas 3% (SANQUETTA et al., 2019).

Diante da crise econômica desencadeada pela pandemia da Covid-19 e o advento do *home office*, o volume de vendas domésticas de painéis de madeira subiu 3,9% em 2020, na esteira do aumento por consumo de itens que proporcionassem um ambiente de trabalho adequado dentro de casa. O volume de painéis de madeira foi de 7,1 milhões de metros cúbicos no ano (IBÁ, 2021).

### 2.3.1 Painéis de madeira

Os painéis surgiram, principalmente, para atender a uma necessidade gerada pela escassez e pelo encarecimento da madeira maciça. Esse tipo de produto substitui a madeira maciça em diferentes usos, como na fabricação de móveis e pisos (BNDES, 2008).

Os painéis de madeira podem ser definidos como produtos compostos de elementos de madeira como lâminas, sarrafos, partículas e fibras, obtidos a partir da redução da madeira sólida e reconstituídas através de ligação adesiva (IWAKIRI, 2005).

Como vantagens, Melo (2013) destaca que os painéis podem ampliar a sua superfície útil por meio da expansão de uma de suas dimensões para assim otimizar a sua aplicação, também apresentam uma menor exigência na escolha da matéria-prima, maior homogeneidade ao longo das peças, redução da anisotropia e eliminação de defeitos como nós, grã irregular, defeitos provenientes da secagem, entre outros.

A partir do exposto é possível compreender os principais tipos de painéis produzidos na atualidade.

Inicialmente, os painéis laminados, usualmente incluem os compensados e o *Laminated Veneer Lumber* (LVL). O compensado é um painel constituído de lâminas de madeira sobrepostas e cruzadas entre si, as quais são unidas por meio de adesivos e resinas submetidos à pressão e calor, utilizando um número ímpar de lâminas e sua qualidade depende, entre outros aspectos, da qualidade das lâminas empregadas na sua composição como a incidência de defeitos, número de emendas, coloração e outros aspectos (ABIMCI, 2013).

Os painéis LVL diferem dos compensados pela orientação das lâminas, pois são orientadas na mesma direção, o número destas pode ser superior a 20, a espessura do painel pode variar entre 21 mm a 150 mm e as dimensões podem ser maiores que 70 mm de espessura e mais que 20 metros de comprimento, sua utilização é prioritariamente estrutural (CARVALHO et al., 2004; PALMA; BALLARIN, 2011).

Outro tipo de painel bastante conhecido são os painéis de fibras, que inclui o painel chapa-dura, ou seja, de alta densidade, os para isolamento termoacústicos, com baixa densidade e o painel de média densidade, bastante conhecido pela nomenclatura em inglês *Medium Density Fiberboard* (MDF). O MDF foi definido por Maloney (1996) como painéis feitos com fibras lignocelulósicas, fabricadas a seco, combinadas por uma resina sintética ou outro agente ligante, compactadas a uma densidade entre 0,50 a 0,80 g/cm<sup>3</sup> por meio da prensagem a quente, no qual a totalidade da colagem entre as fibras é devida ao adesivo adicionado.

Os painéis que são fabricados a partir de partículas de madeira, são mais conhecidos por “aglomerados”. São eles, os chamados *Oriented Strand Board* (OSB), que é o painel de partículas do tipo “*strand*” orientadas, o aglomerado convencional ou *Medium Density Particleboard* (MDP) (BARBIRATO et al., 2020; MELO et al., 2014).

Alguns painéis recentes no mercado são os construtivos, como o *Cross Laminated Timber* (CLT), o *Glued Laminated Timber* (Glulam), *Nail Laminated Timber* (NLT) e o *Dowel Laminated Timber* (DLT), todos utilizam madeira serrada que são coladas ou encaixadas de diferentes formas. Segundo Espinoza et al. (2016), o CLT concorre com sucesso com aço, tijolos e concreto em segmentos de mercado selecionados, como os de condomínios residenciais.

Os painéis que utilizam os sarrafos em sua composição podem ser o compensado sarrafeado e o painel de colagem lateral, mais conhecido pela nomenclatura em inglês, *Edge Glued Panel* (EGP). Este painel é composto por sarrafos, obtidos de madeira serrada, unidos por colagem e podem ou não ser unidos nos topos por emendas como os chamados *finger-joint*. Em português, essa união é mais conhecida como “emenda dentada” (DANAWADE, 2014; HABIPÍ; AJDINAJ, 2015).

Pela relevância e por ser o objeto no presente estudo o tópico seguinte será dedicado aos painéis EGP.

### 2.3.1 Painéis Colados Lateralmente (*Edge Glued Panel – EGP*)

Os painéis EGP começaram a ser fabricados a partir da década de 1990 e início dos anos 2000, em um cenário onde a madeira maciça começou a ser mais utilizada na indústria de painéis. Essa preferência se deu pelo seu rápido processo industrial de fabricação, sua estética, naturalidade, funcionalidade e aplicabilidade, particularmente na indústria de móveis e portas. Uma característica importante é a redução de custos destes painéis, uma vez que eles aproveitam sarrafos curtos e estreitos normalmente de descarte nas serrarias, além do painel finalizado ser um produto de maior valor agregado (IWAKIRI, 2005; DILIK et al., 2012; BILA, 2014).

Com relação aos adesivos utilizados na colagem dos sarrafos, dois tipos são utilizados na produção destes painéis, o poliacetato de vinila (PVAc) e emulsão polimérica de isocianato (EPI) (IWAKIRI et al., 2019).

Na Figura 2 é possível observar um painel EGP com detalhe da junção dos sarrafos.

FIGURA 2 - PAINEL DO TIPO EDGE GLUED PANEL (EGP)



FONTE: Jürgensen (2021).

Segundo Martins et al. (2013) a grande vantagem desse painel é a utilização de toras de pequeno diâmetro, que podem resultar do primeiro desbaste e pelo aproveitamento de resíduos de outros processos, agregando valor ao produto primário.

O desenvolvimento da indústria de produtos de maior valor agregado na América Latina é relativamente recente e as estatísticas sobre a produção são imprecisas. A maior parte da produção de PMVA se concentra em países do Cone Sul, principalmente no Brasil e no Chile (LOPES, 2009).

A indústria de madeira processada mecanicamente tem voltado sua produção para o mercado internacional, agregando valor ao produto e se desenvolvendo tecnologicamente ao longo dos últimos 20 anos. Isto se deve, principalmente, ao intenso processo de globalização e ao entendimento de que um desempenho de sucesso em mercados internacionais é a chave para alcançar maior competitividade. Além disso, representa uma medida preventiva contra a eventual estagnação do mercado brasileiro (WERNECKE et al., 2009).

Como a grande maioria das madeiras consumidas no Brasil atualmente são originárias de plantios florestais e existe uma demanda altíssima para o consumo imediato, o corte raso ou os desbastes, normalmente são feitos em idades muito mais baixas do que o recomendável para serem utilizadas em serrarias, pois muitas vezes seu uso é prioritário em carvoarias e produção de celulose e papel. Mesmo assim, parte dessa madeira é destinada às serrarias, para produção de diversos produtos, como móveis, molduras, rodapés, pisos, madeira colada, pequenos objetos, entre outros (DIAS JÚNIOR et al., 2013; VIDAURRE et al., 2011).

Com relação ao processo produtivo, primeiramente ocorre o desdobro da tora em tábuas, seguido de secagem e depois o corte em sarrafos, e então eles são separados de acordo com sua qualidade em uma análise visual. Para que se possa começar a etapa de colagem, primeiro é verificado se será realizado as emendas dentadas (de topo), caso seja, os sarrafos passarão por uma fresa para fazer os cortes tipo *finger-joint*. Após a colagem destes, os sarrafos, agora com maior comprimento, serão colados lateralmente, utilizando uma prensa, com pressão e temperatura pré-definidos em função principalmente, do adesivo, este também, com gramatura pré-definida. Após período de aclimatação, estão prontos para receber

cortes e acabamentos de acordo com o uso final (DILIK et al., 2012; MÖLLEKEN et al., 2016).

As principais espécies empregadas comercialmente na produção de painéis EGP no Brasil, segundo Iwakiri et al. (2021) são o *Pinus taeda*, a *Tectona grandis* e o *Eucalyptus grandis*.

Diversas espécies do gênero *Eucalyptus* foram estudadas do ponto de vista da produção de painéis EGP e apresentam grande potencial para a produção do mesmo: Iwakiri et al. (2019) avaliando *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urophylla* com 16 anos de idade para produção de EGP, França et al. (2020) avaliaram as juntas coladas de madeiras de *Eucalyptus* sp. de 15 anos de idade, Martins et al. (2013) avaliando a colagem de *Eucalyptus benthamii* de 12 anos de idade, e, Iwakiri et al. (2021) avaliando os efeitos do adesivo, gramatura e pressão na qualidade de painéis EGP *Eucalyptus badjensis* com 13 anos de idade.

Por fim, Trianoski et al. (2020) avaliaram o potencial de *Eucalyptus benthamii*, com 13 anos de idade; *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, com 7 anos; e, *Eucalyptus urophylla*, com 16 anos para produção de EGP e madeira laminada colada (MLC). Os autores ainda concluem para *Eucalyptus dunnii* um grande potencial para a produção de madeira laminada colada, visando aplicações estruturais, inclusive, em ambientes externos.

A existência de material com propriedades não conhecidas, tais como àqueles provenientes de desbastes e das partes superiores do tronco, os quais apresentam diâmetros reduzidos e impróprios para serraria, elevou a necessidade de caracterização deste tipo de madeira para uma destinação mais adequada, de maior valor agregado e melhor aproveitamento do tronco das árvores (CHAGAS et al., 2014).

#### 2.3.1.1 Fatores que afetam a qualidade dos painéis EGP

No processo produtivo do EGP, muitos fatores influenciam a qualidade final, como a espécie, o tipo e a gramatura de adesivo, os parâmetros de prensagem, a

preparação da superfície, entre outros (FRANÇA et al., 2020). Portanto, essa seção ficará dividida entre as propriedades da madeira e os parâmetros da colagem.

#### 2.3.1.1.1 Propriedades da madeira

Frihart e Hunt (2010) afirmam que as propriedades físicas e químicas da madeira influenciam a qualidade das ligações adesivas. Destacam-se em sequência a porosidade e a densidade, o teor de umidade e a retratibilidade, percentual de madeira juvenil, rugosidade e grã e como propriedades químicas os extrativos, o pH e as cinzas da madeira.

- Porosidade e Densidade

Com alta relação com a densidade da madeira, a porosidade segundo Marra (1992) funciona inversamente ao comportamento da densidade da madeira. O autor esclarece ainda que o aumento da densidade tende a aumentar a resistência da linha de cola, por exemplo, madeiras de baixa densidade possuem maior porosidade, portanto, absorvem quantidade excessiva de adesivo, ou seja, ocorre maior penetração de adesivo, podendo ocasionar linha de cola “faminta”.

De acordo com Prata (2010), uma maior densidade corresponde quase sempre a maiores coeficientes de retratibilidade e resistência mecânica. Desta forma, há muita correlação entre a densidade e as propriedades mecânicas da madeira.

A densidade da madeira de eucalipto também pode variar entre espécies, materiais genéticos e árvores (altura e diâmetro), além das variáveis ambientais como clima, solo, disponibilidade hídrica, radiação solar, ventos, relevo e localização geográfica. Alguns desses fatores que modificam a densidade atuam em combinação, sendo complexo separar os efeitos nitidamente (VIDAURRE et al., 2020).

Em complementação, Moreschi (2014) cita a largura dos anéis de crescimento e a posição no tronco, onde, para madeira de coníferas e folhosas com

porosidade difusa, a densidade aparente aumenta com a diminuição da largura dos anéis de crescimento.

Outro fator que altera a densidade do lenho é o modo como a árvore cresceu, pois de acordo com a movimentação e inclinação durante o desenvolvimento, ocorrem também, mudanças no tamanho e na espessura da parede das células (SHMULSKY; JONES, 2011).

Marra (1992) descreve a influência da densidade na colagem da madeira sob dois aspectos: quanto à estabilidade dimensional da madeira, quanto maior sua densidade maior será sua alteração dimensional devido às mudanças em seu teor de umidade e com isso aumentando a tensão exercida na linha de colagem; outro aspecto é que quanto maior a densidade, mais espessa as paredes das células e por consequência menor a quantidade de espaços vazios na madeira. Assim, a penetração do adesivo será maior em madeiras de baixa densidade.

- Teor de umidade e retratibilidade

As propriedades mecânicas da madeira são dependentes da densidade, porcentagem de madeira juvenil, largura dos anéis, inclinação da grã, dentre outros, sendo o teor de umidade um dos fatores que mais afeta estas propriedades. Essas características podem variar entre espécies, como dentro de uma mesma espécie ou clone (SERENINE JUNIOR et al., 2019).

A maioria dos adesivos para madeira não forma uma linha de cola satisfatória em teores de umidade acima de 20%. As ligações entre substrato e adesivo durante a colagem apresentam um comportamento adequado de acordo com a umidade desse substrato (ALMEIDA, 2013).

Segundo Marra (1992) o teor de umidade presente em uma madeira pode ser classificado em quatro categorias, sendo 1) verde: conteúdo de umidade de um indivíduo em pé ou logo após o corte. Nesta condição há presença de água livre, de impregnação e de constituição; 2) ponto de saturação das fibras (PSF) ou em tono de 30% de umidade: a madeira apresenta apenas a água de impregnação e de constituição; 3) teor de umidade de equilíbrio: a madeira está exposta ao ambiente e

assume uma média de 12% de umidade; 4) seca: quando apresenta 0% de umidade.

Alguns autores, como Tsoumis (1991), indicam valores de teor de umidade para colagem de madeira em torno de 8 a 12% para prensagem à frio. No entanto, publicações recentes, como Endo et al. (2017) e Iwakiri et al. (2021), que realizaram a produção de painéis EGP em suas pesquisas, buscam a umidade de acordo com o fabricante do adesivo ou somente buscam o teor de umidade de equilíbrio.

Como uma causa da variação no teor de umidade da madeira ocorre a variação nas dimensões da madeira, também chamado de retratibilidade. Segundo Oliveira et al. (2010) essa retração se deve ao fato de as moléculas de água estarem ligadas por pontes de hidrogênio às microfibrilas dos polissacarídeos que formam a madeira, e quando estas são forçadas a sair, deixam um espaço, e as forças de coesão tendem a reaproximar as microfibrilas, causando, portanto, contração da madeira como um todo.

As madeiras mais densas apresentam maior concentração de células de paredes mais espessas, então, tendem a absorver mais água por unidade de volume e, conseqüentemente, expandir ou contrair mais do que aquelas com menor densidade. Em madeiras densas, mas com elevados teores de extrativos hidrófobos nas paredes celulares, entretanto, as contrações volumétricas poderão não ser muito elevadas (OLIVEIRA et al., 2010).

Uma forma de avaliar a estabilidade dimensional da madeira é pelo coeficiente anisotrópico, que é a relação entre a contração tangencial e radial (T/R), assim, Durlo e Marchiori (1992) estabeleceram uma classificação com base no coeficiente anisotrópico, então, madeiras com coeficiente de anisotropia de até 1,5 são consideradas madeiras com alta estabilidade (com pouca propensão a empenamento), madeiras com coeficiente de anisotropia de 1,6 até 2,0 são consideradas de média estabilidade, de 2,1 a 2,5 são classificadas como alta instabilidade, e acima de 2,6 são madeiras muito instáveis (sujeita a empenamentos e rachaduras).

As variações dimensionais da madeira, ocorridas durante e após a cura do adesivo, podem contribuir para a deterioração das ligações coladas em presença de variações de umidade, por introduzirem tensões elevadas na linha de cola. Por essa

razão, altos coeficientes de retração são uma grande desvantagem (GASPAR et al., 2005).

- Percentual de madeira juvenil

A madeira juvenil é o xilema secundário formado durante os estágios iniciais da vida da árvore, este período varia conforme a espécie e pode ser afetado pelas condições ambientais. A madeira juvenil difere da adulta por apresentar menor densidade, traqueídeos mais curtos, paredes celulares mais finas e menor conteúdo de celulose. O comprimento de fibra aumenta e o ângulo fibrilar diminui, estas alterações afetam a estabilidade dimensional e a resistência da madeira (LUBE et al., 2013).

As diferenças anatômicas entre madeira juvenil e madeira madura podem refletir diferentes comportamentos quando submetidos à secagem, e entender a diferença entre essas variações da madeira pode ser importante para a indústria quanto à otimização da secagem (SOARES et al., 2016).

Quase todas as alternativas para conseguir maior crescimento nos eucaliptos resultam em maiores quantidades de madeira juvenil. Esta madeira, caracterizada pelo rápido crescimento, ciclos curtos, muitas vezes de primeiro desbaste e fustes pequenos, veem sendo estudada, entre outras características, mas também pelo seu potencial tecnológico para suprir as necessidades do mercado de madeira sólida. Porém essa madeira juvenil apresenta independentemente da idade, do material genético e do nível de densidade encontrado, defeitos como empenamento, trincas superficiais e rachaduras (VIDAURRE et al., 2011).

Além disso, em madeiras com predominância de lenho juvenil de *Eucalyptus pellita*, estudadas por Poubel et al. (2011), não foi encontrado diferenças significativas entre as três posições avaliadas (cerne, transição cerne/alburno e alburno) para a densidade básica e a contração volumétrica da madeira.

Como alternativas de uso, Paes et al. (2015) destacam que os produtos dos desbastes, apesar de obter limitações como baixa classe diametral e alto índice de madeira juvenil, poderiam ser utilizados em objetos de maior valor agregado, como

na confecção de pequenos objetos de madeira, na indústria de lápis e na confecção de móveis de menores dimensões.

Realizar o corte e a colagem do material nessas condições, é uma forma de diminuir a anisotropia da madeira sólida. Ainda há poucos trabalhos publicados sobre os efeitos da madeira juvenil nas propriedades mecânicas de uma ligação adesivo-madeira, porém sabe-se que pode afetar muito a interação e o desempenho dos adesivos com a madeira, mas não necessariamente de maneira negativa. Apesar da inferioridade da madeira juvenil em relação à madeira adulta, em testes de colagem entre grupos, sendo madeiras juvenis, madeiras adultas e um grupo misto, encontrou-se a ligação mais forte no grupo com somente madeira juvenil (FRIHART et al., 2007).

- Rugosidade e a grã

A rugosidade superficial é afetada principalmente por dois fatores: anatomia e preparo da superfície ou pela combinação de ambos, os quais são importantes para o desempenho do material. Ambas as características afetam as propriedades termodinâmicas da superfície da madeira, a qual, por sua vez, afeta o desempenho e a durabilidade dos adesivos e revestimentos (SANTOS; GARCIA, 2016).

Burguer e Richter (1991) afirmam que a textura grosseira da madeira resulta em adsorção de grande quantidade de adesivos, resultando em baixa qualidade de colagem, deste modo, haverá deficiência de penetração do adesivo, reduzindo a área específica de colagem e acarretando, conseqüente, linha de cola fraca.

Sobre os desvios da grã, River (1994) evidencia que o desvio da grã afeta, entre outros, a resistência ao cisalhamento da junta colada. Esta resistência será maior quando a direção da grã é a mesma da força aplicada. Isso ocorre devido à disparidade entre as forças de tração e compressão da madeira e a penetração do adesivo, sendo assim, quando a direção da grã não for paralela à superfície, é muito provável que o adesivo penetre profundamente na madeira.

- Extrativos, pH e cinzas da madeira

Os extrativos são componentes da madeira assim como a celulose, a lignina, as hemiceluloses e as cinzas. Seu percentual comum nas folhosas é de 2 a 3%. Os extrativos comumente encontrados na madeira são: terpenos, lignanas, estilbenos, flavonoides e outros aromáticos, além de gorduras como ceras, ácidos graxos, álcoois, esteroides e hidrocarbonetos de elevada massa molecular (SARTO; SANSIGOLO, 2010).

Na dependência da quantidade e do tipo de extrativo presente na madeira, pode ocorrer uma interferência nas reações de polimerização do adesivo ou uma reação entre o adesivo e o extrativo (LIMA et al., 2007).

O pH da madeira varia conforme a espécie e situa-se entre 3 e 6. Pode ocorrer mudanças de pH dentro de uma peça de madeira em função da migração de extrativos de camadas mais internas para camadas superficiais alterando as condições de colagem (IWAKIRI, 2005).

O valor de pH é uma característica que tem influência em vários campos do aproveitamento da madeira como, por exemplo, na corrosão de metais em contato com a madeira, na fixação de determinados produtos preservativos, na coloração de algumas madeiras expostas à radiação solar e na fixação de lacas e vernizes sobre sua superfície (PRATA, 2010).

As cinzas são a fração inorgânica/mineral contida na madeira e que normalmente varia entre 0,2 e 0,9% do peso de matéria seca nas madeiras de clima temperado. A presença de cinzas na madeira não afeta diretamente a performance da ligação adesiva, mas em determinadas situações comprometem o desempenho do maquinário no momento de usinagem devido ao maior desgaste provocado (LAU, 2017; TRIANOSKI, 2012).

Vidaurre et al. (2020) apresentam uma tendência de diminuição dos valores de teor de cinzas (%) da madeira de eucalipto com o aumento da idade das árvores, e ainda, verificaram a partir de seu estudo, pouca influência da adubação nas propriedades químicas da madeira de eucalipto, sendo constatada discreta variação dos teores de extrativos e cinzas.

As cinzas e os extrativos são constituintes que, embora possam atuar no aumento da durabilidade natural da madeira, podem ser considerados indicadores de conformidade da madeira para esses processos, no caso dos extrativos pode ocorrer efeitos também sobre a linha de cola, como a sua migração para a superfície de contato da colagem reagindo com o adesivo, o que implica na redução da resistência da linha de cola, ou ainda impede a penetração do adesivo na madeira (FONTE et al., 2017).

De forma geral, o adesivo deve ser capaz de fluir e preencher espaços vazios entre as madeiras coladas, gerando interação entre o adesivo e madeira. Então, especificamente para a colagem, as condições físicas e químicas da superfície são importantes, pois colaboram com o desempenho e condições de viscosidade e espalhamento dos adesivos (SANTIAGO et al., 2018).

#### 2.3.1.1.2 Parâmetros da colagem

Além das características da madeira, a qualidade de adesão pode ser afetada pelo tipo de adesivo, bem como, por outros fatores relacionados ao processo produtivo, como o tempo de cura e a pressão de colagem (NASCIMENTO et al., 2013). Em virtude disso, destacam-se em sequência as características do adesivo e os parâmetros de prensagem.

- Características do adesivo

Algumas características físico-químicas dos adesivos influenciam diretamente na colagem, tais como: pH, viscosidade, tempo de gelatinização e teor de substâncias sólidas (ALMEIDA et al. 2010).

Os adesivos utilizados na colagem dos painéis EGP se resumem ao poliacetato de vinila (PVAc) e emulsão polimérica de isocianato (EPI), como dito anteriormente.

O poli (acetato de vinila) (PVAc) surgiu na Alemanha na década de 1930 e foi o primeiro látex polimérico sintético fabricado em escala industrial. Seu nome é

popularmente conhecido por “cola branca” e segundo Frihart (2012) e Santos (2008), o PVAc e seus derivados são, atualmente, os adesivos mais usados pelos diversos segmentos da indústria de móveis, madeireira no geral e colagem de papéis por possuírem uma boa adesão à superfícies celulósicas.

A emulsão polimérica de isocianato (EPI) é um adesivo bicomponente, pois é formado por uma base de poliacetato de vinila e um isocianato polimérico (difenilmetano-diisocianato - MDI). Por sua vez, o MDI, tem a função de catalisar a reação de cura do adesivo que ocorre através da reação dos grupos isocianatos com as hidroxilas da madeira. Devido à elevada reatividade, o tempo de aplicação deve ser ajustado de acordo com a recomendação do fabricante (LOPES, 2008).

Devido a um desempenho mecânico notável e sendo ecologicamente correto, os adesivos EPI têm sido amplamente aplicados na produção de produtos de madeira mais modernos nas últimas décadas, como os compósitos estruturais de madeira e a madeira laminada cruzada. A fim de manter a integridade estrutural dos produtos colados à base de madeira, existe um amplo interesse científico e industrial em melhorar o desempenho e descobrir seus mecanismos físicos e químicos (LOPES et al., 2013; ZHANG et al., 2020).

Segundo Frihart (2012), as principais vantagens do EPI é a elevada resistência à umidade e a utilização para colagem de materiais não madeireiros como o plástico. Suas desvantagens são o alto custo do adesivo e a necessidade de misturar com um catalisador.

A quantidade de adesivo aplicada é variável em função da espécie de madeira da qualidade da sua superfície da temperatura, da umidade do ar e do tempo de montagem. Normalmente aplica-se entre 120 e 200 gramas por m<sup>2</sup> de superfície de madeira (BILA et al., 2016; LAU, 2017).

- Parâmetros de prensagem

Na etapa de prensagem dos painéis é importante ter conhecimento de alguns parâmetros que irão influenciar na qualidade da colagem. Primeiro, a definição do tipo de prensagem, que pode ser tanto a frio ou a quente e em prensas de alta

frequência. Isso depende do adesivo utilizado, mas principalmente do tipo de painel e da capacidade/finalidade industrial.

A colagem de painéis EGP, pode ser a frio ou em alta frequência. A prensagem a frio consta de um método pouco automatizado, realizado em prensas tipo carrossel, que apresenta como vantagens a facilidade operacional e o menor custo tanto de aquisição quanto a manutenção, porém a principal desvantagem é que o tempo de prensagem, é muito maior quando comparado com o tempo de prensagem a quente (30 a 60 minutos), gerando dessa forma uma menor produtividade (ENDO et al., 2017).

A prensagem a quente é realizada em prensas de alta frequência, onde ocorre o aquecimento por radiação eletromagnética, no qual o campo magnético interage com o material como um todo e o calor é gerado na linha de cola. É um processo rápido e eficiente, devido ao aquecimento ser seletivo na linha de cola, evitando o aquecimento da madeira e as implicações decorrentes das variações dimensionais. Como desvantagens destacam-se os maiores custos tanto de produção quanto de manutenção (PEREIRA et al., 2005).

O tempo de prensagem é outro fator a ser definido, e isso se dá normalmente em função do adesivo, da espécie de madeira, do teor de umidade, das condições do ambiente, da espessura da linha de cola e do tipo de prensa. Assim, uma desvantagem na utilização da prensa a frio é em relação ao tempo empregado nesta atividade, que é muito maior quando comparado com o tempo de prensagem a quente por alta frequência (LOPES, 2008).

Segundo Tienne (2006) a pressão aplicada influencia na penetração do adesivo na madeira, pressões muito altas podem gerar uma movimentação excessiva do adesivo fazendo com que ele transborde para fora da junta colada, enquanto pressões muito baixas podem diminuir a penetração do adesivo pela madeira. A pressão aplicada é definida principalmente em função da densidade da madeira. Marra (1992) reforça que as madeiras com alta densidade exigem pressões mais altas quando comparado com madeiras de baixa densidade.

Em estudo de colagem lateral com o adesivo EPI, Bila et al. (2016) utilizaram a pressão específica de 6,45 kgf/cm<sup>2</sup> para colagem de espécies amazônicas e Iwakiri et al. (2021) utilizaram a faixa de variação entre 5,10 e 10,20 kgf/cm<sup>2</sup> (0,5 a

1,0 MPa) de pressão na colagem lateral de *Eucalyptus badjensis*, os autores afirmam que o aumento na pressão de prensagem de 0,50 para 0,75 e 1,0 MPa, resultaram em valores médios de cisalhamento estatisticamente superiores, tanto para o pré-tratamento a seco, quanto para o úmido.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO SOBRE O EXPERIMENTO

As árvores utilizadas nesta pesquisa são oriundas de uma pesquisa que surgiu a partir de uma parceria entre a Universidade Federal do Paraná (UFPR) e o Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER-PR) em função de uma necessidade de levar ao pequeno e médio produtor rural com experiência em produção agrícola e pecuária, o conhecimento em plantios florestais devido à essa nova demanda em regiões do estado do Paraná. Esta parceria tem conduzido uma pesquisa denominada de “Projeto Arboreto” coordenado pelo professor Dr. Alessandro Angelo (DECIF-UFPR).

As atividades do projeto ocorrem em função de 40 espécies arbóreas que foram implantadas e submetidas a diferentes estratégias de adubação e de manutenção com o objetivo de realizar atividades relacionadas a pesquisa, ensino e extensão florestal. Estas espécies foram implantadas na Estação Experimental Fazenda Canguiri UFPR, bem como em propriedades rurais parceiras do projeto (ANGELO et al., 2018). Essa parceria é de grande relevância, pois aproxima os produtores rurais à sociedade científica, beneficiando ambos.

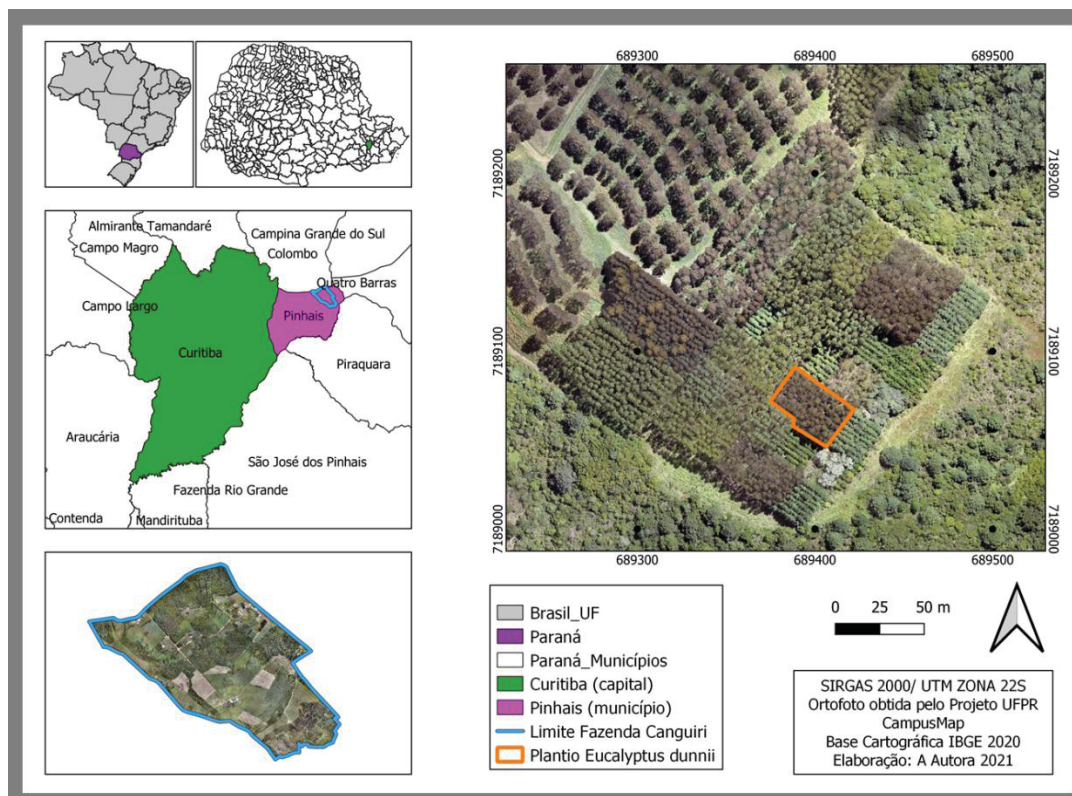
Uma das 40 espécies implantadas foi o *Eucalyptus dunnii* Maiden, utilizada como matéria-prima para a execução deste trabalho, e que foi tema de estudos silviculturais desde o momento do preparo do solo até a estabilização do plantio, assim, esta passa agora a ser estudado pela ótica da tecnologia da madeira, com direcionamento a painéis reconstituídos.

#### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA COLETA DO MATERIAL

A madeira utilizada neste trabalho foi retirada da Fazenda Experimental Canguiri, pertencente à Universidade Federal do Paraná, localizada no município de

Pinhais - PR (região Metropolitana de Curitiba), situada nas coordenadas 25°23'14.9"S e 49°07'35.5"W demonstrada na Figura 3.

FIGURA 3 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE COLETA



FONTE: A Autora (2022).

A partir do DECRETO Nº 1753 - 06/05/1996, instituiu-se a Área de Preservação Ambiental na área de manancial da bacia hidrográfica do rio Iraí, denominada APA Estadual do Iraí, assim, a Fazenda Canguiri, incluída nessa área, apresenta restrições quanto ao uso e ocupação do solo.

O município pertence ao bioma Mata Atlântica, com fitofisionomia de Floresta Ombrófila Mista. As unidades fitogeográficas encontradas são: Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Mata Ciliar e Campos Naturais (ATLAS GEOGRÁFICO DO MUNICÍPIO DE PINHAIS, 2008).

Com base no Atlas Climático da Região Sul do Brasil, o clima do município de Pinhais - PR, segundo a classificação de Köppen, é o clima subtropical úmido (Cfb), é o tipo climático temperado propriamente dito, com temperatura média do mês mais

frio menor que 18 °C e temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C. A altitude é de 930 metros (WREGGE et al., 2012).

Assim, pelos dados meteorológicos para o município entre 1976 e 2005, a temperatura média anual é 16,5°C, a temperatura mínima média anual é de 12,6 °C e a temperatura máxima média anual é de 22,5°C. A média do total de horas de frio (< 7,2°C) no período de maio-setembro é de 211. A média de insolação anual é de 122 horas. A radiação solar global é de 11,6 MJ/m<sup>2</sup>. dia. A velocidade média do vento de 2,3 m/s. A umidade relativa média anual é 84%. A média da evapotranspiração potencial acumulada anual é de 767 mm e a precipitação pluviométrica é entre 1600-1700 mm (WREGGE et al., 2012).

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL

As árvores utilizadas neste trabalho, foram retiradas de um experimento, onde algumas espécies de eucalipto foram plantadas em dezembro de 2012 deste modo, no momento de corte estavam com 9,5 anos de idade. Este, foi parte de uma sucessão de trabalhos acadêmicos, incluindo o de Souza (2015), onde está a descrição detalhada das atividades e resultados obtidos com algumas espécies de eucalipto em campo. A Figura 4 ilustra o local de coleta do material bem como o perfil expressado pelo plantio.

FIGURA 4 - PLANTIO EXPERIMENTAL DE *Eucalyptus dunnii* DO PROJETO ARBORETO



FONTE: A Autora (2022).

No plantio de *Eucalyptus dunnii* constavam duas parcelas (clonais e seminais) com 48 indivíduos cada uma (sem as plantas de bordadura), com espaçamento de 3x2 metros. As mudas receberam três tratamentos de fertilização: FC – fertilização na formulação convencional, FLL – fertilização de liberação lenta e T – testemunha, sem fertilização. A descrição dos fertilizantes utilizados está na Tabela 1. O delineamento original do experimento inicial está demonstrado na Figura 5.

TABELA 1 - DESCRIÇÃO DOS FERTILIZANTES

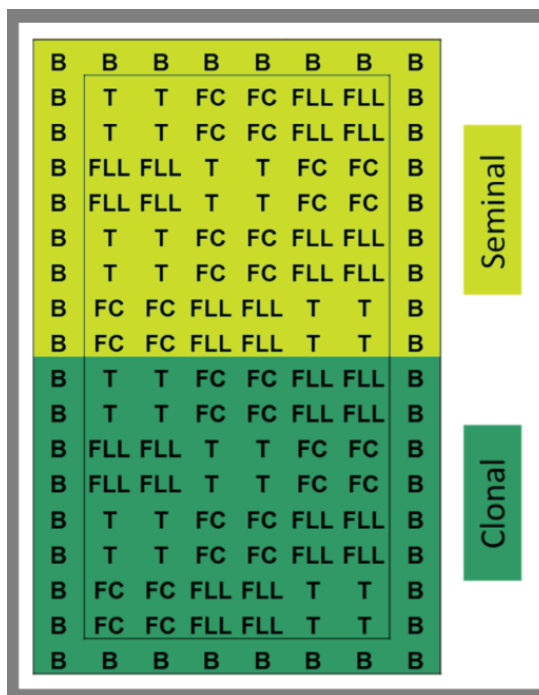
Tratam.	Descrição	NPK*	Micronutrientes	Quantidade (gramas)	Aplicação*
FC	Arranque	6-30-6	5%Ca+1%Mg	200	30
	Cobertura	15-5-30	0,2%B+0,2%Zn+1,3%Ca	200	60
	Manutenção	15-5-30	0,2%B+0,2%Zn+1,3%Ca	200	450
FLL	Implantação	11-21-19	6%S+0,5%B+0,5%Zn	248	30
	Manutenção	11-21-19	6%S+0,5%B+0,5%Zn	248	450
T	Testemunha				

\*Aplicação: em dias após plantio;

\*NPK (%N total, %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, %K<sub>2</sub>O).

FONTE: Adaptado de Souza (2015)

FIGURA 5 - DELINEAMENTO DO EXPERIMENTO INICIAL EM CAMPO



Legenda: B – plantas de bordadura; FC – plantas com tratamento de fertilização convencional; FLL – plantas com fertilização de liberação lenta; T – testemunha, sem fertilização.

FONTE: Adaptado de Souza (2015).

A escolha das árvores foi pelo método seletivo-sistemático, pois a cada conjunto de 4 árvores pertencentes ao mesmo tratamento, foi retirada a mais fina, quando essa não apresentava defeitos visivelmente robustos ou diâmetro inferior à 8 cm, nesses casos a árvore retirada foi a segunda mais fina.

Após a seleção do material para a pesquisa (24 indivíduos arbóreos), foi estabelecido o delineamento experimental do presente trabalho demonstrado na Tabela 2. Esse delineamento, caracterizado como delineamento inteiramente casualizado, foi utilizado em todas as análises apresentadas nessa pesquisa.

TABELA 2 - DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

<b>Tratamento</b>	<b>Origem material</b>	<b>Fertilização</b>
T1 – (CLO/CONV)	Clonal	Fertilização convencional
T2 – (CLO/LL)	Clonal	Fertilização de liberação lenta
T3 – (CLO/T)	Clonal	Testemunha
T4 – (SEM/CONV)	Seminal	Fertilização convencional
T5 – (SEM/LL)	Seminal	Fertilização de liberação lenta
T6 – (SEM/T)	Seminal	Testemunha

FONTE: A Autora (2022).

### 3.4 DENDROMETRIA E VOLUMETRIA

Durante o mês de maio de 2021, procedeu-se a coleta dos dados dendrométricos e corte do material. O diâmetro à altura do peito (DAP) foi mensurado antes do corte utilizando fita métrica, o corte das 24 árvores selecionadas foi realizado com motosserra da marca Stihl modelo MS 180. Após a derrubada, as alturas comercial e total foram mensuradas, assim foi amostrado o material para esta e outras pesquisas.

Nesta pesquisa, o material retirado por árvore constituiu-se de 4 toretes de 50 cm de comprimento (2 cm abaixo do DAP, 2 cm acima do DAP), e na porção da região do DAP foi retirado 1 torete de 25 cm de comprimento para ensaios de estabilidade dimensional e análises químicas da madeira. A Figura 6 demonstra esquematicamente a derrubada das árvores e o dimensionamento dos toretes.

FIGURA 6 - SECCIONAMENTO DOS TORETES RETIRADOS POR ÍNDIVIDUO



FONTE: A Autora (2022).

O volume dos indivíduos foi obtido pelo método de cubagem de *Smalian* adaptado a partir de medições nas seções (base-acima do toco, DAP, 25%, 33%, 50%, 75%, 100% da altura comercial) e altura total. A espessura da casca também foi obtida nas seções mencionadas.

### 3.5 DESDOBRO E PREPARAÇÃO DO MATERIAL

O material foi transportado para o Anexo do CIFLOMA - Centro de Ciências Florestais e da Madeira, no campus Jardim Botânico UFPR. Os toretes com comprimento de 50 cm foram serrados em tábuas de 3 cm de espessura pelo método de desdobro radial, colocados para secagem em local coberto e com passagem de ar constante. Na Figura 7 é possível observar os toretes pré-serraria e as tábuas empilhadas para secagem.

FIGURA 7 - MATERIAL PRÉ E PÓS-SERRARIA



FONTE: A Autora (2022).

Os toretes com 25 cm de comprimento foram em parte preparados nas dimensões 2 x 3 x 5 cm, respectivamente nas seções tangencial, radial e longitudinal, segundo a NBR 7190 (1997) para ensaios de estabilidade dimensional, e em parte transformados em cavacos para os ensaios de química da madeira ilustrados na Figura 8.

FIGURA 8 - TORETES DA REGIÃO DO DAP E MATERIAIS RETIRADOS PARA ENSAIOS



FONTE: A Autora (2022).

Legenda: a) Toretos para retirada dos corpos-de-prova para obtenção da densidade, da estabilidade dimensional e análises químicas ordenados pelo tratamento de fertilização/ material genético; b) corpos-de prova para obtenção da densidade e estabilidade dimensional; c) cavacos para realização das análises químicas da madeira.

Após dois meses, 80 tábuas foram selecionadas e colocadas em estufa à 30°C para finalização da secagem e estabilização em 12% de umidade. Então, foi realizado o processamento em sarrafos com dimensões de 31 x 5,5 x 2 cm, respectivamente para comprimento, largura e espessura, conforme a Figura 9.

FIGURA 9 - TÁBUAS E SARRAFOS



FONTE: A Autora (2022).

Legenda: a) Tábuas na secagem em estufa; b) Sarrafos dimensionados;

Tendo o material preparado para as análises conforme cada necessidade, foi realizado a determinação das propriedades físicas, químicas, bem como a avaliação da colagem de acordo com as respectivas normas. Os procedimentos serão descritos nos tópicos seguintes. Foi também, realizado uma análise do material visando observar o comportamento do encanoamento e das rachaduras das tábuas do material geral coletado.

### 3.6 PROPRIEDADES FÍSICAS

#### 3.6.1 Densidade

A partir dos corpos-de-prova de dimensões 2 x 3 x 5 cm, respectivamente nas seções tangencial, radial e longitudinal, segundo a NBR 7190 (1997), foi obtida a

massa em balança de precisão, com resolução de 0,01g e as medidas dos lados das seções tangencial, radial e longitudinal saturadas e após secagem em estufa com temperatura de  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , realizou-se as mesmas medidas com os corpos-de-prova secos (0% umidade).

Uma observação em relação aos corpos-de-prova é de que estes já estavam nas condições ideais (verde), deste modo, não foi necessário saturá-los em recipiente com água. Com estes corpos-de-prova foi obtida a densidade aparente a 0% e a densidade básica. Foi também determinada a densidade aparente a 12% a partir da medição de todos os sarrafos preparados para a colagem lateral com dimensões de 31 x 5,5 x 2 cm, respectivamente para comprimento, largura e espessura.

Para determinar a densidade aparente a 0% e a 12% de umidade, utilizou-se a seguinte fórmula, conforme NBR 7190 (1997):

$$\text{Densidade aparente} = \frac{m(0\%;12\%)}{v(0\%;12\%)} \text{ (g / cm}^3\text{)}$$

Onde: m, massa em gramas; v, volume em  $\text{cm}^3$ .

Para determinar a densidade básica utilizou-se a seguinte fórmula, conforme a NBR 7190 (1997):

$$\text{Densidade básica} = \frac{m(0\%)}{v(\text{saturado})} \text{ (g / cm}^3\text{)}$$

Onde: m, massa em gramas; v, volume em  $\text{cm}^3$ .

### 3.6.2 Estabilidade dimensional

A estabilidade dimensional da espécie foi determinada com base na norma NBR 7190 (1997) e foi realizada com os mesmos corpos-de-prova dimensionados

em 2 x 3 x 5 cm, respectivamente nas seções tangencial, radial e longitudinal. A contração volumétrica e o coeficiente anisotrópicos também foram determinados nesta etapa. Foram usados mais de 12 corpos-de-prova (valor indicado pela norma) por tratamento.

Foi utilizado a seguinte fórmula para determinar a retratibilidade:

$$\epsilon_r = \frac{L_{sat} - L_{seco}}{L_{sat}} \times 100 \text{ (\%)}$$

Onde:  $\epsilon_r$ , deformação específica de retração/contração; L, lado; sat, saturado.

Para a contração volumétrica utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\Delta V = \frac{V_{sat} - V_{seco}}{V_{seco}} \times 100 \text{ (\%)}$$

Onde:  $V_{sat} = L_{sat} \times L_{sat} \times L_{sat}$ ;

$V_{seco} = L_{seco} \times L_{seco} \times L_{seco}$ .

Deste modo, a partir das medidas feitas em cada um dos eixos foram determinadas as contrações tangencial, radial e longitudinal e a variação volumétrica. O coeficiente anisotrópico foi calculado através da razão entre a contração tangencial e a contração radial, (T/R).

### 3.7 PROPRIEDADES QUÍMICAS

Após a perda de umidade (para aproximadamente 10%) por secagem natural dos cavacos mostrados na Figura 8, estes foram passados em moinho de facas do

tipo Wiley para obtenção da serragem e em seguida classificados passando por peneira de 40 *mesh* mas retidos em peneira de 60 *mesh*, ou seja, a serragem utilizada se encontrava entre 0,250 e 0,420 mm em tamanho das partículas.

As análises foram realizadas no Laboratório de Química da Madeira da UFPR, com cinco repetições por amostra.

### 3.7.1 Umidade da serragem

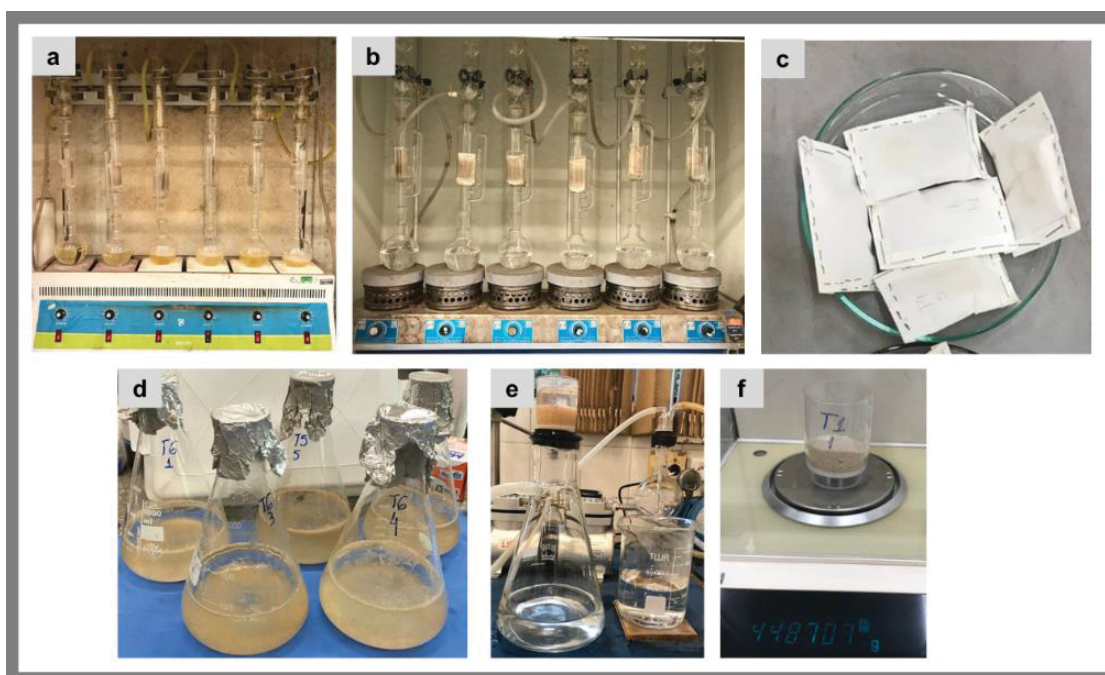
Após a classificação foi determinado o teor de umidade da serragem que foi obtido pelo método de estufa descrito na norma TAPPI 264 (TAPPI, 1997), assim foi possível obter o percentual de material absolutamente seco AS (%), utilizado para corrigir as três análises realizadas nas etapas seguintes.

### 3.7.2 Extrativos totais

Este procedimento obedeceu a norma TAPPI 204 (TAPPI, 1997), a serragem foi depositada em cartuchos de papel filtrante e estes, colocados em extratores do tipo soxhlet (corneta), primeiro foi feita a extração em solução 1:2 de etanol-tolueno por 8 horas em fervura, e após secagem da amostra, a extração foi realizada somente em etanol por 6 horas em fervura.

Após total secagem dos cartuchos, o material foi colocado em frascos Erlenmeyer (1000ml de capacidade) com 500 ml de água destilada, onde permaneceram em banho-maria por 1 hora, em sequência, o material foi filtrado em cadinhos filtrantes e foi feita a lavagem final com 360 ml de água fervente. Sequencialmente, obteve-se o material sem as substâncias extraíveis da madeira. A Figura 12 ilustra os procedimentos para obtenção do percentual de extrativos totais.

FIGURA 10 - PROCEDIMENTOS PARA DETERMINAR OS EXTRATIVOS TOTAIS



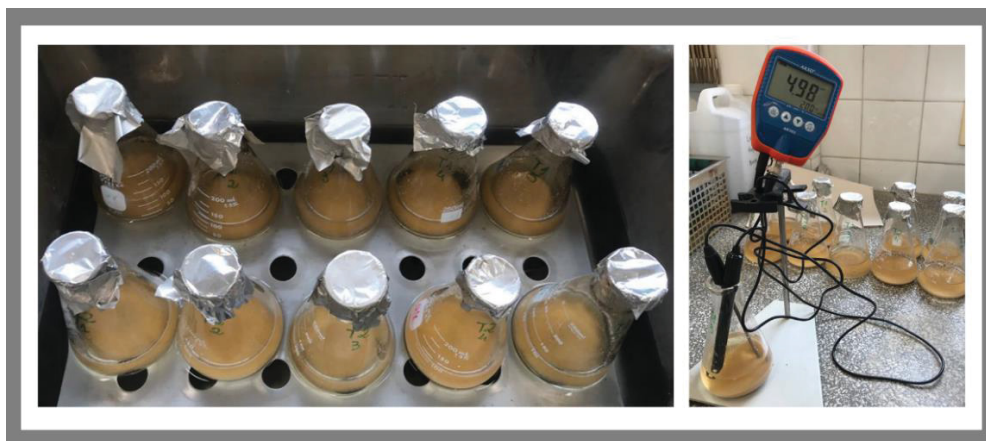
FONTE: A Autora (2022).

Legenda: a) Extração em etanol-tolueno; b) Extração em etanol; c) Cartuchos secos; d) Frascos preparados para o banho-maria; e) serragem sendo filtrada em cadinho filtrante e bomba de vácuo; f) pesagem da serragem seca.

### 3.7.3 pH

Para determinação do pH foi utilizada a norma TAPPI 252 (TAPPI, 2002), deste modo, 2 gramas de serragem absolutamente seca foram colocadas em frascos Erlenmeyer (250ml de capacidade) com 100 ml de água destilada e foram mantidas sob fervura durante 1 hora em banho-maria. As amostras foram esfriadas a temperatura ambiente (20°C). Após 2 horas foi realizada a primeira medição do pH e após 24 horas outra medição foi efetuada. Foi utilizado pHmetro digital portátil marca AKSO modelo AK103 conforme a Figura 10.

FIGURA 11 - AMOSTRAS EM BANHO-MARIA E MEDIÇÃO DO pH



FONTE: A Autora (2022).

### 3.7.4 Cinzas

A análise das cinzas da madeira seguiu o procedimento da norma TAPPI 211 (TAPPI, 2002). O material passou por combustão em mufla por 4 horas, até incineração total do material orgânico, restando apenas o material inorgânico (cinzas), demonstrado nos cadinhos de porcelana da Figura 11.

FIGURA 12 - MATERIAL INORGÂNICO (CINZAS)



FONTE: A Autora (2022).

### 3.8 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE COLAGEM

A partir dos sarrafos com 12% de umidade e dimensionados com 31 x 5,5 x 2 cm, respectivamente para comprimento, largura e espessura, foi realizado a colagem do material. Nesta etapa foi utilizado o adesivo EPI (1911), com adição do catalisador cujo nome comercial é Hardener (1999), na proporção 100:15 partes por peso. Ambos os produtos foram fornecidos pela empresa Akzo Nobel. A gramatura utilizada entre os sarrafos foi de 180 g/m<sup>2</sup>. A pressão específica aplicada nos sarrafos foi de 1 MPa, exercida por meio de um torquímetro da Torcoflex, modelo K3550.

Foram produzidas 5 juntas coladas por tratamento as quais permaneceram na prensa durante 60 minutos, conforme a Figura 13. Após retiradas, foram acondicionadas em temperatura ambiente (20°C) durante 1 semana para cura total do adesivo.

FIGURA 13 - JUNTAS COLADAS E PRENSADAS



FONTE: A Autora (2022).

Após este período, foram produzidos corpos-de-prova para avaliação da resistência ao cisalhamento da linha de cola lateral. Essa avaliação foi realizada com base na norma EN 13354 (2008) “*Solid wood panel – Bonding quality – test method*”.

Em função da classificação do adesivo, os corpos-de-prova foram submetidos aos pré-tratamentos de imersão em água a uma temperatura de 20°C durante 24h e a imersão em água fervente por 6 horas, também foi feito o ensaio a seco, isento de pré-tratamento, permitindo o controle da avaliação. Foram ensaiados 15 corpos-de-prova por pré-tratamento, sendo 45 por tratamento, totalizando 270 corpos-de-prova.

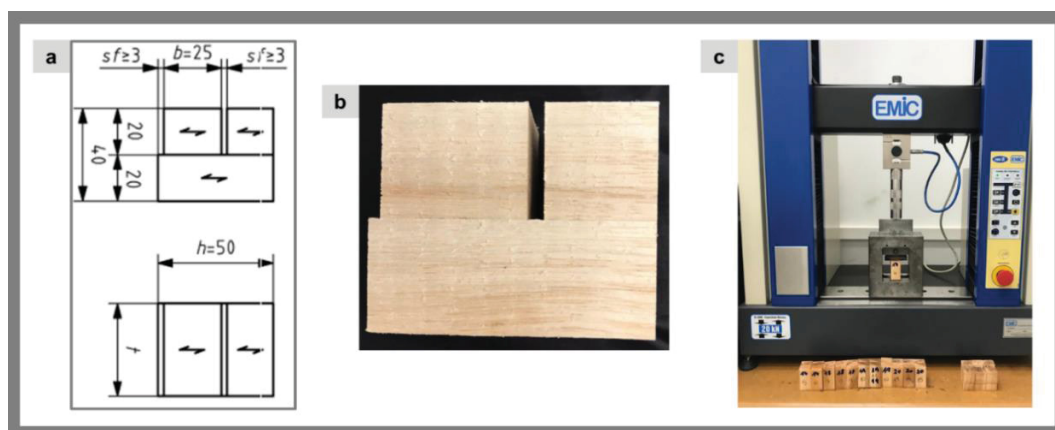
Após cada ensaio foi realizada uma avaliação visual do percentual de falha na madeira, visualizada na superfície de ruptura da linha de cola, de acordo com a norma EN 314-1 (2004).

Para execução dos ensaios de cisalhamento foi utilizado uma máquina universal de ensaios da marca EMIC equipada com uma célula de carga de 2000kgf.

Por fim, seguindo a norma EN 326-1 (2002), foi calculado o quinto percentil inferior, assim os resultados foram comparados com os requisitos exigidos pela EN 13353 (2008), onde este valor deve ser igual ou superior a 2,5 MPa e caso não seja atendido, a média da porcentagem de falha na madeira de cada tratamento deve ser maior que 40%. No entanto, quando a densidade da madeira estudada estiver acima de 0,60 g/cm<sup>3</sup>, a norma não estabelece este requisito mínimo de porcentagem de falha.

A Figura 14 demonstra as dimensões dos corpos-de-prova, bem como o equipamento utilizado para os ensaios para avaliação da colagem lateral (cisalhamento da linha de cola).

FIGURA 14 - CORPOS-DE-PROVA DE CISALHAMENTO DA LINHA DE COLA E EQUIPAMENTO EMIC



FONTE: (a) EN 13354 (2008); (b e c) A Autora (2022).

### 3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Em sequência à realização dos experimentos, foi efetuada a análise estatística dos dados. De início, foi verificado a presença de *outliers* a partir da função *identify\_outliers*, do pacote “rstatix”, onde valores acima de  $(Q3 + 1,5 \times IQR)$  ou abaixo de  $(Q1 - 1,5 \times IQR)$  são considerados *outliers* e valores acima de  $(Q3 + 3 \times IQR)$  ou abaixo de  $(Q1 - 3 \times IQR)$  são considerados pontos extremos (ou outliers extremos). Sendo Q1: 1º quartil, Q3: 3º quartil, IQR: *Interquatile range* (Amplitude Interquartil; Q3-Q1).

Os resultados obtidos para a dendrometria e volumetria, para qualidade geral das tábuas, para as propriedades químicas e para a avaliação da qualidade da colagem foram analisados em função do delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), utilizando o esquema de desdobramento de forma fatorial (2x3), a fim de avaliar simultaneamente a interação do material genético (clone x sementes) e as fertilizações (convencional, lenta e testemunha).

A análise iniciou com o teste de *Bartlett* para verificar a homogeneidade das variâncias, seguindo com o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos resíduos e então a Análise de Variância (ANOVA). Quando esta rejeitou a hipótese de igualdade, foi realizado o teste *Tukey*, visando localizar onde, propriamente, a diferença reside, sendo este, entre os testes de *post hoc*, o mais rigoroso. Quando não houve homogeneidade das variâncias ou quando os resíduos não foram normais, foi realizado a transformação dos dados por Box-Cox.

Na análise das propriedades físicas os dados não atenderam os pressupostos da Análise de Variância, sendo assim, foram avaliados de acordo o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, este teste compara as medianas de dois ou mais grupos, seguido então, do teste *post hoc* de Dunn, com ajuste do *P-value* por Bonferroni. Por não haver relação com a média, esses resultados não devem apresentar o coeficiente de variação e sim a amplitude interquartil dos dados.

Toda a análise estatística foi efetuada através do *software* RStudio, versão 4.1.0 (2021-05-18), sendo todos os testes aplicados com 95% de confiabilidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DENDROMETRIA E VOLUMETRIA

As características dendrométricas, os volumes e os incrementos entre os fatores dos tratamentos utilizadas nesta pesquisa estão apresentadas na Tabela 3. Em todas as análises não foi verificada diferença estatística pelo Teste de *Tukey* ao nível de 5% de confiança, sendo, portanto, estas letras ausentes na Tabela 3, pois de acordo com o teste F, as médias de cada fator foram estatisticamente iguais, implicando em interação não significativa.

É possível observar que em relação ao material genético, os indivíduos clonais apresentam valores médios superiores aos indivíduos seminais, assim todas as variáveis derivadas refletem a condição. Esse comportamento era esperado, visto que segundo Lima et al. (2007) e Talgatti et al. (2020) um dos objetivos dos plantios clonais é um maior incremento nos indivíduos.

Com relação à fertilização, a convencional proporcionou um melhor desempenho, em todas as variáveis, seguida da fertilização de liberação lenta, e por fim, os tratamentos que não incluíam nenhuma fertilização, os denominados testemunhas. Estes resultados expressam a atuação dos fertilizantes, assim, tanto o convencional quanto o de liberação lenta apresentaram um papel fundamental, provendo nutrientes que proporcionaram a superioridade observada, incrementando os fustes desses indivíduos, observado também por De Lima e Garcia (2011).

Portanto, essa análise enfatiza os ganhos em volume utilizando mudas de origem clonal e a aplicação de fertilizantes. Porém, ressalta-se que o uso de fertilização de liberação lenta implica em maiores custos por quilograma, e o uso da fertilização convencional, implica em maiores custos operacionais, sendo assim, imprescindível uma análise detalhada do fluxo de caixa nas fases de investimento e manutenção, em função da mão de obra local e do custo dos insumos na região, apesar dos resultados expostos.

Nas variáveis DAPc/c e IMAvcoms/c é possível observar o valor mínimo e máximo dos fatores, sendo notável a proximidade da amplitude dessa última variável entre cada efeito, justificando de certa forma a não significância das interações de

todas as variáveis apresentadas, pois o volume apresenta forte relação biológica com o diâmetro.

TABELA 3 - VALORES MÉDIOS DENDROMÉTRICOS, VOLUMETRIA E INCREMENTOS DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES ESTUDADOS

Fator Material Genético	Ht (m)	Hc (m)	DAPc/c (cm)		DAPs/c (cm)	IMAds/c (cm/ano)	Vcomc/c (m <sup>2</sup> )	Vcoms/c (m <sup>3</sup> )	IMAvicoms/c (m <sup>3</sup> /ind/ano)	IMAvcoms/c (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Amplitude IMAvcoms/c (m <sup>3</sup> /ha/ano)	
			mín	máx							mín	máx
Clonal	26,06	21,56	17,27	14,87	14,87	1,57	0,2684	0,2060	0,0217	36,09	36,09	
Seminal	22,62	17,51	11,93	22,75	12,57	1,32	0,1864	0,1368	0,0144	24,01	11,77	71,63
			9,90	22,70							4,84	61,89
<b>Fator Fertilização</b>												
Convencional	25,50	21,21	17,76	15,12	15,12	1,59	0,2777	0,2128	0,0224	37,33	37,33	
Lenta	24,05	19,46	13,84	22,75	13,96	1,47	0,2395	0,1773	0,0187	31,11	16,54	71,63
			11,65	22,12							8,68	64,81
Testemunha	23,50	17,94	14,37	12,10	12,10	1,27	0,1648	0,1238	0,0130	21,72	21,72	
CV	18,1%	26,5%	21,1%	24,4%	24,4%	24,44%	58,4%	60,17%	60,23%	60,23%	60,23%	Média 52,19

Ht, Altura Total; Hc, Altura Comercial; DAPc/c, Diâmetro na Altura do Peito com casca; IMAds/c, Incremento Médio Anual em diâmetro sem casca; Vcomc/c, Volume médio comercial com casca; Vcoms/c, Volume médio comercial sem casca; IMAvicoms/c, Incremento Médio Anual em volume individual comercial sem casca; IMAVcoms/c, Incremento Médio Anual do volume comercial sem casca por hectare; mín, mínimo diâmetro com casca das repetições por condição do fator; máx, máximo diâmetro com casca das repetições por condição do fator; CV, Coeficiente de Variação.

FONTE: A Autora (2022).

Em comparação com a literatura, Dobner Jr e Huss (2019) verificaram em indivíduos dominantes de *E. dunnii* plantados em Santa Catarina, com origem seminal e fertilizados com 240 kg/ha NPK (5-20-10) que quando as árvores tinham em torno de 8 anos, os 100 indivíduos dominantes em todas as variantes de desbaste cresciam em média aproximadamente 2 cm/ano, destacando o enorme potencial de crescimento em idades precoces.

Sabendo que o método de seleção das árvores desta pesquisa não foi pelo método de desbaste pelo alto, ou seja, não eram árvores em concorrência direta com as dominantes, os resultados de incremento médio anual do diâmetro estão plausíveis.

Serpe et al. (2018), estudando os efeitos de diferentes dosagens de adubação no crescimento inicial de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage, espécie que também apresenta tolerância aos invernos mais rigorosos, encontraram no plantio de 6 anos de idade, valores médios de DAP e altura total, respectivamente, variando entre 11,6 cm e 17 metros, para tratamento sem nenhuma dosagem de adubo e 15,3 cm e 19,8 metros para o tratamento com as maiores dosagens de adubos. Em função da idade superior, os valores mencionados são relativamente proporcionais aos do presente trabalho, ainda que o *E. dunnii* tenha uma tendência de apresentar maiores alturas totais, quando comparados com o *E. benthamii*.

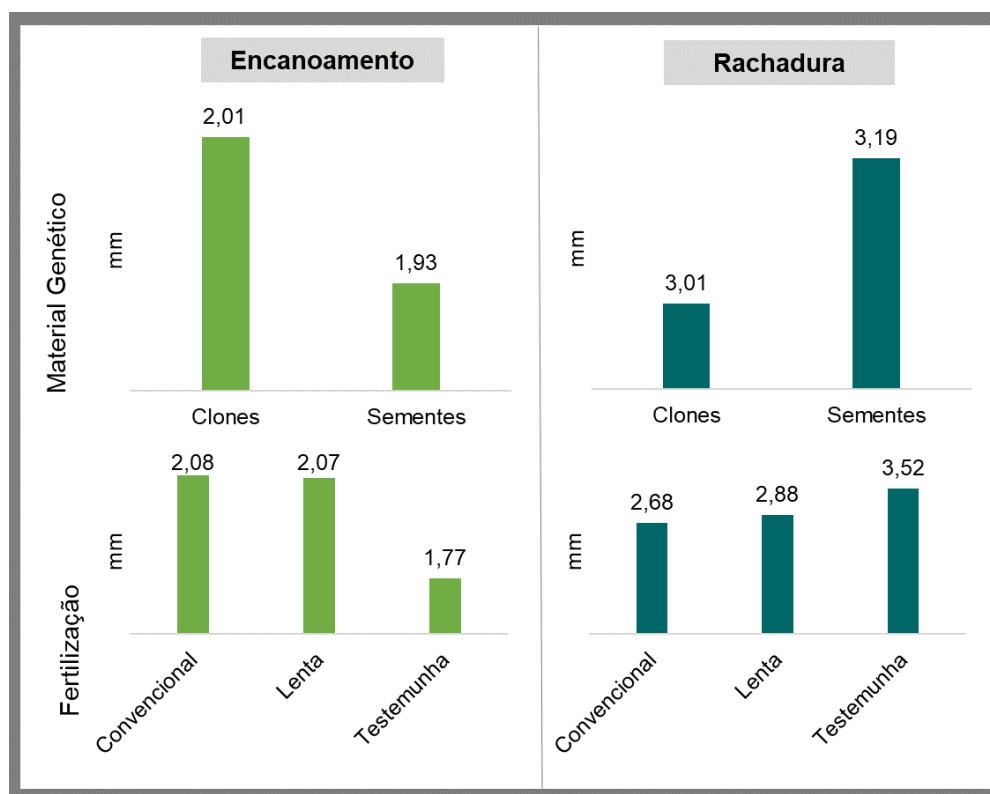
Essa tendência é corroborada por Ferraz et al. (2020) que encontraram para *E. dunnii* de 4 anos de idade, entre 4 indivíduos plantados no município de Encruzilhada do Sul (RS), os valores médios de 15,073 centímetros para o DAP; 18,325 metros para altura total; volume de 0,158 m<sup>3</sup>, e um IMA de 47,263 m<sup>3</sup>/ha/ano. Embora a produtividade alta, a amplitude encontrada também foi bastante elevada, de 53,360 m<sup>3</sup>/ha/ano com IMA mínimo e máximo, de 17,34 e 70,70 m<sup>3</sup>/ha/ano.

Essa produtividade alta e com grande amplitude, se relaciona com os encontrados nesta pesquisa, onde a amplitude geral do IMA foi de 4,84 até 71,63 m<sup>3</sup>/ha/ano, porém a amplitude média geral foi de 52,19 m<sup>3</sup>/ha/ano. Essa alta amplitude é justificada pelos extremos dos tratamentos, ou seja, materiais clonais e fertilizados/ materiais seminais sem fertilização.

## 4.2 QUALIDADE GERAL DO MATERIAL

Visando descrever a qualidade geral do material coletado, os gráficos apresentados na Figura 15, permitem a visualização do encanoamento médio e da espessura das rachaduras em milímetros. Esta análise é voltada para a compreensão do comportamento entre os fatores/ tratamentos da pesquisa de maneira geral. Com relação aos resultados, na análise estatística fatorial, não houve diferença estatística significativa, sendo por gráficos, o modo de apresentação escolhido para demonstrar tais parâmetros.

FIGURA 15 – RESULTADOS MÉDIOS DO COMPRIMENTO DO ENCANOAMENTO E DAS RACHADURAS POR FATOR



FONTE: A Autora (2022).

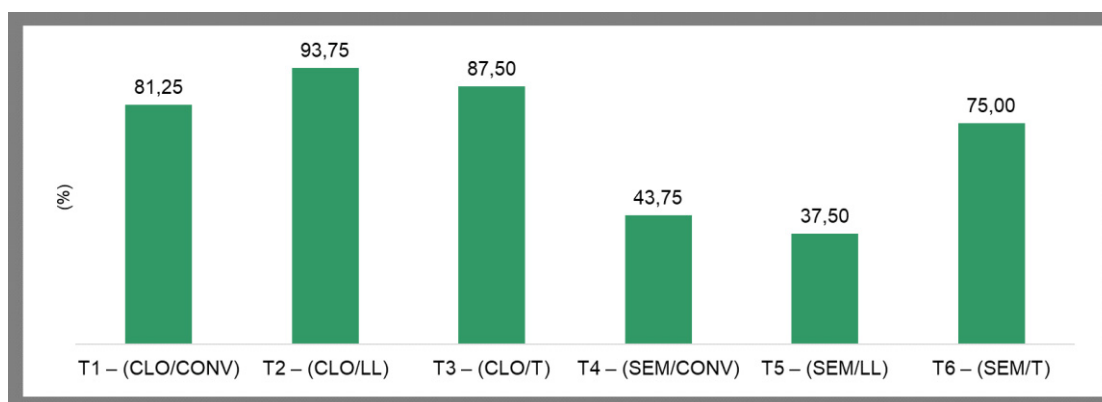
Essa análise é relevante, pois segundo Batista et al. (2016) a madeira de *Eucalyptus dunnii* apresenta diversos defeitos de secagem, sendo estes, diretamente associado com o coeficiente de anisotropia da madeira. Esse conhecimento permite destinar melhor o uso final da madeira, permitindo uma

definição mais objetiva e teoricamente estimar perdas e rendimento e ainda, impedir o uso em certas finalidades.

Com relação ao encanoamento é possível observar que as médias entre os tratamentos ficaram entre 1,77 e 2,08 mm. Rocha e Trugilho (2006) que avaliaram a qualidade de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* de 13 anos de idade em função do método de desdobro e condição de umidade, não observaram encanoamento em toras oriundas de desdobro radial (como na presente pesquisa), porém encontraram um valor médio de 2,88 mm nas tábuas desdobradas pelo método tangencial. Os autores ainda argumentam que dentre os defeitos de empenamento de tábuas o encanoamento é o mais limitante no que diz respeito a usinagem da madeira, pois na maioria das vezes, torna-se inviável o aplainamento das peças.

Mesmo que em mínimos valores, todas as tábuas apresentaram encanoamento, porém algumas tábuas não apresentaram rachaduras, portanto no gráfico da Figura 16 é apresentado os resultados do percentual de tábuas com rachaduras em relação ao conjunto de tratamentos de material genético e fertilizações.

FIGURA 16 – RESULTADOS MÉDIOS EM PORCENTAGEM DE TÁBUAS COM RACHADURAS POR TRATAMENTO



FONTE: A Autora (2022).

Nesta análise é possível identificar o maior percentual de tábuas com a presença de rachaduras no material clonal, independente do fertilizante ou da ausência do mesmo.

O material clonal, que também apresentou as árvores com maior volume apresentou rachaduras logo na primeira semana pós-colheita, e essas rachaduras

foram aproveitadas para o desdobro do material em tábuas, ou seja as toras de maior diâmetro, em sua maioria clonais, que apresentavam rachaduras no sentido radial foram serradas aproveitando as rachaduras já presentes no material e em sequência foi feita a retirada das tábuas de 3 cm de espessura visando retirar o máximo de tábuas possíveis.

Essa explicação é importante pois assim, o material passou por uma eliminação de algumas rachaduras das toras quando foi feito o desdobro em tábuas, corroborando com Rocha e Trugilho (2006), onde na avaliação da qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* em função do método de desdobro e umidade, o sistema de desdobro radial apresentou melhores condições de uso das peças.

As rachaduras ocorreram em todos os tratamentos com mais ou menos intensidade, variando entre 37,50 e 93,75%, sendo outra característica comum do gênero e que prejudica o aproveitamento da madeira.

Este comportamento das rachaduras ocorre por ser uma madeira com grande presença de lenho juvenil, por apresentar diâmetros a altura do peito (DAP's) inferiores ao usual em serrarias, bem como pelas toras retiradas serem mais próximas das base da árvore, pois Trevisan et al. (2014) destacam que o índice médio de rachadura de topo apresenta relação com a altura da retirada da tora na árvore, assim, em árvores centrais no povoamento, é observado um decréscimo no sentido base-topo.

Como justificativas aos resultados apresentados, destacam-se o comprimento das peças (50cm), a secagem natural e branda e ainda o aproveitamento das rachaduras das toras para o desdobro radial, eliminando em parte o percentual e a espessura das rachaduras, evidenciando a ausência de diferença estatística entre os fatores estudados, tanto no encanoamento quanto nas rachaduras.

Portanto, é importante levar em consideração os percentuais de rachaduras e a flecha do encanoamento, para incluir as perdas de material para cada finalidade. Assim, observa-se uma tendência onde, ao reduzir a largura das tábuas em sarrafos pode-se minimizar os efeitos do encanoamento no aplainamento e o desdobro radial minimiza a ocorrência e a espessura das rachaduras.

### 4.3 PROPRIEDADES FÍSICAS

A Tabela 4 apresenta os resultados das medianas das propriedades físicas da madeira, sendo elas, densidade básica, aparente (0%), aparente (12%), contrações (radial, tangencial e volumétrica) e o coeficiente de anisotropia, de modo que a interação material clonal e material seminal sejam avaliadas.

TABELA 4 - RESULTADOS DAS MEDIANAS DAS PROPRIEDADES FÍSICAS POR MATERIAL GENÉTICO

Material Genético	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )			Contração (%)			Coef Anisot.
	Básica	Aparente 0%	Aparente 12%	Rad.	Tang.	Volum.	
Clonal	0,434 (0,04)	0,546 (0,07)	0,592 (0,09)	5,62 (1,58)	16,00 (1,69)	21,00 (2,87)	2,88 (0,66)
Seminal	0,475 (0,06)	0,588 (0,09)	0,653 (0,09)	5,71 (1,48)	15,40 (2,10)	20,30 (2,89)	2,75 (0,87)
p-value*	0,0237	0,0911	0,0963	0,8489	0,0786	0,1437	0,4526
Post-hoc**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

\*p-value para o Teste de Kruskal-Wallis; \*\*Post hoc teste de Dunn com ajuste do p-value por Bonferroni; Valores entre parênteses representam a amplitude interquartil.

FONTE: A Autora (2022).

A densidade básica da madeira é um conhecimento prévio para colagem lateral de suma importância pela relação com a porosidade, que poderá explicar o comportamento da ligação adesiva. Em vista disso, os valores encontrados foram de 0,434 g/cm<sup>3</sup> para a madeira oriunda de clones e de 0,475 g/cm<sup>3</sup> para madeira oriunda de sementes, e essa variável foi a única que apresentou diferença estatística significativa entre as observações da Tabela 4.

A densidade aparente variou entre 0,546 e 0,653 g/cm<sup>3</sup> entre materiais genéticos e entre as diferentes umidades. As contrações radiais, tangenciais e volumétricas apresentaram valores bastante altos e isto se relaciona com o coeficiente anisotrópico encontrado, que foi de 2,88 para os clones e de 2,75 para os seminais, sendo, portanto, madeiras classificadas como muito instáveis.

A observação de valores superiores nas densidades para o material genético seminal e valores inferiores nas contrações e no coeficiente anisotrópico em relação ao material clonal, apresenta relação com o modo de crescimento das árvores, e com os diâmetros e volumes apresentados anteriormente.

Essa relação, de certa forma inversamente proporcional ao volume, ocorre, pois, quanto mais lento é o incremento dos indivíduos durante os anos de seu desenvolvimento, as células apresentarão paredes mais espessas, ocasionando maior massa por volume (densidade). Corroborando com a afirmação de Vidaurre et al. (2020), onde o progredir dos anos traz como consequência à madeira o aumento do comprimento e da espessura da parede das fibras, além do acúmulo de substâncias extratáveis no lume e nas paredes celulares, o que contribui para o incremento nos valores de densidade da madeira de eucalipto.

Com essa maior densidade é esperada uma maior contração ou expansão, porém, contempla-se uma controvérsia dessa afirmação principalmente ao gênero *Eucalyptus*, como aconteceu nos resultados deste trabalho e no de Oliveira et al. (2010), onde as madeiras com densidade mais elevada (*E. cloeziana* e *C. citriodora*) apresentaram resultados de retratibilidade inferiores aos de menor densidade (*E. urophylla* e *E. pilularis*).

A Tabela 5 apresenta os resultados das medianas das propriedades físicas da madeira, sendo elas, densidade básica, aparente (0%), aparente (12%), contrações (radial, tangencial e volumétrica) e o coeficiente de anisotropia, de modo que as interações entre as fertilizações (convencional, liberação lenta e testemunha) sejam avaliadas.

TABELA 5 - RESULTADOS DAS MEDIANAS DAS PROPRIEDADES FÍSICAS POR TRATAMENTO DE FERTILIZAÇÃO

Fertilização	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )			Contração (%)			Coef
	Básica	Aparente 0%	Aparente 12%	Rad.	Tang.	Volum.	Anisot.
Convencional	0,436 (0,08)	0,535 (0,11)	0,648 (0,122)	4,91 (0,98)	15,50 (1,76)	19,40 (2,94)	3,03 (0,44)
Lenta	0,478 (0,06)	0,596 (0,01)	0,612 (0,08)	6,32 (1,83)	15,30 (2,71)	20,60 (3,96)	2,38 (0,64)
Testemunha	0,445 (0,05)	0,561 (0,07)	0,639 (0,09)	5,91 (1,22)	15,90 (1,47)	20,90 (1,80)	2,74 (0,49)
p-value*	0,0024	0,0030	0,6546	0,0008	0,1523	0,0399	0,0016
Post hoc**							
C-L	**	**	ns	**	ns	ns	**
C-T	ns	ns	ns	**	ns	*	*
L-T	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

C-L (Entre Fertilização Convencional e Lenta); C-T (Entre Fertilização Convencional e o Testemunha); L-T (Entre Fertilização Lenta e Testemunha); \*p-value para o Teste de Kruskal-Wallis; \*\*Post-hoc teste de Dunn com ajuste do p-value por Bonferroni; Valores entre parênteses representam a amplitude interquartil.

FONTE: A Autora (2022).

Os resultados encontrados permitem avaliar o efeito da fertilização sobre as propriedades físicas da madeira, assim, observam-se algumas diferenças estatisticamente significativas entre o material que recebeu fertilização convencional, lenta e o sem nenhuma fertilização.

Com relação aos valores encontrados de densidades e contrações, são bastante similares com os da Tabela 4, onde somente a interação do material genético foi avaliada. Destaca-se os resultados da densidade básica observados, onde o efeito da fertilização convencional apresentou a menor densidade (0,436 g/cm<sup>3</sup>), seguido dos testemunha (0,445 g/cm<sup>3</sup>) e da fertilização de liberação lenta (0,478 g/cm<sup>3</sup>).

Este resultado refletiu na estabilidade dimensional, onde os coeficientes de anisotropia encontrados foram, 3,03; 2,74 e 2,38, respectivamente para a fertilização convencional, testemunha e lenta.

Bellote et al. (2007) avaliando a qualidade da madeira de *Pinus taeda* afirmam que os minerais Ca, Mg e o Mn apresentam correlação negativa com a densidade do lenho. Corroborando com os resultados desta pesquisa no tratamento de fertilização convencional, o Ca e o Mg estavam presentes e seus resultados de densidade básica foram inferiores aos demais.

Diante disso, possivelmente a fertilização aplicada em campo alterou o comportamento das propriedades físicas da madeira, bem como, o fato de que a fertilização de liberação lenta gerou uma maior densidade da madeira e uma maior estabilidade dimensional, representada pelo menor valor de coeficiente anisotrópico observado.

O fator anisotrópico é a relação entre a contração tangencial sobre a radial e quanto maior o resultado dessa razão, maior a chance de a madeira sofrer com defeitos como empenamentos e rachaduras durante as variações de umidade, e ainda com tensões na linha de cola, e durante o uso do produto final, especialmente se usado em regiões ou ambientes com elevada variação de umidade relativa, explicam Almeida (2013) e Oliveira (2003). O resultado de um coeficiente anisotrópico inferior no material com fertilização de liberação lenta é interessante, pois, árvores jovens e com crescimento acelerado normalmente apresentam um elevado coeficiente anisotrópico.

Portanto, esse resultado apesar de também ser alto como os demais, pode indicar uma vantagem da fertilização de liberação lenta sobre a convencional. Ressalta-se que não foram encontrados estudos que avaliam a qualidade da madeira, especificamente a movimentação causada pelas alterações higroscópicas, em função do tipo de fertilização utilizado no plantio, sendo essa, uma lacuna em fins comparativos.

Em relação ao encontrado na literatura compara-se com os resultados gerais das Tabelas 4 e 5, tem-se que, Iwakiri et al. (2021) em pesquisa com *Eucalyptus badjensis*, espécie, também, com potencial para plantio nas regiões mais frias do Brasil e produção de EGP, encontraram resultados médios de densidade básica ( $0,475 \text{ g/cm}^3$ ), densidade aparente ( $0,585 \text{ g/cm}^3$ ), contração volumétrica (16,11%) e coeficiente anisotrópico (2,35).

Em comparação com *Pinus taeda*, espécie altamente comercial na Região Sul do Brasil para diversas finalidades incluindo a produção de EGP, Lau (2017) encontrou resultados médios de densidade básica de  $0,37 \text{ g/cm}^3$ , densidade aparente a 0% de umidade de  $0,41 \text{ g/cm}^3$ , densidade aparente a 15% de umidade de  $0,51 \text{ g/cm}^3$ , contração radial, tangencial e volumétrica, respectivamente, 2,83; 6,07 e 8,90 e coeficiente anisotrópico igual a 2,43.

Talgatti et al. (2020) encontraram para as madeiras de clones de *Eucalyptus grandis* e de híbridos da espécie com outras do gênero, com 7 anos de idade, valores médios de densidade básica no intervalo de  $0,393$  a  $0,510 \text{ g/cm}^3$ .

#### 4.4 PROPRIEDADES QUÍMICAS

A Tabela 6 reporta os resultados médios das propriedades químicas da madeira de *Eucalyptus dunnii* e as interações entre os fatores dos tratamentos.

TABELA 6 - RESULTADOS MÉDIOS DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS - DESDOBRAMENTO DAS INTERAÇÕES FERTILIZAÇÃO X MATERIAL GENÉTICO

	Extrativos totais (%)			pH (2h)			pH (24h)			Cinzas (%)			
	Clonal	Seminal	F	p	Clonal	Seminal	F	p	Clonal	Seminal	F	p	*
Convencional	3,68 (6,68)	5,81 (3,02)	333,202	0,0000	4,98 (0,10)	4,98 (0,20)	0,0889	0,7684	4,96 (0,48)	4,94 (0,25)	0,8248	0,736	0,45 (7,94)
	bB	aA			aAB	aC			aA	aB			A
Lenta	4,06 (2,61)	5,66 (1,59)	233,8417	0,0000	4,99 (0,17)	5,00 (0,38)	3,4830	0,0754	4,96 (0,50)	4,95 (0,18)	1,6893	0,2072	0,40 (3,37)
	bA	aA			aA	aB			aA	aB			B
Testemunha	3,99 (2,42)	5,13 (4,47)	119,3070	0,0000	4,96 (0,17)	5,12 (0,25)	454,9273	0,0000	4,92 (0,46)	5,03 (0,36)	85,7564	0,0000	0,33 (8,25)
	bA	aB			bB	aA			bB	aA			C
F	6,4277	21,9843			8,2024	192,9278			7,2359	32,5551			44,480
p	0,0063	0,0000			0,0022	0,0000			0,0038	0,0000			0,0000

FONTE: A Autora (2022).

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 95% de confiabilidade; Sendo: minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas. Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação em percentual; \*Cinzas não apresentou interação entre os fatores, e o material genético não foi significativo, então somente a fertilização é apresentada.

Com relação aos extrativos totais, a madeira oriunda de material seminal apresenta maiores percentuais em todos os tratamentos de fertilização em relação aos oriundos de clones. Porém, como no pH, o comportamento entre as fertilizações não manteve o padrão entre clones e sementes.

De modo geral é observado um valor médio de extrativos totais variando entre 3,68 e 5,81% para a madeira nas diferentes condições de material genético e fertilizações. Este resultado está acima do encontrado por Trianoski et al. (2020) para *Eucalyptus dunnii* de 1,71%, porém, deve-se levar em consideração outros fatores que influenciam este resultado, como apresentado por Vidaurre et al. (2020), pois árvores mais jovens tendem a apresentar menores teores de extrativos, o que está relacionado diretamente às mudanças fisiológicas durante a formação do cerne e pode ainda, ser dependente do material genético e do local de crescimento da árvore.

O pH medido 2 horas após a extração, apresentou valores entre 4,96 e 5,12 nas diferentes condições de estudo. Entre o material clonal e seminal observou-se diferença estatística significativa quando não foi aplicada fertilização (testemunha).

Isto ocorreu do mesmo modo no pH medido 24 horas após a extração, porém este variou entre 4,92 e 5,03 nas diferentes condições de estudo. Assim em todos os casos, após 24 horas houve um decréscimo do pH, evidenciando uma maior acidez possivelmente causada pelo maior tempo da serragem em imersão.

Além disso, o comportamento entre as fertilizações não se repetiu entre os diferentes materiais genéticos, pois nos seminais a fertilização convencional apresentou os menores valores de pH, seguido da fertilização de liberação lenta e posteriormente a testemunha, já nos clones isso não ocorreu do mesmo modo. Porém essa diferença não apresentou padrão na análise estatística, sendo apenas uma tendência observada.

Pode-se afirmar que os valores encontrados estão dentro do esperado para a madeira do gênero de acordo com a literatura, como os valores médios de pH encontrados por Trianoski et al. (2020), correspondentes para *E. benthamii* (4,34), *E. dunnii* (4,77), *E. grandis* (4,45), *E. saligna* (4,19) e *E. urophylla* (4,22).

Os resultados das cinzas da madeira, não diferiram estatisticamente entre

clones e sementes de maneira significativa, porém observou-se o contrário na interação fertilização, onde o percentual encontrado para fertilização convencional foi o maior (0,45%), seguido da fertilização de liberação lenta (0,40%) e o tratamento testemunha (0,33%), sendo estes estatisticamente diferentes entre si pelo teste de F.

Os valores encontrados estão dentro da variação entre 0,2 e 0,9% do peso de matéria seca das madeiras de clima temperado, e ainda estão próximas aos valores encontrados na literatura por Giesel et al. (2020) para *Pinus taeda* (0,16 e 0,47%) e por Barreiros et al. (2007) para *Eucalyptus grandis* (~0,26%), espécies mais utilizadas para a produção dos painéis EGP.

Barreiros et al. (2007) observaram que o aumento no teor de cinzas está relacionado à maior absorção de nutrientes, principalmente o cálcio, em tratamentos com aplicação de lodo de esgoto. Isto é notado de forma expressiva nos resultados apresentados, pois a fertilização convencional apresentava cálcio em sua formulação, no entanto, a julgar pelos resultados presume-se esta relação, porém não foi realizado uma análise que contemple a correlação dos micronutrientes com as propriedades químicas.

O conhecimento das propriedades químicas da madeira bem como a confirmação de que os resultados estão próximos do observado por outros pesquisadores é uma etapa que permite validar certos usos, portanto, pela composição química apresentada é esperado um comportamento satisfatório na colagem da madeira em questão.

De modo geral, comparando esses resultados com os encontrados por Lau (2017) para madeira mais utilizada na fabricação de EGP, *Pinus taeda*, com 19 anos de idade a autora encontrou, para extrativos totais 4,85%, para o pH-2h 4,73 e pH-24h 4,75 e as cinzas representaram 0,25%, portanto existe, de certo modo, alguma tendência para que a madeira do presente estudo apresente bons resultados na colagem.

Na avaliação química da madeira, a propriedade que pode interferir mais no bom desempenho da colagem são os extrativos totais, seguido do pH e por fim as cinzas. Porém a partir dos resultados obtidos nesta etapa não se pode afirmar quem terá, possivelmente o melhor desempenho, pois apesar de o material clonal com

fertilização convencional apresentar o teor de extrativos totais inferior, o material ausente em fertilização independente do material genético, apresenta o menor teor de cinzas da madeira. Ainda assim, com base nos valores apresentados, todos os tratamentos são aceitáveis para a produção de painéis EGP.

#### 4.5 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA COLAGEM

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados médios da resistência da linha de cola ao cisalhamento, o quinto percentil inferior e o percentual de falha da madeira dos corpos-de-prova de *Eucalyptus dunnii* após o pré-tratamento para uso interno (água fria 24 horas) e para uso externo (fervura 6 horas) assim como, dos corpos-de-prova sem pré-tratamento (seco).

TABELA 7 - RESULTADOS MÉDIOS DA RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA AO CISALHAMENTO

	Seco			Água Fria (24h)			Fervura (6h)		
Material Genético	RC (MPa)	5° P (MPa)	FM (%)	RC (MPa)	5° P (MPa)	FM (%)	RC (MPa)	5° P (MPa)	FM (%)
Clonal	8,58 (18,84)	5,62	58	5,51 (15,96)	3,94	42	3,83 (25,99)	2,26	35
Seminal	8,71 (26,37)	4,31	55	5,51 (23,60)	2,92	38	3,28 (46,04)	0,89	15
F	0,3696			0,1996			4,5374		
p	0,5448			0,6562			0,0361		
Fertilização	RC (MPa)	5° P (MPa)	FM (%)	RC (MPa)	5° P (MPa)	FM (%)	RC (MPa)	5° P (MPa)	FM (%)
Convencional	8,97 (20,25)	5,02	50	5,39 (23,62)	3,21	35	3,58 (37,73)	1,65	19
Lenta	9,02 (21,65)	5,62	62	5,62 (15,90)	4,18	45	3,81 (25,05)	2,52	29
Testemunha	7,94 (25,49)	4,25	58	5,52 (20,60)	3,74	41	3,28 (46,45)	0,95	26
F	2,9067			0,1889			1,4237		
p	0,0602			0,8282			0,2466		
Material Genético x Fertilidade									
	Seco			Água Fria (24h)			Fervura (6h)		
F	0,2631			1,1582			4,7762		
p	0,7693			0,3190			0,0108		

RC, Resistência ao cisalhamento; 5°P, quinto percentil inferior; FM, Falha na madeira. Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação em percentual.

FONTE: A Autora (2022).

Em termos de médias absolutas, observa-se tendências claras de maior 5º percentil do material genético clonal em relação ao seminal, e da fertilização de liberação lenta em relação aos demais. Não foi observado diferença estatística significativa nos resultados médios do material sem pré-tratamento (seco) e no pré-tratamento (água fria 24h), tanto na análise dos dados com relação ao material genético, à fertilidade, tampouco à interação destes. Já no caso do pré-tratamento (fervura 6h) houve diferença estatística significativa entre os materiais genéticos e na interação do material genético x fertilidade, portanto foi feito o desdobramento dessa interação, apresentada na Tabela 8.

Para avaliação destes resultados, a norma EN 13353 (2008) estabelece que quando o quinto percentil inferior da tensão de cisalhamento dos corpos-de-prova, for igual ou superior a 2,5 MPa, significa que a espécie em questão possui boa qualidade de colagem lateral e, por conseguinte, aptidão para produção do painel EGP. Caso essa condição não seja atendida, é necessário que a falha na madeira (avaliada após o ensaio de cisalhamento) seja superior a 40%, exceto quando a densidade da madeira for superior a 0,6 g/cm<sup>3</sup>.

TABELA 8 - RESULTADOS MÉDIOS DA RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA AO CISALHAMENTO - DESDOBRAMENTO DAS INTERAÇÕES FERTILIZAÇÃO X MATERIAL GENÉTICO PARA O PRÉ-TRATAMENTO DE FERVURA (6H)

	Clonal			Seminal			F	P
	RC (MPa)	5º P (MPa)	FM (%)	RC (MPa)	5º P (MPa)	FM (%)		
Convencional	3,50 (32,60) Aa	2,07	28	3,66 (42,90) Aa	1,29	11	0,1190	0,7390
Lenta	3,88 (19,24) Aa	2,59	39	3,74 (30,50) Aa	2,41	19	0,958	0,7576
Testemunha	4,11a (24,79) Aa	2,89	38	2,44 (61,77) Bb	0,82	14	13,8749	0,0004
F	0,9355			5,2644			-	-
p	0,3964			0,0070			-	-

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade; Sendo: minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas. Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação em percentual.

FONTE: A Autora (2022).

A discussão será descrita em função das Tabelas 7 e 8, porém cada efeito estudado será apresentado separadamente.

#### 4.5.1 Efeito entre material genético

No ensaio dos corpos-de-prova sem pré-tratamento (seco), observado na Tabela 7, nota-se que o maior valor médio foi o oriundo de material genético seminal 8,71 MPa e o clonal apresentou 8,58 MPa. No pré-tratamento água fria 24 horas, as médias foram idênticas em 5,51 MPa, e tanto no ensaio seco quanto no imerso em água fria, o pré-requisito da EN 13353 (2008) de 2,50 MPa foi atendido, indicando adequação para uso interno.

No pré-tratamento fervura 6 horas, o material genético clonal apresentou o resultado superior, com 3,83 MPa, e o seminal com 3,28 MPa, apresentando diferença estatística significativa entre si, porém não atendem os pré-requisitos exigidos para o resultado do 5º percentil, assim, afirma-se que nas condições de uso externo não é indicado o uso destes painéis, quando avaliados somente pelo material genético, em questão. O desdobramento com relação aos tratamentos de fertilização será discutido posteriormente.

A diferença entre os resultados médios, entre o material seminal e o clonal no pré-tratamento para uso externo, apresentam um ponto de discussão pouco abordado na literatura e que de certo modo só pode ser comparada e especulada em função das análises realizadas nesta pesquisa nos tópicos que envolvem a dendrometria, a volumetria, as propriedades químicas e físicas. Porém, como esta observação não ocorreu no pré-tratamento água fria, é provável que este comportamento não seja uma tendência e sim uma característica pela amostragem realizada. Evidencia-se também, a lacuna existente pela não realização de análises anatômicas, porém, apresenta-se esta, como uma sugestão de estudos futuros.

#### 4.5.2 Efeito entre as diferentes fertilizações

Nos resultados observados na Tabela 7, com relação aos corpos-de-prova sem pré-tratamento (seco), o maior valor médio foi o da fertilização lenta, seguido da convencional e pelo material testemunha. No pré-tratamento água fria 24 horas as

médias não seguiram esta ordem e no ensaio de fervura 6 horas novamente, seguiram. Deste modo, não foi possível observar uma tendência clara.

Outra observação com relação a este pré-tratamento, referente ao uso externo, é de que somente a fertilização lenta atendeu aos pré-requisitos da EN 13353 (2008). Tanto no pré-tratamento seco como o em água fria 24 horas, todas as fertilizações, incluindo a testemunha atendem os requisitos da norma supracitada.

Assim como o material genético clonal visa, entre outros objetivos, um incremento em volume, a aplicação de fertilizantes de certo modo, também. Portanto, na qualidade da colagem da madeira era esperado um comportamento análogo na relação (clonal x seminal) com o comportamento (fertilizado x sem fertilização).

No entanto, apesar das médias da resistência da linha de cola serem superiores nos tratamentos com material genético que recebeu fertilização de liberação lenta, não se pode afirmar essa vantagem pois não foi constatada diferença estatística significativa entre as fertilizações em nenhum pré-tratamento.

Como o comportamento e qualidade da colagem é altamente influenciada pela densidade da madeira, alguns autores já tentaram correlacionar o efeito de diferentes tratamentos de fertilização com a densidade da madeira, o que de certo modo apresentou-se sem um comportamento padrão, ou ainda sem influência.

Em trabalho de Barbosa et al. (2014), estudando o efeito da fertilização na qualidade da madeira de quatro clones de eucalipto, os autores observaram que somente um clone apresentou aumento de densidade em tratamento com fertilização, os demais apresentaram redução desta variável.

Sette Junior et al. (2014) avaliando as alterações na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* causadas pela adubação mineral, notaram que as árvores que receberam aplicação de potássio e sódio não sofreram alterações significativas na densidade aparente média do lenho.

#### 4.5.3 Efeito da interação material genético x fertilizações

Foi constatado diferença estatística significativa dessa interação somente no pré-tratamento de uso externo (fervura 6 horas), portanto, após o desdobramento nos resultados da Tabela 8, é possível concluir que o material oriundo de clones tanto o com fertilização de liberação lenta, quanto o sem fertilização (testemunha), atenderam os pré-requisitos da EN 13353 (2008), porém os demais não.

Outro fato é a inferioridade da resistência da linha de cola no material oriundo de semente e sem fertilização, o qual apresentou o menor resultado em relação ao material genético e aos demais fertilizantes testados, apresentando diferença estatística significativa na análise da interação.

Ainda assim, os resultados são coerentes e permitem o uso dessa madeira para aplicações exteriores com proteção, garantindo sua durabilidade e seu desempenho, e ainda, permitindo o uso de um produto de maior valor agregado, oriundo de árvores ainda jovens, para uso em serrarias e outros fins tecnológicos, onde a qualidade da madeira serrada é essencial.

Por fim, os resultados das Tabelas 7 e 8 se aproximam aos de trabalhos recentes com outras espécies do gênero *Eucalyptus* spp. e com o *Pinus taeda*.

Sobre colagem de *Eucalyptus* spp. com adesivo EPI, França et al. (2020) obtiveram para o pré-tratamento seco os valores entre 8,45 e 12,77 MPa e para o pré-tratamento úmido, valores entre 5,96 e 8,84 MPa, utilizando madeiras com 15 anos de idade.

Os valores médios para os resultados do cisalhamento da linha de cola encontrados por Iwakiri et al. (2021) a partir de *Eucalyptus badjensis* com 13 anos de idade, utilizando adesivo EPI com gramatura de 180 g/m<sup>2</sup> e pressão de 1 MPa, foi de 11,58 MPa para o ensaio seco e para 4,57 MPa para o ensaio de imersão em água por 24h.

Em relação ao *Pinus taeda* e colagem com EPI, Lau (2017) encontrou resultados médios da resistência da linha de cola ao cisalhamento de 5,31 MPa (seco); 3,42 MPa (água fria 24 horas) e 2,31 MPa (fervura 6 horas), e Lopes et al. (2013) encontraram 8,15 MPa e 3,24 MPa, respectivamente para ensaio seco e úmido.

## 5 CONCLUSÕES

Após as análises efetuadas e os resultados discutidos é possível concluir com esta pesquisa:

- A madeira de *Eucalyptus dunnii*, oriunda de material genético clonal e fertilizado apresentou em termos de médias, resultados dendrométricos e volumétricos superiores aos seminais não fertilizados, porém não houve diferença estatística significativa nas análises.
- Em relação as propriedades físicas, a madeira apresentou densidade média e um alto coeficiente anisotrópico. O material clonal apresentou a menor densidade básica. Em relação ao coeficiente anisotrópico, o material com fertilização lenta, apresentou-se mais estável.
- A composição química do material foi influenciada pela fertilização em todas as análises, em destaque nas cinzas. Já com relação ao material genético, as cinzas não foram influenciadas, mas os extrativos totais e o pH apresentaram-se mais elevados no material seminal.
- Os resultados dos ensaios de cisalhamento da linha de cola, apresentaram pouca influência do material genético e da aplicação de fertilizante, sendo notório seu bom desempenho, satisfazendo o requisito da norma técnica EN 13353 (2008), para o 5º percentil inferior para uso interior.
- Para uso externo, o material seminal, independente do tratamento de fertilização, não atendeu a norma EN 13353 (2008), mas o clonal, de modo geral, apresentou condições de uso exterior satisfatórias nos tratamentos de fertilização lenta e no sem fertilização (testemunha).
- É possível afirmar que o tratamento com maior aptidão para produção de painéis EGP foi o que englobou árvores clonais e que receberam fertilização de liberação lenta.
- É possível agregar valor à madeira jovem (9,5 anos) de *Eucalyptus dunnii*, incomum em serrarias, a partir da produção de painéis EGP.

## 6 RECOMENDAÇÕES GERAIS

- Para estudos futuros é interessante realizar análises anatômicas considerando os fatores desta pesquisa.
- Em relação à opção entre clones e sementes, ou ainda, qual fertilização utilizar deve-se levar em consideração, principalmente os preços de mercado e os usos múltiplos das florestas de eucalipto, priorizando a viabilidade técnico-econômica.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília, 2013.
- ALMEIDA, N. F. DE; MORI, F. A.; GOULART, S. L.; MENDES, L. M. Estudo da reatividade de taninos de folhas e cascas de barbatimão *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 401–408, 2010.
- ALMEIDA, V. C. **Avaliação do potencial de uso de resíduos de madeira tropical para produção de painéis colados lateralmente - EGP**, 123 f. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- ANGELO, A. C.; PINTO, A. F.; SOUZA, K. K. F. DE. Projeto Arboreto: Ensino, pesquisa e extensão florestal. **Los Bosques y el Futuro**. Consolidando un vínculo permanente en la educación forestal. Santiago del Estero, Argentina. 2018. p.265–274.
- ASSIS, T. F. DE; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. **Melhoramento Genético do Eucalipto**. In: Silvicultura do Eucalipto no Brasil, Santa Maria, 2015, p. 225-247.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Estudo Setorial 2013 – Ano Base 2012**. Curitiba, 2013.
- AUSTRALIAN BUREAU OF AGRICULTURAL AND RESOURCE ECONOMICS AND SCIENCES (ABARES). **Australian forest profiles: Eucalypt**. . p.5, 2019. Canberra. Disponível em: [agriculture.gov.au/abares/forestsaustralia](http://agriculture.gov.au/abares/forestsaustralia)
- BARBIRATO, G. H. A.; JUNIOR, W. E. L.; HELLMEISTER, V.; PAVESI, M.; FIORELLI, J. OSB panels with balsa wood waste and castor oil polyurethane resin. **Waste and Biomass Valorization**, v. 11, n. 2, p. 743–751, 2020. Springer Netherlands. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12649-018-0474-8>
- BARBOSA, B. M.; COLODETTE, J. L.; CABRAL, C. P. T.; GOMES, F. J. B.; SILVA, V. L. Efeito da fertilização na qualidade da madeira de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 42, n. 101, p. 29–39, 2014. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr101/cap03.pdf>.
- BARBOSA, L. DE J.; SOUSA, W. C. S. **Agrupamento de espécies amazônicas por meio de características tecnológicas da madeira**, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas, 2018.
- BARREIROS, R. M.; GONÇALVES, J. L. D. M.; SANSÍGOLO, C. A.; POGGIANI, F.

Modificações na produtividade e nas características físicas e químicas da madeira de *Eucalyptus grandis* causadas pela adubação com lodo de esgoto tratado. **Revista Arvore**, v. 31, n. 1, p. 103–111, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000100012>.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; DA ROCHA, M. P.; BATISTA, T. R. Ensaio de taxa de secagem e escore de defeitos para a predição da qualidade da secagem convencional da madeira de *Eucalyptus* sp. - Parte 2. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 135–141, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.046613>

BAZANI, J. H.; BATISTUZZO, G. Z. B.; ZUCON, A. R. S.; et al. Qualidade Silvicultural: a fertilização de base e sua influência no desenvolvimento inicial de plantações de eucalipto. **Série Técnica IPEF**, v. 24, n. 45, p. 11–20, 2016. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr45/st45-cap02.pdf>

BELLOTE, A. F. J.; FILHO, M. T.; DEDECEK, R. A. Dendronutrição como ferramenta para avaliação da produtividade e da qualidade da madeira de *Pinus taeda*. **Pesq. Flor. bras.**, v. 54, n. 1, p. 85–95, 2007.

BELTRAME, R.; LAZAROTTO, M.; HASELEIN, C. R.; et al. Determinação das deformações residuais longitudinais decorrentes das tensões de crescimento em *Eucalyptus* spp. **Ciencia Florestal**, v. 22, n. 2, p. 343–351, 2012.

BILA, N. F. **Avaliação da qualidade de juntas coladas de seis espécies de madeiras tropicais da Amazônia**. 2014. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BILA, N. F.; IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; PRATA, J. G. Avaliação da qualidade de juntas coladas de seis espécies de madeiras tropicais da Amazônia. **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 455–464, 2016.

BNDES. **Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas**. n 27 ed. Rio de Janeiro, 2008.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. Sao Paulo: NOBEL, 1991.

CARVALHO, A.M.; LAHR, F.A.R.; BORTOLETTO JÚNIOR., G. Use of Brazilian eucalyptus to produce LVL panels. **Forest Products Journal**, v. 54, n. 11, p. 61–64, 2004.

CASTRO, C. A. DE O.; RESENDE, R. T.; BHERING, L. L.; CRUZ, C. D. Breve histórico do melhoramento genético do eucalipto no Brasil sob a ótica dos avanços biométricos. **Ciencia Rural**, v. 46, n. 9, p. 1585–1593, 2016.

CELESTINO, V. R. DE B. **Estudo do comportamento físico e mecânico de painéis aglomerados fabricados com partículas de *Tectona grandis* e *Corymbia citriodora***, 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista, 2020.

CHAGAS, S. F.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. DE C.; CARVALHO, A. M. M. L. Properties of teakwood of different ages coming from thinning. **Ciência da Madeira**, v. 5, n. 2, p. 138–150, 2014.

CHEPAK, M. F. DE A. Atlas Geográfico do Município de Pinhais, 2008.

CIPRIANI, H. N.; VIEIRA, A. H.; ROCHA, R. B.; et al. Cultivo do eucalipto para madeira em Rondônia. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa**, v. Sistemas d, n. ISSN 0113-1668, p. 85, 2015.

DANAWADE, B. A. Effect of finger joint on flexural strength of teak wood. **International Journal of Engineering and Technology**, v. 5, n. 6, p. 4929–4937, 2014.

DARRIBA, A. F. El Género *Eucalyptus* (Myrtaceae) en Galicia: Claves y descripción. **NACC: Nova acta científica compostelana. Biología**, v. 23, n. 23, p. 3, 2016.

DIAS JÚNIOR, A. F.; SANTOS, P. V.; PACE, J. H. C.; CARVALHO, A. M.; LATORRACA, J. V. F. Caracterização da Madeira de Quatro Espécies Florestais para Uso em Moveleira. **Revista Ciência da Madeira - RCM**, v. 4, n. 1, p. 93–107, 2013.

DILIK, T.; ERDINLER, E. S.; KURTOGLU, A. Edge glued wood panel technology and an assessment on the development of edge glued wood panel industry. **American Journal of Applied Sciences**, v. 9, n. 10, p. 1625–1635, 2012.

DITTMANN, R. L.; SOUZA, J. T.; TALGATTI, M.; BALDIN, T.; MENEZES, W. M. Métodos de empilhamento e qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* e *Araucaria angustifolia* após secagem ao ar livre. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16, n. 2, p. 260–264, 2017.

DOBNER JR, M. Efeito da cobertura de *Pinus taeda* L. na proteção contra geadas e no crescimento de plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/16287>

DOBNER JR, M.; HUSS, J. Crown thinning on *Eucalyptus dunnii* stands for saw- and veneer logs in southern Brazil. **New Forests**, v. 50, n. 3, p. 361–375, 2019. Springer Netherlands. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-018-9661-5>.

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

DUTRA, Tiago Reis. **Sessenta anos de fertilização do eucalipto no Brasil**. 2020. 132 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020.

EISFELD, R. DE L. **Pesquisa, legislação, plantio e manejo de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze: perspectivas e soluções**, 2020. Tese (Doutorado

em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/69024>.

EUROPEAN STANDARD - **EN 13353** Solid Wood Panels (SWP). Requirements. Bruxelas, 2008.

EUROPEAN STANDARD - **EN 13354** Solid Wood Panels (SWP). Bonding quality - Test method. Bruxelas, 2008.

EUROPEAN STANDARD - **EN 314-1**. Plywood - Bonding quality - Part 1 -Test methods, 2004.

EUROPEAN STANDARD - **EN 326-1**. Wood-based panels - Sampling, cutting and inspection. Part 1: Sampling and cutting of test pieces and expression of test results, 2002.

ENDO, C.; TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S. Produção de EGP com diferentes adesivos PVAc e sistemas de prensagem. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1–9, 2017.

ESPINOZA, O.; TRUJILLO, V. R.; FERNANDA, M.; MALLO, L.; BUEHLMANN, U. Cross-Laminated Timber: Status and Research Needs in Europe. **Bioresources**, v. 11, p. 281–295, 2016.

FERRAZ, A. G.; CRUZ, C. D.; DOS SANTOS, G. A.; et al. Potential of a population of *Eucalyptus benthamii* based on growth and technological characteristics of wood. **Euphytica**, v. 216, n. 6, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-020-02628-4>

FERREIRA, D. H. A. A. D.; LELES, P. S. DOS S.; NOLASCO DE OLIVEIRA NETO, S.; et al. Crescimento e Produção de Eucalipto na Região do Médio Paraíba do Sul, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. e00131315, 2017.

FINGER, C. A. G.; ZANON, M. L. B.; SCHNEIDER, P. R.; KLEIN, J. E. M.; COELHO, M. C. B. Funções de forma para *Eucalyptus dunnii* Maiden implantados na depressão central e encosta do sudoeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 25, n. 3, p. 399–403, 1995.

FLORES, T. B.; ÁLVARES, C. A.; SOUZA, V. C.; STAPE, J. L. **Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação**. Piracicaba: IPEF, 2016.

FONTE, A. P. N.; TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; ANJOS, R. A. M. DOS. Propriedades físicas e químicas da madeira de cerne e alburno de *Cryptomeria japonica*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 3, p. 277–285, 2017.

FRAGOSO, A. M.; MORI, E. S.; MORAES, M. L. T. Variação genética para os teores dos macro e micronutrientes após aplicação de 2,4-D em progênies de *Eucalyptus grandis*. **Revista do Instituto Florestal**, v. 26, n. 2, p. 161–167, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rif.2014.012>.

FRANÇA, M. C.; ZEN, L. R.; JUIZO, C. G. F.; et al. Production of joints of *Eucalyptus* sp. to obtain Edge Glued Panels. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 4, p. 1–6, 2020.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087-floram-2018-0004>.

FRIHART, C. R. **Wood adhesion and adhesives**. Handbook of wood chemistry and wood composites ROWELL, R. M.(2ed). New York, 2012.

FRIHART, C. R.; HUNT, C. G. Adhesives with wood materials : bond formation and performance. In: F. P. Laboratory (Org.); **Wood handbook: wood as an engineering material**. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory Centennial ed., p.10.1-10.24, 2010.

FRIHART, C. R.; WIEDENHOEFT, A. C.; JAKES, J. E. Wood bonding in the furniture industry and the effect of changing wood supply. **Forest Products Laboratory**, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228775753>

GASPAR, F.; CRUZ, H.; NUNES, L.; GOMES, A. Fabrico de estruturas lameladas-coladas com madeira de Pinho bravo tratada em autoclave. **Proceedings do 5º Congresso Florestal**, , n. May 2014, p. 11, 2005.

GATTO, A.; BUSSINGUER, A. P.; RIBEIRO, F. C.; et al. Ciclagem e balanço de nutrientes no sistema solo-planta em um plantio de *Eucalyptus* sp., no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo [online]**, v. 38, n. 3, p. 879–887, 2014.

GIESEL, G.; BRAND, M. A.; MILAGRES, F. R.; DAMASIO, R. A. P. Effect of the log storage of *Pinus taeda* L. on the quality of kraft pulp. **Floresta**, v. 50, n. 4, p. 1844, 2020.

GONÇALVES, J. L. DE M.; ALVARES, C. A.; HIGA, A. R.; et al. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 6–27, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.030>

GONÇALVES, M. T. Plantações e política florestal no Brasil : análise da formação e da institucionalização de demandas (1960-2000). Sociedade Brasileira de Economia, Administracao e Sociologia Rural (SOBER). **Anais...** Fortaleza, 2006. p.1–20. Disponível em: <http://purl.umn.edu/148612>

GREBNER, D. L.; BETTINGER, P.; SIRY, J. P. Chapter 5 - Wildlife Habitat Relationships. In: D. L. Grebner; P. Bettinger; J. P. Siry (Orgs.); **Introduction to Forestry and Natural Resources**. p.125–146, 2013. San Diego: Academic Press. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386901-2.00005-1>

HABIPI, B.; AJDINAJ, D. Wood finger-joint strength as function of finger length and slope positioning of tips. **International Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 2, n. 12, p. 128–132, 2015.

HARDNER, C. M.; HEALEY, A. L.; DOWNES, G.; HERBERLING, M.; GORE, P. L. Improving prediction accuracy and selection of open-pollinated seed-lots in *Eucalyptus dunnii* Maiden using a multivariate mixed model approach. **Annals of Forest Science**, Springer Nature, 2016. p. 1035–1046.

HAZLETT, P. W.; EMILSON, C. E.; MORRIS, D. M.; et al. Effects of harvesting intensity, vegetation control and fertilization on 5–20 year post-harvest N availability in boreal jack pine and black spruce forest soils in northern Ontario, Canada. **Forest Ecology and Management**, v. 497, p. 119483, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119483>

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **IBÁ, FGV/IBRE**, p. 160, 2020.

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **IBÁ, FGV/IBRE**, p. 178, 2021.

IWAKIRI, S., TRIANOSKI, R., STÜPP, A., CABRAL, B. M., & GAYER, J. A. C. A. The use of *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus urophylla* wood in the production of Edge Glued Panels. **Floresta**, v. 49, n. 2, p. 317–324, 2019.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. Curitiba, 2005.

IWAKIRI, S.; SHIMIZU, J.; SILVA, J. DE C.; et al. Produção de painéis de madeira aglomerada de *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 883–887, 2004.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; ZUNTA, R. R.; PEREIRA, G. F.; ROSA, T. S. Avaliação dos efeitos do adesivo, gramatura e pressão na qualidade de painéis EGP de *Eucalyptus badjensis*. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 129, p. 1–11, 2021. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr129/2318-1222-scifor-49-129-e3437.pdf>

JOLY, A. B. **Botânica: Introdução à taxonomia vegetal**. 5<sup>o</sup> ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1979.

SETTE JÚNIOR, C. R.; DEUS JÚNIOR, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; PÁDUA, F. A.; CALIL, F. N.; LACLAU, J. P. Alterações na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* causadas pela adubação mineral. **Cerne**, vol. 20, núm. 2, abril-junio, 2014, p. 251-258 2014. DOI : <http://dx.doi.org/10.1590/01047760.201420021499>

JÜRGENSEN, J. Jacob Jürgensen Forest Products. Disponível em: <https://www.juergensen.de/en/news/laboratory-test-you-get-a-good-sleep-with-our-edge-glued-panels>

LAU, P. C. Produção de painéis de colagem lateral – EGP com madeira de *Populus deltoides*, 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

LEMO, J. A. DOS S.; MENDES, M. C. DA S. J. P. S. M. B. L. C. P. A. C. O.; TEIXEIRA, K. T. Influência do método de propagação na produção e qualidade da madeira de *Tectona grandis*. **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 3, p. 761–765, 2019.

LIMA, C. K. P.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; CARNEIRO, A. DE C. O. Características anatômicas e química da madeira de clones de *Eucalyptus* e sua

influência na colagem. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 123–129, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/744/74413201.pdf>

DE LIMA, I. L.; GARCIA, J. N. Efeito da fertilização em propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Ciencia Florestal**, v. 21, n. 3, p. 599–606, 2011.

LOPES, M. DE C. Espectroscopia no infravermelho próximo aplicada na avaliação de painéis de madeira colados lateralmente, 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/25961>

LOPES, M. DE C.; MUNIZ, G. I. B. DE; MATOS, J. L. M. DE; et al. Resistência da linha de cola de painéis de *Pinus taeda* colados lateralmente com diferentes adesivos. **Cerne**, v. 19, n. 4, p. 613–619, 2013.

LOPES, V. M. Estudo de mercado para o setor brasileiro de produtos de maior valor agregado, com ênfase em molduras de madeira de coníferas, 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Engenharia Industrial Madeireira) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/45683>

LUBE, V. M.; MAZIERO, R.; FRANÇA, L. C. A.; VIADURRE, G. B.; PAULA, E. N. DA S. O. Madeira juvenil x madeira adulta na produção de celulose. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Floresta**, v. 22, n. 1, p. 74–81, 2013.

MAGALHÃES, C. A. DE S.; MORALES, M. M.; REZENDE, F. A.; LANGER, J. Agronomic performance of organomineral phosphate fertilizers in *Eucalyptus* seedlings. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 80–85, 2017.

MALONEY, T. M. The Family of wood composite materials. **Forests Products Journal**, v. 46, n. 2, p. 19–26, 1996.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding: principles in practice**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

MARTINI, A. J. O plantador de eucaliptos: A questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade, 2004. Dissertação (Mestrado em História Social) - Departamento de História da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2004.

MARTINS, S. A.; MENEZZI, C. H. S. DEL; FERRAZ, J. M.; DE SOUZA, M. R. Bonding behavior of *Eucalyptus benthamii* wood to manufacture Edge Glued Panels. **Ciencia y tecnología**, v. 15, n. 1, p. 79–92, 2013.

MELO, R. R. Estabilidade dimensional de compostos de madeira. **Revista Ciência da Madeira - RCM**, v. 4, n. 2, p. 152–175, 2013.

DE MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; DE SOUSA, A. P.; DE CADEMARTORI, P. H. G.; SCHNEID, E. Physical mechanical properties of wood-bamboo particleboard. **Ciencia Rural**, v. 45, n. 1, p. 35–42, 2014.

MÖLLEKEN, R. E.; TRIANOSKI, R.; NETO, S. C.; et al. Evaluation of pressing time in the production of edge glued panel with adhesive polyurethane derived from castor oil. **Applied Adhesion Science**, v. 4, n. 1, p. 1–8, 2016.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da Madeira**. 4a Edição ed. Curitiba: FUPEF, v. 4ª edição, p. 208, 2014.

NASCIMENTO, A. M.; GARCIA, R. A.; LUCIA, R. M. DELLA. Qualidade de adesão de juntas coladas de diferentes espécies comerciais de madeira. **Cerne**, v. 19, n. 4, p. 593–601, 2013.

OLIVEIRA, E. B. DE; JÚNIOR, J. E. P. **O Eucalipto e a Embrapa:quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília: Embrapa Florestas, 2021.

OLIVEIRA, J. T. DA S. J. DE C. S. Variação da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 381–385, 2003.

OLIVEIRA, J. T. DA S.; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 929–936, 2010.

PAES, J. B.; DOS SANTOS, L. L.; DA SILVA, L. F.; et al. Caracterização tecnológica da madeira juvenil de teca (*Tectona grandis*) visando à produção de móveis. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 3, p. 437–442, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1190/119041746017.pdf>

PALMA, H. A. L.; BALLARIN, A. W. Propriedades físicas e mecânicas de painéis LVL de *Eucalyptus grandis*. **Ciencia Florestal**, v. 21, n. 3, p. 557–564, 2011.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. DOS. **Considerações sobre o plantio de *Eucalyptus dunnii* no estado do Paraná**. Colombo, 2005.

PEREIRA, J.; CARVALHO, L.; MARTINS, J. Determinação do tempo de prensagem ótimo de placas de madeira maciça por alta-frequência. **Actas do 5º Congresso Florestal Nacional**, p. 10, 2005.

POUBEL, D. DA S.; GARCIA, R. A.; LATORRACA, J. V. DE F.; CARVALHO, A. M. DE. Estrutura anatômica e propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 2, p. 117–126, 2011. DOI: doi 10.4322/loram.2011.029

PRATA, J. G. **Estudo da viabilidade tecnológica do uso de espécies de pinus tropicais para produção de painéis colados lateralmete (Edge Glued Panels - EGP)**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

PREVEDELLO, J.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; et al. Manejo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em argissolo. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 129–138, 2013.

RAYMOND, C. A.; THOMAS, D. S.; HENSON, M. Predicting pulp yield and pulp productivity of *Eucalyptus dunnii* using acoustic techniques. **Australian Forestry**, v. 73, n. 2, p. 91–97, 2010. Taylor & Francis. DOI: <https://doi.org/10.1080/00049158.2010.10676314>

REIS, C. A. F.; TELLES DOS SANTOS, P. E.; PALUDZYSZYN FILHO, E. Avaliação de clones de eucalipto em Ponta Porã, Mato Grosso do Sul. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p. 263–269, 2014.

RIVER, B. H. Fracture of adhesive-bonded Wood joints. In: M. Dekker (Org.); **Handbook of adhesive technology**. New York, 1994.

ROCHA, M. P. DA; TRUGILHO, P. F. Qualidade de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* em função do método de desdobro e condição de umidade. **Cerne**, v. 12, n. 4 p. 314–321, 2006.

ROLIM, S. G. **Silvicultura e Tecnologia de Espécies da Mata Atlântica** – Belo Horizonte, Editora Rona, p. 160, 2018.

ROSA, D. P.; NAVROSKI, M. C.; DA FONSECA, P. H. T.; et al. Liming and macronutrient on early growth of *Eucalyptus benthamii*. **Ciencia Rural**, v. 51, n. 10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200549>

ROSSA, Ü. B.; ANGELO, A. C.; BOGNOLA, I. A.; WESTPHALEN, D. J.; DE FREITAS MILANI, J. E. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Floresta**, v. 45, n. 1, p. 85–96, 2015.

ROSSA, U. B.; ANGELO, A. C.; NOGUEIRA, A. C.; et al. Fertilização de liberação lenta no crescimento de mudas de paricá em viveiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 75, p. 227–234, 2013.

ROSSA, Ü. B.; ANGELO, A. C.; NOGUEIRA, A. C.; et al. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*. **Revista Floresta**, v. 43, n. 1, p. 93–104, 2013.

SANQUETTA, C. R.; SANTANA, G. M.; SANQUETTA, M. N. I.; OLIVEIRA, T. W. G. DE; DALLA CORTE, A. P. Produção, importação, exportação e consumo aparente de painéis de madeira no Brasil entre 1961 e 2016. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 1, p. 44, 2019.

SANTIAGO, S. B.; GONÇALVES, F. G.; LELIS, R. C. C.; et al. Eucalypts wood glue with natural adhesives. **Revista Materia**, v. 23, n. 3, 2018.

SANTOS, C. S. F. Caracterização de adesivos baseados em dispersões aquosas vinílicas desenvolvimento de métodos de ensaio, 2008. 116 f. Dissertação (Mestrado integrado em Engenharia Química), Universidade Técnica de Lisboa, 2008.

SANTOS, W. A.; GARCIA, R. A. Efeito da qualidade superficial na aderência e durabilidade do verniz em madeiras de eucalipto. **Anais do XI Fórum da Pós-**

**Graduação da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2016.**

SARTO, C.; SANSIGOLO, C. A. Cinética da remoção dos extrativos da madeira de *Eucalyptus grandis* durante polpação Kraft. **Acta Scientiarum - Technology**, v. 32, n. 3, p. 227–235, 2010.

SCIVITTARO, W. B.; OLIVEIRA, R. P. DE; RADMANN, E. B. Doses de fertilizante de liberação lenta na formação do porta- enxerto 'Trifoliata'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 520–523, 2004.

SERENINE JUNIOR, L.; MELO, R. R.; CASTRO, V. G. DE; SOUZA, M. J. C. DE; BATISTA, F. G. Qualidade da madeira juvenil de um híbrido clonal (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* – H13). **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 1, p. 523–527, 2019.

SERPE, E. L. Efeitos de diferentes dosagens de adubação no crescimento inicial de *Eucalyptus benthamii* na região sul do estado do Paraná, 2015. Dissertação (Mestrado em ciências Florestais), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2015.

SERPE, E. L.; MOTTA, A. C. V.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E. Efeitos de diferentes dosagens de adubação no crescimento inicial de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p. 204, 2018.

SHMULSKY, R.; JONES, P. D. **Forest products and wood science: an introduction**. 6° ed. Iowa: Wiley-Blackwel, 2011.

SOARES, B. C. D.; LIMA, J. T.; DA SILVA, J. R. M. Analysing the drying behavior of juvenile and mature *Eucalyptus saligna* wood in drastic drying test for optimal drying schedule. **Maderas: Ciencia y Tecnologia**, v. 18, n. 4, p. 543–554, 2016.

SOUZA, K. K. F. DE. **Efeito da adubação mineral no crescimento e produção de óleo essencial de espécies florestais no primeiro planalto paranaense, Pinhais, PR**, 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

TALGATTI, M.; BALDIN, A. G. DA S. T.; OLIVEIRA, L. H. DE; SANTINI, E. J.; PASA, D. L. Caracterização anatômica de clones comerciais de *Eucalyptus* para a produção de papel. **Biofix Scientific Journal** v.5, n.1 p. 65–70, 2020. DOI: dx.doi.org/10.5380/biofix.v5i1.67625

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 204**: solvent extractives of wood and pulp. Atlanta, 1997.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 211**: ash in wood, pulp, paper and paperboard - combustion at 525°C. Atlanta, 2002.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 252**: pH and electrical conductivity of hot water extracts of pulp, paper,

and paperboard. Atlanta, 2002.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 264**: preparation of wood for chemical analysis. Atlanta, 1997.

TIENNE, D. L. DA C. **Qualidade da adesão de juntas coladas expostas a condições de serviço externo e interno**, 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2006.

TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; DENARDI, L.; GATTO, D. A. Efeito do desbaste nas rachaduras de topo das toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 193–204, 2014.

TRIANOSKI, R. **Avaliação da qualidade da madeira de espécies de pinus tropicais por meio de métodos convencionais e não destrutivos**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; BONDUELLE, G. M. Quality of wood bonded joints of five species of eucalyptus with polyvinyl acetate and resorcinol-formaldehyde adhesives. **Madera y Bosques**, v. 26, n. 3, p. 1–13, 2020. DOI: 10.21829/myb.2020.2632064.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood**. Structure, properties, utilization. Springer, 1991.

VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M. DA; MOULIN, J. C.; CARNEIRO, A. DE C. O. **Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil**. Vitória, 2020.

VIDAURRE, G.; LOMBARDI, L. R.; OLIVEIRA, J. T. DA S.; ARANTES, M. D. C. Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 469–480, 2011.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GABIRA, M. M.; VIEIRA, L. M.; DEGENHARDT, J. **Produção de mudas de eucalipto**. In: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JUNIOR, J. E. (Ed.). O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 22. p.823–857, 2021.

WERNECKE, L. A.; FUMAGALLI; CORSO, J. M. DEL; SILVA, W. V. DA. Processo de internacionalização no setor de produtos de maior valor agregado da indústria madeireira. **Base Revista de Administração e Contabilidade da UNISINOS**, v. 6, p. 299–311, 2009.

WREGGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C. ALMEIDA, I. R. **Atlas climático da região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 2º ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2012.

ZHANG, K.; HU, H.; LI, S.; HE, Y.; GUO, J. Effect of sodium dodecyl sulfate (SDS)

on mechanical performance of polyvinyl-acetate-based emulsion polymer isocyanate.  
**International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 98, p. 102539, 2020. DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2019.102539>.