

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS DE FREDERICO WESTPHALEN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - AGRICULTURA
E AMBIENTE

Tauana de Souza Mangini

**QUALIDADE DAS TORAS E DA MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus*
dunnii Maiden.**

Frederico Westphalen, RS
2024

Tauana de Souza Mangini

QUALIDADE DAS TORAS E DA MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus dunnii* Maiden.

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Rômulo Trevisan

Frederico Westphalen, RS
2024

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Mangini, Tauana de Souza
QUALIDADE DAS TORAS E DA MADEIRA SERRADA DE
Eucalyptus dunnii Maiden / Tauana de Souza Mangini.-
2024.
98 p.; 30 cm

Orientador: Rômulo Trevisan
Coorientador: Elder Eloy
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós
Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, RS, 2024

1. Diâmetros 2. Beneficiamento 3. Desdobro 4. Secagem
ao ar livre I. Trevisan, Rômulo II. Eloy, Elder III.
Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFPEM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, TAUANA DE SOUZA MANGINI, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Tauana de Souza Mangini

QUALIDADE DAS TORAS E DA MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus dunnii* Maiden.

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia.**

Aprovado em 22 de fevereiro de 2024:

Rômulo Trevisan, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Elder Eloy, Dr. (UFSM)
(Coorientador)

Jorge Antonio de Farias, Dr. (UFSM)
(Membro interno)

Silviana Rosso, Dr. (UNIPAMPA)
(Membro externo)

Cristiane Pedrazzi, Dr. (UFSM)
(Suplente/Membro interno)

Frederico Westphalen, RS
2024

AGRADECIMENTOS

Primeiro agradecimento é a Deus por ter me guiado nessa trajetória tão desafiadora, por ter me proporcionado principalmente saúde e força.

Agradeço à Universidade Federal de Santa Maria – campus Frederico Westphalen, por fornecer os recursos e o ambiente propício para a realização deste estudo, assim como toda a ajuda da coordenação e secretaria do PPGAAA e os funcionários da SULCLEAN.

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo auxílio financeiro através da concessão da bolsa de mestrado.

Agradeço ao Dr. Prof. Jorge Antonio de Farias pelo intermédio nesse projeto e a Associação dos Fumicultores do Brasil (AFUBRA) por disponibilizar o material e subsidiar as despesas necessárias. Um agradecimento especial ao funcionário Juarez Pedroso, pela sua dedicação e por nos dar todo o suporte para que este trabalho ocorresse da melhor forma possível. Obrigada aos funcionários que nos auxiliaram nas atividades de campo e a empresa Hass pelo auxílio no carregamento e transporte do material até Frederico Westphalen.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a meu orientador, Dr. Rômulo Trevisan, pela orientação excepcional, paciência e pelo tempo dedicado a este projeto, sua expertise foi fundamental para o desenvolvimento da pesquisa e para a qualidade deste trabalho. Obrigada pelos ensinamentos, parceria, confiança, apoio, conversas e por ter me aceitado mais uma vez como sua orientada.

Agradeço também ao meu coorientador Dr. Elder Eloy, por estar sempre pronto a ajudar e por sempre incentivar a buscar mais um trabalho, obrigada pela avaliação cuidadosa, por todos os ensinamentos, conversas, incentivos e a parceria até aqui, gratidão!

Obrigada ao LTPF pelo acolhimento desde 2017 e pela parceria de sempre.

Gratidão a Luana por me acompanhar desde o início da trajetória acadêmica, obrigada por compartilhar ideias, experiências, artigos, capítulos de livros, congressos, JAI, muitos perrengues, mas também muitas risadas, você foi essencial para que eu chegasse até aqui, obrigada por nunca desistir!

Aos meus amigos Tailine e Yuri, por estarem sempre ao meu lado, por me encorajar ao longo dessa jornada acadêmica e pelos “puxões de orelha” quando necessários. Agradeço ainda a ajuda e apoio da Eduarda, minha irmã do coração, assim como os incentivos do Claiton e ajuda e presença da Lanna em todas as etapas da minha vida. Obrigada Fernanda, Mateus e Ariel, a companhia de vocês fez com que a finaleira desse processo se tornasse mais leve. Sou

grata ainda a Joana Trombetta, pela amizade construída durante esses dois anos e que levarei para a vida.

Por fim, mas não menos importante, agradeço imensamente à minha família, mãe e pai, vocês foram essenciais e esse título é nosso, obrigada por confiarem em mim. E claro, um agradecimento mais que especial ao Bruno por me dar apoio em TODAS as etapas desse projeto, grata em poder compartilhar mais uma fase da minha vida contigo.

Cada contribuição foi fundamental, e estou verdadeiramente agradecida por ter tido a sorte de contar com o apoio de tantas pessoas incríveis ao longo deste caminho. Muito obrigada a todos!

RESUMO

QUALIDADE DAS TORAS E DA MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus dunnii* Maiden.

AUTORA: Tauana de Souza Mangini

ORIENTADOR: Rômulo Trevisan

A madeira é um material que possui características intrínsecas e que vem ganhando espaço no mercado devido a sua ampla aplicação. Entretanto, com um mercado em crescimento, exigente e competitivo é de significativa importância entender o comportamento das propriedades tecnológicas para evidenciar a qualidade da madeira, assegurando características adequadas para cada procedimento que a mesma será submetida. Com isso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade das toras e da madeira serrada de *Eucalyptus dunnii*. Para o desenvolvimento do estudo utilizou-se amostras de *Eucalyptus dunnii* com 23 anos provenientes de um povoamento localizado no município de Rio Pardo-RS, em área pertencente a Associação dos Fumicultores do Brasil (AFUBRA). A partir do inventário florestal, classificou-se o talhão em 4 classes diamétricas (1: 30-40 cm; 2: 40-50 cm; 3: 50-60 cm; 4: 60-70 cm), de onde foram selecionados 5 indivíduos por classe. Posteriormente, as árvores foram abatidas, cubadas e seccionadas em amostras para determinação das massas específicas aparente saturada e básica, de acordo com a NBR 7190-1. De cada árvore retirou-se a primeira e segunda tora com 3 m de comprimento, as quais foram transportadas para o Laboratório de Processamento e Secagem da Madeira da UFSM - campus Frederico Westphalen, para se avaliar os defeitos de tora e serem desdobradas seguindo orientação radial e tangencial. Com a confecção das tábuas, 320 amostras foram avaliadas em função dos defeitos de madeira serrada pré e pós-secagem ao ar livre, assim como a presença de nós. Com base nos resultados, observou-se que as maiores classes diamétricas resultaram em árvores com menores alturas e maiores volumes. Quanto aos defeitos de tora, os índices de rachaduras foram inferiores na primeira tora e na base da mesma; já para o achatamento e conicidade os melhores resultados foram provenientes da segunda tora. A partir da caracterização das massas específicas no sentido base-topo, a básica resultou em uma tendência crescente e apresentou interferência das classes, enquanto a aparente saturada demonstrou um padrão oposto e sem influência das mesmas. Com auxílio da massa específica básica ponderada, a madeira foi classificada como de média densidade. Para os índices de rachaduras de tábuas pré e pós-secagem não houve diferença, mas se identificou uma redução das mesmas com o aumento dos diâmetros. Ao se analisar os empenamentos em relação as classes, a de maior diâmetro obteve os melhores resultados e, para as orientações, as tábuas tangenciais demonstraram maiores intensidades de encurvamento e encanoamento, enquanto as radiais, apresentaram índices mais elevados de rachaduras, nós e maior intensidade de arqueamento. Observou-se ainda, influência das classes nas curvas de secagem ao ar livre, a transição e estabilização da secagem ocorreu em sequência para as classes 2, 1, 3, e 4 e, quanto as orientações as tábuas tangencias secaram mais rapidamente. De maneira geral, conclui-se que a madeira do *Eucalyptus dunnii* tem potencial para ser utilizada na indústria madeireira, porém, necessita de cuidados para se obter um produto com maior qualidade, como a escolha da classe, orientação das peças e secagem dependendo do destino dessa matéria-prima.

Palavras-chave: Diâmetros. Beneficiamento. Desdobro. Secagem ao ar livre.

ABSTRACT

QUALITY OF LONGS AND SAWN TIMBER FROM *Eucalyptus dunnii* Maiden

AUTHORA: Tauana de Souza Mangini

ADVISOR: Rômulo Trevisan

Wood is a material that has intrinsic characteristics and has been gaining ground in the market due to its wide application. However, with a growing, demanding and competitive market, it is of significant importance to understand the behavior of technological properties to highlight the quality of the wood, ensuring adequate characteristics for each procedure that it will be subjected to. Therefore, the present work aims to evaluate the quality of *Eucalyptus dunnii* logs and sawn wood. To develop the study, samples of 23-year-old *Eucalyptus dunnii* were used from a village located in the municipality of Rio Pardo-RS, in an area belonging to the Brazilian Tobacco Growers Association (AFUBRA). From the forest inventory, the plot was classified into 4 diameter classes (1: 30-40 cm; 2: 40-50 cm; 3: 50-60 cm; 4: 60-70 cm), from which 5 were selected. individuals by class. Subsequently, the trees were felled, cubed and sectioned into samples to determine the apparent saturated and basic specific masses, in accordance with NBR 7190-1. The first and second logs measuring 3 m in length were removed from each tree, which were transported to the Wood Processing and Drying Laboratory at UFSM - Frederico Westphalen campus, to evaluate log defects and be unfolded following radial orientation. and tangential. When the boards were made, 320 samples were evaluated based on sawn wood defects pre- and post-air drying, as well as the presence of knots. Based on the results, it was observed that the largest diameter classes resulted in trees with smaller heights and larger volumes. As for log defects, the cracking rates were lower in the first log and its base; As for flattening and conicity, the best results came from the second log. From the characterization of the specific masses in the base-to-top direction, the basic one resulted in a growing trend and showed interference from the classes, while the apparent saturated one demonstrated an opposite pattern without their influence. Using the weighted basic specific mass, the wood was classified as medium density. There was no difference in pre- and post-drying board cracking rates, but a reduction was identified with increasing diameters. When analyzing the warping in relation to the classes, the one with the largest diameter obtained the best results and, for the orientations, the tangential boards demonstrated greater intensities of buckling and bending, while the radial ones, showed higher rates of cracks, knots and greater intensity. of arching. It was also observed the influence of the classes on the outdoor drying curves, the transition and stabilization of drying occurred in sequence for classes 2, 1, 3, and 4 and, regarding the orientations, the tangential boards dried more quickly. In general, it is concluded that *Eucalyptus dunnii* wood has the potential to be used in the wood industry, however, it requires care to obtain a higher quality product, such as choosing the class, orientation of the pieces and drying depending on the destination. of this raw material.

Keywords: Diameters. Processing. Sawing. Air Drying.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de amostragem.....	23
Figura 2. Identificação, embalagem das extremidades e transporte das toras.....	26
Figura 3. Análise das rachaduras de topo.....	27
Figura 4. Confecção das amostras para determinação da massa específica.....	28
Figura 5. Confecção dos corpos de prova e determinação da massa específica.....	29
Figura 6. Classificação das amostras por classe diamétrica e desdobro.....	32
Figura 7. Preparação das amostras controle e confecção da pilha de secagem.....	34
Figura 8. Análise dos índices de rachaduras de topo de toras em função de ambas as toras estudadas (A = índice de rachadura de topo de tora em função das classes; B = índice de rachadura de topo de tora em função das posições) para <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 23 anos.....	41
Figura 9. Massa específica básica em função das posições relativas sentido base-topo para as quatro classes diamétricas analisadas (A = classe 1 (30-40 cm); B = classe 2 (40-50 cm); C = classe 3 (50-60 cm); D = classe 4 (60-70 cm); E = valores estimados das 4 classes) para <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 23 anos de idade.....	48
Figura 10. Massa específica aparente saturada em função das posições relativas sentido base-topo para as quatro classes diamétricas analisadas (A = classe 1 (30-40 cm); B = classe 2 (40-50 cm); C = classe 3 (50-60 cm); D = classe 4 (60-70 cm); E = valores estimados das 4 classes) para <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 23 anos de idade.....	50
Figura 11. Teor de umidade em função das posições relativas sentido base-topo para as quatro classes diamétricas analisadas (A = classe 1 (30-40 cm); B = classe 2 (40-50 cm); C = classe 3 (50-60 cm); D = classe 4 (60-70 cm); E = valores estimados das 4 classes) para <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 23 anos de idade.....	52
Figura 12. Índice de rachadura de topo de tábuas em função da condição de secagem para as quatro classes estudadas (A = índice de rachadura de topo de tábua para melhor face; B = índice de rachadura de topo de tábua para pior face; C = índice de rachadura de topo de tábuas para ambas as faces) para <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 23 anos de idade.....	53
Figura 13. Índice de rachadura de topo de tábuas em função da condição de secagem para as duas orientações analisadas estudadas (A = índice de rachadura de topo de tábua para melhor face; B = índice de rachadura de topo de tábua para pior face; C = índice de rachadura de topo de tábuas para ambas as faces) para <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 23 anos de idade.....	55

Figura 14. Comparação de médias dos defeitos de tábuas em função da condição de secagem para as quatro classes analisadas (A = arqueamento; B = encurvamento; C = encanoamento) para <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 23 anos de idade.	57
Figura 15. Comparação de médias dos defeitos de tábuas em função da condição de secagem para duas orientações estudadas (A = arqueamento; B = encurvamento; C = encanoamento) para <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 23 anos de idade.	60
Figura 16. Comparação de médias dos defeitos de nós nas tábuas em função da orientação para quatro classes estudadas (A = índice de nós; B = diâmetro do maior nó) para <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 23 anos de idade.	62
Figura 17. Teor de umidade em função do tempo para as quatro classes diamétricas analisadas (A = classe 1 (30-40 cm); B = classe 2 (40-50 cm); C = classe 3 (50-60 cm); D = classe 4 (60-70 cm); E = valores estimados das 4 classes) para <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 23 anos de idade. ...	64
Figura 18. Transição do teor de umidade e período para teor e umidade constante em função do tempo para as quatro classes estudadas (A e B = classe 1 (30-40 cm); C e D = classe 2 (40-50 cm); E e F = classe 3 (50-60 cm); G e H = classe 4 (60-70 cm)) para <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 23 anos de idade.	66
Figura 19. Teor de umidade em função do tempo para as duas orientações analisadas (A = todos os dados e B = somente estimados) para <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 23 anos de idade.	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Média dos parâmetros dendrométricos das quatro classes diamétricas avaliadas para <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 23 anos de idade.	38
Tabela 2. Teste de médias para achatamento e conicidade de toras das quatro classes diamétricas estudadas para <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 23 anos de idade.....	42
Tabela 3. Teste de médias para teor de umidade, massa específica básica ponderada, massa específica aparente saturada ponderada, massa seca e massa verde das quatro classes diamétricas estudadas para <i>Eucalyptus dunnii</i> aos 23 anos de idade.	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.1.1 Objetivo geral.....	13
1.1.2 Objetivos específicos	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 A MADEIRA COMO MATÉRIA-PRIMA	14
2.2 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS.....	16
2.3 SECAGEM DA MADEIRA.....	17
2.4 QUALIDADE DA MADEIRA	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 CARACTERÍSTICAS DO EXPERIMENTO.....	23
3.2 PARÂMETROS DENDROMÉTRICOS	24
3.3 RACHADURA DE TOPO E DEFEITOS DE TORA	25
3.4 MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE UMIDADE.....	28
3.5 DESDOBRO E DEFEITOS DA MADEIRA SERRADA	31
3.6 SECAGEM DA MADEIRA.....	33
3.7 ANÁLISE DOS DADOS	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 PARÂMETROS DENDROMÉTRICOS	38
4.2 RACHADURA DE TOPO E DEFEITOS DE TORA	40
4.3 MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE UMIDADE.....	45
4.4 DEFEITOS DA MADEIRA SERRADA	53
4.5 SECAGEM DA MADEIRA.....	63
CONCLUSÕES.....	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
REFERÊNCIAS	71
APÊNDICES	88

1. INTRODUÇÃO

A madeira pode ser caracterizada como um material heterogêneo, higroscópico, poroso, anisotrópico, de origem orgânica e renovável, particularidades dificilmente encontradas em outras matérias-primas e que a tornam superior a muitos produtos. Com isso, a mesma vem ganhando espaço no comércio justamente por ser versátil e de ampla aplicação (LATORRACA et al., 2015; SOUZA, 2022) sendo o eucalipto, entre as espécies mais utilizadas no meio florestal, o gênero de maior relevância no Brasil, em razão de sua vasta área plantada e utilização nas indústrias (GOULART; MAGOSSO, 2019; SILVA, 2020).

Entretanto, deve ser considerado que existem muitos fatores que influenciam na qualidade e destino das toras, como o melhoramento genético e manejo aplicado, bem como as características dendrométricas e a presença de defeitos nas árvores. Um exemplo é a tensão de crescimento, peculiaridade intrínseca ao desenvolvimento natural das árvores e responsável pela manifestação de falhas de compressão nas paredes das fibras mais internas do tronco (FRANÇA et al., 2019; HILLIS, 1984; RADOMSKI; RIBASKI, 2010). Assim, após a derrubada das árvores e o traçamento do fuste ocorre a liberação das tensões, ocasionando a maioria das rachaduras e deformações na tora, o que reduz a resistência e rendimento das mesmas (LIMA; STAPE, 2017).

Aliado a isso, defeitos como conicidade, achatamento, tortuosidade, encurvamento, encanoamento e nós, em toras e/ou em tábuas, os quais podem ocorrer em função de limitações decorrentes do rápido crescimento juntamente com técnicas de processamento e secagem inadequados, dificultam o beneficiamento e aumento da oferta por matéria-prima (ZEN et al., 2019), gerando dificuldades na conversão em madeira serrada (COSTA, 2015) e preconceito quando utilizada para serraria principalmente (ROCHA; TOMASELLI, 2002).

A condução de estudos relacionados com as propriedades tecnológicas das espécies é fundamental para enfatizar a qualidade da madeira já que, geralmente, o destaque é dado apenas à produção volumétrica. Existem diversas técnicas de planejamento do desdobro e de secagem que podem ser empregadas para minimizar essas imperfeições que, além de agregar valor, proporcionam um aumento na eficácia do produto (GOULART; MAGOSSO, 2019; OLIVEIRA; FONSECA; CARDOSO, 2022). Apesar disso, a produção de madeira serrada ainda é considerada reduzida, perspectiva que pode ser revertida, principalmente por intermédio de pesquisas que auxiliem nos processos de beneficiamento dos produtos de diversas espécies (MÜLLER et al., 2019). Atualmente, levando em consideração a vasta diversidade, ainda é

possível verificar poucos relatos relacionados à determinadas espécies, até mesmo do gênero *Eucalyptus* como, por exemplo, o *Eucalyptus dunnii* Maiden.

Desse modo, observa-se que o emprego de produtos oriundos de madeira vem crescendo de forma significativa, ou seja, tem-se um mercado em expansão onde se justifica a importância da realização de estudos não somente para complementar a literatura existente, mas também para auxiliar, essencialmente, as pequenas e médias serrarias, contribuindo no valor agregado e na renda do empreendimento, além de evitar a exploração seletiva de determinadas espécies.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Com isso, o presente estudo tem o objetivo de avaliar a qualidade das toras e da madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* Maiden.

1.1.2 Objetivos específicos

- Apresentar as variáveis dendrométricas nas classes diamétricas avaliadas;
- Avaliar os defeitos das toras de *Eucalyptus dunnii* nos diferentes diâmetros amostrados;
- Caracterizar a massa específica básica e aparente saturada base-topo e ambas ponderadas em função do volume comercial sem casca, nas classes diamétricas selecionadas;
- Comparar os defeitos das tábuas pré e pós-secagem ao ar livre, entre as classes diamétricas e as distintas orientações de desdobro;
- Confeccionar a curva de secagem da madeira submetida ao processo de secagem ao ar livre.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A MADEIRA COMO MATÉRIA-PRIMA

A madeira foi e é um dos materiais mais utilizados desde os primórdios da civilização, sendo aplicada em quase todas as atividades do cotidiano, como: aquecimento, cocção de alimentos, construção, seja em formas, estruturas, escoramentos, esquadrias, pisos, forros, revestimentos até a mobília final (LOURENÇO; BRANCO, 2012; PAIVA FILHO et al., 2018). Entretanto, antigamente essa matéria-prima era utilizada na sua forma rústica, quase sem ou com pouco processamento e beneficiamento, apenas com alguns ajustes realizados com ferramentas manuais (GOES et al., 2023).

Com a evolução das civilizações as técnicas de trabalho foram sendo aprimoradas e modernizadas (PONS; KNOP, 2020; ZANATTA et al., 2021) resultando em constante evolução tecnológica de equipamentos, máquinas e procedimentos, os quais permitiram a indústria transformar a madeira em uma importante matéria-prima, ampliando ainda mais a gama dos produtos obtidos (CORDEIRO; SILVA; SOARES, 2017). Isso pode ser evidenciado nos relatos de Bonassa et al. (2020) e Evangelista e Costa (2017), sobre o emprego desse material no âmbito da celulose, lâminas, painéis reconstituídos, entre outros produtos, podendo mencionar ainda a utilização com espécies nobres.

Todas essas finalidades são possíveis pois, de acordo com Alves, Oliveira e Carrasco (2017) bem como com Vidal et al. (2015), a madeira é um material renovável que apresenta propriedades físico-mecânicas e anatômicas que a torna versátil em relação a outros produtos, como o concreto, plástico, aço e alumínio. Essa comparação pode ser realizada devido às variadas características da madeira, como alta resistência mecânica, baixo consumo energético para o seu processamento, bom isolamento térmico e fácil trabalhabilidade (MELO; DEL MENEZZI, 2010).

Dessa forma, a madeira mantém seu espaço no mercado, sendo possível observar a oferta e demanda principalmente oriunda de florestas plantadas, pois apresentam um elevado desenvolvimento, alta aplicabilidade, possibilitam a extração de produtos não madeireiros, além de preservar a diversidade de espécies nativas (AMORIM et al., 2021; CARVALHO et al., 2019; DE ARAUJO et al., 2017; MOREIRA et al., 2017). Esse fato é confirmado a partir do Relatório de Avaliação Global dos Recursos Florestais, publicado pela FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) no ano de 2020, o qual estima que há 290 milhões de hectares de florestas plantadas no mundo. Desses, 9,94 milhões de hectares

localizam-se no Brasil, distribuídos em 76 % de florestas de *Eucalyptus* spp., 19 % de *Pinus* spp. e o restante dividido entre outras espécies, o que torna o país uma das maiores potências florestais mundiais (IBÁ, 2023).

Atualmente, a maior parte dos segmentos consumidores de madeira está presente na região Sul do país e de acordo com o anuário da Ageflor (2020), houve um aumento significativo de florestas plantadas, passando de 184 mil hectares do ano de 2006 para 1,03 milhões de hectares até 2020, sendo distribuídos em 67,7 % pelo gênero *Eucalyptus*, 28 % de *Pinus* e restante de *Acacia*.

A partir das informações mencionadas é possível observar que a maior proporção de florestas plantadas, tanto no Brasil quanto no Rio Grande do Sul, está representada pelo gênero *Eucalyptus*, o qual segundo Cabral (2019) e Sousa et al. (2021) é uma planta de origem australiana que se adaptou perfeitamente em solos e condições climáticas brasileira. Relatos históricos sobre esse gênero no país citam o ano de 1824 e o Jardim Botânico do Rio de Janeiro, como sendo a época e o local de introdução das primeiras mudas da espécie (BERTOLA, 2013; MARCHIORI, 2014). No entanto, as pesquisas com eucalipto iniciaram somente em 1904 por intermédio de Edmundo Navarro de Andrade, que estabeleceu variadas espécies e origens do gênero no Jardim Jundiaí, na cidade de São Paulo, com objetivo de atender a demanda de madeira destinada à construção de ferrovias (INNOCENTE, 2019).

No Rio Grande do Sul existem registros da espécie a partir de 1845, provavelmente trazida do Uruguai, para ser empregada como quebra-ventos e abrigo para o gado (AGEFLOR, 2020). Posteriormente, passou a ser comercializada para suprimento de lenha, moirões de cerca e construções rurais (DE VECHI; CADOM, 2018), sendo capaz de produzir uma ampla matriz de consumo, que vai desde a produção energética até o agronegócio (LAVORANTI et al., 2021).

O eucalipto se destaca na proteção do solo e da água em função de sua copa, a qual evita o impacto direto das gotas de chuva na superfície terrestre, protegendo-o contra erosões e, além disso, atua conservando recursos hídricos (CÂNDIDO et al., 2014). Ainda, auxilia na fixação de CO₂, onde um hectare com plantio pode estocar 184 toneladas no ciclo de sete anos favorecendo questões relacionadas as mudanças climáticas e, conseqüentemente, ao meio ambiente (LELIS, 2019).

Em relação ao gênero, a espécie que vem ganhando espaço é o *Eucalyptus dunnii* Maiden (LORENZI, 2003), por se tratar de um cultivo indicado para regiões onde há ocorrência de geadas devido ao seu desenvolvimento natural em locais de clima subtropical úmido, com

temperatura média do mês mais quente entre 27° e 30°C e no mês mais frio entre 0 e 3°C (BATISTA, 2014). Nesse sentido, ressalta-se que a espécie cresce anualmente, em média 3 m em altura e 3 cm em diâmetro e a característica do fuste em povoamentos adultos e densos é a ausência de galhos até os 30 m de altura, sendo a madeira considerada de resistência média e de cor clara (ROCHA; TOMASELLI, 2002).

Dessa forma, considerando as características do *Eucalyptus dunnii*, é possível verificar que a espécie demonstra potencial para o abastecimento de matéria prima nas indústrias de celulose, carvão vegetal, chapas de partículas e fibras (HIGA, 1998; ROCHA; TRUGILHO, 2006). Além disso, pode ser indicada, segundo Rocha (2000), para usos voltados à fins estruturais, como assoalhos, carrocerias, caibros, dormentes, entre outros produtos que necessitem de maior resistência mecânica.

2.2 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS

A ferramenta mais utilizada para obtenção de informações quali e quantitativas sobre os elementos arbóreos de uma floresta, seja nativa ou comercial, é o inventário florestal, por intermédio das variáveis dendrométricas (LATIFI; HEURICH, 2019; ROSOT et al., 2022). Esses dados permitem o conhecimento sobre o desenvolvimento de um povoamento ao longo dos anos (KOHLENER et al., 2015; SERPE et al., 2018).

Dentre as variáveis de maior interesse, está o volume de madeira da população, sendo esse, imprescindível para atender os aspectos do manejo florestal (CURTO et al., 2019). Essa quantificação é necessária para o gerenciamento sobre crescimento, estoque, rotação e retorno econômico, entre outras possibilidades, visando auxiliar na organização das atividades em curto, médio e longo prazo.

A determinação desse fator é realizada muitas vezes a partir da cubagem rigorosa, ou seja, por meio de método destrutivo, que utiliza como base, medições de seções ao longo do fuste da árvore. Entretanto, esta técnica demanda maior recurso financeiro e tempo, por este motivo, uma parte da população é medida e extrapolam-se as características dessa amostra para o restante da floresta (CURTO et al., 2019; DIAS et al., 2017a; SANQUETTA et al., 2016; SILVA et al., 2023).

Outro método a ser considerado para agilizar os cálculos de inventário quanto a estimativa madeireira, é mediante ao fator de forma (SILVA et al., 2023). Esta característica presume que o volume de uma árvore pode ser calculado por meio da fórmula geométrica do cilindro reduzida pela sua conicidade, expressa por um fator redutor constante (EISFELD et al.,

2008). Além disso, pode ser considerado como uma opção metodológica em situações em que não há equações ajustadas disponíveis para determinação do volume.

Ademais, outra forma de se obter o volume é a partir de equações, porém, torna-se necessário alguns ajustes e testes de diversos modelos para selecionar o que melhor se ajusta em cada situação (MIGUEL et al., 2014). Estas relacionam a variável dependente (volume) com as independentes de fácil mensuração na floresta e/ou um fator de forma (CAMPOS; LEITE, 2013).

De maneira geral, dentre as variáveis independentes, classifica-se como uma das mais pertinentes, o diâmetro à altura de 1,30 m do solo (DAP), principalmente por possuir uma capacidade de descrição dos padrões de crescimento de uma árvore e por estar presente na maioria das relações e funções de estimativas, como relações hipsométricas e volumétricas (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2006; LIMA; LEÃO, 2013; TAVARES, 2019).

A partir da variável DAP, ainda é possível realizar a distribuição dos indivíduos em função de suas dimensões, possibilitando contabilizar o número de árvores por hectare em cada classe existente (MIGUEL et al., 2010; TÉO et al., 2011). Assim como o diâmetro, a altura constitui-se como uma variável responsável pelo comportamento estrutural de espécies de interesse, além de indicar a capacidade produtiva de um sítio (SILVA et al., 2012).

Entretanto, é válido lembrar que vários fatores podem influenciar no comportamento e dimensão de ambas variáveis em um povoamento e, dentre esses, pode-se citar a espécie, idade, sítio e o espaçamento, os quais podem comprometer a forma de crescimento de uma floresta e interferir na relação hipsométrica das árvores, por exemplo (CERQUEIRA et al., 2019).

Em espaçamentos mais amplos ou quando ocorre uma redução na densidade de indivíduos em um povoamento, estimula-se a formação de fustes maiores em diâmetro, destinados geralmente para serraria e/ou laminação, ou seja, atendem a usos mais nobres e são comercializados por um maior valor agregado (FERREIRA et al., 2019). Por outro lado, em povoamentos mais densos, o espaço para o crescimento radial das árvores é reduzido, tornando-as mais finas e pouco valorizadas, ofertadas em geral para produção de energia, celulose, entre outros fins (DAVID et al., 2017; VIDAURRE et al., 2015).

2.3 SECAGEM DA MADEIRA

A secagem é um dos métodos utilizados para o beneficiamento da matéria-prima que, de acordo com Oliveira, Fonseca, Cardoso (2022) e Guella (2016), consiste na retirada de água da madeira até um teor de umidade pré-estabelecido e/ou umidade de equilíbrio do ambiente,

no menor tempo possível aliado ao mínimo de defeitos, sendo uma das mais importantes fases do processo de industrialização.

Portanto, as principais vantagens de secar a madeira estão relacionadas, com a melhora na aplicação de acabamentos (vernizes, tintas), na qualidade da colagem, aumento da resistência mecânica, minimização da tendência a apresentar empenos, rachaduras e, ainda, na redução ao risco de ataque de organismos xilófagos (DOURADO, 2022; SANTOS, 2022; ROUBUSTE et al., 2021). Em contrapartida, quando não conduzida de maneira correta, resulta em produtos de baixa qualidade, com teores de umidade final elevados, causando aspectos negativos, tanto na viabilidade da mercadoria como na competitividade da empresa (BRANDÃO et al., 2022; PRIADI et al., 2020; ZEN et al., 2019).

Desse modo, considerando que a madeira é constituída por diferentes tipos de água no seu interior, a secagem se torna complexa, necessitando de conhecimento técnico para a realização. Assim, quando a mesma se encontra na condição saturada e é submetida ao processo de secagem, sabe-se que, primeiramente, o material libera para a atmosfera a água livre ou capilar contida nos lumens, acarretando somente perda de massa. Nessa etapa a velocidade de secagem permanece constante, desde que a temperatura e umidade relativa do ar permaneçam estáveis, até próximo de 28 a 30 % de umidade, denominado como ponto de saturação das fibras (PSF) (BRANDÃO, 2020; EL HACHEM et al., 2019; MORESCHI, 2014; TALGATTI et al., 2020).

Abaixo do PSF a água, agora denominada de higroscópica ou de impregnação, move-se não mais por movimento de massa, mas sim por difusão. Isso acontece devido ao gradiente de umidade nas paredes celulares e ao gradiente de pressão parcial de vapor d'água nos lúmens, ou seja, o transporte ocorre do interior da peça, local com maior umidade em direção a superfície que apresenta menor porcentagem de água. Esse processo é mais complexo pois a água está ligada por pontes de hidrogênio nos radicais do grupamento hidroxila dos constituintes químicos da parede celular. Como consequência da remoção observa-se, além da perda de massa, a modificação nas dimensões de forma distinta em cada plano (tangencial, radial e longitudinal), bem como uma diminuição na velocidade ou taxa de secagem (BRAZ et al., 2015; PONS; KNOP, 2020).

A taxa de secagem também pode ser utilizada como mecanismo para monitorar e se obter informações sobre o comportamento da retirada de água do material, por apresentar relação entre a quantidade evaporada pela área de evaporação da peça em um determinado período de tempo. Esse processo é diretamente afetado pelo método escolhido, tornando-se

crucial compreender as técnicas de secagem, assim como, obter um conhecimento prévio da espécie a ser seca, uma vez que elementos intrínsecos à madeira também exercem influência no procedimento (SUSIN et al., 2014).

O processo de secagem pode ser realizado por meio de diferentes técnicas, porém a mais acessível e que necessita de menor investimento inicial quando comparada as demais é a secagem ao ar livre (SUSIN et al., 2014; ZEN, 2016). Esse método consiste em expor a madeira a fatores ambientais que não podem ser controlados como: temperatura, umidade relativa e a velocidade do vento (BRAZ et al., 2015; ZIERHUT; MIRANDA, 2021), permitindo que ocorra a evaporação do líquido para o ambiente de forma natural, até que atinja o teor de umidade de equilíbrio com o meio. Caso haja necessidade de umidade abaixo desse ponto, deve-se proceder à secagem em estufas (BRANDÃO et al., 2022; OLIVEIRA; FONSECA; CARDOSO, 2022).

Com isso, é válido ressaltar que, assim como em outros métodos, a secagem ao ar livre também apresenta algumas formalidades a serem seguidas, sendo possível a partir dessas, minimizar algumas falhas que podem ocorrer e, dessa forma, garantir a qualidade do produto. Dentre esses critérios, deve-se considerar, em princípio, a localização do pátio e direção dos ventos predominantes, evitando barreiras e outros fatores que possam criar condições desfavoráveis, como local desnivelado e áreas mal drenadas (DOS ANJOS et al., 2011).

No momento de disposição no pátio de secagem, as pilhas devem ser posicionadas de forma que o vento principal as atinja lateralmente para auxiliar a passagem do ar (STUMPP, 1992). Na confecção das mesmas, os valores mais apropriados para a base referem-se a uma altura mínima de 30 cm em relação ao solo, sendo os pontaletes espaçados a 1,30 m no sentido do comprimento e largura variando de 1,8 a 2,1 m (CULPEPPER, 2000). Outro fator importante é a proteção das tábuas contra os raios solares e precipitação utilizando uma cobertura com materiais a base de fibrocimento que deve ultrapassar, aproximadamente, 35 cm das dimensões da pilha e ter uma inclinação de 5 % para permitir o escoamento da água (BRAZ et al., 2015).

Na confecção das pilhas recomenda-se, ainda, atenção no entablicamento e empilhamento das tábuas, uma vez que as peças são colocadas lado a lado formando camadas superpostas com adição, entre uma e outra, de tabiques ou sarrafos separadores (BARBOSA, 2020). Esses visam garantir a passagem de ar e permitir a retirada da umidade da madeira de forma homogênea, sendo assim, devem apresentar dimensões uniformes e livres de defeitos (MARTINS, 1988).

A partir das dimensões e posicionamento dos tabiques é possível manejar a velocidade de secagem das tábuas, uma vez que a espessura dos mesmos determina o espaçamento entre

as camadas de madeira (CULPEPPER, 2000). Com isso, o tempo de secagem pode ser reduzido, utilizando sarrafos mais espessos em madeiras leves e mais fáceis de secar, ou prolongado, quando empregadas espessuras menores para madeiras que apresentam maior tendência à formação de defeitos de secagem (MIRANDA, 2006). Ainda deve-se tomar cuidado com a largura das pilhas, visto que, em pilhas muito largas a secagem das tábuas centrais é dificultada, com isso, de acordo com Culpepper (2000) as dimensões mais apropriadas são de 1,8 a 2,1 m.

2.4 QUALIDADE DA MADEIRA

A qualidade da madeira se refere a capacidade de atender as exigências necessárias para a fabricação de diferentes produtos ou a sua melhor aplicação para um determinado uso (TEIXEIRA, 2020), sendo assim, as características da matéria-prima têm influência direta na qualidade final da madeira serrada, assim como, para o aproveitamento máximo da mesma. De acordo com Caixeta et al. (2002), alguns fatores que podem interferir no processamento da madeira e acabar ocasionando certos prejuízos é a presença de nós, a conicidade e o achatamento, os quais podem ser minimizados com a melhoria dos tratamentos silviculturais. Outro problema comum em toras é o aparecimento de rachaduras de extremidade, geralmente relacionadas às tensões de crescimento.

Dessa forma, deve-se buscar por toras com menores intensidades de defeito, visto que, primeiramente, para a confecção dos mais variados artefatos, é indispensável a passagem da matéria-prima por diferentes processos como, por exemplo, o desdobro, o qual de acordo com Paraense et al. (2023) consiste no corte primário das toras que são transformadas em peças de seções retangulares e quadradas, seguindo o comprimento total do fuste e podem ser conduzidos tanto em serrarias fixas como móveis.

A condução e a escolha do sistema aplicado interferem no rendimento e eficiência de uma serraria, o que acarreta na qualidade da madeira serrada e no preço do produto final (PARAENSE et al., 2023). Dessa forma, observa-se que, em relação aos sistemas de desdobro, na maioria das vezes, o mais empregado é o tangencial aos anéis de crescimento ou também denominado de cortes paralelos, cuja vantagem principal fundamenta-se no maior rendimento de material serrado (CARMO et al., 2020). Já o corte radial, por envolver mais processos para produção, apresenta menor volume de madeira serrada, justificando seu emprego em toras com maiores dimensões e quando aplicado em espécies nobres de maior valor estético (JUIZO et al., 2014). Assim, de acordo com Rocha e Tomaselli (2002), para realização de desdobro em

espécies de eucalipto o mais indicado é o modelo tangencial, já que o mesmo gera maior rendimento e uma menor proporção de empenamentos.

O surgimento de defeitos denominados como empenos pode aparecer durante o desdobro, secagem ou até mesmo devido as características intrínsecas das árvores e são classificadas a partir da reação que ocorre nos distintos planos da madeira, tangencial, radial e/ou longitudinal. Dentre os empenamentos pode-se citar o arqueamento, o qual é identificado com base na curvatura ao longo do comprimento da peça, no plano paralelo à sua superfície, sendo esse influenciado pelo lenho de reação ou juvenil e de controle complexo devido a inexistência de restrições laterais que impeçam a deformação durante o processo de secagem (MORITANI, 2018; SUSIN et al., 2014).

Já o encurvamento e o encanoamento não são considerados defeitos problemáticos, uma vez que as curvaturas ocorrem no comprimento da peça, no plano perpendicular à face, e ao longo da largura da tábua, respectivamente, e podem ser minimizados mediante correta execução das pilhas de secagem (ROCHA; TRUGILHO, 2006). Quanto ao torcimento, a ocorrência está relacionada a forma espiralada do crescimento das árvores e a presença de madeira juvenil ou de reação (SILVA, 2021).

Além desses, os nós também são defeitos responsáveis por influenciar na estética e aplicação da madeira. Esses decorrem do crescimento da planta e apresentam algumas peculiaridades, como a orientação da grã, a qual tende a ser perpendicular à região ao seu redor, alterando a densidade da madeira e comprometendo as propriedades físico-mecânicas do material serrado (SOUZA et al., 2018; TOMIO et al., 2021).

Outro fator limitante das peças de madeira está relacionado com o aparecimento de rachaduras, as quais podem se originar a partir do elevado gradiente de umidade durante o processo da perda de água de impregnação ou, ainda, baseada na inclinação decorrente das tensões que servem para manter a árvore em pé, bem como ações de agentes externos, como ventos e relevo (VIDAURRE et al., 2020). A derrubada das árvores e o traçamento do tronco também são quesitos que podem contribuir com a liberação das tensões e ocasionar rachaduras que podem ser classificadas como de topo ou internas, aprofundando-se na madeira com o passar dos dias e fazendo com que o produto seja depreciado durante e depois do processamento mecânico (BARBOSA, 2019; LIMA; STAPE, 2017).

Ademais, outra forma de se verificar a qualidade é a partir da massa específica, propriedade complexa, resultante da combinação de caracteres anatômicos, físicos e químicos. Essa característica está relacionada a proporção de matéria lenhosa por unidade de volume, ou

de modo inverso, expõe a quantidade de espaços vazios existentes em uma peça (DIAS et al., 2017b; OSBORNE, 2016; ZAQUE et al., 2018). Esta é uma das propriedades físicas mais importantes para aplicação e classificação da madeira (CANDATEN et al., 2019), pois expressa a qualidade final do material e seu comportamento nos processos tecnológicos e industriais.

Esse parâmetro está diretamente relacionado com a resistência mecânica do lenho, estabilidade dimensional e anatomia (OSBORNE, 2016), sendo influenciada pela forma, estrutura e organização das células que constitui cada espécie, resultando em diferentes porcentagens entre cerne e alburno, lenho juvenil e adulto (TRAUTENMÜLLER et al., 2014; TREVISAN et al., 2012), além de fatores como, clima, tratos silviculturais, manejo, sítio e genética (CAMPOS et al., 2022).

Em consideração à todas essas influências, é possível observar na literatura três tendências de variação de massa específica ao longo da altura das árvores de eucalipto (BOSCHETTI; VIDAURRE; DA SILVA, 2020):

1. Aumenta ou diminui com a altura.
2. Aumenta até certa altura do tronco e depois reduz até a copa.
3. Decresce até certa altura do tronco e posteriormente aumenta em direção à copa.

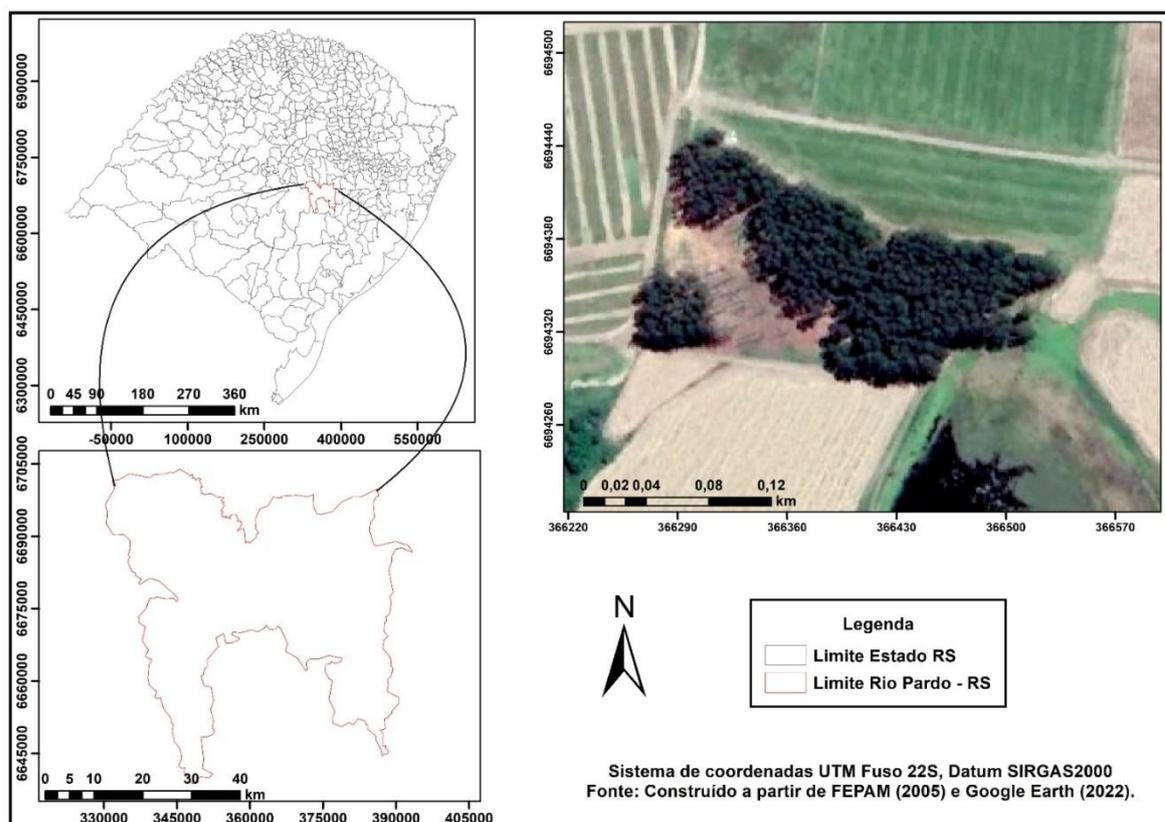
Outra variável que pode influenciar o material em suas especificidades é o teor de umidade, o qual indica a relação entre a massa de água contida na madeira e a massa seca do material (CANDATEN et al., 2019; ZANCHETTA et al., 2020). De acordo com a porcentagem presente na madeira, esse pode afetar as propriedades mecânicas, a sua resistência aos esforços e ao ataque de organismos xilófagos, suas propriedades elétricas, integridade isolante e na anisotropia (BRAZ et al., 2015; CRISÓSTOMO et al., 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DO EXPERIMENTO

O material utilizado na presente pesquisa foi oriundo de um povoamento pertencente à Associação dos Fumicultores do Brasil (Afubra). A área em questão localiza-se no município de Rio Pardo no estado do Rio Grande do Sul, a uma latitude 29°59'23" Sul e a uma longitude 52°22'41" Oeste, estando a uma altitude de 47 metros (Figura 1), com clima temperado do tipo subtropical de acordo com a classificação de Köppen (1931).

Figura 1. Localização da área de amostragem.



Fonte: Autoria própria.

Os indivíduos utilizados foram cultivados a partir de sementes da espécie *Eucalyptus dunnii* Maiden, implantados no ano de 1999 em uma área de 1,5 hectares. O espaçamento inicial de plantio foi de 3 x 2 m, sendo 3 m entre linhas e 2 m entre plantas na linha, ou seja, representando uma densidade inicial de 1667 árv.ha⁻¹. Cabe ressaltar que o povoamento recebeu duas intervenções de desbaste, em momentos desconhecidos, totalizando 624 árvores até o período de abate, ocorrido em 2022.

3.2 PARÂMETROS DENDROMÉTRICOS

Para o estudo dos parâmetros dendrométricos foi conduzido o censo dos diâmetros tomados à altura de 1,30 m do solo (DAP), com auxílio de uma fita métrica e, posteriormente, mensurou-se a altura das 200 primeiras árvores, com auxílio de um Vertex, sendo as demais alturas estimadas em escritório utilizando modelagem de regressão.

A partir dos resultados de inventário, foi realizado o planejamento para condução do abate dividindo-se o talhão em 4 classes de diâmetro (30-40; 40-50; 50-60 e 60-70 cm) e identificando as 5 árvores médias representativas. Após a seleção dos indivíduos, em cada classe diamétrica, foram amostradas as duas primeiras toras por árvore com dimensões de 3 m de comprimento cada, totalizando 40 toras.

O abate foi conduzido com a utilização de uma motosserra e uma equipe disponibilizada pela empresa parceira. Após a derrubada, com auxílio de uma fita métrica coletou-se os dados de campo de altura total e comercial, definida pelo diâmetro limite de 10 cm. Em seguida, realizou-se a determinação da cubagem rigorosa das árvores pelo método de Smalian, onde o volume foi calculado a partir da mensuração do diâmetro com uma suta graduada e a espessura da casca com paquímetro (Equação 1).

$$v = v_0 + \sum_{i=1}^n v_i + v_c$$

Equação 1.

Onde: v = volume total com casca da árvore (m^3); v_0 = volume do toco (m^3) ($g_0 \cdot l_0$) = (g_0 = área basal do toco, em m^2 ; l_0 = altura do toco, em m); v_i = volume das sessões intermediárias (m^3) ($(g_i + g_{i+1})/2 \cdot l_i$ = (g_i = área basal no ponto 1 de cubagem, em m^2 ; g_{i+1} = área basal no ponto 2, em m^2 ; l_i = diferença entre os dois pontos, em m); v_c = volume do cone (m^3) ($1/3 \cdot g_n \cdot l_n$) = (g_n = área basal no último ponto e cubagem, em m^2 ; l_n = diferença de altura entre o último ponto de cubagem e a extremidade final da árvore, em m).

A fim de avaliar o volume total sem casca (v_s) e comercial sem casca (v_{10s}) fez-se uso da equação 1, porém nos diâmetros foram subtraídos a espessura dupla da casca para o cálculo das áreas basais de cada seção e, para os volumes comerciais, desconsiderou-se ainda o volume do toco e cone.

O fator de forma artificial foi calculado a partir da divisão do volume rigoroso da árvore e o volume de um cilindro, cujo o diâmetro para o cálculo da área basal é obtido a 1,30 m do solo e utilizada a altura total da árvore (Equação 2).

$$f_{1,3} = \frac{v}{v_c} \quad \text{Equação 2.}$$

Onde: $f_{1,3}$ = fator de forma artificial; v = volume rigoroso da árvore, representado pelo método de Smalian (m^3); v_c = volume do cilindro (m^3), definido pela área basal calculada a partir do diâmetro à 1,30 m do solo, em m^2 , e a altura total da árvore, em m.

Já para condução do fator de forma natural foi considerado para o cálculo do volume do cilindro o diâmetro tomado a 10 % da altura total da árvore (Equação 3).

$$f_{0,1} = \frac{v}{v_c} \quad \text{Equação 3.}$$

Onde: $f_{0,1}$ = fator de forma natural; v = volume rigoroso da árvore, representado pelo método de Smalian (m^3); v_c = volume do cilindro (m^3), definido pela área basal calculada a partir do diâmetro à 1,30 m do solo, em m^2 , e a altura total da árvore, em m.

3.3 RACHADURA DE TOPO E DEFEITOS DE TORA

Para as demais determinações, as toras abatidas foram devidamente identificadas à campo e, anterior ao carregamento, as mesmas passaram por um processo de embalagem em suas extremidades (Figura 2A e B), com o intuito de diminuir a perda de umidade e prevenir a formação de defeitos causados pela secagem ao ar livre no momento do transporte e armazenamento (Figura 2C). Deste modo, as amostras ficaram recolhidas no pátio do Laboratório de Processamento e Secagem da Madeira da Universidade Federal de Santa Maria - campus Frederico Westphalen (Figura 2D).

Figura 2. Identificação, embalagem das extremidades e transporte das toras.



Fonte: Autoria própria.

Com as toras no pátio, foi possível analisar as rachaduras de topo (Figura 3A e B) a partir da mensuração do comprimento e abertura máxima das mesmas em ambas as extremidades das toras com auxílio de um paquímetro (Figura 3C e D). Esse processo ocorreu em um período de até 7 dias após o abate das árvores, levando em consideração a metodologia descrita por Hillis (1984) e Purnell (1988). A partir dos resultados empregou-se cálculos do índice de rachadura, utilizando a metodologia proposta por Lima (2000) (Equação 4).

$$IR = 200 * \left(\frac{\sum a * C}{\pi * D^2} \right) \quad \text{Equação 4.}$$

Onde: a = largura da rachadura (cm); C = comprimento da rachadura (cm); D = diâmetro da extremidade da tora (cm).

Figura 3. Análise das rachaduras de topo.



Fonte: Autoria própria.

Em seguida, foram analisados os defeitos de toras, mensurando-se os diâmetros em ambas as extremidades para realizar os cálculos de achatamento (Equação 5) e conicidade (Equação 6).

$$A = \frac{d}{D} * 100 \quad \text{Equação 5.}$$

Onde: A = achatamento da tora (%); d = diâmetro da extremidade mais fina da tora (cm); D = diâmetro da extremidade mais grossa da tora (cm).

$$C = \frac{\left(\frac{d1+d2}{2}\right) - \left(\frac{d3+d4}{2}\right)}{L * 100} * 100 \quad \text{Equação 6.}$$

Onde: C = conicidade da tora (%); d1 e d2 = diâmetros da extremidade mais grossa da tora (cm); d3 e d4 = diâmetros da extremidade mais fina da tora (cm); L = comprimento da tora (cm).

3.4 MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE UMIDADE

Após o abate das árvores à campo confeccionou-se discos de, aproximadamente, 5 cm de espessura (Figura A) nas posições de 0,10 m (base), 25, 50, 75 e 100 % da altura comercial (Figura 4B), os quais foram identificados, acondicionados em sacos plásticos para minimizar a perda de umidade (Figura 4 C e D) e transportados até o Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais da Universidade Federal de Santa Maria - campus Frederico Westphalen (LTPF-UFSM/FW).

Figura 4. Confeção das amostras para determinação da massa específica.



Fonte: Autoria própria.

Após, seccionou-se os discos em cunhas simetricamente opostas, contendo a medula e, também, partes do cerne e alburno. O material resultante desse procedimento foi imerso em água até que obtivesse a saturação total das fibras, para assim determinar as propriedades físicas no sentido longitudinal da árvore (Figura 5A e B).

A partir dos corpos de prova confeccionados foi realizada a obtenção do peso, pelo método gravimétrico, e o volume saturado, utilizando o método da balança hidrostática ou empuxo (Figura 5C). Em seguida, as cunhas foram alocadas em estufa com circulação de ar

forçada a 103 °C até peso constante (Figura 5D), de acordo com a norma NBR 7190-1 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2022).

Figura 5. Confeção dos corpos de prova e determinação da massa específica.



Fonte: Autoria própria.

A partir dos dados obtidos, foi possível determinar a massa específica básica de cada amostra com base na Equação 7, a qual é representada pela razão entre o peso seco em estufa e o volume verde:

$$\rho_b = \frac{P_0}{V_v} \quad \text{Equação 7.}$$

Onde: ρ_b = massa específica básica (kg/m^3); P_0 = peso seco em estufa ($103\text{ }^\circ\text{C}$) (kg); V_v = volume verde (m^3).

Da mesma forma calculou-se a massa específica aparente saturada, porém, nesse caso, foi considerado o peso e volume na condição de saturação de umidade (Equação 8).

$$\rho_{\text{sat}} = \frac{P_u}{V_v}$$

Equação 8.

Onde: ρ_{sat} = massa específica aparente saturada (kg/m^3); P_u = peso úmido (kg); V_v = volume verde (m^3).

As massas específicas, básica e aparente saturada, ponderadas em função do volume comercial sem casca definido pelo diâmetro limite de 10 cm, foram calculadas com base nas diferentes posições ao longo do fuste e o volume entre as posições (Equação 9).

$$\rho_{\text{pond}} = \frac{\left[\left(\frac{\rho_{0\%} + \rho_{25\%}}{2} \right) * v_1 \right] + \left[\left(\frac{\rho_{25\%} + \rho_{50\%}}{2} \right) * v_2 \right] + \left[\left(\frac{\rho_{i''} + \rho_{i''+1}}{2} \right) * v_{i''} \right]}{v_{10s}}$$

Equação 9.

Onde: ρ_{pond} = massa específica, básica ou aparente saturada, ponderada em função do volume comercial sem casca da árvore (kg/m^3); $\rho_{i''}$ = massa específica básica ou aparente saturada na posição “i” (kg/m^3); $v_1, v_2, v_{i''}$ = volume sem casca correspondente a duas posições sucessivas (m^3); v_{10s} = volume comercial sem casca da árvore definido pelo diâmetro limite de 10 cm (m^3).

Calculou-se ainda o teor de umidade, o qual foi obtido utilizando a Equação 10:

$$\text{TU} = \frac{P_u - P_0}{P_0} * 100$$

Equação 10.

Onde: TU = teor de umidade saturado (%); P_u = Peso saturado (kg); P_0 = peso seco em estufa à 103 °C (kg).

Por fim, quantificou-se a massa seca e verde a partir da Equação 11 e 12, respectivamente:

$$\text{MS} = \rho_{\text{b pond}} * v_{10s}$$

Equação 11.

Onde: MS = massa seca (kg); $\rho_{b\ pond}$ = massa específica básica ponderada em função do volume comercial sem casca da árvore definido pelo diâmetro limite de 10 cm (kg/m^3); v_{10s} = volume comercial sem casca da árvore definido pelo diâmetro limite de 10 cm (m^3)

$$MV = \rho_{\text{sat pond}} * v_{10s} \quad \text{Equação 12.}$$

Onde: MV = massa verde (kg); $\rho_{\text{sat pond}}$ = massa específica aparente saturada ponderada em função do volume comercial sem casca da árvore definido pelo diâmetro limite de 10 cm (kg/m^3); v_{10s} = volume comercial sem casca da árvore definido pelo diâmetro limite de 10 cm (m^3).

3.5 DESDOBRO E DEFEITOS DA MADEIRA SERRADA

Para a análise dos defeitos da madeira serrada, as toras armazenadas no Laboratório de Processamento e Secagem da Madeira foram agrupadas em função do diâmetro amostrado (Figura 6A) e submetidas ao desdobro primário com auxílio de uma serra fita vertical com carro transportador (Figura 6B). O diagrama de corte das tábuas seguiu o sistema sucessivo e paralelo à casca (Figura 6C), sendo separadas 4 tábuas por orientação (radial e tangencial) para cada tora, totalizando 320 tábuas (Figura 6D).

Figura 6. Classificação das amostras por classe diamétrica e desdobro.



Fonte: Autoria própria.

Após realização do desdobro primário e secundário as tábuas passaram a medir 0,0254 x 0,20 x 3,00 m de espessura, largura e comprimento, respectivamente. A partir dessas foram avaliados os defeitos pré e pós-secagem de arqueamento, encanoamento, encurvamento, torcimento, rachaduras de topo e nós, de acordo com norma NBR 14806 (ABNT, 2002), que classifica madeira serrada de Eucalipto.

Os defeitos de arqueamento e encurvamento foram quantificados por meio da medição da curvatura da peça ao longo do seu comprimento, sendo esses, de maneira respectiva, no plano paralelo e perpendicular à face (Equação 13).

$$A; E = \frac{F}{L} * 100 \quad \text{Equação 13.}$$

Onde: A = arqueamento (%); E = encurvamento (%); F = flecha, medida ao longo do comprimento da peça no plano paralelo e perpendicular à face, respectivamente (mm); L = comprimento da tábua (mm).

O encanoamento foi avaliado por intermédio da curvatura verificada na largura da peça de madeira, ou seja, empenamento transversal da face (Equação 14).

$$E = \frac{F}{L} * 100 \quad \text{Equação 14.}$$

Onde: E = encanoamento (%); F = flecha, medida na largura da peça (mm); L = comprimento da tábua (mm).

Para avaliação das rachaduras de topo mensurou-se o comprimento das mesmas nas extremidades das peças (Equação 15).

$$R = \frac{L_1 + L_2 + \dots + L_n}{L} * 100 \quad \text{Equação 15.}$$

Onde: R = Rachadura de topo (%); L_n = comprimento das rachaduras (cm); L = comprimento da tábua (cm).

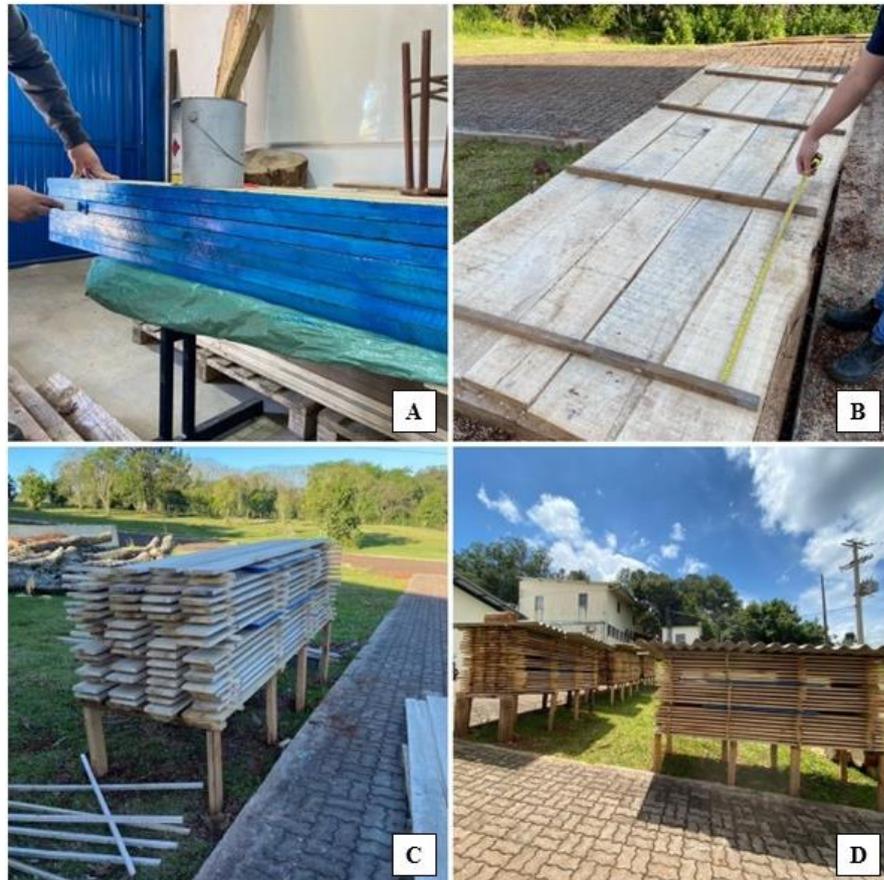
A análise dos nós nas tábuas considerou o somatório dos diâmetros de todos os nós medidos no mesmo sentido da largura das tábuas e avaliou-se ainda a frequência dos mesmos em ambas as faces.

3.6 SECAGEM DA MADEIRA

Para a realização e controle da secagem da madeira foram selecionadas de maneira aleatória um total de 16 tábuas (duas com orientação radial e duas tangenciais por classe), as quais foram redimensionadas em 1,60 m de comprimento. Do material resultante, foram confeccionadas amostras de 5 cm em ambas extremidades para determinação do teor de umidade inicial das tábuas, relacionando o peso atual com o peso constante seco em estufa a 103 °C e calculando a média para essas porções (GALVÃO; JANKOWSKI, 1985).

As tábuas provenientes do procedimento, agora com 1,50 m de comprimento, foram destinadas para amostras controle (GALVÃO; JANKOWSKI, 1985) e, para que não perdessem umidade em velocidade diferente das demais, suas extremidades foram impermeabilizadas com tinta (Figura 7A).

Figura 7. Preparação das amostras controle e confecção da pilha de secagem.



Fonte: Autoria própria.

A pilha de secagem foi planejada de forma horizontal, no pátio do Laboratório de Processamento e Secagem da Madeira, sendo confeccionada a 0,70 m de altura do solo, 0,95 m de largura e 3,10 m de comprimento, em um local nivelado, bem drenado e com boas condições de circulação de ar. Para a separação das camadas de tábuas foram utilizados tabiques, com dimensões de 0,025 x 0,025 m (espessura x largura), dispostos a 0,55 m entre si (Figura 7B) e para evitar a incidência direta de raios solares e precipitação, a mesma foi coberta com material à base de fibrocimento.

Posteriormente, foram dispostas 4 amostras controle por pilha de secagem (Figura 7C e D), distribuídas aleatoriamente, sendo utilizadas para a determinação da umidade durante a secagem ao ar livre por meio de pesagem periódica em intervalo máximo não superior a 72 horas. Tais medições foram realizadas durante os meses de setembro de 2022 à fevereiro de 2023, totalizando 137 dias, até que as amostras obtivessem peso constante, indicando assim que atingiram o teor de umidade de equilíbrio do ambiente.

Após acompanhamento e estabilização do teor de umidade, foi definida a curva e a taxa de secagem da madeira (Ts), com intuito de estimar a quantidade de água evaporada em função de um determinado período de tempo (Equação 16).

$$T_s = \frac{Q_{ae}}{A_e * T} \quad \text{Equação 16.}$$

Onde: Ts = Taxa de secagem (g/cm²h); Q_{ae} = quantidade de água evaporada (g); A_e = área superficial da peça (cm²); T = tempo de secagem decorrido (h).

Após os dias de avaliação da perda de umidade a partir da secagem ao ar livre, as pilhas foram desmontadas para analisar todos os defeitos de tábuas citados no item 3.4.3 na condição pós-secagem, ou seja, na umidade de equilíbrio do ambiente.

3.7 ANÁLISE DOS DADOS

Para se verificar a influência da curva de secagem nas diferentes classes e orientações amostradas, os dados foram submetidos à análise de regressão pelo procedimento *Stepwise* de modelagem utilizando o pacote SAS (*Statistical Analysis System*), sendo o modelo delimitado por:

$$TU = f \left(\text{dias}; \frac{1}{\text{dias}}; \text{dias}^2; \frac{1}{\text{dias}^2}; \ln(\text{dias}); \frac{1}{\ln(\text{dias})}; \sqrt{\text{dias}}; \frac{1}{\sqrt{\text{dias}}} \right)$$

Onde: TU = Teor de umidade das tábuas amostradas (%); dias = tempo de secagem (dias).

O modelo empregado foi selecionado quanto as condicionantes da regressão com base no coeficiente de determinação ajustado (R²_{aj.}), erro padrão da estimativa (S_{xy}), valor de F calculado e análise da distribuição dos resíduos. Após esse procedimento, no modelo selecionado para descrever a variação da curva de secagem em função do tempo em dias, utilizou-se variáveis *Dummy*, que assumiram valores de 0 e 1, de acordo com a classe do material analisado, da seguinte forma:

Di = 1, se as tábuas foram provenientes da classe diamétrica i;

Di = 0, as tábuas não foram provenientes da classe diamétrica i;

Assim, foi possível expresar as regressões individuais ajustadas para as quatro classes de diâmetro estudadas, em função de uma regressão linear múltipla, caracterizadas pelas variáveis independentes expostas na equação a seguir:

$$TU = f(X; Di; Di.X)$$

Onde: TU = Teor de umidade (%); X = tempo de secagem selecionado pelo procedimento *Stepwise* de regressão (dias); Di = *Dummy* (classe, onde i = 1: classe 1 (30-40 cm); 2: classe 2 (40-50 cm); 3: classe 3 (50-60 cm) e 4: classe 4 (60-70 cm)); Di.X = interação da variável Di com a variável X.

Com relação a orientação de desdobro no modelo selecionado para estimar a variação da curva de secagem em função do tempo, destinou-se variáveis *Dummy*, que assumiram valores de 0 e 1, conforme a orientação do material, da seguinte forma:

Di = 1, se as tábuas foram provenientes da orientação i;

Di = 0, as tábuas não foram provenientes da orientação i;

Com isso, as regressões individuais foram ajustadas para as duas orientações em função de uma regressão linear múltipla, representada pelas condições descritas na equação a seguir:

$$TU = f(X; Di; Di.X)$$

Onde: TU = Teor de umidade (%); X = tempo de secagem selecionado pelo procedimento *Stepwise* de regressão (dias); Di = *Dummy* (orientação, onde i = 1: tangencial; 2: radial); Di.X = interação da variável Di com a variável X.

Posteriormente, realizou-se a determinação da transição da curva de secagem com o auxílio do método adaptado descrito por Ramos et al. (2011) onde são utilizadas regressão linear múltipla e simples. Em seguida, os dados de cada classe, analisadas com o emprego da variável *Dummy* resultaram em uma regressão linear múltipla com dois pontos de inflexão para delimitar a zona de transição da curva de secagem. A partir dessa análise, entre os pontos de inflexão encontrados, uma regressão linear simples foi realizada tangencialmente à curva de dados estimada para destacar o início e o fim do intervalo.

Para determinar o tempo necessário para atingir o teor de umidade constante, elaborou-se duas regressões lineares simples, uma aplicada à parte decrescente do período de secagem analisado (dias), e outra foi empregada à parte de umidade constante. Antes de ajustar as equações, os limites da distribuição dos dois pontos amostrais foram definidos visualmente no gráfico. O início da curva de secagem constante foi determinado pelo ponto de interseção das duas retas obtidas pelas equações de regressão utilizando o pacote estatístico *Statgraphics Plus* (TREVISAN et al., 2017).

Referente as propriedades físicas de massa específica e teor de umidade foi selecionado o modelo para estimar a variação das mesmas em função do sentido base-topo das árvores, para isso destinou-se variáveis *Dummy*, que assumiram valores de 0 e 1, a partir da classe diamétrica do material, da seguinte forma:

$D_i = 1$, se as tábuas foram provenientes da classe i ;

$D_i = 0$, as tábuas não foram provenientes da classe i ;

Com isso, as regressões individuais foram ajustadas para as quatro classes de diâmetro em função de uma regressão linear múltipla, representada pelas condições descritas na equação a seguir:

$$\rho_b; \rho_{sat}; TU = f(X; D_i; D_i.X)$$

Onde: ρ_b = massa específica básica (kg/m^3); ρ_{sat} = massa específica aparente saturada (kg/m^3); TU = teor de umidade (%); X = tempo de secagem selecionado pelo procedimento *Stepwise* de regressão (dias); $D_i = \textit{Dummy}$ (classe, onde $i = 1$: classe 1 (30-40 cm); 2: classe 2 (40-50 cm); 3: classe 3 (50-60 cm) e 4: classe 4 (60-70 cm)); $D_i.X$ = interação da variável D_i com a variável X.

Os dados de achatamento, conicidade e rachaduras das toras em função dos diâmetros, bem como os relacionados às propriedades físicas e defeitos das tábuas, em cada classe e orientação, nas condições pré e pós-secagem ao ar livre, foram testados quanto à normalidade, por meio do teste de Shapiro-Wilk e/ou Kolmogorov-Smirnov e, para a homogeneidade de variâncias, pela análise gráfica da distribuição dos resíduos. Quando não verificados estes pressupostos, foram realizadas transformações matemáticas utilizando-se funções de Box-Cox para atender os critérios da estatística, porém, a apresentação dos resultados das médias das variáveis dependentes foram descritas nas formas originais. Posteriormente os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o pacote estatístico *Statgraphics Plus* e, no caso de rejeição da hipótese de igualdade de médias, ao teste de médias de *Least Significant Difference* - LSD a 5 % de probabilidade de erro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PARÂMETROS DENDROMÉTRICOS

Os valores médios das variáveis dendrométricas avaliadas para a espécie *Eucalyptus dunnii*, nas quatro classes de diâmetro, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Média dos parâmetros dendrométricos das quatro classes diamétricas avaliadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

Classes diamétricas (cm)	DAP	DAP _s	h	h ₁₀	v	v _s	v ₁₀	v _{10s}	f _{1,3}	f _{0,1}
1 (30-40)	34,7 (±1,6)	33,0 (±1,7)	41,0 (±1,6)	33,7 (±1,8)	1,634 (±0,173)	1,477 (±0,168)	1,612 (±0,179)	1,460 (±0,173)	0,421 (±0,022)	0,515 (±0,028)
2 (40-50)	43,4 (±1,2)	41,4 (±1,2)	43,4 (±1,9)	37,6 (±1,9)	2,760 (±0,365)	2,519 (±0,332)	2,782 (±0,302)	2,540 (±0,276)	0,428 (±0,025)	0,509 (±0,041)
3 (50-60)	53,8 (±0,9)	50,9 (±1,2)	40,6 (±3,4)	35,3 (±2,9)	3,625 (±0,425)	3,294 (±0,410)	3,615 (±0,428)	3,287 (±0,412)	0,393 (±0,025)	0,506 (±0,016)
4 (60-70)	65,7 (±6,8)	62,7 (±6,6)	37,0 (±3,3)	30,0 (±3,3)	4,144 (±0,621)	3,763 (±0,559)	4,127 (±0,622)	3,750 (±0,562)	0,334 (±0,040)	0,441 (±0,047)

Onde: DAP = diâmetro à altura de 1,30 m do solo com casca (cm); DAP_s = diâmetro à altura de 1,30 m do solo sem casca (cm); h = altura total (m); h₁₀ = altura comercial da árvore definida pelo diâmetro limite de 10 cm (m); v = volume total com casca da árvore (m³); v_s = volume total sem casca (m³); v₁₀ = volume comercial com casca da árvore definido pelo diâmetro limite de 10 cm (m³); v_{10s} = volume comercial sem casca da árvore definido pelo diâmetro limite de 10 cm (m³); f_{1,3} = fator de forma artificial; f_{0,1} = fator de forma natural; os números entre parênteses representam o desvio padrão.

A análise dos dados de DAP da Tabela 1 evidenciou uma amplitude diamétrica entre as classes igual a 34,7 e 65,7 cm com casca, e de 33,0 a 62,7 cm sem a presença de casca, sendo os maiores diâmetros provenientes da maior classe amostrada. Os resultados corroboraram com os observados na pesquisa de Saldanha et al. (2023), onde os valores de DAP variaram de 37,6 a 43,1 cm para *Eucalyptus* spp. aos 25 anos de idade. Da mesma forma, Alba et al. (2015) e Wink (2009) verificaram médias de 38,7 cm e 48,2 cm, respectivamente, para *Eucalyptus grandis* aos 19 anos e *Eucalyptus* spp. com 20 anos de idade.

Quando analisada a altura das árvores, observa-se que os maiores valores foram identificados no menor diâmetro (30-40 cm e 40-50 cm), determinando assim um desempenho inversamente proporcional quando comparada com a variável anterior. Ao avaliar as médias verificou-se uma variação de 43,4 a 37,0 m para altura total e 37,5 a 30,0 m de altura comercial. Resultados semelhantes com a amplitude de 31,7 a 44,3 m foram encontrados por Saldanha et al. (2023), e de 43,4 e 31,7 m para *Eucalyptus grandis* aos 19 anos e *Eucalyptus* spp. aos 20 anos, definidos por Alba et al. (2015) e Wink (2009), respectivamente. Já as médias para altura

comercial estão em conformidade com o estudo de Oliveira et al. (1999), onde os pesquisadores observaram valores dessa variável aos 15 cm de diâmetro limite, iguais a 37,3 m para *Eucalyptus grandis* e 32,7 m para *Eucalyptus urophylla*, com 19 e 21 anos, na mesma ordem.

A diferença dos resultados entre os trabalhos, tanto para a variável diâmetro, quanto altura, podem estar relacionados com o local, sítio, idade das árvores, métodos silviculturais utilizados durante o desenvolvimento da floresta, assim como, a área disponível entre os indivíduos, já que, segundo Ferreira et al. (2019), espaçamentos mais amplos estimulam a formação de fustes com maiores diâmetros, porém, podem resultar em menores alturas.

Ambas as variáveis citadas, diâmetro e altura, influenciam diretamente no volume das árvores, sendo possível identificar uma tendência crescente nas médias de volume total, comercial, com e sem casca, de acordo com o aumento das classes diamétricas, mesmo verificando-se uma redução das alturas nos maiores diâmetros (Tabela 1). Dessa forma, entende-se que nem sempre as árvores com alturas superiores manifestam os maiores volumes, uma vez que, as provenientes de alturas menores, podem apresentar maiores volumes quando dispõem de maior crescimento em diâmetro (MARTINS; COSTA; MARANGON, 2021).

As médias de volume, com e sem casca da classe 1, iguais a 1,634 e 1,477 m³, respectivamente (Tabela 1), estão em conformidade com as apresentadas por Oliveira et al. (1999) para *Eucalyptus grandis* aos 19 anos, uma vez que, para as mesmas variáveis, os valores foram de 1,62 e 1,45 m³, com DAP médio com casca correspondente a 31,6 cm e altura de 39,5 m. Resultados similares também foram observados no estudo de Trevisan et al. (2007) para *Eucalyptus grandis* aos 14 anos, onde o volume total médio encontrado foi igual a 1,76 m³ para árvores dominantes com DAP médio de 36,5 cm e altura de 38,2 m.

Devido a influência das classes diamétricas nos volumes, pode-se verificar ainda que, na classe 4 (60-70 cm), os resultados com e sem casca foram superiores as demais, resultando em 4,144 m³ e 3,763 m³, respectivamente. No estudo realizado por Haselein et al. (2004), em um povoamento de *Eucalyptus grandis* com 27 anos de idade, observaram volume com casca igual a 6,63 m³ e sem de 6,44 m³, com informações de DAP aproximadamente semelhantes a classe 4 (60-70 cm) da presente pesquisa. A partir das diferenças observadas entre os volumes com e sem casca, identifica-se a importância de tal propriedade, pois os valores podem superestimar o volume final de uma floresta, árvores ou até mesmo toras e influenciar no resultado.

Nos resultados de fator de forma, tanto artificial quanto natural, foi possível verificar uma diminuição dos valores da menor para a maior classe diamétrica (Tabela 1). Esse

comportamento foi semelhante aos encontrados por Drescher et al. (2001), onde os autores afirmaram que essas variáveis diminuem com o aumento do diâmetro.

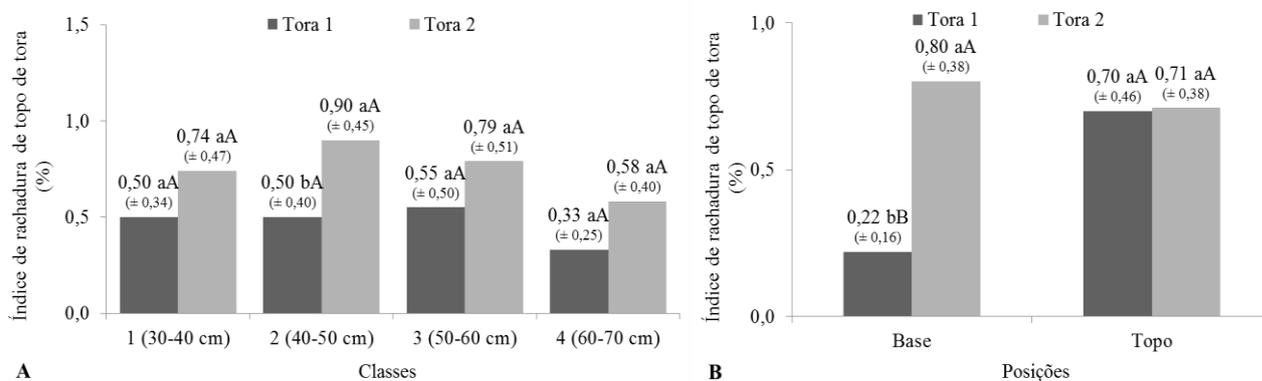
Os valores referentes ao fator de forma artificial da presente pesquisa variaram de 0,42 a 0,33, resultados próximos ao estudo conduzido no litoral do Rio Grande do Sul por Trevisan (2006), os quais verificaram valor de 0,42 dessa variável para árvores classificadas como médias. Ainda, de acordo com a literatura pode-se observar valores superiores, como no trabalho de Haselein et al. (2004), com a espécie de *Eucalyptus grandis* aos 27 anos, os quais encontraram valor igual a 0,51, assim como, Oliveira et al. (1999) que encontraram valor de 0,45 para a mesma espécie aos 16 anos.

Essas diferenças podem ser explicadas em função da idade das árvores, pois tanto o fator de forma natural, quanto o artificial aumentam com o passar dos anos e, tendem a estabilizar com o tempo (KÖHLER, 2013). Outros fatores que justificam essas distinções entre os resultados encontrados para as variáveis estão relacionados com a espécie, idade, sítio e densidade de plantio das árvores (VERA et al., 2022).

4.2 RACHADURA DE TOPO E DEFEITOS DE TORA

Ao analisar os índices de rachaduras de topo de toras na Figura 8A, verifica-se que não houve diferença significativa entre as classes estudadas, apenas entre toras e na classe 2 (Apêndice A). De modo geral, observa-se uma tendência de redução desse defeito com o aumento das classes diamétricas, resultado que condiz com os estudos de Cunha et al. (2015) e Talgatti et al. (2018) ao avaliarem as espécies de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus grandis*, respectivamente, assim como no estudo de Lima, Garcia e Stape (2007) e Chafe (1979).

Figura 8. Análise dos índices de rachaduras de topo de toras em função de ambas as toras estudadas (A = índice de rachadura de topo de tora em função das classes; B = índice de rachadura de topo de tora em função das posições) para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos.



Onde: A = índice de rachadura de topo de tora em função das classes; B = índice de rachadura de topo de tora em função das posições; médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre toras; médias seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre classes e posições; os números entre parênteses representam o desvio padrão.

Em relação aos valores entre as toras para as diferentes classes, nota-se uma diferença significativa apenas para a classe 2 (40-50 cm). De modo geral, observa-se que, para todas as classes estudadas, ocorre uma tendência de aumento do índice de rachadura, da primeira para a segunda tora. De acordo com Trevisan et al. (2013) esse fato pode ser explicado pois os níveis de tensão nas proximidades do ápice das árvores são mais susceptíveis às rachaduras, uma vez que as tensões são distribuídas em um menor diâmetro de tora.

As médias gerais observadas no presente estudo, resultaram em valores 0,46 % para tora 1 e 0,75 % para a tora 2, verificando diferença estatística entre ambas. Valores semelhantes foram encontrados por França et al. (2019) ao estudar 5 clones de *Eucalyptus* aos 10 anos de idade, onde observaram resultados variando de 0,20 a 0,70 % e, por Garcia et al. (2012), os quais identificaram média iguais a 0,61 e 0,57 % para as toras 1 e 2, respectivamente. Já Schacht, Garcia e Vencovsky (1998), analisando as rachaduras de topo nas extremidades de toras desprotegidas de clones de *Eucalyptus urophylla* com 9 anos de idade, encontraram valores que variaram de 0,15 % a 3,50 %, com média de 0,80 % e, Lopes (2003), estudando a primeira e a segunda tora de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*, com 21 anos de idade, observou uma média igual a 0,47 %.

Quando analisada a Figura 8B, identifica-se que a única posição que apresentou diferença estatística entre toras foi a base (Apêndice B). O mesmo comportamento foi observado por Trevisan et al. (2013), ao estudar o índice de rachaduras de topo de toras na

posição base e topo em diferentes alturas do fuste para a madeira de *Eucalyptus grandis* em árvores dominantes e centrais com 18 anos.

De modo geral, observa-se que o menor e o maior índice de rachaduras de topo ocorreram na posição da base, resultando em 0,22 % e 0,80 % para tora 1 e 2, respectivamente, enquanto que, ao se avaliar a posição do topo, as médias foram muito próximas, 0,70 % para tora 1 e 0,71 % para a 2. Os resultados referentes a posição da base, estão em conformidade com o trabalho de Beltrame et al. (2015) com *Eucalyptus* spp aos 1 anos, onde observaram médias de 0,47 % para tora 1 e 0,71 % para a 2. Para posição do topo o comportamento foi inverso a presente pesquisa, apresentando valores de 0,75 % e 0,43 % para a tora 1 e 2, respectivamente. Em contrapartida, Trevisan et al. (2013), encontraram resultados para a posição da base um pouco superior, 1,1 e 2,3 % para a tora 1 e 2, respectivamente, e para o topo valores de 2,0 e 2,5 %.

A partir dos resultados observa-se que não há um padrão de comportamento para tal defeito o que, de acordo com Cunha et al. (2015), torna complexo a interpretação de tais resultados pelo fato de haver vários fatores que podem influenciar na ocorrência das rachaduras como, por exemplo, espécie, tensão de crescimento, idade das árvores, forma de derrubada e o tempo de armazenamento.

Na Tabela 2 observa-se os resultados obtidos para achatamento e conicidade das toras sendo possível identificar diferenças entre as classes analisadas e posição no fuste para ambos defeitos avaliados (Apêndice C e D).

Tabela 2. Teste de médias para achatamento e conicidade de toras das quatro classes diamétricas estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

Classes diamétricas (cm)	Achatamento (%)		Conicidade (%)	
	Tora 1	Tora 2	Tora 1	Tora 2
1 (30-40)	80,8 ^(±1,1) abB	93,8 ^(±3,4) aA	2,5 ^(±0,2) bA	0,7 ^(±0,4) bB
2 (40-50)	85,6 ^(±8,3) abA	94,9 ^(±1,3) aA	2,4 ^(±1,5) bA	0,7 ^(±0,2) bA
3 (50-60)	73,8 ^(±6,1) bB	91,3 ^(±3,1) aA	5,5 ^(±1,5) aA	1,4 ^(±0,5) abB
4 (60-70)	75,8 ^(±1,2) bB	92,6 ^(±4,0) aA	5,9 ^(±0,4) aA	1,5 ^(±0,7) aB

Onde: Números entre parênteses representam o desvio padrão; as médias seguidas por letras minúsculas na coluna comparam a tora dentro de cada classe diamétrica e letras maiúsculas na linha comparam os defeitos entre toras para cada classe, de acordo com o teste LSD a 5 % de probabilidade de erro.

Com base na Tabela 2, quando analisado o defeito de achatamento, pode-se observar que os melhores resultados foram evidenciados na tora 2, enquanto que a 1 foi classificada como problemática em todas as classes. Essas afirmações estão relacionadas com as normas do

Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF, 1984) que classifica as toras pelas suas características e considera como “forma superior” àquelas que apresentam achatamento igual ou superior a 90 %.

Esse comportamento pode ser explicado pelo fato do achatamento ser caracterizado pela diferença de diâmetros numa mesma sessão do tronco, ou seja, quanto a forma da tora se desvia da forma de um cilindro, sendo mais comum que a primeira tora apresente médias inferiores já que o diâmetro na base geralmente é maior. Resultados semelhantes a presente pesquisa foram encontrados por Caixeta (2000) ao estudar a espécie de *Eucalyptus* spp. entre 13 e 17 anos, em 3 diferentes posições ao longo do fuste, observando valores de 81,5 % para primeira porção da árvore a 93,5 % para a terceira, evidenciando assim que o tronco tende a ficar mais uniforme com a altura das árvores.

Ao analisar as diferentes classes por tora, destaca-se que a tora 2 exibiu valores superiores a 90 % em todos os diâmetros avaliados. Por sua vez, a tora 1, especificamente nas classes 1 (30-40 cm) e 2 (40-50 cm), demonstrou, em geral, uma incidência menor do defeito em comparação com as demais. Essas observações sugerem que as toras 2 e 1, nessa ordem e nas classes mencionadas, são mais indicadas para utilização como matéria-prima, especialmente na produção de madeira serrada.

Apesar da escassez nas pesquisas com classes diamétricas elevadas, pode-se dizer que os resultados observados no presente estudo corroboraram com os encontrados por Tedesco (2014) que, ao estudar a madeira de *Eucalyptus grandis*, em 4 diferentes classes diamétricas, identificou o maior valor de achatamento (91,8 %) na menor classe (25 a 35 cm), e a menor média de 87,2 % na classe intermediária (35 a 40 cm). Outra pesquisa com resultados relativamente próximos aos de *Eucalyptus* foi realizado por Nassur et al. (2013) com a espécie de *Tonna ciliata* aos 18 anos, encontrando valores de 80,6 a 93,6 %, entre as 21 árvores estudadas, as quais resultaram em uma média de 87,3 %.

Quanto ao defeito de conicidade entre as toras pode-se observar na Tabela 2 uma distinção em todos os diâmetros, exceto na classe 2 (40-50 cm), assim como verificado no achatamento. De maneira geral, a tora 2 manteve-se com os melhores resultados e pode ser classificada como de boa qualidade quando relacionada com as normas do IBDF (1984), uma vez que a mesma estabelece que a conicidade deve ser igual ou inferior a 3 %, ou segundo Grosser (1980), quando apresentar valores inferiores a 1 cm/m para o diâmetro ou 3 cm/m para a circunferência da tora

Sendo assim, as únicas classes consideradas problemáticas mediante a esta variável são as de maiores diâmetros, 3 (50-60 cm) e 4 (60-70 cm) da tora 1, as quais resultaram em valores de 5,5 e 5,9 %, respectivamente. De modo geral, os menores resultados para ambas as posições no fuste foram evidenciados na classe diamétrica 1 (30-40 cm), com valores de 2,5 e 0,7 %, de maneira respectiva, para as toras 1 e 2. Tais resultados estão em conformidade com o estudo de Tedesco (2014), onde a menor conicidade (0,89 %) também ocorreu na menor classe e o maior valor foi identificado na classe de 35 a 40 cm, porém, com 1,68 %, o que em via de regra de acordo com o IBDF (1984), não é considerado como defeito.

No estudo de Hornburg et al. (2012) com 6 espécies de *Eucalyptus* em 3 diferentes classes diamétricas, os autores também observaram que a conicidade aumentou com o diâmetro, ou seja, na menor classe (14 a 20 cm) a amplitude entre as espécies resultou em 0,41 a 0,83 cm/m e, para a classe 3, onde os diâmetros foram acima de 25 cm, os valores variaram de 0,97 a 2,20 cm/m.

Da mesma forma Carvalho et al. (2019), ao estudarem a *Eucalyptus* spp. em toras de diâmetro médio de 33,0 e 47,0 cm, verificaram comportamento semelhante citando valores de 0,92 e 1,48 cm/m, respectivamente. Já no trabalho de Juízo et al. (2014) o valor observado foi de 1,43 cm/m para *Eucalyptus saligna*, aos 27 anos em toras com 3,4 m de comprimento na classe diamétrica de 35 a 39,5 cm e, para espécie de *Eucalyptus grandis* aos 27 anos com diâmetro médio de 66 cm, Haselein et al. (2004) constataram resultado de conicidade calculada a partir de todo comprimento da árvore igual a 1,41 cm/m.

Quanto aos resultados relacionados a posição das toras, observa-se que, os menores valores foram identificados na tora 2 (Tabela 2). Comportamento semelhante com o trabalho de Garcia et al. (2012) ao estudarem três posições da espécie de *Couratari guianensis*, observaram que a primeira tora resultou em uma conicidade de 2,32 %, a segunda com 1,53 % e a terceira com 3,55 %.

O trabalho realizado por Del Menezzi et al. (2001) com *Eucalyptus cloeziana*, também identificaram médias superiores para na primeira tora (0,96 cm/m) quando comparada com a segunda (0,66 cm/m). O mesmo ocorre com Oliveira et al. (1999) que, em diferentes espécies de *Eucalyptus* com 4 m de comprimento e diâmetro médio de 26,6 cm, observaram valores de conicidade de 2 cm/m para primeira tora e de 0,6 cm/m para a segunda.

Esses resultados podem ser explicados por Lima (2005), onde afirmou que a conicidade está relacionada significativamente com a classe diamétrica, sendo intensificada com o aumento do DAP. Isso está associado com as posições do fuste, pois ocorre uma redução de maneira

mais abrupta do diâmetro da base para o topo, ou seja, há maior afilamento do fuste em comparação à parte mediana da árvore de onde são provenientes as demais toras (CARVALHO et al., 2019).

4.3 MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE UMIDADE

A partir dos resultados da Tabela 3, observa-se que a análise não revelou diferenças entre as classes para o teor de umidade e ambas massas específicas ponderadas em função do volume comercial sem casca (Apêndice H, I e J).

Tabela 3. Teste de médias para teor de umidade, massa específica básica ponderada, massa específica aparente saturada ponderada, massa seca e massa verde das quatro classes diamétricas estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

Classes	TU	$\rho_{\text{pond b}}$	$\rho_{\text{pond sat}}$	MS	MV
1 (30-40)	89,4 ^(±7,6) a	601,7 ^(±32,8) a	1153,4 ^(±16,4) a	960,7 ^(±161,4) c	1835,7 ^(±346,0) c
2 (40-50)	91,9 ^(±5,4) a	570,2 ^(±26,9) a	1133,4 ^(±14,0) a	1605,8 ^(±164,6) b	3205,9 ^(±438,1) b
3 (50-60)	90,8 ^(±8,2) a	588,4 ^(±41,0) a	1141,8 ^(±26,2) a	2125,9 ^(±228,0) a	4139,2 ^(±518,5) a
4 (60-70)	96,1 ^(±6,1) a	561,0 ^(±14,2) a	1139,7 ^(±12,1) a	2290,8 ^(±387,1) a	4661,6 ^(±824,1) a

Onde: TU = teor de umidade (%); $\rho_{\text{pond b}}$ = massa específica básica ponderada em função do volume comercial sem casca (kg/m³); $\rho_{\text{pond sat}}$ = massa específica aparente saturada ponderada em função do volume comercial sem casca (kg/m³); MS = massa seca (kg); MV = massa verde (kg); Números entre parênteses representam o desvio padrão; médias seguidas pela mesma letra na coluna comparam as classes diamétricas e não diferem entre si, de acordo com o teste LSD a 5 % de probabilidade de erro.

Quando observado os valores de teor de umidade, identifica-se uma amplitude de 89,4 a 96,1 %, assim como, uma variação inversamente proporcional quando comparado com ambas as massas específicas ponderadas. Isso se justifica pois, quanto maior a quantidade de espaços porosos maior será o armazenamento de água livre nas cavidades celulares (CANDATEN et al., 2018a; MELO et al., 2013; ZANCHETTA et al., 2020).

A massa específica básica ponderada em função do volume comercial sem casca, nos diferentes diâmetros, não apresentaram diferença estatística (Tabela 3). Os valores encontrados para tal propriedade variaram de 561,0 a 601,7 kg/m³, sendo possível classificar essa madeira como de média densidade por ter apresentado resultados entre 560 a 750 kg/m³ (SILVEIRA; REZENDE; VALE, 2013; ZAQUE et al., 2019). Estudos realizados por Calori e Kikuti (1997) e Kazmierczak et al. (2017) com a madeira de *Eucalyptus dunnii* aos 20 anos, encontraram médias de 550 kg/m³ e 559 kg/m³, respectivamente, e Schulz et al. (2020) ao estudarem a mesma espécie com 22 anos, identificaram resultados de 550 kg/m³, enquanto Lopes et al.

(2011) observaram valores de 610 kg/m^3 para indivíduos com 18 anos, confirmando a existência de variabilidade dentro da espécie.

Ao comparar os resultados da massa específica básica ponderada (Tabela 3) com estudos conduzidos por Ribeiro e Zani Filho (1993) e Koaski (2019) em *Eucalyptus dunnii*, considerando plantios de 5 e 7 anos, nota-se que, apesar da diferença de idade, os valores foram relativamente próximos aos da presente pesquisa, registrando médias de 524 kg/m^3 e 498 kg/m^3 , respectivamente. A espécie de *Eucalyptus saligna* com 22 anos, estudada por Napoli et al. (2013), também apresentou resultados semelhantes, com valores de massa específica ponderada de 580 kg/m^3 . Com isso, é possível explicar que essa diferença entre valores, segundo Boschetti, Vidaurre e da Silva (2020), Alzate et al. (2005), pode estar atribuída à idade, ritmo de crescimento das árvores, espaçamento de plantio, sítio, espécie e, principalmente, a fatores entre ambientes e/ou genética.

Com relação a massa específica aparente saturada ponderada em função do volume comercial sem casca do *Eucalyptus dunnii*, observa-se que os valores variaram de $1133,4 \text{ kg/m}^3$ a $1153,4 \text{ kg/m}^3$. Estudo conduzido por Pertuzzatti et al. (2017) com *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*, evidenciou valores de $1070,0$ e $1290,0 \text{ kg/m}^3$, respectivamente, para variável de massa específica aparente saturada ponderada. Resultados semelhantes ao eucalipto para a mesma variável foram encontrados por Candaten et al. (2018a), para *Maclura tinctoria* com valor igual $1134,0 \text{ kg/m}^3$ e, Candaten et al. (2018b) para madeira de *Inga marginata*, com média igual a $1152,0 \text{ kg/m}^3$.

A análise dos resultados de massa seca e massa verde revelam que houve diferença entre as classes estudadas (Apêndice K e L). As classes com os maiores diâmetros (3 (50-60 cm) e 4 (60-70 cm)) e, conseqüentemente os maiores volumes, apresentaram os valores mais elevados para ambas as variáveis (Tabela 3). Esses resultados estão em conformidade com Trugilho et al. (2010), onde os autores afirmaram que as diferenças volumétricas entre as classes diamétricas podem influenciar nas elevadas estimativas dessas variáveis, que são extremamente importantes para destinação da matéria-prima para fabricação de celulose e produção de energia.

De modo geral, os valores aumentaram dos menores para os maiores diâmetros em ambas as propriedades, resultando em uma variação de $960,7$ a $2290,8 \text{ kg}$ de massa seca e $1835,7$ a $4661,6 \text{ kg}$ de massa verde. O mesmo comportamento foi observado por Pedrosa et al. (2013) e Trugilho (2009), ao estudarem a biomassa seca e úmida na madeira de *Eucalyptus* em diferentes classes. Demais autores, como Trugilho et al. (2015) e Santana et al. (2012) ao

relacionarem idade e classe diamétrica, também verificaram uma tendência de aumento da propriedade de massa seca com o incremento do diâmetro, corroborando com o observado neste trabalho.

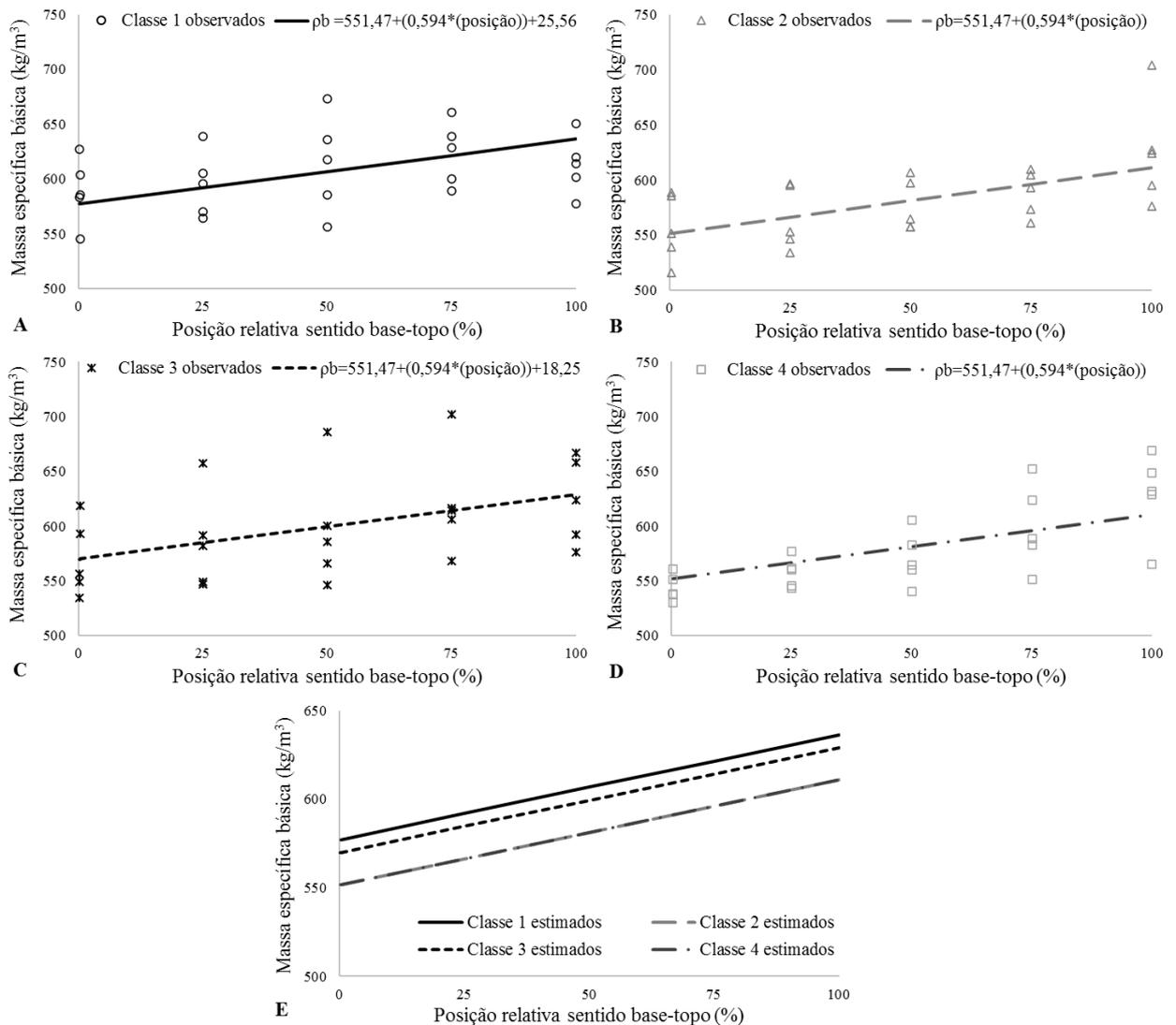
Para determinar a massa específica básica no sentido longitudinal da árvore foi estabelecida uma equação pelo procedimento *Stepwise* de modelagem de regressão, sendo representada por $\rho_b = 562,42 + (0,594 * (\text{posição}))$, demonstrando um padrão linear crescente da base para o topo. Porém, a equação descrita não pode ser utilizada para as quatro classes diamétricas estudadas, pois, algumas das variáveis *Dummy*, foram significativas ao nível de 5 % de probabilidade de erro (Apêndice E).

Assim, com a finalidade de observar as diferenças nas posições para as quatro classes de diâmetro avaliadas, os dados foram plotados (Figura 9) em função do modelo mencionado a seguir:

$$\rho_b = 551,47 + (0,594 * (\text{posição})) + 25,56D1 + 18,25D3$$

Onde: ρ_b = massa específica básica (kg/m^3); D_i = *Dummy* (classe, onde 1: classe 1 (30-40 cm); 2: classe 2 (40-50 cm); 3: classe 3 (50-60 cm) e 4: classe 4 (60-70 cm)).

Figura 9. Massa específica básica em função das posições relativas sentido base-topo para as quatro classes diamétricas analisadas (A = classe 1 (30-40 cm); B = classe 2 (40-50 cm); C = classe 3 (50-60 cm); D = classe 4 (60-70 cm); E = valores estimados das 4 classes) para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.



Quando analisado os resultados de massa específica básica, observa-se uma tendência crescente no sentido base-topo para todas as classes diamétricas. Esse comportamento está em conformidade com a literatura, pois conforme Sette Jr. et al. (2012), Boschetti, Vidaurre e da Silva, (2020), podem ocorrer diferentes padrões de variação ao longo do tronco, por exemplo, o aumento da variável no eixo longitudinal da árvore.

No trabalho de Calori e Kikuti (1997), ao estudarem *Eucalyptus dunnii* aos 20 anos de idade, os autores observaram um acréscimo da massa específica básica ao longo do tronco, assim como, na pesquisa de Alzate et al. (2005), com o híbrido *Eucalyptus grandis x urophylla*. Uma possível explicação para a massa específica apresentar os maiores resultados no topo das árvores, está relacionada com a copa devido a inserção dos galhos, o que ocasiona mudanças

na constituição anatômica da madeira pois essa região necessita de maior resistência (PALERMO et al., 2003).

De maneira geral, quando observado a massa específica básica entre as classes de diâmetro não foi possível identificar um padrão, visto que, os maiores valores foram provenientes da classe 1 (30-40 cm), os quais variaram de 577,2 a 636,4 kg/m³ (Figura 9A), seguida da 3 (50-60 cm) com valores de 569,9 a 629,1 kg/m³ (Figura 9C), enquanto os menores valores foram oriundos das classes 2 (40-50 cm) (Figura 9B) e 4 (60-70 cm) (Figura 9D), onde essas últimas não apresentaram diferença estatística entre si (Figura 8E), representando valores de 551,6 a 610,9 kg/m³ da base para o topo em ambas.

Quanto a relação entre diâmetro e/ou dimensão das árvores e a massa específica do lenho, observa-se uma certa discordância na literatura (TREVISAN et al., 2012), pois, em algumas pesquisas, como na de Ferreira et al. (1978) as árvores com menores diâmetros dispõem de maior massa específica da madeira, enquanto que, para Hillis (1968) e Hasegawa (2003), a variável não é influenciada ou apresenta uma ligação fraca com o nível de crescimento das árvores.

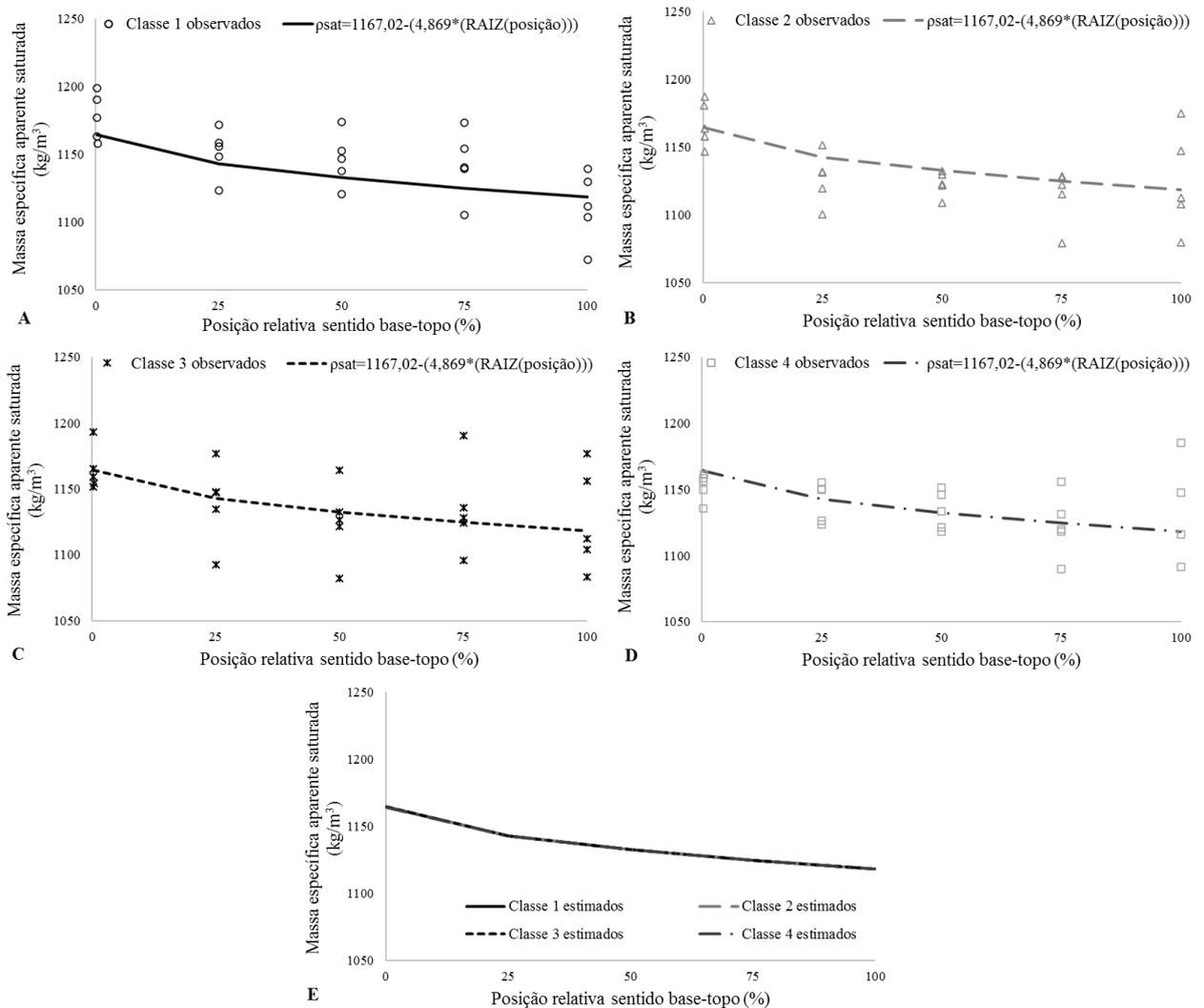
Para conhecimento da massa específica aparente saturada no sentido base-topo foi definida uma equação pelo procedimento *Stepwise* de modelagem de regressão, sendo representado por $\rho_{\text{sat}} = 1167,02 - (4,869 * (\text{RAIZ}(\text{posição})))$. Nesse caso, a mesma equação pode ser empregada para as quatro classes diamétricas, visto que, as variáveis *Dummy* não apresentaram diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade de erro (Apêndice F).

Assim, os dados foram plotados (Figura 10) em função do modelo mencionado em seguida:

$$\rho_{\text{sat}} = 1167,02 - (4,569 * (\text{RAIZ}(\text{posição})))$$

Onde: ρ_{sat} = massa específica aparente saturada (kg/m³); Di = *Dummy* (classe, onde 1: classe 1 (30-40 cm); 2: classe 2 (40-50 cm); 3: classe 3 (50-60 cm) e 4: classe 4 (60-70 cm)).

Figura 10. Massa específica aparente saturada em função das posições relativas sentido base-topo para as quatro classes diamétricas analisadas (A = classe 1 (30-40 cm); B = classe 2 (40-50 cm); C = classe 3 (50-60 cm); D = classe 4 (60-70 cm); E = valores estimados das 4 classes) para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.



Os resultados obtidos para a massa específica aparente saturada, de modo geral, variaram de 1164,4 a 1118,3 kg/m³ pois não houve diferença estatística entre as classes, porém nota-se uma tendência decrescente da base para o topo (Figura 10E). Esse comportamento de redução no sentido longitudinal da árvore também foi observado nos trabalhos de Candaten et al. (2018a e 2018b), ao estudarem a madeira *Maclura tinctoria* e *Ingá marginata*, sendo ambas da mesma família do *Eucalyptus*.

O teor de umidade no sentido axial da árvore também foi definido a partir da equação selecionada pelo procedimento *Stepwise* de modelagem de regressão, sendo representado por $TU = 106,22-(0,267*(posição))$, demonstrando um padrão linear decrescente da base para o topo. Porém, a expressão mencionada não pode ser empregada para todas as classes estudadas,

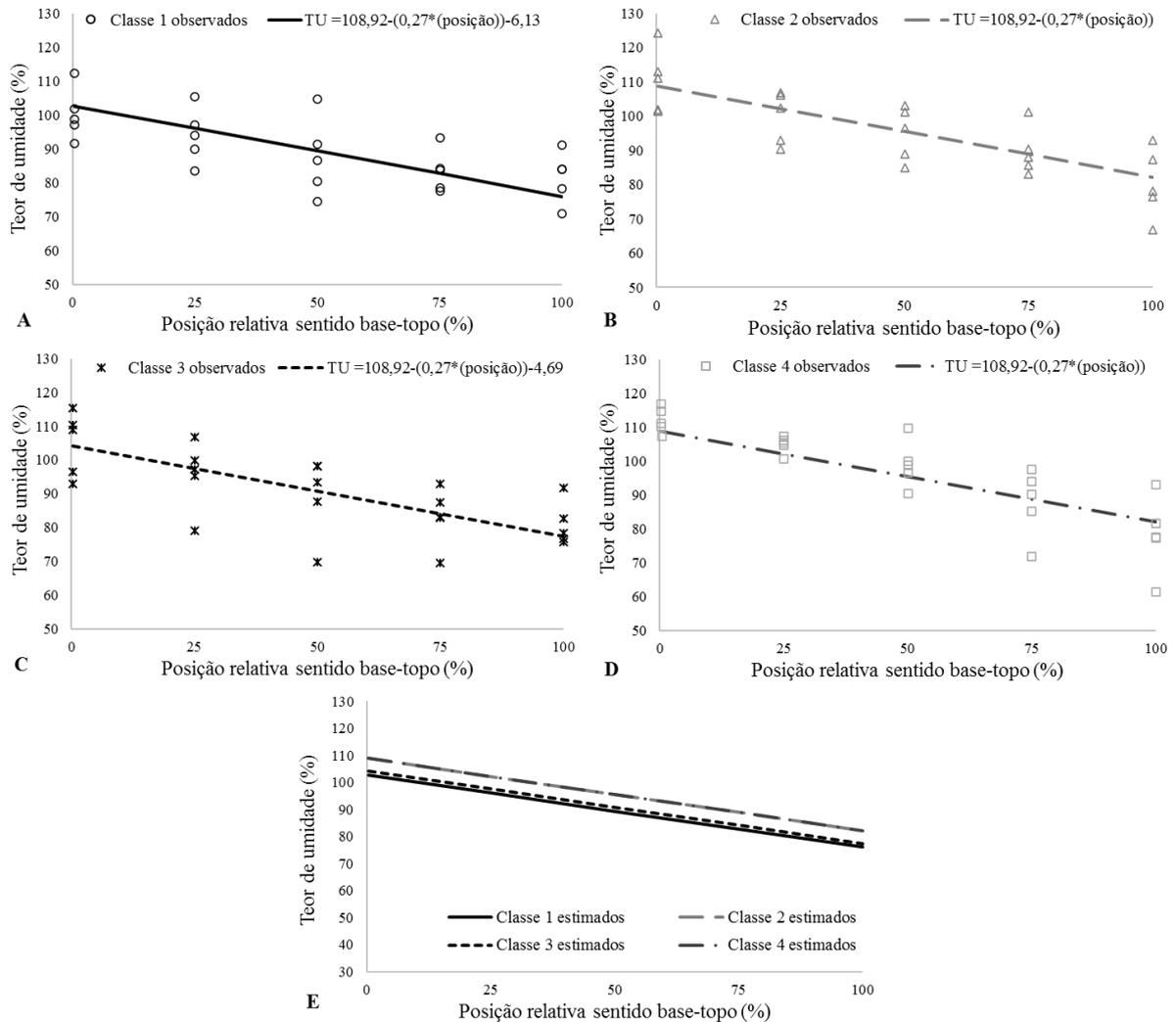
pois algumas variáveis *Dummy*, foram significativas ao nível de 5 % de probabilidade de erro (Apêndice G).

Dessa forma, com a finalidade de observar as diferenças nas posições para as quatro classes de diâmetro avaliadas, os dados foram plotados (Figura 11) em função do modelo mencionado a seguir:

$$TU = 108,92 - (0,267 * (\text{posição})) - 6,13D1 - 4,69D3$$

Onde: TU = teor de umidade (%); Di = *Dummy* (classe, onde 1: classe 1 (30-40 cm); 2: classe 2 (40-50 cm); 3: classe 3 (50-60 cm) e 4: classe 4 (60-70 cm)).

Figura 11 - Teor de umidade em função das posições relativas sentido base-topo para as quatro classes diamétricas analisadas (A = classe 1 (30-40 cm); B = classe 2 (40-50 cm); C = classe 3 (50-60 cm); D = classe 4 (60-70 cm); E = valores estimados das 4 classes) para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.



A partir dos resultados para teor de umidade nas quatro classes estudadas, é possível observar que o comportamento foi semelhante ao ocorrido para a massa específica básica, porém, inversamente proporcional, ou seja, para a massa específica identificou-se um acréscimo e, nesse caso um decréscimo no sentido longitudinal. As classes que apresentaram os maiores teores de umidade foram a 2 e a 4, não apresentando diferença estatística entre ambas, seguida da classe 3 e por último sendo representada pela classe 1.

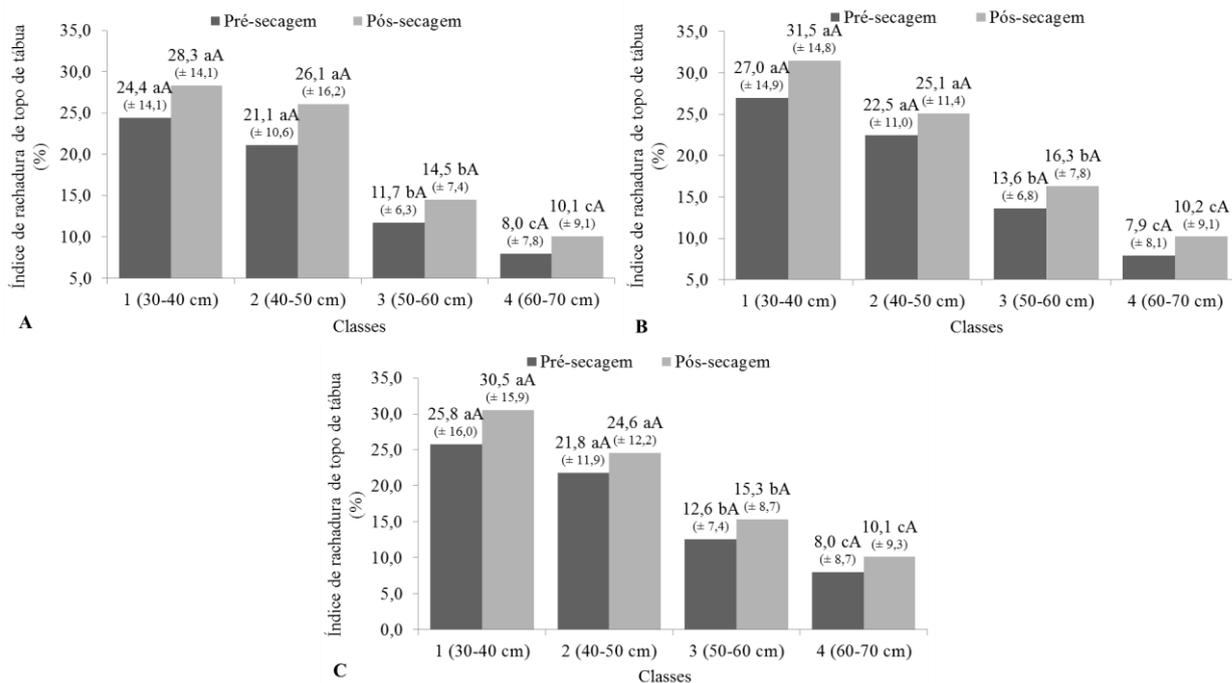
A ligação entre as propriedades físicas massa específica básica e o teor de umidade também foi constatado por Juizo et al. (2015) e Friederichs et al. (2015), observando valores mais acentuados de teor de umidade e menores resultados para massa específica básica. Esse comportamento pode ser decorrente da relação peso e volume utilizados na obtenção da massa

específica, pois, com o aumento do teor de umidade acima do ponto de saturação das fibras, somente a massa do material aumenta, não alterando o volume e resultando em menores valores dessa propriedade (CANDATEN et al., 2018a).

4.4 DEFEITOS DA MADEIRA SERRADA

Ao analisar a comparação dos defeitos das tábuas do *Eucalyptus dunnii*, entre as toras 1 e 2, não foi constatado diferença significativa, dessa forma, optou-se por generalizar e ampliar as repetições por classes e orientações. Sendo assim, a partir dos valores obtidos para os índices de rachaduras de topo de tábuas foi possível observar que houve diferença estatística apenas entre as classes (Figura 12; Apêndice M, N e O).

Figura 12. Índice de rachadura de topo de tábuas em função da condição de secagem para as quatro classes estudadas (A = índice de rachadura de topo de tábua para melhor face; B = índice de rachadura de topo de tábua para pior face; C = índice de rachadura de topo de tábuas para ambas as faces) para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.



Onde: Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre classes; médias seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre as condições pré e pós-secagem; os números entre parênteses representam o desvio padrão.

Com base nos resultados dos índices de rachaduras nos diferentes diâmetros, verifica-se, em todas as faces analisadas, uma redução dessa variável com o aumento do diâmetro das árvores. Notavelmente, as classes que conferem maior qualidade estão distribuídas na seguinte ordem: classe 4 (60-70 cm), seguida da 3 (60-70 cm), com as classes 1 e 2 subsequentes, onde essas últimas não diferiram entre si.

Resultados semelhantes foram identificados por Anjos e Fonte (2017) os quais, ao estudarem três espécies de *Eucalyptus* em três categorias diamétricas, também observaram uma tendência de menor intensidade de rachaduras em tábuas provenientes de árvores com maiores diâmetros. Da mesma forma, nos estudos de Lopes et al. (2004) e Souza et al. (2012), que analisaram árvores dominantes de *Eucalyptus grandis*, verificaram uma redução das rachaduras de topo na madeira serrada do estrato superior em comparação com árvores menores.

Na pesquisa conduzida por Müller et al. (2019), os autores não identificaram efeito significativo da classe diamétrica quando comparado os resultados individuais por espécie, porém, essa ausência de efeito pode estar associada à proximidade dos intervalos das classes utilizadas ou por trabalharem com diâmetros inferiores (20-30 cm) em relação aos do presente trabalho.

Cabe ressaltar ainda que o aparecimento desse defeito também está relacionado ao gradiente de umidade, uma vez que a madeira tende a secar rapidamente nas regiões mais externas em comparação ao interior da tábua, gerando tensões de secagem e, conseqüentemente, o aparecimento de rachaduras (MARCHESAN et al., 2015; SUSIN et al., 2014).

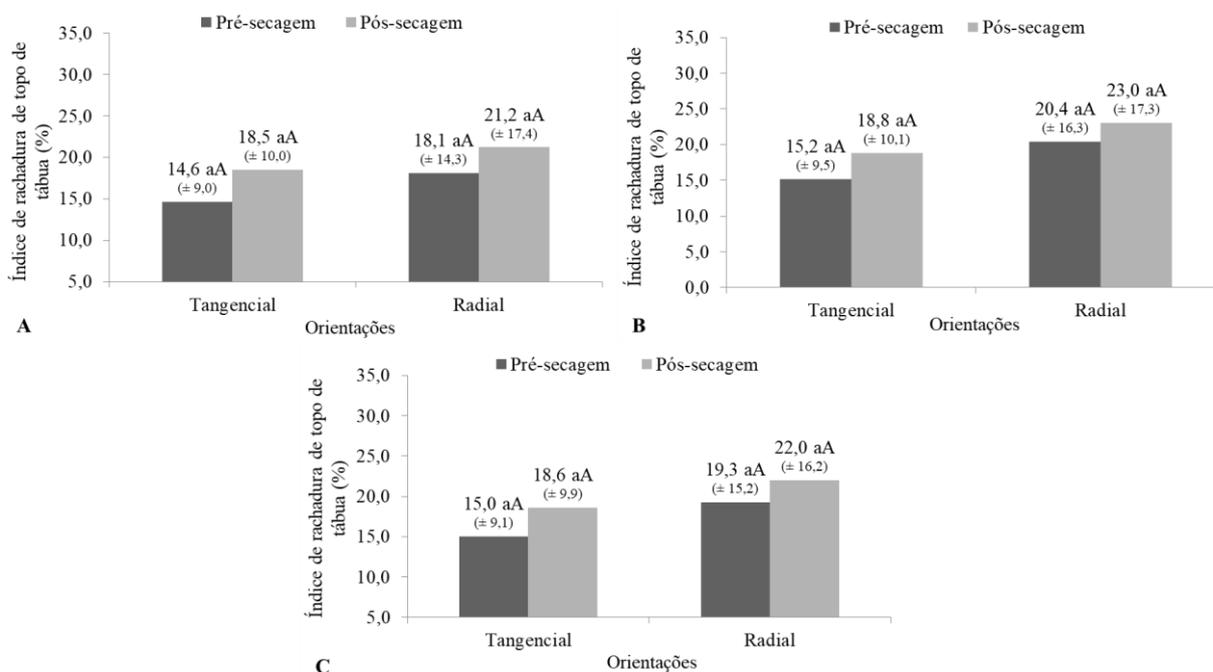
Ao se avaliar os índices de rachaduras entre as condições de umidade, observa-se que, apesar da distinção numérica entre a porcentagem da variável pré e pós-secagem, as mesmas não foram significativas. Esses resultados estão em conformidade com Eleotério et al. (2014) e Souza et al. (2012) que ao estudarem outras espécies do mesmo gênero, considerando os índices de rachaduras médios, não houve diferenças entre as fases saturada e seca.

Quando verificada as porcentagens de tal defeito, nota-se que os valores oriundos de algumas das classes diamétricas estudadas, especialmente a 1 (30-40 cm) foram ligeiramente superiores aos registros encontrados na literatura. De modo geral, a maior média foi de 31,5 % para a classe 1 na condição pré-secagem e a menor de 10,2 % na classe 4. No trabalho realizado por Müller et al. (2019), com *Eucalyptus* entre 20 a 30 cm de diâmetro, os pesquisadores identificaram valores de índices de rachaduras variando de aproximadamente 7,6 % a 12,1 % em situações saturadas e de 11,3 % a 16,4 % em condições secas.

Na mesma linha, Souza et al. (2012) ao estudarem a espécie de *Eucalyptus dunnii* observaram valores de rachaduras na madeira saturada de 8,6 % e de 13,6 % na condição seca a 17 % de umidade, resultados próximos aos encontrados para as classes 3 (50-60 cm) e 4 (60-70 cm). Já na pesquisa de Rocha e Tomaselli (2002), obtiveram para tábuas secas de *Eucalyptus grandis* valores entre 14,6 % e 23,5 %, o que condiz com os valores das classes 2 (40-50 cm) e 3 (50-60 cm). Outras pesquisas semelhantes foram realizadas por Caixeta et al. (2002) com *Eucalyptus* de 13 e 17 anos e encontraram índices de rachaduras de 16,1 % e por Latorraca et al. (2015), estudando a madeira de *Eucalyptus pellita* aos 25 anos, observaram valor médio de 14,5 %.

Ao avaliar as rachaduras de topo das tábuas entre as orientações observa-se que não houve diferença estatística (Figura 13; Apêndice P, Q e R), porém, as tábuas radiais apresentaram valores ligeiramente superiores comparado com as tangenciais para todas as faces estudadas.

Figura 13. Índice de rachadura de topo de tábuas em função da condição de secagem para as duas orientações analisadas estudadas (A = índice de rachadura de topo de tábua para melhor face; B = índice de rachadura de topo de tábua para pior face; C = índice de rachadura de topo de tábuas para ambas as faces) para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.



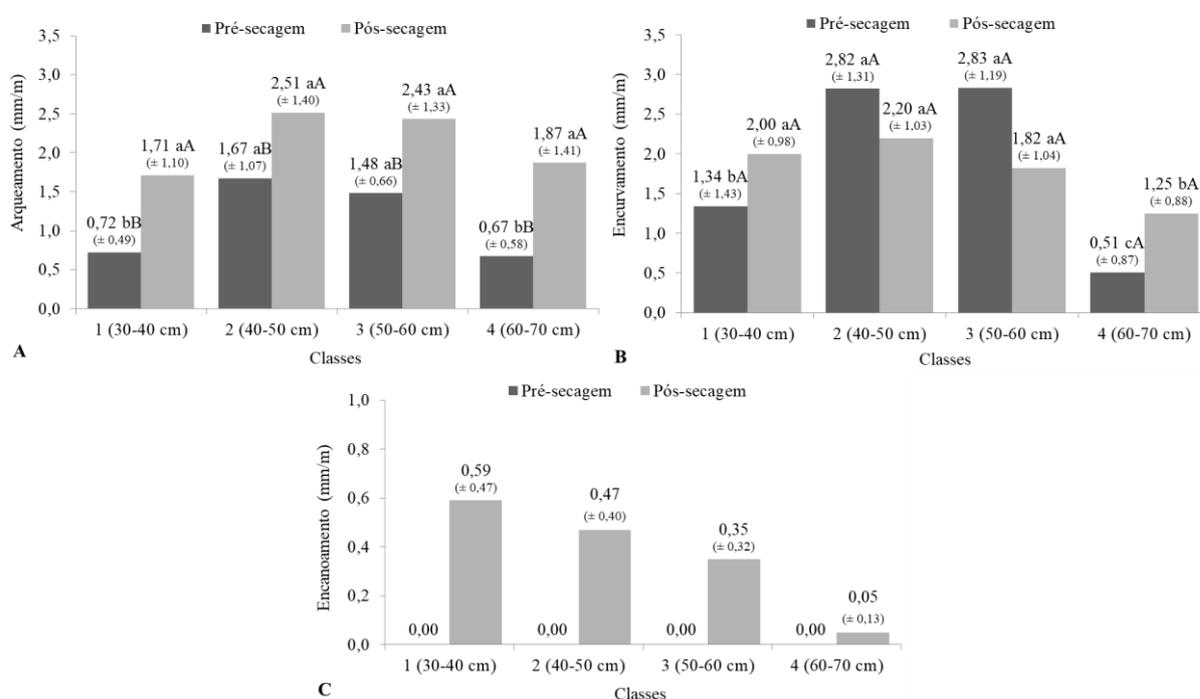
Onde: Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem as condições pré e pós-secagem; médias seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre as orientações; os números entre parênteses representam o desvio padrão.

As tábuas tangenciais e retiradas próximas as costaneiras acabam resultando em índices de rachaduras inferiores pois, de acordo com França (2014), essa região apresenta uma maior proporção de lenho adulto e, conseqüentemente, demonstra uma melhor resistência a rachaduras. Em contrapartida, tábuas radiais, principalmente aquelas que incluem regiões contendo a medula, tendem a manifestar índices mais elevados por possuírem maior proporção de madeira juvenil.

Para os resultados referentes aos índices de rachaduras comparado com as condições de umidade, não foi identificado diferença significativa, assim como, no trabalho de Rocha e Tomaselli (2002) ao analisaram o mesmo defeito em 34 tábuas durante a fase saturada e após o processo de secagem. Os mesmos autores ao compararem os efeitos da secagem nas rachaduras entre duas espécies, observaram que o *Eucalyptus dunnii* se sobressaiu em relação ao *Eucalyptus grandis*, porém, isso pode estar relacionado com a idade das árvores, visto que tinham 16,5 e 12 anos, respectivamente, sugerindo uma possível influência da maturidade da madeira nas respostas ao processo de secagem.

A partir das avaliações dos defeitos em madeira serrada, é pertinente ressaltar que, dentre os empenamentos, o torcimento foi o único que não apresentou incidência tanto pré quanto na pós-secagem. Na Figura 14A, ao se analisar o arqueamento, observa-se que houve diferença entre condições de umidade e classes (Apêndice S), onde os melhores resultados foram obtidos nas classes 1 (30-40 cm) e 4 (60-70 cm) na condição saturada.

Figura 14. Comparação de médias dos defeitos de tábuas em função da condição de secagem para as quatro classes analisadas (A = arqueamento; B = encurvamento; C = encanoamento) para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.



Onde: Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre classes; médias seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre condição pré e pós-secagem; os números entre parênteses representam o desvio padrão.

Os comportamentos evidenciados para o arqueamento condizem com o estudo de Anjos e Fonte (2017), os quais ao analisarem o *Eucalyptus grandis* observaram que os menores resultados para tal defeito estão associados a tábuas provenientes de toras com os menores diâmetros; já para o *Eucalyptus saligna*, identificaram o oposto, ou seja, os menores índices ocorrem em tábuas de fustes com diâmetros mais elevados, assim como no trabalho de Garcia (2005). Essas manifestações de acordo com Anjos e Fonte (2017), podem estar vinculadas a genética da planta, local de crescimento e forma de processamento.

Ao comparar as condições de umidade para o defeito de arqueamento, verifica-se um aumento do mesmo, do desdobro até o término da exposição das tábuas ao ar livre para todas as classes estudadas, com variação de valores entre 0,67 a 2,51 mm/m. Esse acréscimo nos resultados durante as etapas de processamento da madeira também foi destacado por Susin et al. (2014), Souza et al. (2012), Talgatti et al. (2018) e Zen et al. (2019), e pode ser explicado devido à disposição das tábuas na pilha, uma vez que as mesmas não possuem restrições laterais para impedir essa deformação.

No estudo conduzido por Stangerlin et al. (2009), utilizando espécies de *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus tereticornis*, com aproximadamente 25 anos, observaram valores médios para arqueamento após o desdobro de 2,59, 2,87 e 2,88 mm/m, respectivamente, e, após a secagem de 2,81, 3,08 e 3,13 mm/m, resultados superiores ao da presente pesquisa. Já Cademartori et al. (2015), ao pesquisarem a eficácia de herbicida na redução dos efeitos das tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis* com 16 anos, obtiveram valores que variaram de 0,81 a 1,24 mm/m.

Ao se avaliar o defeito de arqueamento nas classes, observa-se que as médias obtidas na classe 1 (30-40 cm) foram de 0,72 mm/m na pré-secagem e 1,71 mm/m na pós-secagem, sinalizando uma diferença significativa entre as condições. No trabalho realizado por Müller et al. (2019) com *Eucalyptus dunnii* e com diâmetro aproximado de 30 cm, constataram valores um pouco superiores, resultando em médias de 2,21 mm/m na condição saturada e 2,07 mm/m para a seca ao ar livre.

Com relação ao encurvamento (Figura 14B), destaca-se que houve diferença significativa apenas entre os diâmetros e, as tábuas provenientes da classe 4 (60-70 cm) exibiram qualidade superior, tanto na pré quanto na pós-secagem (Apêndice T). Nos trabalhos realizados por Cademartori et al. (2015), Hornburg et al. (2012) e Müller et al. (2019), os mesmos também identificaram que a intensidade do defeito tende a diminuir das toras de menor para as de maior diâmetro.

Apesar de se observar uma tendência de acréscimo desse defeito entre as condições de umidade nas classes 1 (30-40 cm) e 4 (60-70 cm) e decréscimo nas classes 2 (40-50 cm) e 3 (50-60 cm), não foi constatada diferença estatística entre as mesmas. Esse comportamento entre as classes pode ser explicado considerando as observações de Simpson (1991), o qual apontou que o defeito de encurvamento é predominantemente influenciado pelo método de empilhamento. Nesse sentido, é válido ressaltar que, possivelmente, as tábuas das classes 1 (30-40 cm) e 4 (60-70 cm), no momento de distribuição, se concentraram em pilhas que, por algum motivo, podem ter sido submetidas a maiores restrições mecânicas no empilhamento.

De modo geral, os resultados dos índices de encurvamento variaram de 0,51 a 2,83 mm/m, valores inferiores aos obtidos por Anjos e Fonte (2017) os quais, ao pesquisarem as espécies de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus saligna*, com 11 anos, observaram médias de 3,34, 3,86 e 4,49 mm/m, respectivamente. Nesse contexto, as médias do presente estudo se aproximam mais dos registrados por Ferreira et al. (2004), os quais obtiveram

valores entre 2,9 e 3,2 mm/m, e de Rocha e Tomaselli (2002), que encontraram valor 2,7 mm/m para o *Eucalyptus dunnii*.

No trabalho de Zen et al. (2019) ao estudarem o encurvamento, observaram uma redução desse defeito de 1,91 mm/m para 1,34 mm/m com a exposição das peças de *Eucalyptus* spp. a secagem ao ar livre. Em contrapartida, no estudo de Liebl et al. (2017) identificaram um aumento da variável, de 4,72 mm/m para 8,06 mm/m ao estudar o mesmo gênero, assim como Susin et al. (2014), também verificaram um aumento na flecha média, sendo de 1,17 mm/m após o desdobro e 1,63 mm/m após secagem de *Hovenia dulcis* ao ar livre, ou seja, resultados superiores ao do *Eucalyptus dunnii*.

Com relação ao defeito de encanoamento (Figura 14C) na condição pré-secagem observa-se que o mesmo não foi evidenciado nas tábuas recém desdobradas, uma vez que tem origem no processo de secagem da madeira, ou seja, pela diferença de retratibilidade entre as faces radial e tangencial (ELEOTÉRIO et al., 2014; MÜLLER et al., 2019). A ausência desse defeito na pré-secagem impossibilitou a comparação direta dessa variável com as demais.

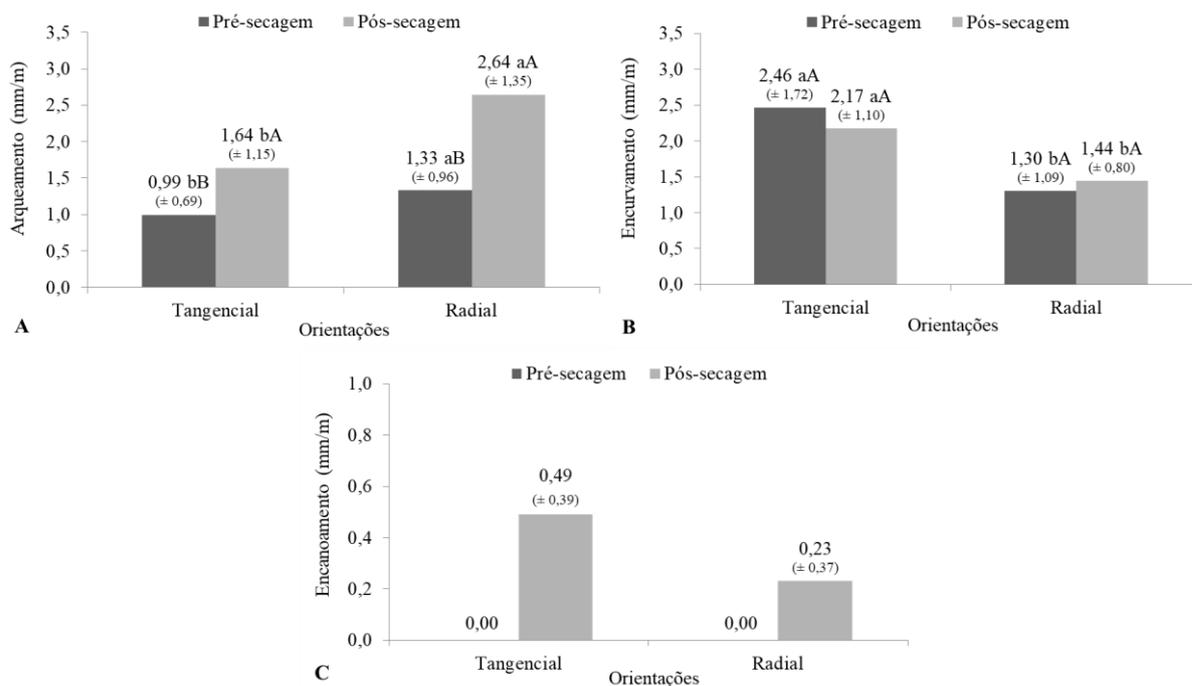
Já quando avaliado os valores de encanoamento na pós-secagem, também não foi possível realizar o teste de médias, pois, devido a classe 4 apresentar muitas repetições com ausência desse defeito, esse fato acaba não contribuindo para normalidade e homogeneidade de variância dos dados. No trabalho de França et al. (2019), por exemplo, o encanoamento foi descartado na qualificação da madeira dos clones estudados devido ao valor ser muito baixo e não exercer muita influência na qualidade da madeira.

De modo geral, na pós-secagem a classe com o menor valor de encanoamento foi a 4 (60-70 cm), representando uma média 0,05 mm/m, enquanto a classe 1 (30-40 cm) foi a maior com 0,59 mm/m. Esses resultados são inferiores aos encontrados por Latorraca et al. (2015), que observaram médias variando entre 0,55 mm a 0,78 mm, os quais classificaram os valores como baixos. De acordo com os mesmos autores, a intensidade desse defeito pode estar relacionada ainda com a largura das peças, sendo maior em tábuas mais largas. Diante desses aumentos, uma das formas de mitigar tal problema é a realização do desdobro secundário, nesse caso, a partir do aplainamento das tábuas e redução da espessura das peças produzidas (LATORRACA et al., 2015)

Ao analisar o arqueamento (Figura 15A) entre as orientações estudadas, observou-se que há diferença estatística entre ambas, sendo que os maiores valores foram provenientes das tábuas radiais (Apêndice U). Este resultado está em conformidade com a literatura, que identifica que tábuas retiradas com orientação radial próximas ao centro da tora apresentam

flechas de arqueamento maiores do que aquelas de orientação tangencial e retiradas próximas a periferia da tora (ANJOS E FONTE, 2017; GARCIA, 1995; ROCHA, 2000; ROCHA E TOMASELI, 2002; SANTOS, 2002).

Figura 15. Comparação de médias dos defeitos de tábuas em função da condição de secagem para duas orientações estudadas (A = arqueamento; B = encurvamento; C = encanoamento) para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.



Onde: Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem as orientações; médias seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre condições pré e pós-secagem; os números entre parênteses representam o desvio padrão.

A comparação entre os valores de pré e pós-secagem para ambas as orientações também resultaram em uma diferença significativa. As médias observadas para as tábuas provenientes do desdobro tangencial variaram de 0,99 a 1,64 mm/m, enquanto as radiais foram de 1,33 e 2,64 mm/m para pré e pós-secagem, respectivamente. Rocha e Tomaseli (2002) obtiveram, para *Eucalyptus grandis* com 12 anos, valores médios variando de 0,15 mm/m para 0,27 mm/m nas tábuas tangencias entre as mesmas condições de umidade e, 7,78 mm/m e 11,08 mm/m no desdobro radial, enquanto que, para o *Eucalyptus dunnii* com 16,5 anos, as médias foram 0,23 mm/m a 0,55 mm/m e 4,78 mm/m para 7,25 mm/m, na mesma ordem. Dessa forma, identifica-se que, nos dois sistemas de desdobro, as flechas de arqueamento foram maiores após a secagem, demonstrando que o defeito se intensifica durante o processo de perda de umidade.

Com base nos dados de encurvamento (Figura 15B), foi observado diferença estatística apenas entre as orientações, sendo que, os maiores valores ocorreram para o desdobro tangencial (Apêndice V). Esse comportamento pode ser explicado por Garcia (1995) e Santos (2002), por mencionarem que toras de eucalipto desdobradas em cortes tangenciais, apresentam arqueamento maior nas peças retiradas do centro do fuste e menor nas da periferia, com comportamento inverso ocorrendo para o encurvamento.

As médias obtidas para esse defeito foram de 2,46 para 2,17 mm/m nas tábuas tangencias nas condições pré e pós-secagem, e para o radial foram de 1,30 para 1,44 mm/m. De acordo com os resultados encontrados por Rocha e Trugilho (2006), os valores para ambas as orientações foram superiores aos do presente estudo, atingindo 5,58 mm/m e 1,79 mm/m para tangencial e radial, respectivamente.

Por outro lado, Santos, Geraldi e Garcia (2003), ao estudarem o encurvamento em oito progênies de *Eucalyptus grandis*, identificaram uma média de 15,71 mm/m, sendo mais elevada que nos demais trabalhos. Essa variação dos valores pode ser explicada por Ferreira et al. (2004) e Rocha (2000), por ser uma variável influenciada pela espécie, diâmetro, forma do desdobro e da posição que a tábua ocupava na tora.

Para o defeito de encanoamento (Figura 15C), não foi viável a realização das análises estatísticas quanto as orientações comparadas na pré e pós-secagem, pelo mesmo motivo esclarecido nos resultados obtidos para as diferentes classes estudadas. No entanto, considerando que, tal defeito não se apresenta na condição de pré-secagem, observa-se que, quando avaliada a pós-secagem, a maior média foi de 0,49 mm/m nas tábuas tangenciais e a menor de 0,23 mm/m nas radiais. No estudo de Rocha e Trugilho (2006), ao trabalharem com a espécie de *Eucalyptus dunnii* aos 13 anos, os autores identificaram a presença desse defeito apenas nas tábuas tangencias e na condição de pós-secagem, com uma média de 2,88 mm, sendo superior as do presente trabalho. Já Rocha e Tomasseli (2002), encontraram valores de 2,09 mm para tábuas tangenciais e 1,41 mm para as radiais.

Esses comportamentos estão em conformidade com os resultados encontrados por Batista, Klitzke e Rocha. (2015) e Calonego e Severo (2007), onde os autores explicam que peças contendo a medula apresentam baixo índice de encanoamento, enquanto as tábuas retiradas próximo ao centro resultam em encanoamento máximo, devido à grande anisotropia de contração.

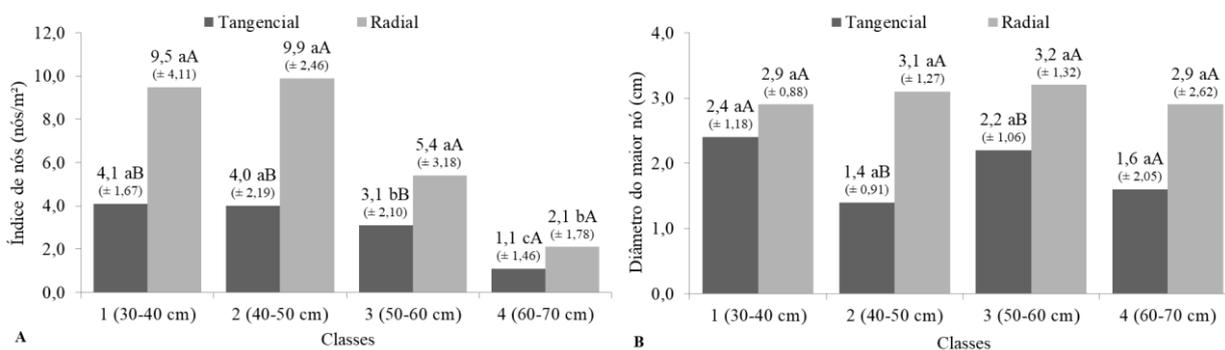
De maneira geral, pode-se dizer que o *Eucalyptus dunnii* apresentou alta qualidade para madeira serrada, visto que, independentemente dos defeitos avaliados, nenhum apresentou

flecha superior a 5 mm conforme o estabelecido pela Norma para Classificação de Madeira Serrada de Folhosas (IBDF, 1984), podendo classificar as tábuas como adequadas para serem utilizadas na fabricação de produtos de maior valor agregado.

No trabalho desenvolvido por Anjos e Fonte (2017), os autores também observaram que o *Eucalyptus dunnii* se sobressaiu em relação a maior quantidade de tábuas sem qualquer defeito, com 17,2 %, contra 9,9 % em *Eucalyptus saligna* e apenas 8, % em *Eucalyptus grandis*.

A partir da análise dos resultados de índice de nós, identificou-se uma diferença significativa tanto nas classes quanto nas orientações estudadas (Apêndice W). Na Figura 16A, é perceptível que, na orientação tangencial, a classe com menor incidência foi a 4 (60-70 cm), sendo representada por 1,1 nós/m². Já na orientação radial, as classes com menores valores foram a classe 4 (60-70 cm) e a 3 (50-60 cm), com 2,1 nós/m² e 5,4 nós/m², respectivamente, seguida das demais. No trabalho de Mangini et al. (2023) ao estudarem *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, os autores observaram um índice de 2,1 nós/m², enquanto Haselein et al. (2004) e Lopes et al. (2004), ao estudarem a madeira de *Eucalyptus grandis* observaram valor médio de 3,15 nós/m².

Figura 16. Comparação de médias dos defeitos de nós nas tábuas em função da orientação para quatro classes estudadas (A = índice de nós; B = diâmetro do maior nó) para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.



Onde: Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre classes; médias seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre orientações; os números entre parênteses representam o desvio padrão.

Quando comparado o índice de nós entre as orientações, é possível observar que a classe 4 (60-70 cm) também se destaca, sendo a única que não apresentou diferença estatística entre as orientações. Nas demais classes, a orientação radial revela um índice de nós superior, pelo fato do nó se originar na medula e crescer do centro para a periferia do tronco (REMADE, 2001; SILVA, 2007).

A significativa presença de nós na madeira compromete o valor agregado, a qualidade das peças e podem restringir o uso da madeira (DITTMANN et al., 2017). Embora seja

impossível eliminar os ramos das árvores, a redução desse defeito pode ser alcançada por intermédio da técnica da poda ou desrama, concentrando esses elementos em uma região central do fuste (FOELKEL, 2010). No caso deste estudo, é válido ressaltar que não houve a prática da desrama em nenhum momento, o que poderia ter reduzido a quantidade de nós presente nas tábuas.

Na avaliação do diâmetro de maior nó (Figura 16B), observa-se que não houve diferença estatística entre as classes de diâmetro, apenas entre as orientações (Apêndice X). Nas classes 2 (40-50 cm) e 3 (50-60 cm), foi observado os maiores diâmetros de nó na orientação radial, com 3,1 e 3,2 cm, respectivamente. Esses resultados condizem com o estudo de Haselein et al. (2004) e Lopes et al. (2004) que, ao analisarem o *Eucalyptus grandis*, identificaram um valor médio de 2,8 cm, considerando um DAP médio de 66 cm, valor aproximado aos das classes citadas.

Conforme o estudo de Haselein et al. (2004), existe uma correlação positiva entre o índice de nós e diâmetro do maior nó, assim, quanto maior a quantidade de nós por área de tábua, maior o diâmetro do nó.

4.5 SECAGEM DA MADEIRA

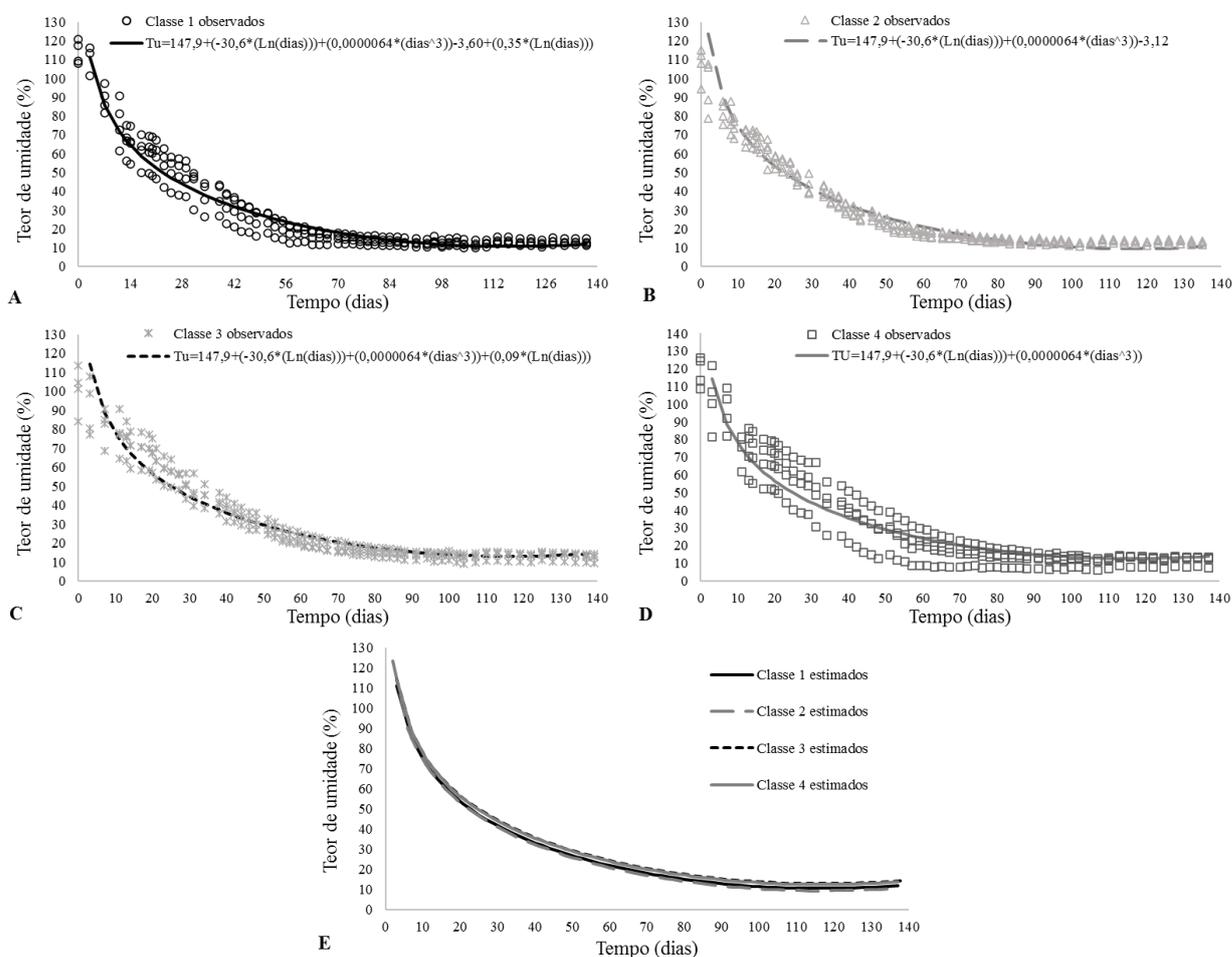
A equação definida pelo procedimento *Stepwise* de modelagem de regressão para determinar a curva de secagem, representada por $TU = 146,1 + (-30,4 * (\ln(\text{dias}))) + (0,0000064 * (\text{dias}^3))$, indicou um comportamento típico da madeira, ou seja, uma acentuada redução de água livre nos primeiros dias de aplicação do método, até próximo do PSF, seguido de diminuição da taxa de secagem até o teor de umidade de equilíbrio do ambiente. Entretanto, a equação mencionada não pode ser empregada para todos dos diâmetros avaliados, pois algumas das variáveis *Dummy* e suas respectivas interações, foram significativas ao nível de 5 % de probabilidade de erro (Apêndice Y).

Assim, com a finalidade de observar as diferenças das curvas de secagem para as quatro classes de diâmetro avaliadas, os dados foram plotados (Figura 17) em função do modelo descrito a seguir:

$$TU = 147,9+(-30,6*(Ln(dias)))+(0,0000064*(dias^3))-3,60D1+(0,35X1D1*(Ln(dias)))-3,12D2+(0,09X1D3 *(Ln(dias)))$$

Onde: TU = Teor de umidade das tábuas (%); Di = *Dummy* (classe, onde 1: classe 1 (30-40 cm); 2: classe 2 (40-50 cm); 3: classe 3 (50-60 cm) e 4: classe 4 (60-70 cm)); X1Di = interação classes (*Dummy*) com a variável Ln(dias).

Figura 17. Teor de umidade em função do tempo para as quatro classes diamétricas analisadas (A = classe 1 (30-40 cm); B = classe 2 (40-50 cm); C = classe 3 (50-60 cm); D = classe 4 (60-70 cm); E = valores estimados das 4 classes) para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.



Ao analisar a Figura 17E, é possível observar a diferença entre as curvas de secagem para cada classe estudada. A partir das demais figuras identifica-se o comportamento para cada classe de maneira separada, podendo verificar os teores médios de umidade inicial e final de cada classe diamétrica. Visto isso, nota-se que os maiores valores para o teor de umidade inicial, seguido do final foram provenientes da classe 4, com 118,2 % e 11,6 %, respectivamente (Figura 17D), seguido da 1, 2 e 3 com 113,8 e 12,6; 107,4 e 12,5; e 101,0 e 12,4 % (Figura 17A, B e C). Esse comportamento está de acordo com Donato et al. (2018) e Pertuzzatti et al. (2013),

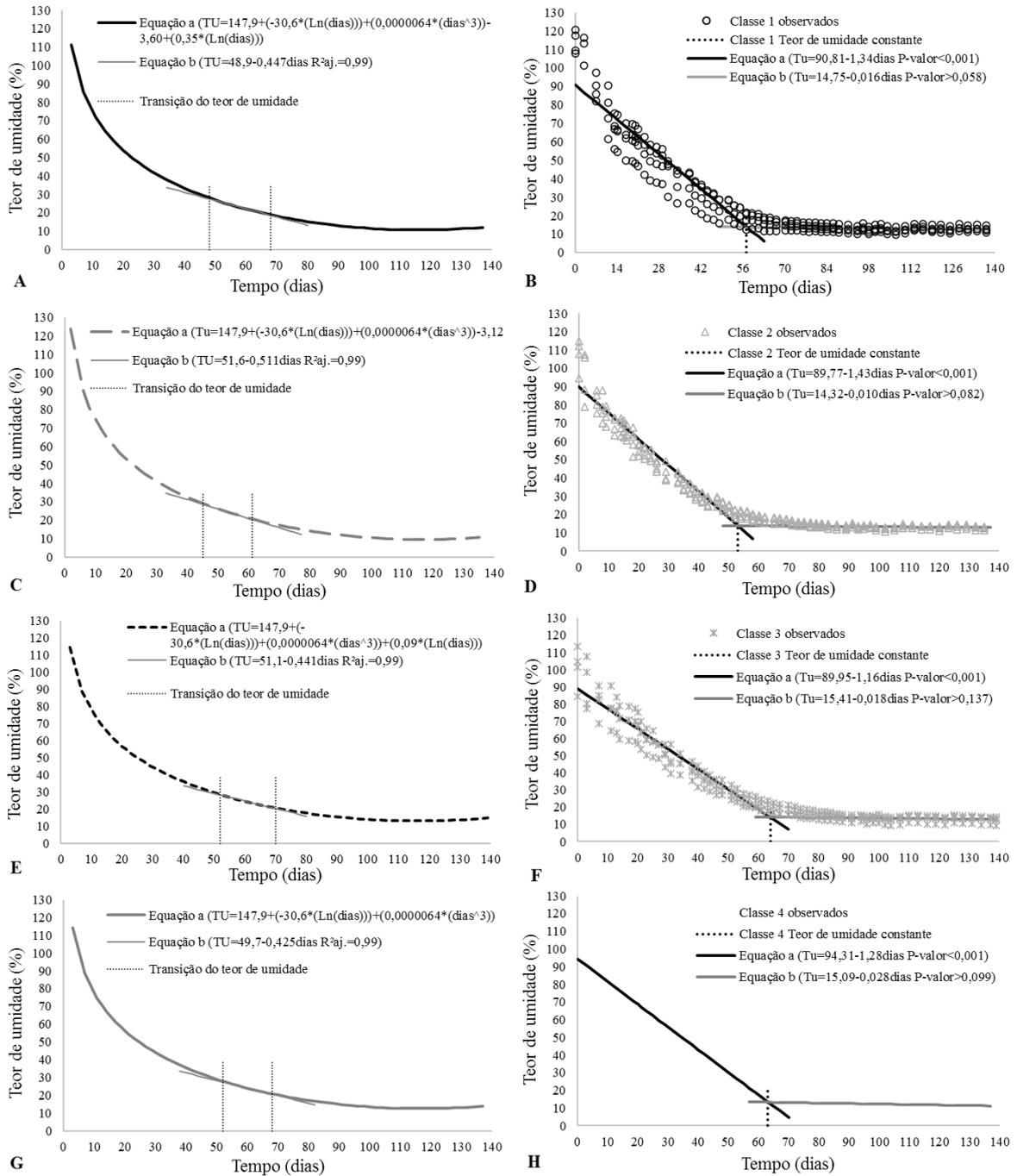
que apesar de estudarem o teor de umidade em toras de diferentes diâmetros, também observaram uma porcentagem superior para o maior diâmetro.

Os resultados observados quanto ao comportamento da redução de água da madeira acima do PSF, nas diferentes classes diamétricas também coincidem com o descrito na literatura, ou seja, verificou-se uma maior evaporação de umidade nos primeiros 30 dias de secagem (BRAZ et al., 2015; ELEOTÉRIO et al., 2015). Isso ocorre, pois, a água livre é removida com mais facilidade, até que a madeira alcance o ponto de saturação das fibras (PSF) e, desse momento em diante, a evaporação ocorre de maneira mais lenta e gradual (BAL; BEKTAS, 2012; KOLLMANN; CÔTÉ, 1968; ZANUNCIO et al., 2014). A partir desse ponto até o teor de umidade final desejado ou umidade de equilíbrio com o ambiente, a retirada da água é dificultada pois necessita de mais energia para a ruptura das ligações, resultando em um tempo três a cinco vezes maior, o qual retarda o processo de secagem (ENGELUND et al., 2013; JESUS et al., 2016; REZENDE et al., 2010).

Além disso, há diversos fatores que podem interferir no procedimento, onde o principal está relacionado com as condições climáticas, sendo que, as observadas no decorrer dos 137 dias de execução da secagem evidenciaram valores médios de temperatura igual a 20,4 °C e umidade relativa de 69 %, bem como uma precipitação total de 231 mm. Desse modo, houve uma influência direta nas oscilações entre perda e ganho de umidade, podendo ainda estar aliada ao fenômeno da histerese.

A maior faixa de transição de secagem foi constatada na classe 1 (30-40 cm), ocorrendo entre 48 a 68 dias de secagem resultando em uma amplitude de 20 dias (Figura 18A), enquanto que, o teor de umidade correspondente a este período foi entre 28,1 a 18,8 %. Em seguida, observa-se a classe 3 (50-60 cm), com uma transição que representou uma diferença de 18 dias, ocorrendo entre os 52 a 70 dias de secagem e uma umidade que foi de 27,9 a 20,6 % (Figura 18E). Já as classes diamétricas 2 (40-50 cm) e 4 (60-70 cm), ambas responderam a um período de transição de 16 dias, porém em intervalos distintos, sendo esses de 45 a 61 e 52 a 68 dias, respectivamente, com teores de umidade de 29,1 a 20,6 % e 28,0 a 20,9 %, na mesma ordem (Figura 18C e 18G).

Figura 18. Transição do teor de umidade e período para teor e umidade constante em função do tempo para as quatro classes estudadas (A e B = classe 1 (30-40 cm); C e D = classe 2 (40-50 cm); E e F = classe 3 (50-60 cm); G e H = classe 4 (60-70 cm)) para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.



O tempo para atingir o teor de umidade constante foi de 53, 57, 63 e 64 dias, para as classes 2 (40-50 cm), 1 (30-40 cm), 3 (50-60 cm) e 4 (60-70 cm) (Figuras 18B, 18D, 18F e 18H), respectivamente, correspondendo a valores médios de teor de umidade final variando entre 11,6 a 12,6 %. Esses resultados podem ser explicados por Donato et al. (2018), os quais

ênfatisam que os menores diâmetros necessitam de menor tempo de secagem natural, ou seja, estabelecem as maiores velocidades de retirada da água e, conseqüentemente, atingem a estabilidade de forma mais rápida. Outro fator que pode ser levado em consideração sobre tal comportamento, é a classe 4 (60-70 cm) apresentar uma maior porcentagem de água inicial, podendo justificar assim, o tempo superior as demais para alcançar o teor de umidade de equilíbrio.

De modo geral, o tempo necessário para estabelecer a umidade constante das tábuas foi entre 53 a 64 dias. Resultados semelhantes ao estudo realizado por Duarte et al. (2015) com eucalipto na cidade de Frederico Westphalen/RS, onde alcançaram a umidade de equilíbrio com 15,5 % em um período de 63 dias. Já Zen et al. (2019), ao realizarem a secagem de *Eucalyptus* spp. em Curitiba/PR, observaram que o teor de umidade constante se deu aos 65 dias, porém, obtiveram um teor de umidade final de 23 %. A distinção entre os valores de teor de umidade final comparado com a presente pesquisa, pode estar relacionado com a época do ano e o teor de umidade de equilíbrio do ambiente.

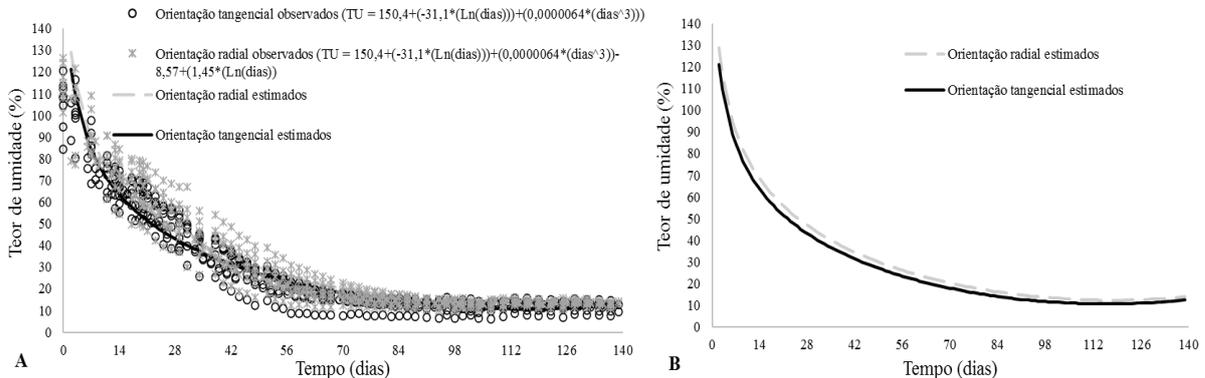
Dessa forma, observa-se que o presente trabalho atingiu resultados satisfatórios, pois o tempo de secagem ao ar livre pode variar de 3 a 6 meses para que a madeira seja considerada seca, podendo este depender de fatores como a espécie e as condições climáticas da região (OLIVEIRA; CARVALHO, 2001). De acordo com Santini (1992), particularmente, na região Sul do país, o processo é mais favorável no período da primavera/verão, época em que as temperaturas e insolação são mais intensas, assim como uma menor umidade relativa e precipitação.

Quando analisada as diferentes orientações, tangencial e radial, no modelo definido pelo procedimento *Stepwise* para definir a curva de secagem ($TU = 146,1 + (-30,4 * (\ln(\text{dias}))) + (0,0000064 * (\text{dias}^3))$), observou-se o mesmo comportamento das classes, ou seja, não foi possível utilizar a mesma equação para ambos os planos anatômicos, pois as variáveis *Dummy* e suas respectivas interações, foram significativas ao nível de 5 % de probabilidade de erro (Apêndice Z). Com a finalidade de observar as diferenças das curvas de secagem para as orientações avaliadas, os dados foram plotados (Figura 19) em função do modelo descrito a seguir:

$$TU = 150,4 + (-31,1 * (\ln(\text{dias}))) + (0,0000064 * (\text{dias}^3)) - 8,57D1 + (1,45X1D1 * (\ln(\text{dias})))$$

Onde: TU = Teor de umidade das tábuas (%); Di = *Dummy* (classe, onde 1: classe 1 (30-40 cm); 2: classe 2 (40-50 cm); 3: classe 3 (50-60 cm) e 4: classe 4 (60-70 cm)); X1Di = interação orientações (*Dummy*) com a variável Ln(dias).

Figura 19. Teor de umidade em função do tempo para as duas orientações analisadas (A = todos os dados e B = somente estimados) para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.



Com isso, a partir da Figura 19 foi possível verificar a curva de secagem em função do tempo para as orientações tangencial e radial. Após análise dos resultados observa-se que, as tábuas radiais apresentaram um teor de umidade inicial médio de 114,4 %, sendo este superior as tangenciais, as quais resultaram em 105,4 % (Figura 19A). Quanto ao teor de umidade final para ambas as orientações, identificou-se o mesmo comportamento que no teor de umidade inicial, ou seja, as tábuas tangenciais apresentaram valores inferior que as radiais atingindo 11,6 e 13,0 %, respectivamente.

Esses resultados estão em conformidade com Talgatti et al. (2016), onde ao estudarem a madeira de *Hovenia dulcis* exposta ao aquecimento e congelamento, observaram que as amostras orientadas no sentido radial, de maneira geral, apresentaram maior tempo de secagem em relação às tangenciais. De acordo com os mesmos autores, essa diferença de umidade e secagem entre as orientações se deve à disposição da peça de madeira, visto que, a primeira água a ser evaporada é das partes mais superficiais ou externas, o que explica a maior porcentagem de umidade ser nas tábuas radiais por se localizarem nas partes mais internas da tora.

O comportamento observado está em conformidade ainda com alguns estudos realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (1985) onde afirmaram que as tábuas de corte tangencial secam mais rapidamente do que as radiais, explicado pela posição dos raios em relação à espessura das mesmas, o que favorece a retirada de umidade do interior da madeira devido a sua estrutura anatômica.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos a partir da análise da madeira de *Eucalyptus dunnii* Maiden aos 23 anos, as seguintes conclusões podem ser destacadas:

- As menores classes diamétricas apresentam maiores alturas e menores volumes, enquanto os maiores diâmetros demonstram o padrão oposto;

- A partir dos defeitos de tora, os índices de rachaduras de topo não apresentam diferença entre classes, apenas entre toras, sendo inferiores na primeira porção do tronco e na base da mesma posição;

- Quanto ao achatamento e conicidade, ambos os fatores: classes e posição das toras influenciam nas variáveis, onde a segunda tora, de modo geral, apresenta os melhores resultados;

- Com a caracterização da massa específica básica se identifica uma tendência crescente base-topo, com os maiores valores dessa variável nas classes 1 (30-40 cm) e 3 (50-60 cm) e, para a massa específica aparente saturada ocorre uma redução da base para o topo da árvore sem diferença estatística entre as classes. Ainda, a partir da massa específica básica ponderada classifica-se tal espécie como de média densidade;

- O índice de rachadura de topo de tábuas não apresenta diferença entre pré e pós-secagem; já ao considerar as diferentes classes, observa-se uma diminuição nas rachaduras à medida que os diâmetros aumentam. Além disso, quanto a orientação não há diferença entre pré e pós, embora a orientação radial apresente resultados ligeiramente superiores à tangencial.

- A madeira de *Eucalyptus dunnii* com 23 anos não manifesta o defeito de torcimento;

- A intensidade de arqueamento difere entre a pré e pós-secagem, assim como, entre as orientações, sendo que, a tangencial apresenta os melhores resultados quando comparada com a radial;

- Quanto ao defeito de encurvamento, não é identificado diferença entre os dados na pré e pós-secagem, somente as classes diamétricas influenciam, destacando-se a de maior diâmetro; quanto a orientação o melhor desempenho é nas tábuas radiais;

- O empenamento de encanoamento não se faz presente na pré-secagem, somente na pós e em baixas intensidades, nesse caso, os melhores resultados são provenientes do maior diâmetro e da orientação radial;

- Quanto a avaliação para índices de nós, os melhores resultados são provenientes da maior classe e da orientação tangencial. O defeito relacionado ao diâmetro do maior nó não é influenciado por nenhum dos fatores;

- A curva de secagem demonstra um decréscimo gradual ao decorrer do tempo com diferença entre as classes. O maior e menor valor de teor de umidade é encontrado no maior diâmetro, enquanto a transição e estabilização da taxa de secagem ocorrem em sequência para as classes 2 (40-50 cm); 1 (30-40 cm); 3 (50-60 cm) e 4 (60-70 cm). Quanto a orientação, as tábuas tangencias secam mais rapidamente, devido à posição das mesmas no tronco.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, o estudo mostra que a madeira do *Eucalyptus dunnii* Maiden com 23 anos tem potencial para ser utilizado na indústria madeireira, contudo, aconselha-se tomar alguns cuidados para se obter um produto com maior qualidade, como a escolha da classe, orientação das peças e a secagem da mesma.

Recomenda-se então optar por árvores com maiores classes diamétricas para se ter menores intensidades de empenamentos, assim como ter cuidado com a orientação das peças, visto que, as tábuas tangenciais ou de periferia podem apresentar maiores intensidades de encurvamento e encanoamento, enquanto que, as provenientes das porções mais internas, radiais, resultam em maiores índices de rachaduras, nós e maior intensidade de arqueamento. Os empenos que ocorrem nas tábuas tangencias podem ser solucionados com maior facilidade, por meio do desdobro secundário, a partir do desengrosso.

Outros fatores que devem ser levados em consideração para tais resultados, sendo um dos mais importantes, é a secagem, principalmente os cuidados com as pilhas e realizar a retirada da água do material de maneira lenta, assim como a idade das árvores, pois as que apresentam maior proporção de lenho adulto garantem uma maior estabilidade. Por fim, deve-se levar em consideração que tudo irá depender do objetivo da empresa ou aplicação da matéria-prima.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR- 14806: madeira serrada de eucalipto**, 2002.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR-7190-1: Projeto de estruturas de madeira Parte 1: critérios de dimensionamento**, 2022.

AGEFLOR – Associação Gaúcha de Empresas Florestais. **O setor de base florestal no Rio Grande do Sul 2020**. Disponível em:<
<https://www.google.com/search?q=AGEFLOR+%E2%80%93+Associa%C3%A7%C3%A3o+Ga%C3%BAcha+de+Empresas+Florestais.+O+setor+de+base+florestal+no+Rio+Grande+do+Sul+2020.+Dispon%C3%ADvel+em%3A&oq=AGEFLOR+%E2%80%93+Associa%C3%A7%C3%A3o+Ga%C3%BAcha+de+Empresas+Florestais.+O+setor+de+base+florestal+no+Rio+Grande+do+Sul+2020.+Dispon%C3%ADvel+em%3A&aqs=chrome..69i57j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>>.

ALBA, E.; AMARAL, L. P.; FERNANDES, L. P.; PEREIRA, R. S. Análise geoestatística da distribuição espacial das variáveis dendrométricas em povoamento *Eucalyptus grandis*. **IV Simpósio de Geoestatística Aplicada em Ciências Agrárias**, 2015.

ALVES, R. C.; OLIVEIRA, A. L. C. O.; CARRASCO, E. V. M. Propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus cloeziana*. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

ALZATE, S. B. A.; TOMAZELO FILHO, M.; PIEDADE, S. M. S. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. **Scientia Forestalis**, n. 68, p. 87-95, 2005.

AMORIM, V. D. S. S. DE.; MONTEIRO, K. M. S.; SOUSA, G. O.; DAMASCENA, J. F.; PEREIRA, J. A.; DOS SANTOS M. W. Os benefícios ambientais do plantio de eucalipto: revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, 2021.

ANJOS, R. A. M. DOS.; FONTE, A. P. N. Comparação da qualidade da madeira serrada de três espécies de *Eucalyptus*. **Ambiência**, v. 13, n. 1, 2017.

BAL, B. C.; BEKTAS, I. Os efeitos do tratamento térmico nas propriedades físicas da madeira juvenil e adulta de *Eucalyptus grandis*. **BioResources**, v. 7, n. 4, p. 5117-5127, 2012.

BARBOSA, R. A. G. S. **Efeito da deterioração da madeira estocada em campo para fins energéticos**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2020.

BARBOSA, S. O. F. **Análise da atenuação da onda ultrassônica em peças de madeira de *Pinus taeda* L.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2019.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; ROCHA, M. da. Qualidade da secagem convencional conjunta da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus* sp. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 711-719, 2015.

- BATISTA, K. M. **Análise crescimento e do desempenho econômico-financeiro de povoamentos de *Eucalyptus dunnii* em diferentes sítios no planalto catarinense.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, SC, 2014.
- BELTRAME, R.; PERES, M. L. D.; LAZAROTTO, M.; GATTO, D. A.; SCHNEID, E.; HASELEIN, C. R. Tensão de crescimento e sua relação com as rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 105, p. 63-74, 2015.
- BERTOLA, A. Eucalipto - 100 anos de Brasil- “Falem mal, mas continuem falando de mim!”. **Setor de Inventário Florestal – V&M Florestal Ltda**, Curvelo, MG, p. 91, 2013.
- BONASSA, F. V. S. DA.; EVANGELISTA, W. V.; FERREIRA, J. L. Determinação do rendimento de madeira serrada de três espécies florestais da Amazônia. **Engenharia Florestal: desafios, limites e potencialidade**, 2020.
- BOSCHETTI, W. T. N.; VIDAURRE, G. B.; DA SILVA, J. G. M. Densidade e sua variação na madeira de eucalipto. 132 p. **Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil**. EDUFES, Vitória, 2020.
- BRANDÃO, A. F. C. **Descrição matemática do transporte simultâneo de calor e massa no processo aquecido de secagem de madeira de *Pinus elliottii*.** 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2020.
- BRANDÃO, A. F. C.; BIRCHAL, V. S.; DA COSTA JUNIOR, E. F.; DA COSTA, A. O. S. Resolução numérica e análise do transporte simultâneo de calor e massa durante o processo de secagem da madeira de *Pinus elliottii*. **Revista Principia-Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 59, n. 2, p. 371-387, 2022.
- BRAZ, R. L.; DUARTE, A. P. C.; OLIVEIRA, J. T. D. S.; MOTTA, J. P.; ROSADO, A. M. Curva característica de secagem da madeira de *Tectona grandis* e *Acacia mangium* ao ar livre. **Floresta e Ambiente**, v. 22, p. 117-123, 2015.
- CABRAL, J. P. A entrada na Europa e a expansão inicial do eucalipto em Portugal Continental. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 20, p. 8-27, 2019.
- CADEMARTORI, P. H. G.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; MASTELLA, T.; VARGAS, J. F. V.; SANTINI, E. J. Uso de herbicida na redução das tensões de crescimento na madeira serrada de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 801-808, 2015.
- CAIXETA, R. P. **Propriedades da madeira de *Eucalyptus*: Classificação e seleção de genótipos utilizando marcador molecular e análise multivariada.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2000.
- CAIXETA, R. P.; TRUGILHO, P.F.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. DA S. Classificação de *Eucalyptus* relacionados com a qualidade da madeira após a secagem natural. **Scientia Forestalis**, n. 61, p. 49-58, 2002.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D. Influência da posição diametral das tábuas e da vaporização nos defeitos de secagem de *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v. 13, n. 1, p. 10-18, 2007.

CALORI, J. V.; KIKUTI, P. **Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos 20 anos de idade**. In: EUCALYPTS: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. Colombo: EMBRAPA, 1997. p. 321-326.

CAMPOS, A.; MOURA, J. N. M. E.; DE CAMPOS, A. S.; DE FREITAS, M. C. S.; MOURA, G. DA M.; DA SILVA, D. S.; TRAZZI, P. A. **Avaliações bibliométricas sobre a influência da silvicultura na densidade da madeira**. In 9º Congresso Florestal Brasileiro, v. 1, n. 1, p. 326-329, 2022.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. Viçosa: UFV, 2013. 650 p.

CANDATEN, L.; MANGINI, T.; BANDERA, E.; TREVISAN, R.; COSTA, H. Relação da massa específica e teor de umidade da madeira de *Maclura tinctoria* ao longo do fuste. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 28, 2018a.

CANDATEN, L.; RODRIGUES, E. F.; TREVISAN, R.; ELOY, E.; FONTOURA, M. R. Flexão estática e massa específica aparente da madeira de *Inga marginata* em diferentes condições de umidade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, 2018b.

CANDATEN, L.; BANDERA, E.; MANGINI, T.; ZANCHETTA, L.; TREVISAN, R. Massa específica básica, aparente saturada e teor de umidade da madeira de *Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, 2019.

CÂNDIDO, B. M.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; BATISTA, P. V. G. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na bacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1565-1575, 2014.

CARMO, J. F. DO.; CARMO, F. H. D. J. DO.; MIRANDA, D. L. C. DE.; VOLPATO, M.; TEIXEIRA, K. T. Influência do desdobro tangencial no rendimento e na qualidade da madeira de *Tectona grandis* L. f. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 2, p. 808-814, 2020.

CARVALHO, D. E.; DA ROCHA, M. P.; JUNIOR, R. T.; KLITZKE, R. J. Rendimento e variedade de produtos no desdobro de toras de *Eucalyptus* spp. **Tecnologica**, v. 23, n. 1, p. 8-13, 2019.

CERQUEIRA, C. L.; MÔRA, R.; TONINI, H.; VENDRUSCOLO, D. G. S.; LANSSANOVA, L. R.; ARCE, J. E.; DINIZ, C. C. C. Efeito do espaçamento e arranjo de plantio na relação hipsométrica de eucalipto em sistema consorciado de produção. **Nativa**, v. 7, n. 6, p. 763-770, 2019.

CHAFE, S. C. Growth stress in trees. **Australian Forest Research**, v. 9, n. 3, p. 203-223, 1979.

CORDEIRO, C. R. J.; SILVA, W. C. R.; SOARES, P. D. T. M. L. Uso da madeira na construção civil. **Projectus**, v. 2, n. 4, p. 79-93, 2017.

COSTA, E. R. O. **Prognose de crescimento, regimes de manejo e estratégias de secagem de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

CRISÓSTEMO, M. C.; GOUVEIA, F. N.; COSTA, A. F. DA. Relação entre o teor de umidade e a constante dielétrica de espécies de madeira da Amazônia durante o processo de secagem. **Revista Árvore**, v. 40, n. 1, p. 181-187, 2016.

CULPEPPER, L. **Softwood drying: Enhancing Kiln Operations**. San Francisco: Miller Freeman, 2000.

CUNHA, A. B. DA.; FRANÇA, M. C.; ALMEIDA, C. C. F. DE.; GORSKI, L.; COELHO DA CRUZ, R. C. DA.; DOS SANTOS, D. Avaliação do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* e de *Eucalyptus grandis* por meio do desdobro tangencial e radial. **Floresta**, v. 45, n. 2, 2015.

CURTO, R. D. A.; LAURO, A. C.; TONINI, H.; KOHLER, S. V.; DE ARAÚJO, E. J. G.; BIAZATTI, S. C. Cubagem de árvores em pé com dendrômetro óptico em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 39, 2019.

DAVID, H. C.; ARCE, J. E.; OLIVEIRA, E. B. D.; NETTO, S. P.; MIRANDA, R. O. V. D.; EBLING, Â. A. Economic analysis and revenue optimization in management regimes of *Pinus taeda*. **Revista Ceres**, v. 64, n. 3, p. 222-231, 2017.

DE ARAUJO, V. A.; GARCIA, J. N.; CORTEZ-BARBOSA, J.; GAVA, M.; SAVI, A. F.; MORALES, E. A. M.; LAHR, F. A. R.; VASCONCELOS, J. S.; CHRISTOFORO, A. L. Importância da madeira de florestas plantadas para a indústria de manufaturados. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 90, p. 157-168, 2017.

DE VECHI, A.; CADOM, A. D. O. M. J. Aspectos positivos e negativos da cultura do eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo. **Revista Valore**, v. 3, n. 1, p. 495-507, 2018.

DEL MENEZZI, C.H.S.; NAHUZ, M.A.R.; SOUZA, M.R. Aspectos Tecnológicos da produção de madeira serrada de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Brasil Florestal**, n.70, p.75-82, 2001.

DIAS, A. C. C.; MARCHESAN, R.; PIERONI, G. B.; ALMEIDA, V. C.; VIEIRA, R. S.; DE MORAES, C. B. Qualidade da madeira para produção de lâminas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Floresta**, v. 47, n. 3, p. 333-341, 2017a.

DIAS, D. DA C.; COLODETTE, J. L.; THIERSCH, C. R.; LEITE, H. G.; GOMIDE, J. L. Uso da técnica de resistografia e de variáveis dendrométricas na modelagem da densidade básica de povoamentos clonais de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 609-619, 2017b.

DITTMANN, L. R.; SOUZA, J. T. DE; BALDIN, T.; TALGATTI, M.; MENEZES, W. M. DE. 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.

DONATO, D. B.; CARNEIRO, A. D. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.; VITAL, B. R.; MAGALHÃES, M. A.; SILVA, C. M. S. Secagem e perfil de umidade da tora em função do diâmetro e comprimento. **Agroforestalis News**, v. 3, n. 1, p. 22-30, 2018.

DOS ANJOS, V. D. A.; STANGERLIN, D. M.; SANDER, A.; BOTIN, A. A.; TENUTTI, J.; DOS SANTOS FILHO, N. N.; BRAGA, R. Caracterização do processo de secagem da madeira nas serrarias do município de Sinop, Mato Grosso. **Revista Ciência da Madeira**, v. 2, n. 1, p. 10-12953, 2011.

DOURADO, E. **Determinação da umidade de equilíbrio da madeira de Cupiúba comercializada no município de Jataí pelo método gravimétrico e de Simpson**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, GO, 2022.

DRESCHER, R. P. R.; SCHNEIDER, C. A. G.; FINGER, F. L. C. Queiroz. Fator de forma artificial de *Pinus elliottii* Engelm para a região da serra do sudeste do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 31, n. 1, p. 37-42, 2001.

DUARTE, M. M.; TREVISAN, R.; SUSIN, F.; ZEN, L. R.; VALERIUS, J. Drying curve and defects of *Eucalyptus* sp. wooden submitted to air drying. **Spanish Journal of Rural Development**, v. 5, n. 3, p. 161-170, 2015.

EISFELD, R. DE L.; VIGOLO, D. Z.; SANQUETTA, C. R.; MELLO, A. A. Modelo de Hradetzky aplicado à estimativa do volume total para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Ambiência**, v. 4, n. 1, p. 51-66, 2008.

EL HACHEM, C.; ABAHRI, K.; BENNACER, R. Original experimental and numerical approach for prediction of the microscopic hygro-mechanical behavior of spruce wood. **Construction and Building Materials**, v. 203, p. 258-266, 2019.

ELEOTÉRIO, J. R. Secagem drástica de madeiras de *Eucalyptus* e *Corymbia* fornece informações para a elaboração de programas de secagem. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, p. 451-457, 2015.

ELEOTÉRIO, J. R.; HORNBURG, K. F.; REICHERT, D.; BAGATTOLI, T. R.; MENEGHELLI, I. Efeito da espécie e da condição de secagem na formação de defeitos na madeira serrada de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 101, p. 41-47, 2014.

ENGELUND, E. T.; THYGESEN, L. G.; SVENSSON, S.; HILL, C. A. S. Uma discussão crítica da física das interações madeira água, **Wood Science and Technology**, v. 47, n. 1, p. 141-161, 2013.

EVANGELISTA, W. V.; DA COSTA, E. D. Avaliação de propriedades físico-anatômicas de duas madeiras usadas na produção de pisos. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 15, n. 2, p. 132-138, 2017.

FAO. 2020. Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings. Rome. Disponível e:<<https://doi.org/10.4060/ca8753en>>. Acesso em: 12 de dez de 2022.

FERREIRA, C. A.; FREITAS, M DE.; FERREIRA, M. A. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp., em função da idade e qualidade de local. **Boletim Informativo IPEF**, v.6, n.20, p.1-19, 1978.

FERREIRA, J. C.; STAHELIN, T. S. F.; JESUS, M. F.; MUNIZ, G. I. B.; BRAND, M. A.; FREITAS, T. P. Estimativa da oferta de biomassa florestal em povoamentos de *Pinus taeda* L. após intervenções culturais. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 1459-1468, 2019.

FERREIRA, S.; TARCÍSIO, J. L., DA ROSADO SILVA, S. C., TRUGILHO, P. F. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 10, n. 1, p. 10-21, 2004.

FOELKEL, C. (2010). Poda ou desrama das árvores dos Eucaliptos. Eucalyptus Online Book and Newsletter, 25.

FRANÇA, F. J. N. **Propriedades da madeira de eucalipto para a produção de madeira serrada**. 2014. Dissertação na área de Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo.

FRANÇA, M. C.; JUÍZO, C. G. F.; DA ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J.; DA SILVA, J. R. M.; JUNIOR, J. L. F. C.; BASSA, A. G. M. C. Qualidade da tora e da madeira de clones de *Eucalyptus* para utilização na indústria de madeira serrada. **Revista Ciência da Madeira**, v. 10, n. 1, 2019.

FRIEDERICHS, G.; BRAND, M. A.; CARVALHO, A. F. de.; KÜSTER, L. C. Qualidade da madeira e do carvão vegetal de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.). **Revista Ciência da Madeira**, v. 6, n. 2, p. 79-87, 2015.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, J. P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo, Nobel, 1985, 112p.

GARCIA, F. M.; MANFIO, D. R.; SANSÍGOLO, C. A.; MAGALHÃES, P. A. D. Rendimento no desdobro de toras de Itaúba (*Mezilaurus itauba*) e Tauari (*Couratari guianensis*) segundo a classificação da qualidade da tora. **Floresta e Ambiente**, v. 19, p. 468-474, 2012.

GARCIA, J. N. **Defeitos consequentes da tensão de crescimento a propriedades da madeira de *Eucalyptus* como indicadores puros para o manejo e melhoramento de floresta para serraria**. 2005. 207 f. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2005.

GARCIA, J. N. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: seminário internacional de utilização da madeira de eucalipto para serraria, 1995, São Paulo. Anais... Piracicaba: **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais/Instituto de Pesquisas Tecnológicas**, 1995. p. 59-67.

GOES, M. B. DE.; VALE, C. M. DO.; PAULA, G. D. DE.; A madeira roliça de eucalipto como solução estrutural e construtiva. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 4, p. 443006, 2023..

GOULART, J. F.; MAGOSSI, D. C. Comparação das propriedades físicas e mecânicas de *Eucalyptus grandis* x híbrido *Urograndis* provenientes de métodos de produção de mudas diferentes. **Revista da União Latino-americana de Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 58-79, 2019.

GROSSER, D. **Defeitos da madeira**. Curitiba: FUPEF, 1980. 63 p. (Serie Técnica, 2).

GUELLA, A. F. Madeira: Desafio e Tendências. **Revista da Madeira**, 2016.

HASELEIN, C. R.; LOPES, M. C.; LONGHI, S. J.; ROSSO, S.; FERNANDES, D. L. G.; MENEZES, L. F. Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 14, p. 145-155, 2004.

HASSEGAWA, M. **Qualidade da madeira de *Pinus taeda* L. de procedência da África do Sul**. 2003. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

HIGA, R. C. V. **Avaliação e recuperação de *Eucalyptus dunnii* atingidos por geadas em Campo Tenente, Paraná**. 1998. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 1998.

HILLIS W. H.; BROWN, A. G. *Eucalypts for wood production*. **Melbourne: CSIRO**, 1984. 434 p.

HILLIS, W. E. **Chemical aspects of heartwood formation**. Wood Science and Technology, Madison, v.2, n.4, p.241-259, 1968.

HORNBURG, K. F.; ELEOTÉRIO, J. R.; BAGATTOLI, T. R.; NICOLETTI, A. L. Qualidade das toras e da madeira serrada de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de Santa Catarina. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 463- 471, 2012.

IBÁ – **Indústria Brasileira de Árvores: Anuário estatístico 2023**. Brasília, 2023. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2023-r.pdf>>.

IBDF - INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. Norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas: Brazilian measurement and grading rules for hardwood logs. Brasília, 1984. 42p.

INNOCENTE, P. S. **Estudo da anatomia e bioquímica caulinar de mudas de *Eucalyptus urophylla* cultivadas em alta concentração de CO₂**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, SP, 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. Divisão de madeiras. **Madeira: o que é e como pode ser processada e utilizada**. São Paulo: ABPM, 1985. 189p. (Boletim ABPM, 36).

JESUS, A. G.; MODES, K. S.; SANTOS, L. M. H.; BENTO, A. R.; JESUS, M. G. de; Comportamento das madeiras de três espécies amazônicas submetidas à secagem ao ar. **Nativa**, v.4, n.1, p.31-35, 2016.

JUIZO, C. G. F.; LOIOLA, P. L.; ZEN, L. R.; MARCHESAN, R.; CARVALHO, D. E.; BILA, N. F.; EGAS, A. F.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J. Variação radial das propriedades

físicas da madeira de *Pinus patula* plantados em Moçambique. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 285-292, 2015.

JUIZO, C. G. F.; ROCHA, M. P. DA.; BILA, N. F. B. Avaliação do rendimento em madeira serrada de eucalipto para dois modelos de desdobro numa serraria portátil. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 543- 550, 2014.

KAZMIERCZAK, S.; HILLIG, E.; IWAKIRI, S. Painéis compensados fabricados com lâminas de três espécies de eucaliptos. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

KOASKI, D. **Qualidade energética da madeira de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2019.

KOHLER, S. V. **Evolução do afilamento do tronco e do sortimento em plantios de *Pinus taeda* nos estados do Paraná e Santa Catarina**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

KOHLER, S. V.; KOEHLER, H. D.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E.; MACHADO, S DO A. Evolução do sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* nos estados do Paraná e Santa Catarina. **Floresta**, v. 45, n. 3, p. 545-554, 2015.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ, W. A. **Princípios da ciência e tecnologia da madeira: madeira maciça**. Nova York: Springer, v. 1, p. 592, 1968.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica, 1931.

LATIFI, H.; HEURICH, M. Multi-scale remote sensing-assisted forest inventory: A glimpse of the state-of-the-art and future prospects. **Remote Sensing**, v. 11, n. 11, p. 1260, 2019.

LATORRACA, J. V. DE.; DIAS JÚNIOR, A. F.; SILVA, G. C.; PACE, J. H. C.; CARVALHO, A. M. DE. Anelamento e vaporização de toras visando otimização do processo de secagem da madeira eucalipto. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 273-279, 2015.

LAVORANTI, O. J.; BELLOTE, A. F. J.; BUSCHINELLI, C. D. A.; SIMIONI, F. J.; ANDRADE, G. D. C.; DA SILVA, H. D.; BRITO, J. O.; RIBASKI, J; DAMASO, M. C. T.; SANTOS, P. E. T. DOS.; COURI, S. O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. **Florestas energéticas**, 2021.

LELIS, A. **Florestas plantadas de eucalipto sequestram carbono da atmosfera**. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, 2019. Disponível em:<<https://ufmg.br/comunicacao/noticias/florestas-plantadas-de-eucalipto-sequestram-carbono-da-atmosfera>>. Acesso em: 10 de fev. 2023.

LIEBL, O. A.; LOIOLA, P. L.; ZEN, L. R.; KLITZKE, R. J.; ROCHA, M. P. D. Influência dos parâmetros dimensionais da pilha na qualidade da madeira de *Eucalyptus* spp. Submetida à secagem ao ar. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

LIMA, I. L. **Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex - Maiden**. 2005. 137 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais)

–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

LIMA, I. L. **Variação de propriedades indicativas da tensão de crescimento em função da posição na árvore e da intensidade de desbaste.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L. Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de tora de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 170-177, 2007.

LIMA, I. L.; STAPE, J. L. Caracterização da madeira serrada em clones de *Eucalyptus*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 89, p. 55-62, 2017.

LIMA, J. P. C.; LEÃO, J. R. A. Dinâmica de crescimento e distribuição diamétrica de fragmentos de florestas nativa e plantada na Amazônia Sul Ocidental. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n 1, p. 70-79, 2013.

LOPES, C. S. D.; NOLASCO, A. M.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. D. S.; PANSINI, A. Estudo da massa específica básica e da variação dimensional da madeira de três espécies de eucalipto para a indústria moveleira. **Ciência Florestal**, v. 21, p. 315-322, 2011.

LOPES, M. C. **Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira.** 2003. 93p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

LOPES, M. DE C.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; LONGHI, S. J.; SILVIANA, R.; FERNANDES, D. L. G.; MENEZES, L. F. Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 133-144, 2004.

LORENZI, H. **Arvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas.** Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

LOURENÇO, P.B.; BRANCO, J. M. **Dos abrigos da pré-história aos edifícios de madeira do século XXI.** 2012.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria (2ª ed., 309 p.).** Guarapuava: UNICENTRO, 2006.

MANGINI, T. DE S.; CANDATEN, L.; TREVISAN, R.; ELOY, E.; BANDERA, E.; ZANCHETTA, L. DA. S. Taxa e defeitos de secagem ao ar livre de quatro espécies provenientes de um sistema agroflorestal. **Scientia Forestalis**, v. 51, e3984, 2023.

MARCHESAN, R.; TECCHIO, M. M.; LOIOLA, P. L.; JUIZO, C. G. F.; ROCHA, M. P. da; KLITZKE, R. J. Avaliação das técnicas de anelamento e inserção de sabre em plantios de *Eucalyptus grandis* visando a qualidade da madeira serrada. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v.45, n.4, p.695-704, 2015.

MARCHIORI, J. N. C. Primórdios da silvicultura no Rio Grande do Sul. 1-Nota sobre a introdução do gênero *Eucalyptus* L'Her. **Balduínia**, n. 44, p. 21-31, 2014.

MARTINS, M. T.; COSTA, E. A.; MARANGON, G. P. Estimativas volumétricas em plantios de eucalipto para duas mesorregiões do rio grande do sul. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 6, n. 1, p. 28-37, 2021.

MARTINS, V. A. **Secagem de Madeira Serrada. Laboratório de Produtos Florestais - LPF**. Brasília, 1988. 53 p.

MELO, R. R. DE; DEL MENEZZI, C. H. S. Comportamento reológico da madeira e derivados. **Revista Ciência da Madeira**, v. 1, n. 1, p. 10-12953/2177-6830, 2010.

MELO, R. R.; DEL MENEZZI, C. H. S.; DE SOUZA, M. R.; STANGERLIN, D. M. Avaliação das propriedades físicas, químicas, mecânicas e da superfície das lâminas de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke). **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 2, p. 238-249, 2013.

MIGUEL E. P.; LEAL F. A.; ONO H. A.; LEAL U. A. S. Modelagem na predição do volume individual em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Revista Brasileira Biometria**, v. 32, n. 4, p. 584-598, 2014.

MIGUEL, E. P.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E. Using the Weibull function for prognosis of yield by diameter class in *Eucalyptus urophylla* satnds. **Cerne**, v. 16, n. 1, p. 94-104, 2010.

MIRANDA, W. D. S. **Investigação do teor de umidade de peças estruturais de madeira comercializadas na região de Mogi Guaçu SP**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso – (Graduação em Engenharia Civil) Universidade São Francisco–USF Centro De Ciências Exatas E Tecnológicas Engenharia Civil, 2006.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; SIMIONI, F. J.; OLIVEIRA, E. B. DE. Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro. **Floresta**, v. 47, n.1, p. 85–94, 2017.

MORESCHI, J. C. **Relação água-madeira e sua secagem**. (2ª.ed.) Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR, 2014.

MORITANI, F. Y. **Proposta de classes de resistência para peças estruturais de madeira: *Eucalyptus urograndis*, *Pinus taeda* e *Schizolobium amazonicum* (Paricá)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, SP, 2018.

MÜLLER, B. V.; KLITZKE, R. J.; CUNHA, A. B.; SILVA, J. R. M.; FRANÇA, M. C.; NICOLETTI, M. F.; ROCHA, M. P. DA. Qualidade da madeira serrada de cinco espécies de *Eucalyptus* resistentes à geada. **Revista Ciência da Madeira**, v. 10, n. 1, 2019.

NAPOLI, L. M.; SANCHES, F. L.; IWAKIRI, S.; HILLIG, É. Propriedades específicas de madeira e painéis aglomerados com misturas de espécies florestais. **Floresta**, v. 43, n.3, p. 475-484, 2013.

NASSUR, O. A. C.; ROSADO, L. R.; SEBASTIÃO, C. DA S. R.; CARVALHO, P. M. DE. Variações na qualidade de toras de *Toona ciliata* m. Roem. com dezoito anos de idade. **Cerne**, v. 19, n. 1, p. 43-49, 2013.

OLIVEIRA, J. D. S.; HELLMEISTER, J. C.; SIMÕES, J. W.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: 1-avaliações dendrométricas das árvores. **Scientia forestalis**, n. 56, p. 113-124, 1999.

OLIVEIRA, J. T. S.; CARVALHO, A. M. L. Secagem e Preservação da Madeira de Eucalipto. **Revista da Madeira**, n. 55, p. 58-61, 2001.

OLIVEIRA, L.; DA FONSECA, L. O.; DOS SANTOS CARDOSO, F. (2022, November). Taxa de secagem ao ar livre da madeira de *Acacia mearnsii* e *Pinus taeda* em Pelotas-RS. **In 9º Congresso Florestal Brasileiro**, Brasília-DF, v. 1, n. 1, p. 330-333, 2022.

OSBORNE, N. L. Estimating the density of coast Douglas-fir wood samples at diferente moisture contents using medical X-ray computed tomography. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 127, p. 50-55, 2016.

PAIVA FILHO, J. C. D.; ALMEIDA, L. A.; CASTRO, V. G. D.; DIODATO, M. A. Diagnóstico do uso da madeira como material de construção no município de Mossoró-RN/Brasil. **Matéria**, v. 23, n. 3, 2018.

PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. DE F.; REZENDE, M. A. DE.; NASCIMENTO, A. M. DO.; SEVERO, E. T. D.; ABREU, H. DOS S. Análise da massa específica da madeira de *Pinus elliotti* Engelm. por meio de radiação gama de acordo com as direções estruturais (longitudinal e radial) e a idade decrescimento. **Floresta e Ambiente**, v.10, n.2, p.47-57, 2003.

PARAENSE, V. DE C.; MENDES, T. S.; DE SANTANA, A. C.; DE FREITAS, A. D. D.; SERRA, A. B.; DE ALMEIDA, M. N. F.; HAMADA, M. O. DE S.; SANTOS, R. DA S. Desempenho operacional no desdobro de espécies nativas em serrarias na Amazônia. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 1, p. 1003–1015, 2023.

PEDROSA, T. D.; MASCARENHAS, A. R. P.; MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M. Estimativa da biomassa em um plantio de *Eucalyptus grandis* na região Centro-Oeste. **Scientia Plena**, v. 9, n. 5, 2013.

PERTUZZATTI, A.; CONTE, B.; MISSIO, A. L.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Influência da umidade na resistência da madeira de eucalipto a impactos. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e00092514, 2017.

PERTUZZATTI, A.; TREVISAN, R.; FIORESI, T.; RABUSKE, J. E.; TRAUTENMÜLLER, A. V.; DA MOTTA, C. I.; NETTO, C. C. Influência do diâmetro das toras na secagem ao ar livre de *Eucalyptus globulus* Labill. **Revista Ciência da Madeira**, v. 4, n. 2, p. 10-12953, 2013.

PONS, C.; KNOP, A. Construções utilizando estruturas de madeira. **Cippus**, v. 8, n. 1, p. 79-96, 2020.

PRIADI, T.; ORFIAN, G.; CAHYONO, T. D.; ISWANTO, A. H. Dimensional stability, color change, and durability of boron-MMA treated red jabon (*Antocephalus macrophyllus*) wood. **Journal of the Korean Wood Science and Technology**, v. 48, n. 3, p. 315-325, 2020.

PURNELL, R. C. Variation in wood properties of *Eucalyptus nitens* in a provenance trial on the eastern Transvaal highveld in South Africa. **South African Forestry Journal**, n. 144, p. 10-22, 1988.

RADOMSKI, M. I.; RIBASKI, J. Excentricidade da medula em *Grevilea robusta* e *Corymbia citriodora* cultivados em sistema silvipastoril. **Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2010.

RAMOS, L. M. A.; LATORRACA, J. V. DE F.; PASTRO, M. S.; SOUZA, M. T. DE; GARCIA, R. A.; CARVALHO, A. M. de. Variação radial dos caracteres anatômicos da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e idade de transição entre lenho juvenil e adulto. **Scientia Forestalis**, v.39, n.92, p.411-418, 2011.

REMADE. Tratos Silviculturais. Manejo de florestas de eucalipto para usos múltiplos. **Revista da Madeira**, ed. 59, set. 2001.

REZENDE, R. N.; LIMA, J. T.; PAULA, L. E. R.; FARIA, A. L. R. Secagem ao ar livre de toras de *Eucalyptus grandis* em Lavras, MG. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 41-47, 2010.

RIBEIRO, F. D. A.; ZANI FILHO, J. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, v. 4, n. 46, p. 76–85, 1993.

ROCHA, M. P. DA.; TOMASELLI, I. Effect of the sawing model in the sawnwood quality of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus dunnii*. **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 070-083, 2002.

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.

ROCHA, M. P. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como Fontes de Matéria Prima para Serrarias. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2000.

ROSOT, M.; GARRASTAZU, M.; CARDOSO, D.; RIBASKI, J.; ARCE, J. Monitoramento da vegetação arbórea nos sistemas de produção de erva-mate apoiado por geotecnologias. **Embrapa Florestas**, 2022.

ROUBUSTE, R. R.; BIANCHINI, N. H.; VALCORTE, G.; GORSKI, L.; DE SOUZA, K. M. O.; TALGATTI, M.; OLIVEIRA, L. H. DE.; HASELEIN, C. R. Efeito da temperatura de secagem nas propriedades físicas e mecânicas da madeira: uma revisão. **Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão – SEPE**, 2021.

SALDANHA, M. A.; QUEVEDO, A. C.; MENDES, L. J.; ROUBUSTE, R. R.; DA SILVA, S. D. P.; SCHUMACHER, M. V. Estimativa do estoque de carbono em um povoamento de *Eucalyptus* sp. de 25 anos estabelecido no Sul do Brasil. **Acta Biológica Catarinense**, v. 10, n. 1, p. 81-89, 2023.

- SANQUETTA, C. R.; DOLCI, M.; CORTE, A. P.; SANQUETTA, M.; PELISSARI, A. Estimação de volumes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze por fatores de forma em classes diamétricas e modelos de regressão. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, 2016.
- SANTANA, W. M. S.; CALEGARIO, N.; ARANTES, M. D. C.; TRUGILHO, P. F. Efeito da idade e classe de diâmetro nas propriedades da madeira de eucalipto clonal. **Cerne**, v. 18, p. 1-8, 2012.
- SANTINI, E. J. Métodos usuais de secagem da madeira. **In: SEMINÁRIO SOBRE SECAGEM DA MADEIRA**, 1, 1992, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Centro de Pesquisas Florestais/UFSM, 1992, p. 47-59.
- SANTOS, L. P. S. DOS. **Estabilidade dimensional de madeiras da Amazônia em função de variações da umidade de equilíbrio no Pará**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 2022.
- SANTOS, P. E. T. **Avaliação de características tecnológicas de madeira para serraria em progênies de polinização aberta de eucalipto e implicações para o melhoramento genético**. 2002. 153f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- SANTOS, P. E. T.; GERALDI, I. O.; GARCIA, J. N. Estimativas de parâmetros genéticos de propriedades físicas e mecânicas de madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Florestalis**, n. 63, p. 54-64, 2003.
- SCHACHT, L.; GARCIA, J.N.; VENCOVSKY, R. Variação genética de indicadores de tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, n.54, p.55-68, 1998.
- SCHULZ, H. R.; GALLIO, E.; ACOSTA, A. P.; GATTO, D. A. Avaliação de propriedades físicas das madeiras de seis espécies florestais. **Matéria**, v. 25, 2020.
- SERPE, E. L.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E. Rendimento do desdobro de madeira em serraria convencional e diferentes simulações utilizando otimizador computacional. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p. 103-108, 2018.
- SETTE JR, C. R.; OLIVEIRA, I. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; YAMAJI, F. M.; LACLAU, J. P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, v. 36, n. 6, p. 1183–1190, 2012
- SILVA, C. H. DE L. A. **Deriva simulada de dicamba na cultura do eucalipto**. 2020. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.
- SILVA, G. F. D.; CURTO, R. D. A.; SOARES, C. P. B.; PIASSI, L. D. C. Avaliação de métodos de medição de altura em florestas naturais. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 341-348, 2012.

SILVA, R. DE J.; RIBEIRO, C. H. M.; CARLOS, R. P.; BONIFÁCIO, T. C. Descrição dendrométrica de povoamento de araucária no instituto federal do sudeste de Minas Gerais. **Editora Licuri**, p. 64-72, 2023.

SILVA, V. A. N. **Caracterização não destrutiva de elementos de madeira usando a técnica de excitação por impulso**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, SP, 2021.

SILVEIRA, L. H. C.; REZENDE, A. V.; VALE, A. T. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. **Acta Amazônica**, v. 43, n. 2, p. 179-184, 2013.

SIMPSON, W. T. **Dry kiln operator's manual**. Madison: U.S. Department of Agriculture, 274p. 1991.

SOUSA, L. F. DA C. E.; OLIVEIRA, J. DE.; FERREIRA, P. S. A.; SANDIM, A. S. DE A. Modelo de ranqueamento empresarial para análise da relevância das empresas no setor de florestas plantadas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 41, 2021.

SOUZA, G. O. DE.; CASTRO, V. G.; GUIMARÃES, P. P.; DE FREITAS, N. W. N. Avaliação da qualidade da madeira comercializada no município de Mossoró, RN-Um estudo de caso. **Revista Ciência da Madeira**, v. 9, n. 2, 2018.

SOUZA, J. T. D.; TREVISAN, R.; DENARDI, L.; STANGERLIN, D. M.; VIVIAN, M. A.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Qualidade da madeira serrada proveniente de árvores dominantes e médias de *Eucalyptus grandis* submetidas à secagem. **Cerne**, v. 18, p. 167-174, 2012.

SOUZA, M. V. D. **Avaliação e viabilidade técnica para aproveitamento de resíduo de serraria de quatro espécies de madeira para produção de painéis aglomerados homogêneos e heterogêneos**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, São Paulo, SP, 2022.

STANGERLIN, D. M.; SANTINI, E. J.; SUSIN, F., MELO, R. R.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Uso de estufa solar para secagem de madeira serrada. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 4, p. 461 - 472, 2009.

STUMPP, E. **Curso de secagem**. In: SEMINÁRIO SOBRE SECAGEM DE MADEIRA, 1., 1990, Santa Maria. Anais... Santa Maria, 1992. p.75-100.

SUSIN, F.; SANTINI, E. J.; STANGERLIN, D. M.; MOARIS, W. W. C.; MELO, R. R. Taxa de secagem e qualidade da madeira serrada de *Hovenia dulcis* submetida a dois métodos de secagem. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 243-250, 2014.

TALGATTI, M.; BALDIN, T.; SANTINI, E. J.; MENEZES, W. M.; SUSIN, F.; VIDRANO, B. R. A. Tratamentos térmicos e secagem da madeira serrada de uva-do-Japão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n. 3, p. 224-229, 2016.

TALGATTI, M.; BALDIN, T.; SANTINI, E. J.; ROSSO, S.; OLIVEIRA, L. H.; VALCORTE, G. Secagem da madeira de *Hovenia dulcis* e *Eucalyptus tereticornis* em forno

micro-ondas com diferentes potências de temperatura. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 3, p. 1121-1128, 2020.

TALGATTI, M.; DA SILVEIRA, A. G.; BALDIN, T.; DE SOUZA, J. T.; SANTINI, E. J. Secagem ao ar livre e qualidade de serrados de clones de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 2, p. 197-204, 2018.

TAVARES, L. T. S. T. **Modelagem matemática do crescimento de mudas de Sequoia sempervirens a partir de características dendrométricas individuais**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2019.

TEDESCO, J. L. **Análise do rendimento e eficiência na produção de dormentes de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden em serraria de pequeno porte**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2014.

TEIXEIRA, J. N. Análise de propriedades físico-mecânicas de madeiras utilizada na construção civil no sul de minas gerais. **Revista Científica Pro Homine**, v. 2, n. 1, p. 3-16, 2020.

TÉO, S. J.; ROCHA, S. P.; BORTONCELLO, A. C.; PAZ, R. A.; COSTA, R. H. Dinâmica da distribuição diamétrica de povoamentos de *Pinus taeda*, na região de Caçador, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 67, p. 183-192, 2011.

TOMIO, G. F.; DA CUNHA, A. B.; BRAND, M. A.; DE ARRUDA CÓRDOVA, U. Rendimento e qualidade da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage de rotação longa no processo de desdobro. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 132, 2021.

TRAUTENMÜLLER, J. W.; BALBINOT, R.; BORELLA, J.; TREVISAN, R.; BALESTRIN, D.; VENDRUSCULO, R.; SABADINI, A. M. Variação longitudinal da massa específica básica da madeira de *Cordia americana* e *Alchornea triplinervia*. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 817-821, 2014.

TREVISAN, R. **Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas da madeira de Eucalyptus grandis hill ex maiden**. Dissertação (Mestrado do em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, 2006. 138 p.

TREVISAN, R.; DENARDI, L.; CARDOSO, G. V.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E.J. Variação axial do índice de rachaduras na base e no topo de toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 97, 2013.

TREVISAN, R.; ELOY, E.; DENARDI, L.; HASELEIN, C. R.; CARON, B. O. Variação axial e efeito do desbaste na massa específica das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Rural**, v. 42, p. 312-318, 2012.

TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; SCHNEIDER, P. R.; MENEZES, L. F. D. Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 17, p. 377-387, 2007.

TREVISAN, R.; ROSA, M. HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. S.; GATTO, D. A. Dimensões das fibras e sua relação com a idade de transição entre lenho juvenil e adulto de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1385-1393, 2017.

TRUGILHO, P. F. Densidade básica e estimativa de massa seca e de lignina na madeira em espécies de *Eucalyptus*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1228-1239, 2009.

TRUGILHO, P. F.; ARANTES, M. D. C.; DE PÁDUA, F. A.; DE PAULA ALMADO, R.; BALIZA, A. E. R. Estimativa de carbono fixado na madeira de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v. 16, p. 33-40, 2010.

TRUGILHO, P. F.; GOULART, S. L.; ASSIS, C. O. D.; COUTO, F. B. S.; ALVES, I. C. N.; PROTÁSIO, T. D. P.; NAPOLI, A. Características de crescimento, composição química, física e estimativa de massa seca de madeira em clones e espécies de *Eucalyptus* jovens. **Ciência Rural**, v. 45, p. 661-666, 2015.

VERA, D. E.; LAURA, V. A.; FERREIRA, A. D.; COUTO, A. M. Crescimento e forma do eucalipto em função da densidade de plantio. **Ciência Florestal**, v. 32, p. 504-522, 2022.

VIDAL, J. M.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. D. C.; JANKOWSKY, I. P. Preservação de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 257-271, 2015.

VIDAURRE, G. B.; NUTTO, L.; FRANÇA, F. J. N.; BRAZ, R. L.; WATZLAWICK, L. F.; MOULIN, J. C. Tensão de crescimento no lenho de *Eucalyptus benthamii* e sua relação com características dendrométricas em diferentes espaçamentos. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 3, p. 408-415, 2015.

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**. Editora Universitária – EDUFES, Vitória, ES, 2020.

WINK, C. **Estoque de carbono em plantações de *Eucalyptus* spp. implantados em campo nativo**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

ZANATTA, B. P.; SOUZA, L.; OLIVEIRA, A.; PEREIRA, B.; LENGOWSKI, E. Densidade e resistência à compressão paralela às fibras da madeira de oito espécies amazônicas. **XVII EMBRAMEM**. Santa Catarina, 2021.

ZANCHETTA, L. DA S.; BANDERA, E.; MANGINI, T. DE S.; CANDATEN, L.; IORA, A. M.; TRAUTENMÜLLER, J. W.; TREVISAN, R.; ELOY, E. Massa específica e teor de umidade ao longo do fuste para *Cordia trichotoma* e *Cordia americana* e suas correlações. **Holos Environment**, v. 20, n. 4, p. 496-506, 2020.

ZANUNCIO, AJV; MOTTA, JP; DA SILVEIRA, TA; FARIAS, ES; TRUGILHO, PF Alterações físicas e colorimétricas em madeira de *Eucalyptus grandis* após o tratamento térmico. **BioResources**, v. 9, n. 1, p. 293-302, 2014.

ZAQUE, L. A. M.; FERREIRA, M. D.; MELO, R. R. Variação radial e longitudinal da massa específica básica da madeira de *Araucaria angustifolia* com diferentes idades. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, p. 1-5, 2018.

ZAQUE, L. A. M.; MELO, R. R. DE; DE SOUZA, E. C.; JUNIOR, L. S. Caracterização colorimétrica e da massa específica das madeiras comercializadas no Mato Grosso. **Revista Ciência da Madeira**, v. 10, n. 2, 2019.

ZEN, L. R. **Métodos combinados para secagem da madeira de *Eucalyptus*: pré-secagem ao ar livre com secagem em estufa convencional**. 2016. 106p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

ZEN, L. R., MONTEIRO, T. C., SCHAEFFER, W., KAMINSKI, J. M., & KLITZKE, R. J. Secagem ao ar livre da madeira serrada de eucalipto. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 7, n. 2, p. 291-298, 2019.

ZIERHUT, B.; DE MIRANDA, D. A. **Estudo de viabilidade da aplicação da pré-secagem da madeira na indústria de transformação**. 2021. Anais do II CoBICET - Trabalho completo Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, 2021.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Tabela de análise de variância para índice de rachadura de topo de tora das quatro classes diamétricas estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Classe	3	0,58	0,19	1,51	0,2185 ^{ns}
Tora	1	1,68	1,68	13,06	0,0006*
Interação	2	0,97	0,03	0,25	0,8603 ^{ns}
Erro	72	9,27	0,13	-	-
Total	79	11,63	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE B – Tabela de análise de variância para índice de rachadura de topo de tora de ambas as posições estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Posição	1	0,97	0,97	9,99	0,0023*
Tora	1	1,68	1,68	17,37	0,0001**
Interação	1	1,62	1,62	16,77	0,0001**
Erro	76	7,36	0,09	-	-
Total	79	11,63	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE C – Tabela de análise de variância para defeito de achatamento de toras das quatro classes diamétricas estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Classe	3	6,62	2,21	3,64	0,0230 ^{ns}
Tora	1	37,91	37,91	62,4	0,0000**
Interação	3	1,43	0,47	0,78	0,5112 ^{ns}
Erro	32	19,44	0,61	-	-
Total	39	65,41	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE D – Tabela de análise de variância para defeito de conicidade de toras das quatro classes diamétricas estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Classe	3	1,07	0,35	7,92	0,0004*
Tora	1	2,83	2,83	62,52	0,0000**
Interação	3	0,12	0,04	0,90	0,4529 ^{ns}
Erro	32	1,45	0,04	-	-
Total	39	5,48	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE E – Tabela de análise de variância da regressão com variável *Dummy* (tipo SS1) da massa específica básica em função da posição base topo para as quatro classes diamétricas de *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	7	61452,1	8778,9	7,9	<0,001**
Posição	1	43905,1	43905,1	39,4	<0,001**
D1	1	7109,0	7109,0	6,4	<0,013*
D2	1	881,5	881,5	0,8	0,376 ^{ns}
D3	1	4748,3	4748,3	4,3	<0,042*
D4	0	0	0	0	0
PosiçãoD1	1	3476,3	3476,3	3,1	0,081 ^{ns}
PosiçãoD2	1	86,3	86,3	0,1	0,781 ^{ns}
PosiçãoD3	1	1245,4	1245,4	1,1	0,293 ^{ns}
PosiçãoD4	0	0	0	0	0
Erro	92	102451,0	1113,6	-	-
Total	99	163903,1	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; Di = *Dummy* (classes diamétricas estudadas, onde i = classe 1 (30-40 cm); classe 2 (40-50 cm); classe 3 (50-60 cm); classe 4 (60-70 cm)); PosiçãoDi = interação da variável Posição com as classes (*Dummy*); ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE F – Tabela de análise de variância da regressão com variável *Dummy* (tipo SS1) da massa específica aparente saturada em função da posição base topo para as quatro classes diamétricas de *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	7	30175,3	4310,7	5,5	<0,001**
RAIZ(Posição)	1	25913,7	25913,5	33,3	<0,001**
D1	1	2840,1	2840,1	3,6	0,059 ^{ns}
D2	1	189,1	189,1	0,2	0,623 ^{ns}
D3	1	668,1	668,1	0,9	0,357 ^{ns}
D4	0	0	0	0	0
RAIZ(Posição)D1	1	419,4	419,4	0,5	0,465 ^{ns}
RAIZ(Posição)D2	1	84,9	84,9	0,1	0,742 ^{ns}
RAIZ(Posição)D3	1	59,9	59,9	0,1	0,782 ^{ns}
RAIZ(Posição)D4	0	0	0	0	0
Erro	92	71636,5	778,6	-	-
Total	99	101811,8	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; Di = *Dummy* (classes diamétricas estudadas, onde i = classe 1 (30-40 cm); classe 2 (40-50 cm); classe 3 (50-60 cm); classe 4 (60-70 cm)); RAIZ(Posição)Di = interação da variável RAIZ(Posição) com as classes (*Dummy*); ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE G – Tabela de análise de variância da regressão com variável *Dummy* (tipo SS1) do teor de umidade em função da posição base topo para as quatro classes diamétricas de *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	7	10128,2	1446,9	20,3	<0,001**
Posição	1	8904,9	8904,9	125,0	<0,001**
D1	1	391,4	391,4	5,5	<0,021*
D2	1	40,9	40,9	0,6	0,450 ^{ns}
D3	1	339,9	339,9	4,8	<0,031*
D4	0	0	0	0	0
PosiçãoD1	1	231,8	231,8	3,2	0,074 ^{ns}
PosiçãoD2	1	7,4	7,4	0,1	0,749 ^{ns}
PosiçãoD3	1	211,9	211,9	3,0	0,088 ^{ns}
PosiçãoD4	0	0	0	0	0
Erro	92	6555,1	71,2	-	-
Total	99	16683,3	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; Di = *Dummy* (classes diamétricas estudadas, onde i = classe 1 (30-40 cm); classe 2 (40-50 cm); classe 3 (50-60 cm); classe 4 (60-70 cm)); PosiçãoDi = interação da variável Posição com as classes (*Dummy*); ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE H – Tabela de análise de variância para teor de umidade das quatro classes diamétricas estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	7	337,6	48,2	1,1	0,444 ^{ns}
Classe	3	120,8	40,3	0,9	0,477 ^{ns}
Bloco	4	216,8	54,2	1,2	0,365 ^{ns}
Erro	12	547,2	45,6	-	-
Total	19	884,9	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE I – Tabela de análise de variância para massa específica básica ponderada das quatro classes diamétricas estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	7	11075,8	1582,2	2,2	0,110 ^{ns}
Classe	3	4243,3	1414,45	2,4	0,121 ^{ns}
Bloco	4	4551,7	1137,9	1,9	0,173 ^{ns}
Erro	12	7137,9	594,8	-	-
Total	19	15933,0	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE J – Tabela de análise de variância para massa específica aparente saturada ponderada das quatro classes diamétricas estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	7	2500,1	357,2	1,1	0,396 ^{ns}
Classe	3	1039,6	346,5	1,1	0,381 ^{ns}
Bloco	4	1460,5	365,1	1,2	0,370 ^{ns}
Erro	12	3726,8	310,6	-	-
Total	19	6226,9	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE K – Tabela de análise de variância para massa seca das quatro classes diamétricas estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	7	5447983,3	778283,3	9,7	0,0004*
Classe	3	5387577,2	1795859,0	22,5	0,0001 ^{ns}
Bloco	4	60406,2	15101,5	0,2	0,9400 ^{ns}
Erro	12	959537,9	79961,5	-	-
Total	19	6407521,2	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE L – Tabela de análise de variância para massa verde das quatro classes diamétricas estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	7	23332411,9	3333201,7	8,9	0,0006*
Classe	3	23039925,8	7679975,3	20,4	0,0001**
Bloco	4	292486,1	73121,5	0,2	0,9360 ^{ns}
Erro	12	4509267,0	375772,2	-	-
Total	19	27841679,0	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE M – Tabela de análise de variância para índice de rachaduras de tábuas da melhor face pré e pós-secagem das quatro classes estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Condição	1	338,3	338,3	4,0	0,0468 ^{ns}
Classe	3	6959,7	2319,9	27,6	0,0000**
Interação	3	1,63	0,5	0,01	0,9993 ^{ns}
Erro	150	12626,9	84,2	-	-
Total	157	19927,7	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE N – Tabela de análise de variância para índice de rachaduras de tábuas da pior face pré e pós-secagem das quatro classes estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Condição	1	333,7	333,7	3,42	0,0000**
Classe	3	8258,9	3752,9	28,2	0,0666 ^{ns}
Interação	3	13,7	4,56	0,05	0,9866 ^{ns}
Erro	150	14657,5	97,7	-	-
Total	157	23262,6	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE O – Tabela de análise de variância para índice de rachaduras de tábuas de ambas as faces pré e pós-secagem das quatro classes estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Condição	1	326,2	326,2	3,8	0,0000**
Classe	3	7672,8	2557,6	29,7	0,0537 ^{ns}
Interação	3	11,1	3,7	0,04	0,9881 ^{ns}
Erro	150	12934,9	84,2	-	-
Total	157	20945,0	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE P – Tabela de análise de variância para índice de rachaduras de tábuas da melhor face pré e pós-secagem das duas orientações estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Orientação	1	46,29	46,29	0,37	0,5466 ^{ns}
Condição	1	341,17	341,17	2,69	0,1030 ^{ns}
Interação	1	13,94	13,94	0,01	0,7406 ^{ns}
Erro	154	19528,0	126,80	-	-
Total	157	19927,7	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE Q – Tabela de análise de variância para índice de rachaduras de tábuas da pior face pré e pós-secagem das duas orientações estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Orientação	1	229,36	229,36	1,56	0,2140 ^{ns}
Condição	1	334,27	334,27	2,27	0,1340 ^{ns}
Interação	1	15,76	15,76	0,11	0,7440 ^{ns}
Erro	154	22685,0	147,30	-	-
Total	157	23262,6	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE R – Tabela de análise de variância para índice de rachaduras de tábuas de ambas as faces pré e pós-secagem das duas orientações estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Orientação	1	129,16	129,16	0,97	0,3258 ^{ns}
Condição	1	327,91	327,91	2,47	0,1183 ^{ns}
Interação	1	15,99	15,99	0,12	0,7291 ^{ns}
Erro	154	20473,7	132,94	-	-
Total	157	20945,0	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE S – Tabela de análise de variância para arqueamento de tábuas para as condições das quatro classes estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Classe	31	5,29	1,76	10,28	0,0000 ^{**}
Condição	1	6,47	6,47	37,72	0,0000 ^{**}
Interação	3	0,40	0,13	0,78	0,5064 ^{ns}
Erro	150	25,74	0,17	-	-
Total	157	23262,6	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE T – Tabela de análise de variância para encurvamento nas tábuas para condições de pré e pós-secagem nas quatro classes estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Classe	3	8,26	2,75	21,81	0,0000**
Condições	1	0,04	0,04	0,34	0,5587 ^{ns}
Interação	3	3,02	1,01	7,97	0,0001**
Erro	150	18,93	0,13	-	-
Total	157	30,25	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE U – Tabela de análise de variância para arqueamento nas tábuas para condições de pré e pós-secagem nas duas orientações estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Condição	1	6,37	6,37	34,33	0,0000**
Orientação	1	2,33	2,33	12,58	0,0005*
Interação	1	0,52	0,52	2,78	0,0975 ^{ns}
Erro	154	28,58	0,18	-	-
Total	157	37,85	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE V – Tabela de análise de variância para encurvamento nas tábuas para condições de pré e pós-secagem nas duas orientações estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Condição	1	0,03	0,03	0,19	0,6646 ^{ns}
Orientação	1	3,74	3,74	21,88	0,0000**
Interação	1	0,16	0,16	0,96	0,0975 ^{ns}
Erro	154	26,31	0,17	-	-
Total	157	30,25	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE W – Tabela de análise de variância para índice de nós nas tábuas para ambas as orientações e das quatro classes estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Classe	3	36,07	12,03	51,66	0,0000**
Orientação	1	20,79	20,79	89,33	0,0000**
Interação	3	4,39	1,47	6,30	0,0005*
Erro	147	34,22	0,23	-	-
Total	154	93,79	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ns = não significativo.

APÊNDICE X - Tabela de análise de variância para diâmetro de nós nas tábuas para ambas as orientações e das quatro classes estudadas para *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Classe	1	3,65	3,65	23,07	0,0000**
Orientação	3	1,21	0,40	2,55	0,0577 ^{ns}
Interação	3	0,67	0,22	1,42	0,2400 ^{ns}
Erro	150	23,77	0,16	-	-
Total	157	29,21	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ns = não significativo.

APÊNDICE Y – Tabela de análise de variância da regressão com variável *Dummy* (tipo SS1) da curva de secagem em função do tempo para as quatro classes diamétricas de *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	8	465158,3	58144,8	1278,5	<0,001**
Ln(dias)	1	450645,5	450645,5	9909,1	<0,001**
(dias ³)	1	9740,2	9740,2	214,2	<0,001**
D1	1	290,3	290,3	6,38	<0,011*
D2	1	1700,4	1700,4	37,4	<0,001**
D3	1	26,9	26,9	0,6	0,442 ^{ns}
D4	0	0	0	0	0
Ln(dias)D1	1	12,0	12,0	0,3	0,607 ^{ns}
Ln(dias)D2	1	2206,0	2206,0	48,5	<0,001**
Ln(dias)D3	1	536,9	536,9	11,8	<0,001**
Ln(dias)D4	0	0	0	0	0
Erro	927	42157,9	45,5	-	-
Total	935	507316,3	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; Di = *Dummy* (classes diamétricas estudadas, onde i = classe 1 (30-40 cm); classe 2 (40-50 cm); classe 3 (50-60 cm); classe 4 (60-70 cm)); Ln(dias)Di = interação da variável Ln(dias) com as classes (*Dummy*); ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} = não significativo.

APÊNDICE Z – Tabela de análise de variância da regressão com variável *Dummy* (tipo SS1) da curva de secagem em função do tempo para as orientações tangencial e radial analisadas de *Eucalyptus dunnii* aos 23 anos de idade.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	4	462580,7	115645,2	2406,7	<0,001**
Ln(dias)	1	450645,5	450645,5	9378,5	<0,001**
(dias ³)	1	9740,2	9740,2	202,7	<0,001**
D1	1	1856,5	1856,5	38,6	<0,001**
D2	1	0	0	0	0
Ln(dias)D1	1	338,4	338,4	7,0	<0,001**
Ln(dias)D2	1	0	0	0	0
Erro	931	44735,6	48,0	-	-
Total	935	507316,3	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; Di = *Dummy* (orientações de desdobro estudadas, onde i = 1 tangencial; 2 radial); Ln(dias)Di = interação da variável Ln(dias) com as orientações de desdobro (*Dummy*); ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro.