

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ENGENHARIA FLORESTAL**

RIVIS DE OLIVEIRA SANTOS JUNIOR

**Influência do diâmetro das toras de madeira de *Eucalyptus* spp. nas
propriedades físicas**

**RIO LARGO
2025**

RIVIS DE OLIVEIRA SANTOS JUNIOR

Influência do diâmetro das toras de madeira de *Eucalyptus* spp. nas propriedades físicas

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC, apresentado ao curso de graduação de Engenharia Florestal do Campus de Engenharia e Ciências Agrárias – CECA, da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientadora: Profa. Dra. Vânia Aparecida de Sá

RIO LARGO
2025

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana
CRB - 1512

S237i Santos Junior, Ravis de Oliveira.

Influência do diâmetro das toras de madeira de *Eucalyptus* spp. nas propriedades físicas. / Ravis de Oliveira Santos Junior. – 2025.

30 f.: il.

Orientador: Vânia Aparecida de Sá

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Graduação em Engenharia Florestal, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio largo, 2025.

Inclui Bibliografia

1. Plantios florestais.
2. Umidade da madeira.
3. Densidade da madeira.
4. Biomassa florestal.

CDU:630*1

FOLHA DE APROVAÇÃO

Rivis de Oliveira Santos Junior

Influência do diâmetro das toras de madeira de *Eucalyptus* spp. nas propriedades físicas

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC apresentado à Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias - CECA, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel(a) Engenheiro(a) Florestal.

Data de Aprovação: 19 / 05 / 2025.

Banca Examinadora



Documento assinado digitalmente

VANIA APARECIDA DE SA

Data: 20/05/2025 15:59:12-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Vânia Aparecida de Sá
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA
(Orientadora)



Documento assinado digitalmente

ANNA CAROLINA DE ALMEIDA ANDRADE

Data: 20/05/2025 16:10:17-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Anna Carolina de Almeida Andrade
Universidade Federal de Sergipe - UFS



Documento assinado digitalmente

EDJA ARAUJO DE ALBUQUERQUE COSTA

Data: 20/05/2025 16:47:32-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Mestranda Edja Araújo de Albuquerque Costa
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço com profunda fé a Deus e a Nossa Senhora, que foram meu refúgio e força nos momentos mais desafiadores desta jornada acadêmica, sustentando minha esperança quando a desistência parecia iminente.

Aos meus pais, Jilvaneide e Ravis, que não mediram e não medem esforços para sonhar junto comigo. Seu apoio e a inspiração que foram a força para seguir adiante e realizar esta conquista. Obrigado por acreditarem em mim, mesmo quando eu duvidava.

Aos amigos que a universidade me deu— Larissa Maria, Ana Karine, Carolina Rafaela e Jonatas Lima – minha sincera gratidão pela amizade, pelo apoio constante e por tornarem esta caminhada mais leve, alegre e significativa.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Vânia Aparecida de Sá, expresso minha profunda admiração e agradecimento pela orientação, pelos conhecimentos compartilhados ao longo das disciplinas e pesquisas.

RESUMO

O presente trabalho teve como foco a análise da influência do diâmetro das toras de madeira de *Eucalyptus* spp. sobre suas propriedades físicas, especialmente a umidade e a densidade. O objetivo principal foi compreender de que forma o diâmetro interfere nessas características e a relação com a massa seca. Diante disso, foi feito um estudo experimental em delineamento inteiramente casualizado (DIC). A metodologia empregada envolveu a análise da madeira de *Eucalyptus* spp., nas quais foram determinadas a umidade, seguindo as normas NBR 14660 e NBR 14929. A densidade básica da madeira foi obtida com a norma NBR 11942. A massa seca de cada amostra foi calculada a partir dos dados obtidos. Os resultados deste trabalho demonstraram uma influência do diâmetro das toras de *Eucalyptus* spp. sobre suas propriedades físicas de umidade e densidade. A análise de correlação revelou uma relação positiva significativa entre o diâmetro e a massa seca, indicando que o incremento diamétrico está associado a um aumento na massa seca da madeira. Com isso, este estudo enfatiza a relevância do diâmetro como um fator importante a ser considerado na análise da umidade e da densidade da madeira de *Eucalyptus* spp. ao longo de seu desenvolvimento.

Palavras-chave: plantios florestais; umidade da madeira; densidade da madeira; biomassa florestal

ABSTRACT

This study focuses on analyzing the influence of *Eucalyptus* log diameter on its physical properties, particularly moisture content and density. The main objective was to understand how the diameter affects these characteristics and its relationship with dry mass. To achieve this objective, an experimental study was conducted using a completely randomized design (CRD). The methodology involved the analysis of *Eucalyptus* wood, where moisture content was determined following NBR 14660 and NBR 14929 standards. The basic wood density was obtained according to NBR 11942. The dry mass of each sample was calculated from the obtained data. The results of this study demonstrated an influence of *Eucalyptus* log diameter on its physical properties of moisture content and density. The correlation analysis revealed a significant positive relationship between diameter and dry mass, indicating that an increase in diameter is associated with an increase in the dry mass of the wood. Thus, this study emphasizes the relevance of diameter as an important factor to be considered in the analysis of moisture content and density of *Eucalyptus* wood throughout its development.

Keywords: forest plantations; physical properties of wood; forest biomass

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	9
2.1 Geral	9
2.2 Específicos.....	9
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO	10
3.1 Eucalipto	10
3.2 Propriedades físicas da madeira.....	11
3.2.1 Umidade.....	11
3.2.2 Densidade.....	12
3.3 Relação do Diâmetro da tora com as propriedades da madeira	13
4 MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1 Área de coleta.....	15
4.2 Matéria-prima e preparo do material.....	15
4.3 Umidade.....	16
4.4 Densidade.....	17
4.5 Massa seca.....	17
4.6 Análise dos dados.....	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5.1 Propriedades físicas de dois clones de <i>Eucalyptus</i> sp.	18
5.2 Efeito do diâmetro nas propriedades físicas de clones de <i>Eucalyptus</i> spp. em duas idades diferentes.....	19
5.3 Relação do diâmetro das toras com os valores de massa seca	23
6 CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* possui um grupo de espécies importantes no setor florestal, sua madeira é usada para produção de energia, celulose e papel, móveis, dentre outros produtos (Hsing et al., 2016). O amplo uso da madeira de eucalipto se deve a sua versatilidade de aplicação para obtenção de diversos produtos, cuja qualidade está intimamente associada a matéria-prima usada para a sua produção que, por sua vez, depende de um conjunto de características químicas, físicas, mecânicas e anatômicas (Frederico, 2009).

Segundo relatório de 2024 do IBÁ, no ano de 2023, o Brasil registrou um marco significativo no setor florestal: pela primeira vez a área total destinada ao plantio de árvores ultrapassou a marca de 10 milhões de hectares. Esse é um resultado que representa um crescimento de 3% em comparação com o ano anterior. Dentre as espécies cultivadas, o eucalipto se destaca como a principal, ocupando 7,8 milhões de hectares que corresponde a 76% da área total de florestas plantadas no país. Esse avanço expressivo reflete um crescimento de 41% nos últimos dez anos, mostrando a importância do eucalipto não só para o setor florestal, mas também para a economia no país, dado seu amplo uso nas indústrias de papel e celulose, energia, construção civil e painéis de madeira.

No estado de Alagoas, a área utilizada para silvicultura ocupou, em 2023, um total de 31.044 hectares. Desse total, o plantio de eucalipto predomina com 27.692 hectares, evidenciando a importância da espécie nas áreas florestais cultivadas do estado. Além disso, foram registrados 14 hectares destinados ao cultivo de Pinus e 3.338 hectares ocupados por outras espécies florestais (IBGE, 2023).

A madeira de eucalipto tem sido cada vez mais empregada como fonte de biomassa energética, suprimindo demandas de setores industriais que consomem energia térmica. Diante do aumento dos custos energéticos, a utilização de biomassa florestal eficiente tornou-se uma alternativa viável e sustentável (Pereira Junior, 2001). Para o uso energético, é fundamental que a madeira apresente características específicas, como elevada densidade, baixo teor de umidade e boa massa seca. Essas propriedades influenciam a eficiência da queima e o rendimento energético da biomassa (Brand, 2010; Moskfienski et al., 2008). Apesar dos avanços nos estudos sobre madeira para fins energéticos, a influência

do diâmetro das toras sobre a umidade e densidade da madeira ainda é pouco explorada. Compreender essa relação pode contribuir significativamente para a seleção de materiais mais adequados ao uso energético, otimizando a cadeia produtiva e promovendo maior sustentabilidade no setor florestal.

Portanto, é necessária uma investigação detalhada da influência do diâmetro nas características de umidade e densidade da madeira de *Eucalyptus* spp., contribuindo para o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis e eficientes na cadeia produtiva.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar a influência do diâmetro da madeira de *Eucalyptus* spp. nas suas propriedades físicas.

2.2 Específicos

- Avaliar as diferenças das propriedades físicas de dois clones de *Eucalyptus* spp.
- Avaliar a influência do diâmetro nas propriedades físicas de clones de *Eucalyptus* spp. em duas idades diferentes.
- Relacionar a variação do diâmetro das toras com os valores de massa seca.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 Eucalipto

O gênero *Eucalyptus* pertence da família Myrtaceae e compreende aproximadamente 700 espécies e tem um impacto econômico em mais de 100 países (Dias e Simonelli, 2013). Existem controvérsias sobre a introdução do gênero no Brasil, porém no início sua finalidade foi para paisagismo, barreiras quebra ventos e para obtenção de óleos essenciais (Pinto Junior e Silveira, 2021).

Atualmente, de acordo com o Relatório Anual do IBÁ (2024), o eucalipto domina expressivamente o cenário das plantações florestais no Brasil, abrangendo 76% da área plantada. Essa predominância reafirma o eucalipto como a espécie mais cultivada no país, totalizando uma extensão de 10,2 milhões de hectares. A distribuição dessas plantações é concentrada nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, refletindo as condições favoráveis dessas áreas para o cultivo da espécie. Em termos de destaque por estados brasileiros, Minas Gerais lidera com 29% da área plantada, logo após Mato Grosso do Sul com 15%, e seguido São Paulo com 13%. Esses números não apenas mostram a importância econômica do eucalipto para essas regiões, mas também apontam para sua relevância no desenvolvimento sustentável e na produção de recursos florestais renováveis no Brasil.

Segundo Madeiros (2020), o cultivo de eucalipto no estado de Alagoas teve início por volta do ano 2000, em uma área inicial de 88 hectares. Essas plantações foram estabelecidas em solos com característica arenosa, e baixa fertilidade natural. A escolha pelo eucalipto como cultura se deu pela adaptabilidade do gênero as condições desafiadoras do solo local. Essa iniciativa não apenas contribuiu para a diversificação da agricultura local, mas também abriu novas perspectivas para a utilização de áreas anteriormente consideradas de baixo potencial agrícola. Dessa forma, o eucalipto surgiu como uma solução eficaz para o enfrentamento das restrições edáficas de Alagoas, promovendo um uso mais eficiente e sustentável dos recursos naturais disponíveis.

O plantio de eucalipto em Alagoas se deu principalmente em áreas de encostas, sendo áreas que eram inviáveis para o corte mecanizado da cultura

da cana-de-açúcar, esse monocultivo surgindo como uma alternativa para os produtores rurais do estado, visando diminuir os impactos ambientais voltados para as pressões sobre as florestas nativas (Marangon, et al., 2017).

Atualmente no estado de Alagoas, a silvicultura desempenha um papel importante no uso da terra, com um total de 31.044 hectares para essa atividade no ano de 2023. Dentro desse cenário, a cultura do eucalipto se destaca como a espécie predominante nos plantios florestais cultivados, ocupando uma área de 27.692 hectares. Essa predominância mostra a importância econômica e o potencial produtivo do eucalipto para o setor florestal que vem crescendo no estado, provavelmente impulsionado por sua rápida taxa de crescimento, adaptabilidade a diferentes condições de solo. Em comparação, outras espécies como o *Pinus* representam uma parcela menor, com apenas 14 hectares cultivados, enquanto um conjunto diversificado de outras espécies florestais ocupando 3.338 hectares. Esses dados do IBGE (2023) mostram a concentração da atividade silvicultural em Alagoas no cultivo de eucalipto.

3.2 Propriedades físicas da madeira

O conhecimento das propriedades físicas da madeira é fundamental, especialmente quando se considera o uso final da matéria-prima. Essas características influenciam diretamente o desempenho da madeira em diversas aplicações, como na produção de energia, construção civil, fabricação de móveis e na indústria de celulose e papel. De acordo com Moers et al. (2011), compreender essas propriedades permite uma seleção adequada dos materiais, otimizando seu aproveitamento e aumentando a eficiência dos processos produtivos. Nesse mesmo sentido, Chiang et al. (2012) destacam que o conhecimento detalhado das propriedades físicas da madeira é essencial para promover o uso mais racional e eficiente da matéria-prima, contribuindo para a valorização do recurso e para o desenvolvimento de tecnologias mais sustentáveis.

3.2.1 Umidade

A umidade se destaca como uma das principais características da madeira, sendo essencial acompanhar seu nível durante o processo de secagem para

garantir a trabalhabilidade e a adequação para o uso da madeira (Lima et al. (2015)).

A água presente na madeira está dividida em três partes: água livre ou capilar, de adesão ou higroscópica e de constituição. Quando a árvore é abatida e exposta ao ambiente, de início ela começa a perder umidade através da evaporação da água localizada nos vasos, canais e no lume das células do material, sendo essa denominada água de capilaridade ou água livre (Bem, 2014).

Após a remoção completa da água livre, resta apenas a água de adesão, indicando que o material atingiu o ponto de saturação das fibras (PSF). A água de adesão está ligada as fibras da madeira, sendo mais difícil e demorada de ser removida. Sua eliminação pode ocorrer naturalmente, de forma lenta, ou requerer a aplicação de energia durante o processo de secagem (Corradi, 2021).

E a água de constituição é encontrada nos espaços intracelulares em combinação química com os constituintes da madeira, sendo eles a celulose, hemicelulose e lignina (Júnior, L. S., 2019). E para Stein (2003), a água de constituição não pode ser removida sem que haja a decomposição da madeira e alteração de sua composição química.

3.2.2 Densidade

A densidade é reconhecida como uma das propriedades mais importantes na caracterização da madeira, tanto pela facilidade de sua determinação quanto pelo baixo custo envolvido no processo. Essa variável é influenciada por diversos fatores, como a idade da árvore, o local de origem, o espaçamento entre plantas, a taxa de crescimento, além de variações entre gêneros e espécies (Valério et al., 2008; Silva et al., 2015). Quando se busca avaliar a qualidade da madeira, a densidade se destaca como um dos principais parâmetros a serem considerados, pois está diretamente relacionada as características tecnológicas e econômicas relevantes, como resistência mecânica, desempenho em processos industriais e rendimento na produção.

Essa propriedade pode ser determinada por método destrutivos e não destrutivos, ambos sendo descritos por normas técnicas.

3.3 Relação do Diâmetro da tora com as propriedades da madeira

A influência da anatomia da madeira está diretamente associada com a sua estrutura interna, que envolve as diferenças nas dimensões dos elementos celulares e a forma como esses elementos estão organizados. O diâmetro da madeira pode influenciar aspectos como a disposição, o tamanho e a frequência das cavidades celulares que são determinantes para características como a porosidade e a permeabilidade da madeira. Esses fatores anatômicos impactam de forma significativa as propriedades físicas e tecnológicas da madeira, como a capacidade de absorção de líquidos, a secagem, a trabalhabilidade e o desempenho em diferentes usos (Albuquerque et al., 2005).

O diâmetro pode estar associado a relação cerne/alburno. Para Teixeira (2015) relação cerne/alburno apresenta uma ligeira tendência em ser maior em árvores de maiores diâmetros a altura do peito (DAP).

O alburno que é formado por células funcionais, que apresentam coloração normalmente mais clara e são responsáveis pela condução ascendente de água e dos solutos (Costa et al., 2003), por ser a parte mais jovem e fisiologicamente ativa da madeira, possui capacidade maior de condução de água e, conseqüentemente, tende a apresentar teores de umidade mais elevados quando comparado ao cerne.

Para Câmara et al., (2020), o cerne é a camada de madeira da árvore em crescimento cujo conteúdo de células vivas cessou e cujos materiais de reserva, como o amido, foram removidos ou convertidos em substâncias geralmente denominadas como extrativos

De modo geral, toras de menor diâmetro tendem apresentar maior teor de umidade, uma vez que são provenientes de árvores jovens ou de regiões periféricas do tronco, onde a atividade metabólica é mais intensa e o conteúdo de água é naturalmente mais elevado. Quando se compara madeira juvenil com a madeira adulta o diâmetro do lúmen, o conteúdo de lignina, o lenho de reação e a contração longitudinal são maiores na madeira juvenil, com maior proporção de alburno em relação ao cerne, favorecendo a retenção de umidade (Vidaurre; Lombardi e Arantes, 2011).

A densidade da madeira é uma característica que pode ser afetada pelo diâmetro da tora, principalmente em função da proporção entre alburno e cerne e da maturação do tecido lenhoso em madeira adulta. As características dos traqueídes das coníferas, como o comprimento e a espessura da parede celular, o conteúdo de celulose, a resistência e a rigidez são maiores na madeira adulta (Vidaurre; Lombardi e Arantes, 2011). Com isso, fatores como o ritmo de crescimento da árvore e as condições de formação dos anéis de crescimento podem reforçar a correlação entre o diâmetro e a densidade, influenciando diretamente a qualidade final da madeira.

O espaçamento também pode ser uma variável que influencia no diâmetro da madeira. Quando o espaçamento entre as plantas é reduzido, ocorre uma maior competição por recursos essenciais como luz solar, água e nutrientes do solo, o que tende a limitar o crescimento individual de cada árvore. Essa competição, mesmo em estágios iniciais do povoamento florestal, pode comprometer o incremento diamétrico das árvores, resultando em indivíduos com menor diâmetro. Já os espaçamentos mais amplos proporcionam melhores condições para o desenvolvimento radicular e foliar, favorecendo o crescimento em diâmetro, especialmente nas fases iniciais do crescimento (Lopes et al., 2017).

Lima et al. (2015) estudaram a influência do diâmetro da madeira de eucalipto nas propriedades físicas e químicas e concluíram que o diâmetro, a casca e o comprimento afetaram significativamente a secagem, sendo que madeiras de menores comprimentos associados a menores diâmetros e ausência de casca perderam maior umidade ao longo do tempo. Já para as características do carvão, eles concluíram que madeiras de maiores diâmetros produziram carvões mais friáveis.

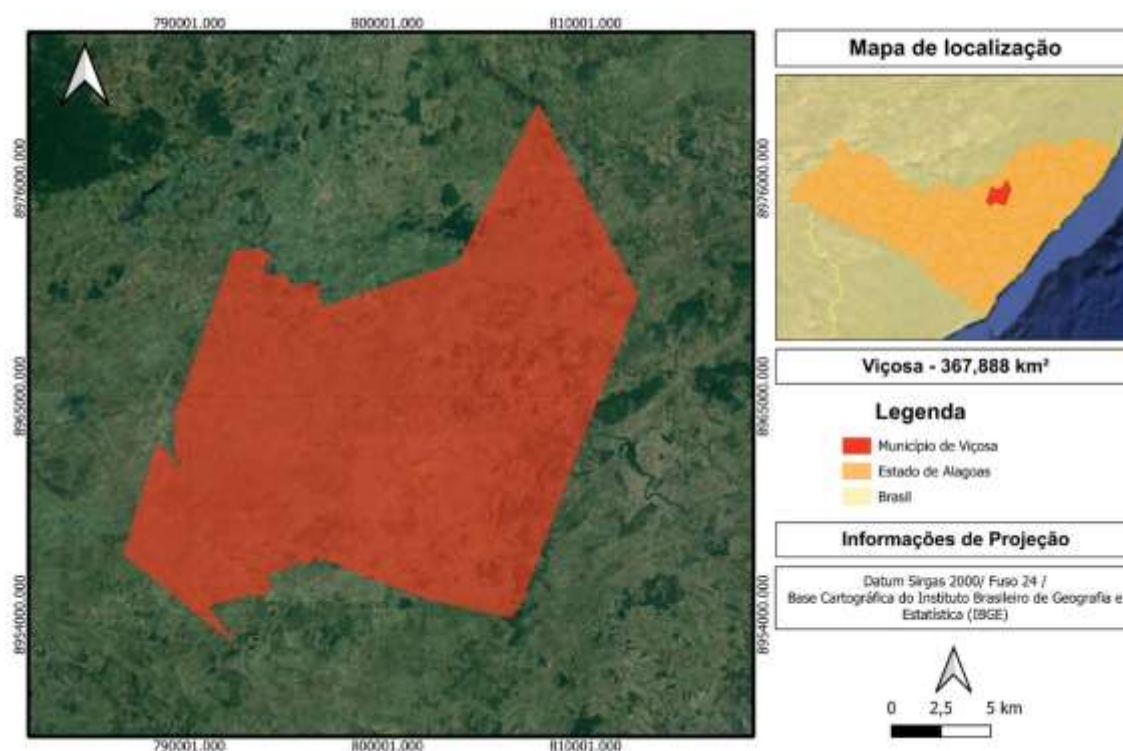
A idade da árvore está diretamente relacionada com o aumento do diâmetro. Segundo Neves et al. (2020), o crescimento diamétrico das árvores é fortemente influenciado pela idade, sendo mais intenso nos primeiros anos e reduzindo gradativamente com o avanço da maturidade fisiológica. Com isso, a idade é um fator que determina o planejamento para o uso da madeira de eucalipto pois interfere na qualidade da madeira.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de coleta

A coleta do material para este estudo foi realizada na Fazenda Mata Verde, no município de Viçosa no estado de Alagoas. O município de Viçosa (Figura 1) fica localizado na mesorregião do Leste Alagoano, a uma altitude de 210 metros acima do nível do mar, apresenta com predominância uma vegetação de Floresta Subperenifólia, possuindo áreas de Floresta Hipoxerófila (Barros et al.,2012).

Figura 1 - Município de Viçosa



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

No tipo climático, a região se enquadra-se no tipo As', onde o clima na região é tropical com chuvas de outono a inverno, com estação seca bem definida, temperatura média de 22°C no inverno e 35°C no período do verão, e média anual da precipitação pluviométrica variando entre 1.300mm a 1.400mm, distribuídos de forma irregular durante o ano (Silva et al. 2015).

4.2 Matéria-prima e preparo do material

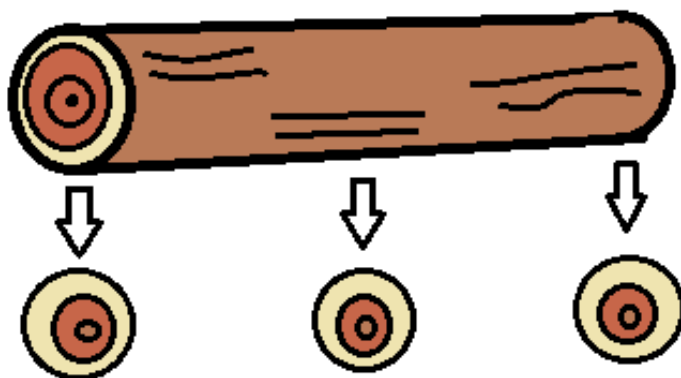
Foram avaliados dois clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. Estas madeiras são provenientes de plantio florestal voltado

para produção de madeira para o abastecimento de uma caldeira de biomassa produtora de vapor.

Para avaliar o efeito dos materiais genéticos sobre as propriedades físicas, foram coletadas amostras de árvores com a idade de 10 anos. Para estudar a relação da idade com as propriedades físicas da madeira, foram coletadas amostras de árvores nas idades de 4 (material de rebrota) e 10 anos, de um mesmo material genético.

Foi feita uma amostragem no pátio de secagem, no qual selecionaram toras em diferentes faixas diamétricas, com dimensão de 2,5 m de comprimento, aos 75 dias de secagem natural. Para cada tora, retirou-se 3 discos, com casca, em posições equidistantes, conforme ilustrado na Figura 2. Em seguida, o material foi transportado para o Laboratório de Produtos Florestais (LPF), localizado no Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA-UFAL), onde foram realizadas as análises de umidade e densidade básica de cada disco.

Figura 2 - Demonstrativo dos discos coletados das toras de madeira



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

4.3 Umidade

A umidade, base massa úmida, foi determinada utilizando os métodos descritos nas normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), as NBR 14660 (ABNT, 2001) e NBR 14929 (ABNT, 2003).

4.4 Densidade

Para a determinação da densidade básica da madeira, utilizou-se os procedimentos descritos na norma NBR 11942, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2003).

Os discos foram convertidos em cunhas opostas, em seguida submetidos ao processo de saturação em água. Para acelerar o processo de saturação, as amostras eram submetidas a um sistema de vácuo durante alguns dias. Posteriormente, foi obtido o volume saturado do material, em seguida foi colocado em estufa à $\pm 103 \pm 2$ °C, até obter massa constante, para obtenção do peso seco.

4.5 Massa seca

Para obtenção da massa seca (Equação 1), utilizou-se os dados de densidade básica e o volume das toras. Para a obtenção do volume individual de cada tora, considerou-se um cilindro perfeito.

$$M_s = D_b \times V_s \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: M_s = Massa seca; D_b = Densidade básica; V_s = Volume das toras

4.6 Análise dos dados

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com dois tratamentos e três repetições, totalizando em 6 observações.

A primeira avaliação estatística consistiu em comparar as propriedades físicas de dois clones de *Eucalyptus* spp., aos 10 anos de idade.

O segundo teste avaliou a influência do diâmetro das toras nas propriedades físicas de clones de *Eucalyptus* spp. aos 4 e as 10 anos de idade.

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do Software estatístico Sisvar. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a um nível de 5% de significância de erro ($p < 0.05$).

A relação entre o diâmetro e a massa seca das toras de *Eucalyptus* spp. foi analisada por meio da correlação entre as variáveis, representada graficamente por um diagrama de dispersão elaborado no Microsoft Excel.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Propriedades físicas de dois clones de *Eucalyptus* sp.

Os valores médios para umidade, base massa úmida, e a densidade estão apresentados na Tabela 1.

Para a umidade, base massa úmida, o clone 520 foi estatisticamente superior ao clone I144, cujos valores médios foram, respectivamente, de 44,1% e 33,7% e a média geral de 38,9%.

Tabela 1 - Propriedades físicas de toras de dois clones de *Eucalyptus* spp. em três classes de diâmetros

Clone	Propriedade	
	Umidade (%)	Densidade básica (g/cm ³)
520	44,1 a	0,547a
I144	33,7 b	0,548a
Média	38,9	0.548
CV (%)	7,62	7,83

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância e C.V.: Coeficiente de variação.

Valores próximos foram encontrados por Barros (2006), ao estudar a secagem ao ar livre de toras sem casca de *Eucalyptus grandis* com 11 anos de idade. Eles verificaram que as toras atingiram umidade média de 40% após 60 dias de exposição às condições ambientais, partindo de uma umidade inicial de 106%.

Todo material lenhoso quando recém-abatido apresenta elevados teores de água em sua estrutura. A presença dessa umidade é o resultado da função biológica da água na madeira. No entanto, para que a madeira possa ser utilizada adequadamente em diferentes aplicações, principalmente para queima, é necessário que parte dessa água seja removida por meio de processos de secagem (Rezende et al. 2010), sendo indicado valores próximos à 35% de umidade.

A densidade da madeira não apresentou variações estatisticamente significativas entre os clones 520 e I144, mostrando que apesar das diferenças entre os clones de *Eucalyptus* spp., ambos demonstraram um comportamento similar em relação a estrutura da madeira. Essa uniformidade sugere uma estabilidade na organização anatômica dos tecidos lenhosos independente do clone. De acordo com Oliveira et al. (2005), a densidade da madeira é uma propriedade influenciada pelas características estruturais, como o número e o diâmetro das células, a espessura das paredes celulares e o teor de extrativos. Com isso, a determinação da densidade básica constitui um parâmetro essencial na caracterização tecnológica da madeira, fornecendo subsídios relevantes para a avaliação de sua qualidade e para a definição de seu potencial de uso nas diversas aplicações.

5.2 Efeito do diâmetro nas propriedades físicas de clones de *Eucalyptus* spp. em duas idades diferentes.

A Tabela 2 apresenta as médias das propriedades físicas para as 3 faixas de diâmetro em madeiras aos 4 e aos 10 anos de idade, respectivamente.

Tabela 2 - Valores médios para umidade e densidade para três faixas de diâmetro para madeiras aos 4 e aos 10 anos de idade

Material genético com 4 anos de idade		
Diâmetro da tora (cm)	Propriedade física	
	Umidade (%)	Densidade básica (g/cm ³)
8,6	22,9a	0,321b
14,3	37,2a	0,501a
14,9	40,4b	0,517a
Média	33,5	0,446
CV (%)	8,74	3,72
Material genético com 10 anos de idade		
Diâmetro da tora (cm)	Propriedade física	
	Umidade (%)	Densidade básica (g/cm ³)
13,05	42,1a	0,488a
23,24	44,1a	0,584a
24,19	46,3a	0,570a
Média	44,1	0,547
CV (%)	4,51	8,02

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância e C.V.: Coeficiente de variação

Para a madeira de 4 anos, a análise revelou uma variação significativa na umidade em relação ao diâmetro. A umidade média aumentou com o aumento do diâmetro, variando de 22,9% no diâmetro de 8,59 cm para 40,36% no diâmetro de 14,9 cm. Especificamente, o diâmetro de 8,59 cm apresentou a menor umidade (22.9%), diferindo estatisticamente dos diâmetros de 14,32 cm (37.2%) e 14,9 cm (40.4%), que não diferiram significativamente entre si.

Na madeira de 10 anos, a umidade média também mostrou variação entre os diâmetros, com valores de 42,1% para o diâmetro de 13,05 cm, 46,3% para o diâmetro de 24,19 cm e 44,1% para o diâmetro de 23,24 cm. No entanto, ao contrário da madeira de 4 anos, não houve diferenças estatisticamente significativas entre as médias de umidade para os diferentes diâmetros na madeira de 10 anos.

Vital, Della Lucia e Valente (1985) estudando a secagem ao ar livre de toras de madeira de *Eucalyptus grandis* com cinco anos de idade, no município de Viçosa/MG, foi observado que a redução do teor de umidade ao longo do tempo foi influenciada por fatores como o diâmetro das toras e a presença de casca. As toras de menor diâmetro apresentaram perda de umidade mais rápida, devido a menor espessura do material e maior relação entre área superficial e volume, o que facilitou a evaporação da água. Além disso, a presença da casca atuou como uma barreira natural, dificultando a troca de umidade entre a madeira e o ambiente, retardando o processo de secagem. Esses resultados evidenciam a importância de se considerar as características físicas das toras para a definição de estratégias mais eficientes de secagem natural da madeira.

No estudo citado acima, a presença de casca teve maior influência na perda de umidade em relação a madeira sem casca nas quatro primeiras semanas de secagem. As toras sem casca atingiram 23% de umidade média após 175 dias de secagem no pátio e as toras com casca atingiram 32%, com umidade inicial de 129%.

Segundo Raven, Evert e Eichhorn (2001), a casca desempenha um papel importante no processo de perda de água da madeira, por apresentar suberina, que é uma substância lipídica que possui propriedades impermeabilizantes aos tecidos vegetais e sua presença forma uma barreira física que dificulta a saída de umidade da madeira para o ambiente externo.

Pertuzzatti et al., (2013) estudando a secagem ao ar livre de toras de *Eucalyptus globulus* Labill de diferentes classes de diâmetros: classe 1 (5-10 cm), classe 2 (10-15 cm), classe 3 (15-20 cm) e classe 4 (20-25 cm), considerando a média das quatro classes de diâmetro das toras de 125% de umidade no início do processo, após 230 dias de secagem, a classe 4 (maior diâmetro) atingiu o ponto de saturação das fibras (PSF), já as toras com as outras classes de diâmetro 1, 2 e 3 atingiram o PSF com 190, 215, 225 dias de secagem, respectivamente. Com o aumento do diâmetro ocorre a redução da taxa de secagem, pelo motivo das moléculas de água presentes no interior da madeira percorrer um percurso maior para atingirem a camada superior da madeira e evaporarem (Vital et al., 1985).

A relação cerne e alburno exerce papel fundamental na variação do diâmetro e no teor de umidade da madeira. Estudos indicam que o aumento do diâmetro das toras pode alterar significativamente essa proporção. Amaral (2012) observou que, em *Eucalyptus urophylla* aos nove anos de idade, a porcentagem de alburno apresentou uma redução de até 31% com o incremento de apenas seis centímetros no diâmetro da tora. Esse comportamento mostra que toras de maior diâmetro tendem a apresentar maior proporção de cerne, o que impacta diretamente na dinâmica de perda de umidade, já que o cerne, sendo menos permeável e não tendo atividade fisiológica, retém menos água do que o alburno.

Para a madeira de 4 anos, foi observado uma tendência de aumento da densidade básica com o aumento do diâmetro, a menor densidade foi registrada no menor diâmetro de 8,59 cm ($0,321 \text{ g/cm}^3$), estatisticamente inferior aos diâmetros 14,3 cm ($0,501 \text{ g/cm}^3$) e 14,9 cm ($0,517 \text{ g/cm}^3$), que não diferiram estatisticamente entre si.

Na madeira de 10 anos o menor diâmetro (13,05 cm) apresentou densidade de $0,488 \text{ g/cm}^3$, enquanto a madeira com os maiores diâmetros (23,24 e 24,19 cm) apresentaram valores mais elevados de $0,584 \text{ g/cm}^3$ e $0,570 \text{ g/cm}^3$.

respectivamente. Mesmo os valores não diferindo estatisticamente em si, foi observado uma variação positiva.

Esse comportamento é consistente com a literatura, que indica que o aumento do diâmetro está frequentemente associado a maior proporção de madeira adulta, com paredes celulares mais espessas e menor proporção de lúmen, tendo como resultado uma maior densidade (Oliveira et al., 2005; Foelkel, 2009).

A idade das árvores é um fator determinante na variação da densidade da madeira, visto que influencia diretamente a proporção entre lenho jovem e lenho adulto, além das características anatômicas da madeira formadas ao longo dos anos. Rezende et al. (2008), ao estudarem indivíduos mais desenvolvidos de *Eucalyptus grandis*, encontraram uma densidade básica de 0,550 g/cm³. Já Meneses et al. (2015) observaram que clones de GG 100, com quatro anos de idade, apresentaram densidade básica média inferior de 0,434 g/cm³.

O aumento da densidade da madeira ao longo dos anos da árvore está relacionado a transição natural entre a madeira juvenil, formada nas proximidades da medula, e a madeira adulta, localizada em regiões mais externas, próximas da casca. A madeira juvenil, geralmente produzida nos primeiros anos de crescimento da árvore, possui características anatômicas como paredes celulares mais finas, maior proporção de lúmen e menor densidade básica. A medida que a árvore amadurece, acontece a formação da madeira adulta, que se caracteriza por células com paredes mais espessas, espaços vazios menores e maior densidade. Essa diferença de densidade estudada por diversos autores que analisaram a madeira de diferentes espécies de *Eucalyptus* (Lopes et al., 2011).

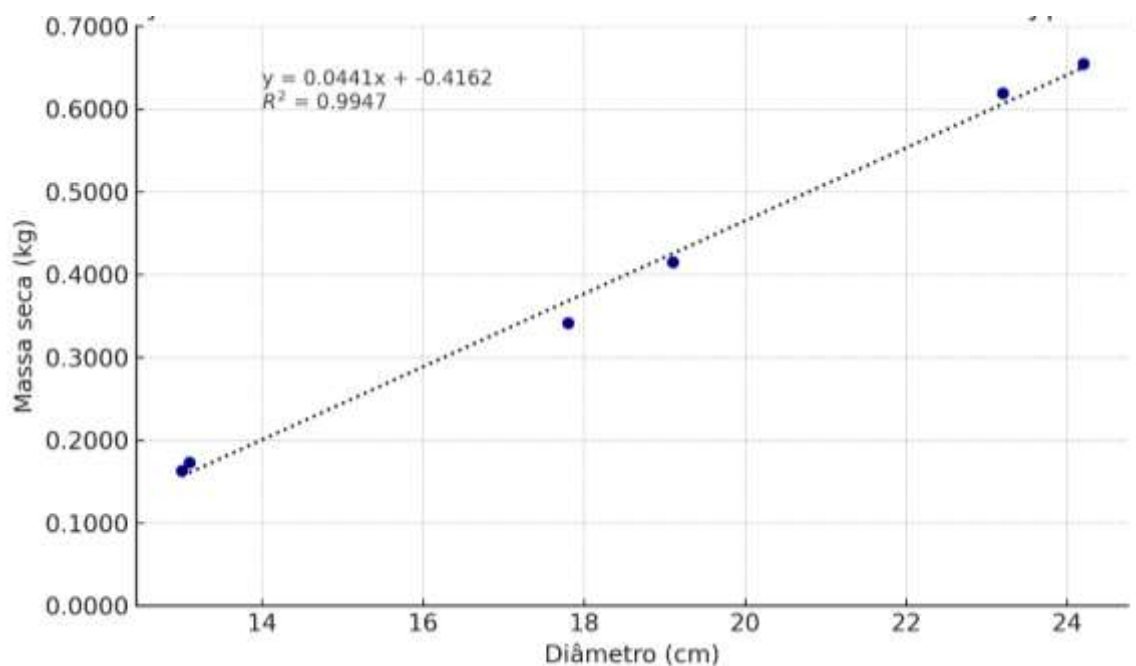
Esse comportamento do aumento da densidade de acordo com o diâmetro também foi encontrado por Trugilho et al. (2010), que ao avaliarem a madeira do clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* com *Eucalyptus grandis*, em diferentes classes de diâmetros: Classe 14,2 cm, Classe 11,4 cm e Classe 8,1 cm, encontraram os resultados: 0,539 g/cm³, 0,531 g/cm³ e 0,509 g/cm³ respectivamente. Eles identificaram uma tendência clara de aumento da densidade básica à medida que o diâmetro das árvores aumentava. Isso pode ser explicado pelo fato de que árvores com maior diâmetro geralmente apresentam

maior proporção de lenho mais denso, formado em estágios mais avançados de desenvolvimento.

5.3 Relação do diâmetro das toras com os valores de massa seca

Na Figura 3 é apresentada a relação do diâmetro das toras de *Eucalyptus* spp. e a massa seca.

Figura 3 - Relação do diâmetro e massa seca de toras de *Eucalyptus* spp.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

É possível observar uma forte relação linear positiva entre o diâmetro das toras de *Eucalyptus* spp. e a massa seca da madeira. A equação da regressão (Massa seca (kg)= 0,0441 diâmetro (cm) – 0,4162) mostra que a cada 1 centímetro no diâmetro, a massa seca aumenta 0,0441 kg. O coeficiente de determinação de 0,9947 demonstra que 99,47% da variação na massa seca pode ser explicada pela variação do diâmetro.

Essa relação positiva é esperada uma vez que toras com maior diâmetro possuem um maior volume de madeira que contribui para o aumento da massa.

Essa relação pode contribuir para otimizar processos de transporte e aproveitamento energético da madeira.

Estudos na literatura observaram a tendência observada entre o aumento do diâmetro das toras de *Eucalyptus* spp. e o incremento na massa seca. Trugilho et al. (2010) analisaram a madeira de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* aos seis anos de idade e notaram que a classe diamétrica influenciou significativamente tanto a densidade básica quanto a estimativa de massa seca, notando uma tendência de aumento das propriedades com o aumento do diâmetro.

Santana et al. (2012) também avaliaram clone de eucalipto em Minas Gerais e verificaram que a classe de diâmetro exerceu grande influência nas características da madeira, incluindo a massa seca. Resultados assim reforçam a importância de considerar o diâmetro como um fator de determinação na avaliação da qualidade e do rendimento da madeira de eucalipto.

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados deste trabalho, pode-se concluir que a umidade da madeira é significativamente influenciada pelo diâmetro. Essa conclusão reforça a importância de considerar este fator ao estudar a variação da umidade em diferentes estágios de desenvolvimento da árvore. A relação entre o diâmetro da madeira e sua umidade varia com a idade da árvore. Em árvores mais jovens, a umidade tende a aumentar com o diâmetro, possivelmente devido a diferenças na proporção de alburno e cerne. No entanto, em árvores mais velhas, essa relação pode ser menor, indicando que outros fatores podem influenciar a umidade em estágios mais avançados de desenvolvimento.

A umidade da madeira varia significativamente com o diâmetro dentro de cada clone. Essa variação demonstra que a seleção clonal pode impactar a relação entre o diâmetro e a umidade da madeira, sugerindo que clones com diferentes características genéticas podem apresentar padrões diferentes de umidade.

A densidade da madeira está relacionada com o diâmetro e varia com a idade da árvore. Árvores mais jovens podem apresentar uma maior variação na densidade em função do diâmetro, possivelmente refletindo o desenvolvimento do lenho secundário ao longo do tempo.

Os diâmetros das toras estão diretamente relacionados a massa seca da madeira de *Eucalyptus* spp., indicando que árvores com maior crescimento diamétrico tendem a acumular mais biomassa.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

NBR 14929:2003 – Madeira – Amostragem para determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

NBR 11942:2003 – Madeira – Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

NBR 14660:2001 – Madeira – Determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro, 2001.

ACUNA, M.; ANTTILA, P.; SIKANEN, L.; PRINZ, R.; ASIKAINEN, A. Predicting and controlling moisture content to optimise forest biomass logistics. **Croatian Journal of Forest Engineering**, v. 33, n. 2, p. 225-238, 2012.

ALBUQUERQUE, C.E.C. et al., **Adesão e adesivos**. In: IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: FUPEF. 247p. 2005.

ARANTES, M. D. C. Variação nas características da madeira e do carvão de um clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. 2009. 149 f. **Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) Universidade Federal de Lavras**, Lavras, 2009.

BARROS, A. H. C.; FILHO, J. C. A.; SILVA, A. B.; SANTIAGO, G. A. C. F. Climatologia do Estado de Alagoas. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 211, Recife, PE. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103956/1/BPD-211-Climatologia-Alagoas.pdf>. Acesso em: junho de 2024.

BARROS, A. H. C.; FILHO, J. C. A.; SILVA, A. B.; SANTIAGO, G. A. C. F. Climatologia do Estado de Alagoas. Dados eletrônicos – **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Embrapa Solos, 2012. 32 p.

BARROS, M. V. Fator de cubicação para madeira empilhada de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, com toretes de dois comprimentos, e sua variação com o tempo de exposição ao ambiente. 2006. 92 p. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria, 2006.

BRAND, M. A.; MUÑIZ, G. I. B. Influência da época de colheita e da estocagem na composição química da biomassa florestal. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 1, p. 66-78, 2010.

CÂMARA, A. P.; VIDAURRE, G. B.; MOULIN, J. C., & DOS SANTOS BOBADILHA, G. (2020). A relação cerne e alburno na madeira de eucalipto. In: VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M.; MOULIN, J. C.; BRITO, A. S. (Org.). **Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil**. Vitória: Edufes, 2020. p. 70– 75.

CARNEIRO, Angélica de Cássia Oliveira; CASTRO, Ana Flávia Neves Mendes; CASTRO, Renato Vinícius Oliveira; SANTOS, Rosimeire Cavalcante dos; FERREIRA, Lumma Papaspyrou; DAMÁSIO, Renato Augusto Pereira; VITAL, Benedito Rocha. Potencial energético da madeira de Eucalyptus sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 38, n. 2, p. 375–381, 2014.

CHIANG, K. Y.; CHIEN, K. L.; CHENG, H. L. Characterization and comparison of biomass produced from various sources: suggestions for selection of pretreatment technologies in biomass-to-energy. **Applied Energy**, v. 100, p. 164-171, 2012.

DIAS, Oriane; SIMONELLI, George. Qualidade da madeira para a produção de celulose e papel. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.

FERNANDES, D. E.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; FERREIRA, M. Z. Influência da produtividade de clones híbridos de eucalipto na densidade da madeira e na polpação Kraft. **Scientia Forestalis**, 90, 143-150, 2011.

FOELKEL, C. A densidade básica da madeira de eucalipto. **Celulose Online**, 2009. Disponível em: <https://www.celuloseonline.com.br/artigos/a-densidade-basica-da-madeira-de-eucalipto/>.

FREDERICO, P. G. U. Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal. 2009. 85 f. **Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, 2009.

HSING, T. Y.; PAULA, N. F.; PAULA, R. C. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla. **Ciência Florestal**, 26(1), 273-283, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509821119>.

IBÁ – **Indústria Brasileira de Árvores**. Relatório Anual 2019. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: ago. 2024.

IBÁ – **Indústria Brasileira de Árvores**. Relatório Anual 2023. Disponível em: <https://me-gr.com/pt/mobile/pdf/19165891>. Acesso em: fev. 2024.

IBGE. **Brasil em síntese**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al.html>.

JÚNIOR, Laerte Scanavaca. Umidade natural e propriedades físicas e mecânicas do Eucalyptus urophylla. 2019. **Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**.

LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; GARCIA, R.; LUCA, E. F.; JÚNIOR, F. G. S.; FLORSHEIM, S. M. B. Propriedades da Madeira de Eucalyptus umbra R. T. Baker em Função do Diâmetro e da Posição Radial na Tora. **Floresta e Ambiente**, São Paulo; v.18, n. 3, p. 289-298, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.049>

LIMA, L. V. L.; BASTOS, F. S.; CARVALHO, A.M.M. L.; PINHEIRO, A. M.; FIALHOL, F.; DORIGUETTO, I. R.; PAULA, M. O. Influência do diâmetro da madeira nas propriedades físicas, químicas e friabilidade do carvão vegetal. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira, 2, 2015, Belo Horizonte, **Anais ...Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia da Madeira**. 2015, 1 CD-ROM.

LOPES, C. S. D.; NOLASCO, A. M.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S.; PANSINI, A. Estudo da massa específica básica e da variação dimensional da madeira de três espécies de eucalipto para indústria moveleira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, Rio Grande do Sul, v. 21, n. 2, p. 315-322, 2011.

Lopes, E. D., Laia, M. D., Santos, A. S., Soares, G. M., Leite, R. W. P., & Martins, N. D. S. (2017). Influência do espaçamento de plantio na produção energética de clones de Corymbia e Eucalyptus. **Floresta**, 47(1), 95-104.

Madeiros, S. D. F. (2020). **A cultura do eucalipto no estado de Alagoas: histórico, perspectivas e características dos plantios**.

MAGALHÃES, L. G. S.; LIMA, A. P. L.; LIMA, S. F.; SORATTO, D. N.; MARTINS, S. M.; SANTOS, I. F. F. Densidade básica da madeira de clones de eucalipto em diferentes espaçamentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 19435-19445, 2020.

MARAGON, G. P.; LONGHI, R. V.; NOBRE, S. C. M.; COLA, R. E.; BEZERRA, L. T.; MELO, A. K. Procedimento de regressão stepwise para definição de modelo hipsométrico. In: XIX Semana de Engenharia Florestal da UFRPRE. 2017, Recife, **Anais...** Recife – PE, UFRPE: 2017. P. 102-106.

MENESES, V. A.; TRUGILHO, P. T.; CALEGARIO, N.; LEITE, H. G. Efeito da idade e do sítio na densidade básica e produção de massa seca de madeira em um clone do *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, 105, 101-116, 2015.

MOERS, E. M. et al. Caracterização da biomassa residual proveniente de resíduos agrícolas para geração de energia. **Anais...** I COLASSA – Congresso Latino Americano de Suinocultura e Sustentabilidade Ambiental. Foz do Iguaçu, PR. 2011.

MOKFIENSKI, A.; COLODETTE, J. L.; GOMIDE, J. L.; CARVALHO, A. M. M. L. A importância relativa da densidade da madeira e do teor de carboidratos no rendimento de polpa e na qualidade do produto. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 3, p. 451-461, 2008. DOI: 10.5902/19805098451.

NEVES, J. C. L. et al. Crescimento e produção de *Eucalyptus* spp. em diferentes idades e espaçamentos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 44, n. 3, p. e440308, 2020.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 115-127, 2005. DOI: 10.1590/S0100-67622005000100013

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa, v27, n. 3, p. 381-385, 2003.

OLIVEIRA, J. T. S.; TRUGO, L. C.; GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. B. Propriedades físicas e químicas da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes idades e posições do tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 255–266, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/198050981788>.

PAULINO, E. J. Influência do espaçamento e da idade na produção de biomassa e na rotação econômica em plantio de eucalipto. 2012. 59 p. **Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri**, Diamantina, 2012.

PEREIRA JÚNIOR, V. B. Alternativas para a geração de energia de uma indústria de chapas de fibra de madeira. 2001. 115 f. **Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista**, Botucatu, 2001.

Pertuzzatti, A., Trevisan, R., Fioresi, T., Rabuske, J. E., Trautenmüller, A. V., da Motta, C. I., & Netto, C. C. (2013). Influência do diâmetro das toras na secagem ao ar livre de *Eucalyptus globulus* Labill. **Revista Ciência da Madeira** (Brazilian Journal of Wood Science), 4(2), 10-12953.

QUÉNO, L. R. M. Viabilidade econômica da produção de biomassa de eucalipto e de capim elefante para energia. 64 p. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília**, Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2009.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906 p.

REZENDE, R. N. et al. Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 27., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. p. 611-615.

Rezende, R. N., Lima, J. T., de Ramos, L. E., & Faria, A. L. R. (2010). Secagem ao ar livre de toras de *Eucalyptus grandis* em Lavras, MG. *Cerne*, 16, 41-47.

ROSSO, S. Qualidade da madeira de três espécies de *Eucalyptus* resultante da combinação dos métodos de secagem ao ar livre e convencional. 2006. 91 p. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria, RS, 2006.

SANTANA, M. A. E.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A.; GOMIDE, L. A. M. Caracterização da madeira de *Eucalyptus* spp. em função da classe diamétrica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 255–263, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/198050985074>

Trugilho, P. F., Arantes, M. D. C., de Pádua, F. A., de Paula Almado, R., & Baliza, A. E. R. (2010). Estimativa de carbono fixado na madeira de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, 16, 33-40.

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M.; VALENTE, O. F. Estimativa do teor de umidade de lenha para carvão em função do tempo de secagem. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 9, n. 1, p. 10-27, jan./jun. 1985