

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS -
CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Gleyce Maria Pereira Reis

**DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus*
Cloeziana EM LENHO DE TRAÇÃO E LENHO OPOSTO**

São João Evangelista

2026

GLEYCE MARIA PEREIRA REIS

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus Cloeziana* EM LENHO DE TRAÇÃO E LENHO OPOSTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Florestal do Instituto Federal de Minas Gerais – *campus* São João Evangelista para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Dra. Caroline Junqueira Sartori

São João Evangelista

2026

R375d Reis, Gleyce Maria Pereira.

Determinação da densidade básica da madeira de *eucalyptus cloeziana* em lenho de tração e lenho oposto/ Gleyce Maria Pereira Reis – 2026.
27f.: il.

Orientador: Dra. Caroline Junqueira Sartori.

Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Engenharia Florestal) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2026.

1. *Eucalyptus cloeziana*. 2. Densidade básica. 3. Lenho de tração.
4. Lenho oposto. 5. Variação longitudinal. I. Reis, Gleyce Maria Pereira. II. Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* SJE. III. Título.

CDD 634.973


Catálogo: Esther Soares Cunha - CRB-6/4333

Gleyce Maria Pereira Reis


**DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus cloeziana*
EM LENHO DE TRAÇÃO E LENHO OPOSTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Bacharelado em Engenharia Florestal
do Instituto Federal de Minas Gerais – *campus*
São João Evangelista para obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Florestal.


Aprovado em: 29/01/2026 pela banca examinadora.

Documento assinado digitalmente
 **CAROLINE JUNQUEIRA SARTORI**
Data: 04/02/2026 13:13:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Caroline Junqueira Sartori - IFMG *campus* São João Evangelista (Orientadora)

Documento assinado digitalmente
 **NATALIA RISSO FONSECA**
Data: 29/01/2026 20:56:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Natália Risso Fonseca - IFMG *campus* São João Evangelista

Documento assinado digitalmente
 **MAIRA REIS DE ASSIS**
Data: 30/01/2026 09:05:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Maíra Reis de Assis - INPA

RESUMO

A madeira de *Eucalyptus* apresenta grande variabilidade de propriedades físicas ao longo do fuste, influenciada por fatores anatômicos, fisiológicos e mecânicos, como a formação do lenho de reação. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo determinar a densidade básica da madeira de *Eucalyptus cloeziana*. em lenho de tração e lenho oposto. Para isso, foram coletadas amostras em diferentes posições ao longo do tronco, permitindo a comparação entre os tipos de lenho e a análise do comportamento da densidade básica ao longo do eixo longitudinal. A densidade básica foi determinada por métodos padronizados, e os dados obtidos foram analisados estatisticamente. Os resultados indicaram variações significativas da densidade básica em função da posição longitudinal e do tipo de lenho, evidenciando diferenças entre o lenho de tração e o lenho oposto. Conclui-se que a presença de lenho de reação influencia a densidade básica da madeira, sendo um fator relevante a ser considerado em estudos tecnológicos e no uso industrial da madeira de *Eucalyptus*.

Palavras-chave: *Eucalyptus cloeziana*. Densidade básica. Lenho de tração. Lenho oposto. Variação longitudinal.

ABSTRACT

The wood of *Eucalyptus* shows high variability in its physical properties along the stem, influenced by anatomical, physiological, and mechanical factors, such as the formation of reaction wood. In this context, this study aimed to determine the basic density of *Eucalyptus cloeziana* wood in tension wood and opposite wood. Samples were collected at different positions along the stem, allowing comparison between wood types and analysis of basic density behavior along the longitudinal axis. Basic density was determined using standardized methods, and the data were statistically analyzed. The results indicated significant variations in basic density as a function of longitudinal position and wood type, highlighting differences between tension wood and opposite wood. It is concluded that the presence of reaction wood influences the basic density of the wood, constituting an important factor to be considered in technological studies and industrial use of *Eucalyptus* wood.

Keywords: *Eucalyptus cloeziana*. Basic density. Tension wood. Opposite wood. Longitudinal variation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 <i>Eucalyptus spp.</i>	9
2.2 Propriedades físicas da madeira	10
2.3 Densidade	10
2.3.1 <i>Métodos de amostragem e determinação da densidade básica</i>	11
2.4 Fatores que influenciam a densidade básica da madeira.....	11
2.4.1 <i>Variação radial (idade) e longitudinal da densidade</i>	12
2.4.2 <i>Madeira de reação (tração)</i>	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5 CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

As espécies de *Eucalyptus* são muito utilizadas em diversos setores madeireiros, como em serrarias, na produção de mourões, porteiras, ripas, além também do seu uso na produção de carvão vegetal, e na produção do papel através da celulose. Outra utilização do eucalipto é na geração de energia e biomassa, onde ele tem um papel extremamente importante. Com a biomassa conseguimos produzir energia elétrica e fabricar também vários biocombustíveis.

Com origem na Austrália, a madeira do eucalipto chegou ao Brasil no início do século XIX. Com a lei dos incentivos fiscais, o eucalipto veio a ser abundantemente explorado, ocorrendo um crescimento acelerado principalmente na região do Vale do Jequitinhonha onde se encontra larga escala de produção (EMBRAPA,2000). Existem hoje mais de 700 espécies do gênero.

Devido a ampla variabilidade dentro do gênero *Eucalyptus*, que conta com mais de 700 espécies descritas (EMBRAPA, 2014), conhecer as características da madeira de cada espécie de *Eucalyptus* torna-se extremamente necessário para definir sua forma de uso, sendo importante analisar características como cor, textura, grã, densidade, condutividade elétrica, entre outros fatores, que ajudam a analisar também o comportamento da madeira (MELLO, 2007).

Várias são os fenômenos que influenciam na qualidade da madeira, o lenho de reação, por exemplo, é formado devido a alguma condição adversa ambiental. É necessário conhecer essas características para compreender respostas anatômicas, físicas e mecânicas da madeira, as quais impactam diretamente suas propriedades tecnológicas e seu desempenho em diferentes usos (SOUZA, 2015).

O lenho de reação é formado na madeira quando o ambiente apresenta alguma inclinação ou declive no terreno, ou pela ação da gravidade. Geralmente a planta está em um estresse mecânico e para voltar ao seu estado ereto acaba formando esse lenho (VIDAURRE et al., 2013).

A densidade da madeira é outro fator que afeta diretamente sua qualidade, podendo ser influenciada pela idade da planta — árvores mais velhas tendem a apresentar maiores valores de densidade — e também é afetada por fatores climáticos.; Florestas submetidas a menor precipitação e a temperaturas mais elevadas (maior evapotranspiração) tendem a apresentar madeiras com densidade superior (ZOBEL; VAN BUIJTENEN, 1989).

O lenho oposto é formado no lado oposto ao lenho de tração em árvores que

apresentam inclinação do tronco ou dos ramos, especialmente em espécies folhosas. Enquanto o lenho de tração se desenvolve no lado superior do tronco inclinado, com a função de promover a correção da postura da árvore, o lenho oposto forma-se no lado inferior, caracterizando-se por apresentar estrutura anatômica e propriedades físicas distintas. De modo geral, o lenho oposto não possui camada gelatinosa nas fibras e tende a apresentar maior proporção de vasos e menor espessura de parede celular, o que pode influenciar diretamente propriedades como a densidade da madeira.

O presente trabalho tem como objetivo determinar a densidade básica da madeira de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. em lenho de tração e lenho oposto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Eucalyptus* spp.

O *Eucalyptus* spp são espécies amplamente cultivadas em diferentes regiões, especialmente devido ao rápido crescimento e à versatilidade de uso da madeira, original da região da Austrália, Indonésia e outras ilhas da Oceania. Embora existam mais de 700 espécies conhecidas, poucas delas são exploradas comercialmente (EMBRAPA, 2014). Sua madeira é considerada um elemento orgânico heterogêneo e composto de hemiceluloses, lignina, celulose e extrativos, sendo utilizadas para diversos fins (GONÇALVES, 2009)

No início do século XIX ocorreu a introdução do gênero *Eucalyptus* no Brasil, sendo que os primeiros exemplares das árvores foram plantadas no Jardim Botânico no Rio de Janeiro. No início, o eucalipto era utilizado apenas como ornamentação e para quebra-ventos, devido a suas características, como em especial a rápida capacidade de desenvolvimento. Somente entre os anos de 1909 a 1966, houve um crescimento no plantio de eucalipto, devido a Lei 5.106 dos incentivos fiscais ao reflorestamento (EMBRAPA, 2000).

Após esse período, vários produtores passaram a investir no plantio dessas espécies, que teve boa adaptação no clima do país devido a sua plasticidade fenotípica e a suas diversas formas de utilização que passaram a ser exploradas (MACEDO *et al.*, 2006). Em um estudo feito por Franco (2018), pôde-se observar que em condições de déficit hídrico as plantações de *E. grandis* conseguem se desenvolver mantendo a produtividade da madeira, demonstrando o poder de adaptação dessa espécie. Dentre as utilizações, destacam a utilização nas serrarias, produção de carvão, produção de papel, entre outras.

Além da boa adaptação às condições edafoclimáticas do Brasil, com o melhoramento genético, foi possível a obtenção de clones específicos para as mais variadas finalidades (FANTUZZI NETO, 2012), justificando o sucesso dos plantios no país.

A espécie *E. cloeziana* é conhecida por apresentar elevada densidade básica da madeira, com valores frequentemente superiores a $0,75 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, quando comparada a outras espécies do gênero *Eucalyptus*. Essa característica confere maior rendimento gravimétrico e melhor qualidade ao carvão vegetal, tornando a espécie atrativa para fins energéticos. No entanto, apesar desse potencial, seu carvão costuma ter menor compactação do que se poderia esperar (EMBRAPA, 2016; SILVA; SANTOS, 2021). Quanto à produção de celulose, existem poucos estudos sobre sua qualidade, sendo sua madeira frequentemente usada em serrarias e para produção mourões (ALVES; OLIVEIRA; CARRASCO, 2017).

2.2 Propriedades físicas da madeira

As propriedades físicas da madeira englobam diferentes características sendo elas gerais (cor, textura, grã e etc), teor de umidade, densidade, estabilidade dimensional, propriedade térmicas e acústicas e condutibilidade elétrica. Devido a madeira ser considerada um material semiporoso, sua variação em relação a absorção de água, pode ser medida através da umidade presente na madeira, sendo essa característica uma das mais importantes no momento do estudo do comportamento da madeira, influenciando tanto nas propriedades físicas quanto mecânicas da madeira (MELLO, 2007).

Para a determinação das propriedades físicas da madeira, é necessário também o conhecimento da retratabilidade e da expansão volumétrica, pois esses parâmetros estão associados às variações dimensionais decorrentes das alterações no teor de umidade. A retratabilidade corresponde à contração da madeira durante a secagem, enquanto a expansão volumétrica refere-se ao aumento dimensional causado pela absorção de água, sendo ambos influenciados pela estrutura anatômica e pela composição da parede celular (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Conhecer as propriedades físicas da madeira é importante para entender sua formação, para analisar possíveis defeitos e para decidir o melhor meio de uso de cada espécie.

2.3 Densidade

A densidade da madeira é considerada uma das mais importantes características para a avaliação da qualidade da madeira, devido a esse parâmetro estar relacionado às demais características (SHIMOYAMA; BARRICHELLO, 1991, OLIVEIRA *et al.*, 2005). Essa característica está intimamente ligada com a umidade, pois a mesma produz variação de massa e volume.

Existem três tipos de densidade: aparente, real e básica. A densidade aparente refere-se ao cálculo de massa e volume no momento da determinação. Essa densidade permite o cálculo da perda de água para o ambiente (BRUDER, 2012).

Para a determinação da densidade da madeira, deve-se considerar se o volume total do material inclui ou não os poros, uma vez que essa definição influencia diretamente o tipo de densidade avaliada. A densidade real é determinada a partir da massa do material sólido da parede celular, desconsiderando o volume dos poros, enquanto a densidade aparente considera o volume total da madeira, incluindo os espaços vazios (ROLLO, 2009).

A densidade básica refere-se a massa real da madeira completamente seca e o volume verde, que para se determinar deve-se levar em consideração os teores de umidade acima do ponto de saturação das fibras e o peso seco da madeira (MAGALHAES, 2020).

De acordo com Oliveira *et al.* (2005), ao se analisar a densidade da madeira na direção medula–casca, observa-se um aumento progressivo dessa propriedade. Esse comportamento está associado às mudanças anatômicas ao longo do raio do tronco, especialmente ao aumento da espessura da parede celular, à redução da proporção de madeira juvenil e à maior deposição de substâncias da parede celular, como celulose e lignina, nas regiões mais externas do tronco, o que resulta em maior densidade da madeira. Os maiores teores de celulose e lignina próximos à casca estão relacionados à maturação do lenho e às maiores exigências mecânicas nessa região, onde predomina madeira adulta com paredes celulares mais espessas, resultando em maior rigidez e densidade da madeira.

2.3.1 Métodos de amostragem e determinação da densidade básica

A amostragem para determinar a densidade básica da madeira de *Eucalyptus* deve ser feita com cuidado, visando refletir adequadamente as variações na árvore, especialmente ao longo do tronco e entre diferentes árvores dentro de uma mesma plantação ou área. Os métodos mais comuns de amostragem incluem: a amostragem aleatória simples e a amostragem ao longo do tronco.

A amostragem aleatória simples consiste na seleção aleatória de árvores para a retirada das amostras, buscando representar a variabilidade natural da plantação (VITAL, 1984). Já na amostragem estratificada, a área é dividida em estratos definidos por critérios como idade, diâmetro, altura ou classes de crescimento; a coleta dentro de cada estrato tende a aumentar a precisão dos resultados (LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000).

A amostragem ao longo do tronco, realizada por camadas ou seções (base, meio e topo), é recomendada para capturar variações longitudinais da densidade da madeira, conforme orienta a ABNT NBR 11941 (2003). Por fim, a amostragem por classe de diâmetro utiliza grupos de árvores classificados pelo DAP, permitindo avaliar como o diâmetro influencia a densidade (GOMIDE; COLODETTE, 2002).

2.4 Fatores que influenciam a densidade básica da madeira

A densidade da madeira é uma característica que varia bastante em consequência

do ambiente e genótipo da espécie. Os fatores ambientais podem ser: o ritmo de crescimento (que está interligado com a luminosidade), a temperatura, disponibilidade de água e as condições do solo e espaçamento entre plantas (EMBRAPA, 2014).

O ritmo de crescimento pode ser um dos fatores que alteram a densidade básica da madeira. Em geral, quando as espécies apresentam maior velocidade de crescimento, a densidade tende a ser menor, especialmente em situações nas quais a madeira apresenta defeitos. Entretanto, Ribeiro e Zanni Filho (1993) observaram que árvores mais vigorosas apresentaram, em média, maiores valores de densidade básica quando comparadas às menos vigorosas.

Características ambientais influenciam nas características da madeira, prova disso é o lenho de reação que é formado quando as árvores sofrem alguma ação do ambiente, como ventos fortes ou inclinação do terreno. Esse efeito provoca na madeira uma alteração na sua composição química diminuindo o teor de lignina e aumentando o teor de celulose. Nas folhosas esse lenho é denominado como lenho de tração (SOUZA, 2015).

Cada constituinte da parede celular possui uma densidade específica: a celulose apresenta valores próximos de $1,5 \text{ g/cm}^3$, a hemicelulose varia entre $1,0$ e $1,4 \text{ g/cm}^3$, enquanto a lignina situa-se entre $1,2$ e $1,6 \text{ g/cm}^3$. A celulose é o componente mais denso e também o mais abundante na parede celular; portanto, espera-se que o aumento do seu teor resulte em maior densidade geral da madeira (FENGEL; WEGENER, 1989).

2.4.1 Variação radial (idade) e longitudinal da densidade

A densidade dentro do raio pode ser diferente quando observada na direção medula-casca (OLIVEIRA; SILVA, 2003). Ao observar a densidade na direção medula-casca, considera-se a variação da parede celular ao longo do raio do caule. A densidade pode ser maior na casca devido à maior concentração de celulose e lignina que proporciona suporte estrutural e proteção externa. Na medula, que é mais central e pode ter menos celulose e mais tecidos de reserva, a densidade pode ser menor. Nesta questão entra uma importante característica que faz diferença, a idade cambial, que é importante para entender o padrão de crescimento das árvores.

A idade cambial pode ser usada para estimar a idade de uma árvore, o que é importante para estudos ecológicos, manejo florestal e conservação. A condição e a atividade do câmbio podem ser indicadores da saúde da árvore. Problemas no câmbio podem levar a um crescimento anormal ou redução na taxa de crescimento (TOMAZELLO FILHO, 2005).

A madeira juvenil é formada durante a fase jovem do câmbio vascular, sendo o

xilema secundário. Geralmente, encontra-se na parte central da árvore, sendo que o rápido crescimento das plantações origina a formação dessa madeira que é de qualidade inferior, ocasionando em defeitos na matéria prima (BALLARIN, 2004)

A idade cambial também determina a proporção de madeira juvenil e adulta no tronco, influenciando diretamente a composição química e a organização da parede celular.

A madeira juvenil, caracterizada por menor teor de lignina e menor grau de cristalinidade da celulose, apresenta menores densidade e resistência mecânica. Assim, o conhecimento da idade cambial é fundamental para a otimização da produção de eucalipto, permitindo direcionar práticas silviculturais que favoreçam a obtenção de madeira com propriedades superiores.

A madeira juvenil é formada durante a fase jovem do cambio vascular, sendo o xilema secundário. Geralmente, encontra-se na parte central da árvore, sendo que o rápido crescimento das plantações origina a formação dessa madeira que é de qualidade inferior, ocasionando em defeitos na matéria prima (BALLARIN, 2004). Segundo estudos de Trugilho *et al.* (1996) a variação da densidade devido a madeira juvenil é perceptível, sendo que quanto mais madeira juvenil, menor tende ser a densidade .

Apesar de diversas espécies de eucalipto apresentarem um comportamento de aumento da densidade na direção medula- casca, cada espécie apresenta um perfil de variação específico. De acordo com Oliveira e Silva (2003) a densidade básica do *Eucalyptus saligna* apresentou valores muito baixos na região medular e aumento em direção das posições mais externas do tronco. Foi constatado que é possível que a madeira nas posições mais internas do fuste seja formada apenas por matéria juvenil.

A proporção de madeira juvenil é, de fato, maior nas regiões superiores do tronco de árvores, incluindo para o eucalipto. A madeira juvenil, que possui características anatômicas e químicas distintas da madeira adulta, é predominante nas partes mais jovens da árvore. Ela é formada em maior quantidade nas seções mais próximas da medula e diminui gradualmente conforme se aproxima da casca. As diferenças entre as produções de celulose da madeira juvenil comparada à madeira adulta é explicada pelas diferenças estruturais existentes, como tamanho de fibra e densidade. A alta proporção de madeira de reação existente na porção juvenil do tronco também contribui, pois os conteúdos de celulose e lignina variam na madeira de desenvolvimento anormal (JANKOWSKY, 1979).

A madeira de eucalipto pode apresentar variação da densidade básica no sentido longitudinal. De acordo com Alzate *et al* (2005), as densidades básicas de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis* × *urophylla* apresentaram variação ao longo do eixo

longitudinal do tronco, caracterizada por maiores valores na base, redução nas regiões intermediárias e tendência à estabilização ou leve aumento em direção ao topo. Esse padrão de variação está relacionado às mudanças anatômicas ao longo do fuste, especialmente à proporção de fibras e às características da parede celular.

A variação longitudinal da madeira é uma característica importante que afeta diretamente as propriedades físicas, mecânicas e químicas da madeira. A densidade, resistência e composição da madeira sofrem alterações ao longo do tronco devido a aspectos como o crescimento da árvore, a distribuição de nutrientes, as condições do ambiente e a idade da planta. Estudos demonstram que a densidade básica da madeira varia ao longo do fuste, geralmente diminuindo da base para o topo, dependendo da espécie (TRIANOSKI *et al.*, 2014).

2.4.2 Madeira de reação (tração)

A madeira de reação é formada, quando a árvore passa por algum estresse, sendo necessário certo esforço para se manter na posição ereta, dessa forma suas células são alteradas, aumentando o teor de celulose e diminuindo o de lignina. A madeira de reação pode ocorrer por estímulos mecânicos, efeitos genotípicos, pela ação da gravidade, como por exemplo, quando a árvore está inclinada. Nessa madeira, acontece a alteração fisiológica do câmbio (VIDAURRE *et al.*, 2013).

Em coníferas, a madeira de reação é denominada lenho de compressão. Embora apresente aparência macroscópica semelhante à madeira normal, o lenho de compressão caracteriza-se por maior teor de lignina e alterações na estrutura da parede celular, quando comparado à madeira normal das gimnospermas (VIDAURRE *et al.*, 2013). A excentricidade, ou seja, ao deslocamento da medula em relação ao centro do tronco, indicando crescimento assimétrico da árvore, geralmente associado à formação de lenho de reação do tronco nem sempre está associada à presença de lenho de compressão; contudo, quando este está presente, sua densidade básica costuma ser significativamente alta. De fato, estudos indicam que a madeira de compressão pode apresentar uma massa específica maior do que a madeira normal da mesma espécie (DA SILVA *et al.*, 2007; MORESCHI, 2010. VIDAURRE *et al.*, 2013).

Nas folhosas, a madeira de reação é chamada de lenho de tração e possui como características, alto teor de celulose e baixo teor de lignina, quando em comparação com o lenho normal (SOUZA, 2015).

A madeira de reação é frequentemente considerada um defeito devido às suas propriedades atípicas, como alta densidade e instabilidade dimensional, que limitam seu uso

(VIDAURRE *et al.*, 2013). A presença de tecidos de reação, por menor que seja sua quantidade, causa mudanças significativas nas propriedades da madeira e, conseqüentemente, na qualidade desta, o que de fato fundamenta a classificação da madeira de reação como um defeito (VIDAURRE *et al.*, 2013).

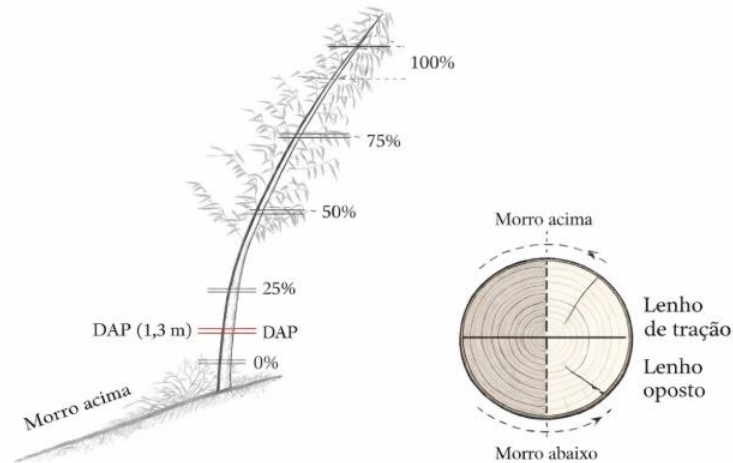
O lenho de reação em árvores folhosas, denominado lenho de tração, forma-se ao longo da parte superior de troncos e galhos inclinados, promovendo sua correção por meio de contrações longitudinais. Esse lenho é caracterizado por um elevado teor de celulose e um teor reduzido de lignina, em comparação com o lenho normal. As fibras de lenho de tração, na maioria das vezes, possuem uma camada gelatinosa espessa, conhecida como camada G, localizada internamente à parede celular secundária, o que contribui para aumentar a resistência e rigidez da madeira. O lenho de tração geralmente apresenta coloração mais clara, sendo mais característica quando recém-cortada, entretanto, as análises microscópicas são as mais confiáveis (GROSSER, 1980).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com madeira proveniente de clones comerciais de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell., oriundos de um plantio localizado em terreno com declividade de aproximadamente 34%, no Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista (IFMG–SJE). Para a condução do experimento, foram abatidos três indivíduos da espécie, com aproximadamente 10 anos de idade, cultivados em área de relevo declivoso no referido campus. O clima da região é classificado como Cwa, segundo o sistema de Köppen, caracterizado por verão chuvoso e inverno seco (KÖPPEN, 1936). O clima é do tipo Cwa, temperado chuvoso-mesotérmico, com inverno seco e verão chuvoso, sendo predominante nesta região o clima do tipo tropical, apresentando uma temperatura máxima média de 27 °C e mínima média de 22 °C por ano, precipitação média anual de 1.180 mm e altitude média de 680m (PINHEIRO *et al.*, 2010). A região possui um relevo forte, ondulado e montanhoso, com grande potencial hídrico, fertilidade média na maioria das áreas exploradas (BRAGA *et al.*, 1999 e BARBOSA *et al.*, 2010).

No momento da coleta, as amostras foram coletadas ao longo do fuste, no ponto DAP (altura ao nível do solo) e nas posições correspondentes a 25, 50, 75 e 100% da altura comercial da árvore (foi considerada a altura comercial com cinco centímetros de diâmetro), sendo que, nestes discos foram identificados a fração de lenho de tração (morro acima) e a fração de lenho oposto (morro abaixo), conforme Figura 1. A identificação do lenho de tração e do lenho oposto foi realizada a partir da orientação do tronco em relação à declividade do terreno, sendo o lenho de tração caracterizado pela porção localizada no lado superior do fuste (morro acima) e o lenho oposto pela porção situada no lado inferior (morro abaixo), conforme o padrão de formação do lenho de reação em espécies folhosas. Os discos nas diferentes posições longitudinais foram encaminhados ao laboratório de Ciência e Tecnologia da madeira do IFMG – SJE.

Figura 1 – Retirada das amostras longitudinais nas árvores.



Posições de amostragem ao longo do fuste e identificação das frações de lenho de tração (*Morro acima*) e lenho oposto (*Morro abaixo*). DAP = Diâmetro à Altura do Peito, medido a 1,3 m de altura. Fonte: Adaptada de: BOSCHETTI *et al.*, 2015.

Fonte: Adaptada de: BOSCHETTI *et al.*, 2015.

As amostras dos diferentes lenhos e posições foram encaminhadas para estufa com circulação de ar forçada a 103°C até a obtenção de massa constante, em que foram determinadas com emprego de balança de precisão as massas secas das amostras (M_s).

Posteriormente, as amostras ficaram imersas em água no interior de um recipiente do tipo dessecador, com aplicação de vácuo para que ocorresse a saturação das mesmas por água, para a determinação do volume saturado (V_{sat}) pelo método de deslocamento de água. A densidade básica foi calculada pela seguinte equação:

$$Db = \frac{M_s}{V_{sat}} \text{ Eq. 1}$$

Em que: Db = densidade básica, em g/cm^3 ; M_s = Massa seca, em gramas; V_{sat} = Volume saturado, em cm^3 .

Os dados médios de densidade em cada posição longitudinal foram submetidos à análise de variância e, em caso significativo, foram submetidos ao teste Tukey a 5% de significância, com o emprego do *software* SISVAR (FERREIRA, 2011), de modo a verificar a variação da densidade básica entre os lenhos de tração e oposto, bem como a variação no sentido longitudinal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados de densidade básica da madeira de *E. cloeziana*, no lenho de tração e lenho oposto nas diferentes posições longitudinais do tronco.

Tabela 1 – Valores médios g/cm³ de densidade básica nos lenhos oposto e de tração da madeira de *Eucalyptus cloeziana*.

Posição ^{ns}	Db ^{ns}	
	Oposto	Tração
Base	0,724	0,740
DAP	0,713	0,754
25	0,726	0,761
50	0,768	0,777
75	0,805	0,758
100	0,728	0,708
Média	0,744	0,750
CV (%)	4,77	3,14

^{ns.}: Diferença estatística não significativa a 5% de significância pelo teste F

Fonte: elabora pela autora, 2025.

As densidades básicas médias nos lenhos oposto e de tração foram de 0,744 e 0,750 g/cm³, com respectivos coeficientes de variação de 4,77 e 3,14%, em que não foram verificadas diferença estatística significativa entre os diferentes lenhos. Tal semelhança estatística entre as densidades dos lenhos opostos e de tração pode ser devido à declividade do terreno, que foi de 30°.

Gonçalez *et al.*, (2006), verificaram para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* densidade básica média de 0,670 g/cm³. Alves *et al.*, (2017), verificaram valores médios de 0,703 g/cm³.

Monteiro *et al.* (2010), verificaram densidades básicas médias em lenho oposto e de tração de 0,671 e 0,657; 0,743 e 0,755; 0,714 e 0,686; e de 0,576 e 0,567 g/cm³ em madeiras de *E. pilularis*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. maculata*, respectivamente.

Verificou-se neste estudo, uma tendência de aumento na densidade básica para o lenho de tração nas posições de base, DAP, 25 e 50% com relação à altura comercial, posições

estas que abrangem uma maior quantidade de anéis e de idade de material lenhoso, porém não foi verificada diferença estatística significativa entre os lenhos.

Boschetti *et al.* (2017), analisaram madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* provenientes de um plantio comercial no município de Ipaba, Minas Gerais, em que as amostras foram retiradas em ambientes com declividades de 0 a 50°. Neste estudo, os autores verificaram que a densidade básica da madeira de lenho de tração foi superior à do lenho oposto para todos os intervalos de declividade analisados.

Dentre as características do lenho de tração, que apresentam destaque, pode-se citar o baixo teor de lignina na parede celular das fibras, sendo essa deficiência uma das características do desenvolvimento do lenho de tração (PANSHIN; DEZEEUW, 1980), a ocorrência de uma camada gelatinosa na parte interna à parede celular secundária, a excessiva contração quando umidade fica abaixo do ponto de saturação das fibras e o aumento da densidade básica (SIMPSON ;TENWOLDE, 1999).

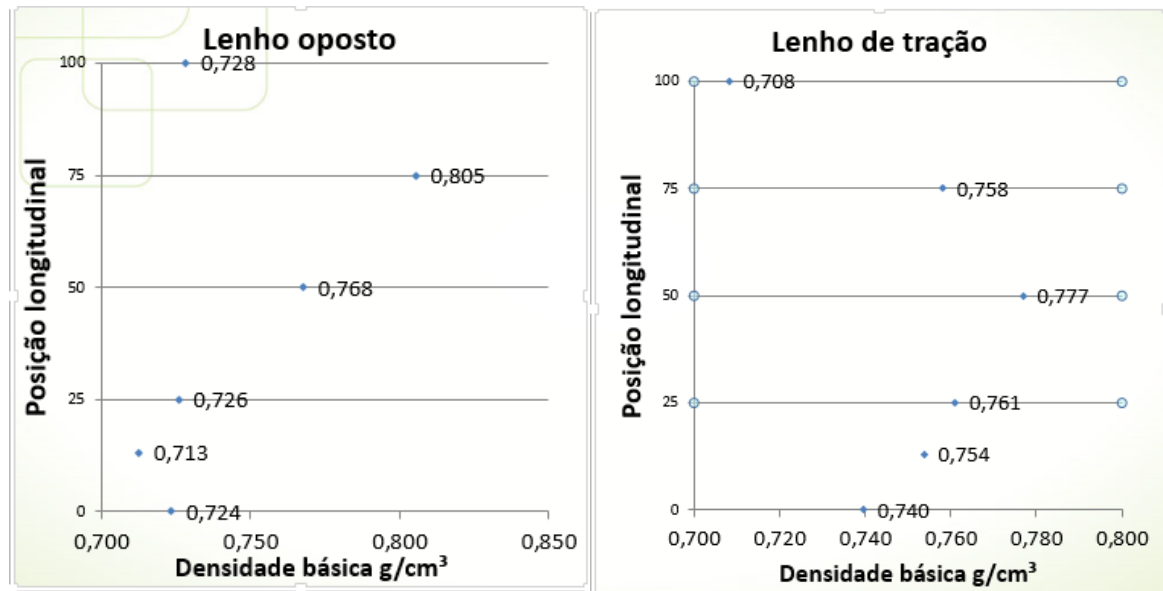
Aguayo *et al.* (2012) ao estudarem madeira de *E. globulus*, perceberam maior número de elementos de vasos no lenho oposto. O elevado número de vasos diminui a porcentagem de fibras por unidade de área, o que acarreta menor densidade do material. Assim, Chauhan e Walker (2011), ao avaliar *Eucalyptus regnans*, observaram maiores valores de densidade no lenho de tração, quando comparado ao lenho oposto.

As densidades no lenho de tração foram maiores que no lenho oposto nas posições da base (2,2% maior), DAP (5,7% maior), 25% da altura comercial (4,8% maior) e na posição de 50% com relação a altura comercial (1,2% maior). Nas demais posições, de 75 e 100% com relação à altura comercial as densidades dos lenhos de tração foram inferiores à do lenho oposto, em 5,8 e 2,7% respectivamente, tecidos estes mais jovens em uma árvore.

Monteiro *et al.*, 2010, verificaram densidades básicas médias em lenho oposto e de tração de 0,671 e 0,657; 0,743 e 0,755; 0,714 e 0,686; e de 0,576 e 0,567 g/cm³ em madeiras de *E.*

As densidades básicas médias, nas diferentes posições longitudinais estão apresentadas na Figura 2.

Figura 2 – Variação da densidade básica em função da posição longitudinal na madeira de *Eucalyptus cloeziana* em lenho oposto e de tração.



Fonte: elaborada pela autora, 2025.

Como visto na Figura 2, em função da posição longitudinal, nota-se que no lenho oposto, a densidade básica na base foi de 0,724 g/cm³, tendendo a diminuir na posição do DAP (0,713 g/cm³), aumentando até a posição de 75% da altura comercial (0,805 g/cm³), e reduzindo na posição de 100% (0,728 g/cm³), com valor próximo ao verificado na base da árvore.

Nas amostras de lenho de tração, a densidade básica média verificada na base da árvore foi de 0,740 g/cm³, aumentando até a posição de 50% da altura (0,777 g/cm³), com redução nas posições superiores de 75 e 100% com relação à altura comercial da árvore; nota-se que a densidade básica média do topo (100%) foi inferior ao verificado na base das árvores. Os maiores valores de densidade básica observados no topo do fuste (100%) podem estar associados às variações anatômicas e fisiológicas ao longo do eixo longitudinal da árvore. Nessa região, é comum a ocorrência de vasos de menor diâmetro e maior proporção de fibras por unidade de volume, o que contribui para o aumento da densidade básica. Além disso, em árvores submetidas à inclinação, o topo pode apresentar maior influência do lenho de tração, caracterizado pela presença de fibras com camada gelatinosa, ricas em celulose, elevando a massa específica da madeira. Segundo Panshin e de Zeeuw (1980) e Moreschi (2010), essas variações longitudinais estão relacionadas às exigências mecânicas de sustentação da copa e à adaptação estrutural da árvore.

Esse comportamento de variação longitudinal é coerente com o padrão descrito na

literatura. Sette Júnior *et al.* (2012), ao avaliarem *Eucalyptus grandis* em diferentes idades e posições longitudinais e radiais do fuste, observaram que a densidade básica apresentou um modelo característico: redução da base até aproximadamente 3 m de altura e posterior aumento em direção ao topo, atingindo valores superiores ao da região basal. O aumento da densidade do lenho ocorre em função das alterações do meristema cambial e das exigências mecânico-fisiológicas resultantes do processo de desenvolvimento das árvores, representadas pelo aumento da espessura da parede das fibras e redução da frequência e do número de vasos, à medida que é formado o lenho adulto no tronco das árvores de eucalipto (SETTE JR. *et al.*, 2012). Assim, os resultados encontrados neste estudo, com oscilações na densidade ao longo da altura comercial tanto no lenho de tração quanto no lenho oposto, seguem a tendência já relatada reforçando que a posição longitudinal exerce forte influência sobre a densidade da madeira e que a variação não ocorre de forma linear, mas sim com zonas de aumento e redução ao longo do fuste.

5 CONCLUSÃO

O estudo mostrou que as densidades básicas do lenho oposto (0,744 g/cm³) e do lenho de tração (0,750 g/cm³) de *E. cloeziana* foram estatisticamente semelhantes, apesar de apresentar pequenas variações ao longo do fuste. Embora o lenho de tração apresentasse valores ligeiramente superiores nas posições inferiores da árvore, essa diferença não foi significativa, possivelmente devido à influência da declividade do terreno. A variação longitudinal também não apresentou efeito consistente sobre a densidade. Assim, conclui-se que o lenho de tração e o lenho oposto apresentaram comportamento semelhante em relação à densidade básica nas condições avaliadas, possibilitando seu uso indistinto em aplicações que dependem dessa propriedade. Dessa forma, os resultados indicam que, para árvores de *Eucalyptus c.* cultivadas em terreno com declividade em torno de 30%, a inclinação não foi suficiente para promover diferenças significativas na densidade básica entre os tipos de lenho.

REFERÊNCIAS

- AGUAYO, María Graciela *et al.* *Chemical characteristics and Kraft pulping of tension wood from Eucalyptus globulus labill.* **Revista Árvore**, v. 36, p. 1163-1172, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/gQ9nzjjRL4BhwfQz9rs5P6q/?lang=en>. Acesso em 22 mar. 2025.
- ALVES, Rejane Costa; OLIVEIRA, Ana Lúcia C.; CARRASCO, Edgar Vladimiro Mantilla. Propriedades físicas da madeira de Eucalyptus cloeziana F. Muell. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/5BsdwBTv7QsxYk4TMvHQnc/?format=html&lang=pt>. Acesso em 15 out. 2025.
- ALZATE, S. B. A.; TOMAZELLO FILHO, M.; DE STEFANO PIEDADE, S. M. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis* × *urophylla*. **Scientia Forestalis**, n. 68, p. 87–95, ago. 2005. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001484449>. Acesso em: 13 out. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: determinação da densidade básica da madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=002494>. Acesso em 10 ago.2025.
- BALLARIN, Adriano Wagner; PALMA, Hernando Alfonso Lara. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de Pinus taeda L. **Revista Árvore**, v. 27, p. 371-380, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/nFCF6T6gwgCnxLBMpkhHjYD/?lang=pt>. Acesso em: 13 out.2025.
- BOSCHETTI, Walter Torezani Neto *et al.* Características anatômicas para produção de celulose do lenho de reação de árvores inclinadas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 06, p. 459-467, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/CYzzwYyDnd5L8z85rMhRqfj/?lang=pt>. Acesso em: 13 out.2025.
- BOSCHETTI, Walter Torezani Neto *et al.* *Quality of reaction wood in Eucalyptus trees tilted by wind for pulp production.* **Cerne**, v. 23, n. 3, p. 291-297, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cerne/a/4qbFyD4mRZxr3yDLzjFTdYw/?lang=en>. Acesso em: 22 dez.2025.
- BRAGA, F. de A. *et al.* Características ambientais determinantes da capacidade produtiva de sítios cultivados com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 291–298, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/5ZDn6qhGGxRH87zqJdGN8Kj/?lang=pt>. Acesso em: 22 dez. 2025.
- BRUDER, Edson Marcelo. **Métodos de determinação da densidade básica e aparente da madeira de Eucalyptus sp.** 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/90573>. Acesso em: 22 mar.2025.
- CHAUHAN, Shakti S.; WALKER, John CF. Wood quality in artificially inclined 1-year-old trees of Eucalyptus regnans—differences in tension wood and opposite wood properties. **Canadian journal of forest research**, v. 41, n. 5, p. 930-937, 2011. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/x11-016>. Acesso em: 22 dez.2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Cultivo do eucalipto. Brasília, DF: **Embrapa**, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 22 dez. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (**EMBRAPA**). Eucalipto. Brasília, DF: Embrapa, [s. d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/eucalipto>. Acesso em: 15 fev. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (**EMBRAPA**). **Eucalipto: zoneamento climático e edáfico**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2001. (Documentos, 38). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/297469/1/doc38.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manejo das árvores e propriedades da madeira**. 2016. Documento técnico (Infoteca). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/938932>. Acesso em: 15 fev.2025.

FANTUZZI NETO, Humberto. **Qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft**. 2012. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/0f38/332a68e530d20d698a8320d92fb22ac04fe7.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2025.

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood: chemistry, ultrastructure, reactions**. Berlin: Walter de Gruyter, 1989.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh/?format=html&lang=en>. Acesso em 22 dez. 2025.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L. Caracterização da madeira para produção de celulose. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 1–12, 2002. Disponível em: <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/9783110839654/html>. Acesso em: 22 dez.2025.

GONÇALVES, J. L. de M. **Reflexos do manejo no crescimento e na qualidade da madeira**. Piracicaba: IPEF, 2009. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/>. Acesso em 22 dez.2025.

GONÇALEZ, Joaquim Carlos *et al.* Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 329-341, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/psDrqTGqFdjYjpsMkTVMDvj/?format=html&lang=pt>. Acesso em 10 fev. 2025.

GROSSER, D. **The formation of reaction wood in trees**. Berlin: Springer-Verlag, 1980. Disponível em: <https://www.springer.com/series/760/books>. Acesso em: 22 dez.2025.

JANKOWSKY,IVALDO P. Filosofia de trabalho de uma elite de empresas florestais brasileiras. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), **Circular Técnica** n. 81, s.d. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr081.pdf>. Acesso em: 17 out. 2024.

TRIANOSKI, R. *et al.* Painéis aglomerados produzidos com quatro espécies de madeiras tropicais da Amazônia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 445–452, 2015. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr106/cap20.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.

JANKOWSKY, I. P. Madeira juvenil: formação e aproveitamento industrial. **Circular Técnica** IPEF, Piracicaba, n. 81, dez. 1979. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr081.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2025.

MACEDO, Renato Luiz Grisi *et al.* Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agronômicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, v. 30, p. 701-709, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/cPbrvLDtXBhRnGwxfjK5X9H/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 10 jan. 2025.

MONTEIRO¹, Thiago Campos *et al.* Influência do lenhoff de tração nas propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus* sp. 2010. **Biotec. & Biodivers**, v. 1, n. 1, p. 6–11, nov. 2010. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/215>. Acesso em: 10 jan. 2025.

OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva; SILVA, José de Castro. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, v. 27, p. 381-385, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/P7dNdvMB93M8ymcvRx4ktTn/?lang=pt>. Acesso em: 22 mar. 2025.

OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva; HELLMEISTER, João Cesar; TOMAZELLO FILHO, Mário. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 29, p. 115-127, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/V3vHbRGbdf4vVzGHVjNrtVx/?lang=pt>. Acesso em: 15 jan. 2025.

OLIVEIRA, J. T. S. *et al.* Propriedades físicas e estabilidade dimensional da madeira. **Revista Árvore**, v. 45, n. 1, p. 1–10, 2021. Disponível em: <https://www.revistaarvore.ufv.br/rarv/issue/view/216998>. Acesso em: 15 jan. 2025.

PANSHIN, Alexis John; ZEEUW, C. de. **Textbook of wood technology**. 1981. Disponível em: https://openlibrary.org/works/OL1483042W/Textbook_of_wood_technology. Acesso em: 15 jan. 2025.

PINHEIRO, Dênniel Trajinelli Coelho *et al.* Monitoramento da fertilidade do solo submetido à erosão hídrica em área cultivada com *Eucalyptus* sp. em São João Evangelista, MG. **Revista Agrogeoambiental**, 2010. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/252>. Acesso em: 15 jan. 2025.

TRIANOSKI, Rosilani *et al.* Variação longitudinal da densidade básica da madeira de espécies de *pinus tropicais*. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 503-510, 2013. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/28252>. Acesso em: 14 jan. 2025.

ROLLO, Luciana Cavalcante Pereira. **Tomografia de impulso para estimativa da densidade da madeira**. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação. Piracicaba: Universidade de São Paulo-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luciana-Pereira-4/publication/377110313_Tomografia_de_impulso_para_estimativa_da_densidade_da_madeira/links/6595a5652468df72d3f943ed/Tomografia-de-impulso-para-estimativa-da-densidade-da-madeira.pdf. Acesso em: 15 jan. 2025.

SETTE JR, Carlos Roberto *et al.* Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 36, p. 1183-1190, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000600019>. Acesso em: 15 jan. 2025.

SILVA, J. C. *et al.* Propriedades físicas e mecânicas da madeira de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 873–882, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/zJGPcXf9ZqJMZ73TfLW3znF/>. Acesso em: 22 ago. 2025.

SIMPSON, William; TENWOLDE, Anton. Physical properties and moisture relations of wood. **Wood handbook: wood as an engineering material**. Madison, WI: USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. General technical report FPL; GTR-113: Pages 3.1-3.24, v. 113, 1999. Disponível em: <https://research.fs.usda.gov/treearch/7150>, Acesso em: 27 mar.2025.

SOUZA, Naiara Conceição Marques de *et al.* **Avaliação dos elementos anatômicos em *Eucalyptus sp.* com lenho de tração para utilização na indústria madeireira**. 2015. Disponível em: https://ri.ufrb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1943/1/Avaliacao_Elementos_Anatomicos_TCC_2015.pdf. Acesso em: 22 ou. 2025.

TRIANOSKI, Rosilani *et al.* Painéis aglomerados produzidos com quatro espécies de madeiras tropicais da Amazônia Particleboard manufactured from four species of tropical timbers of the Amazon region. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 445–452, jun. 2015. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr106/cap20.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2025.

VIDAURRE, Graziela Baptista *et al.* Propriedades da madeira de reação. **Floresta e Ambiente**, v. 20, p. 26-37, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/bJyKgw8MKHM9GYpFns8fBFw/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 10 de fev. 2025.

VITAL, Benedito Rocha. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa, MG: SIF, v. 501, 1984. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/6624>. Acesso em: 10 fev. 2025.

WORKSHOP E MOSTRA DE TRABALHOS DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA DO CAJ/UFMG, 1., 2013, Jataí, GO. **Anais: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. Jataí, GO: Universidade Federal de Goiás, 2013. Comissão científica: REIS, Edésio

Fialho dos *et al.* Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/616/o/AnaisI.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.

ZOBEL, B. J.; VAN BUIJTENEN, J. P. **Wood variation: its causes and control.** *Berlin: Springer-Verlag*, 1989. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=wsnqCAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=ZOBEL,+B.+J.%3B+VAN+BUIJTENEN,+J.+P.+Wood+variation:+its+causes+and+control.+Berlin:+Springer-Verlag,+1989.&ots=2P54xdg-CqZ&sig=q6Zv2s_o54RXg4A4BJ3fftEYIKY&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Acesso em 22 dez. 2025.