



IARA APARECIDA GENÉSIO EZAÚ

**ANATOMIA DE FOLHAS ORIUNDAS DE MINIESTACAS
DE CLONES DE *Eucalyptus* sp. E DE *Corymbia* sp.**

LAVRAS, MG

2023

IARA APARECIDA GENÉSIO EZAÚ

**ANATOMIA DE FOLHAS ORIUNDAS DE MINIESTACAS DE CLONES DE
Eucalyptus sp. E DE *Corymbia* sp.**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Ciências Biológicas, para a obtenção do título de Licenciada.

Profa. Dra. Marinês Ferreira Pires Lira

Orientadora

LAVRAS, MG

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

EZAÚ, Iara IARA APARECIDA GENÉSIO.
ANATOMIA DE FOLHAS ORIUNDAS DE MINIESTACAS
DE CLONES DE Eucalyptus sp. E DE Corymbia sp. / Iara IARA
APARECIDA GENÉSIO EZAÚ. - 2023.
31 p. : il.

Orientador(a): Marinês Ferreira Pires Lira.

Monografia (graduação) - Universidade Federal de Lavras,
2023.

Bibliografia.

1. Corímbia. 2. Eucalipto. 3. Propagação Assexuada. I. Lira,
Marinês Ferreira Pires. II. Título.

IARA APARECIDA GENÉSIO EZAÚ

**ANATOMIA DE FOLHAS ORIUNDAS DE MINIESTACAS DE CLONES DE
Eucalyptus sp. E DE *Corymbia* sp.**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Ciências Biológicas, para a obtenção do título de Licenciada.

Aprovada em 06, de dezembro, de 2023

MSc. Joabe Meira Porto UFLA

MSc. Josiane Carvalho Fonseca Silva UFLA

Profa. Dra. Marinês Ferreira Pires Lira

Orientadora

LAVRAS, MG

2023

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela minha vida, e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

Aos meus pais, que me incentivaram nos momentos difíceis.

À todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para realização deste curso.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação.

RESUMO

Eucalyptus e *Corymbia* incluem espécies florestais de importância econômica e ecológica, propagadas, na maioria dos casos, por estaquia. Existem vários clones destas espécies, com padrões de crescimento diversos, que podem ser melhor entendidos por estudos anatômicos, que buscam identificar características relacionadas a melhor desempenho produtivo e ajuste às condições ambientais. Assim, este estudo visou caracterizar a anatomia foliar de clones de *Eucalyptus* e *Corymbia* obtidos por miniestaquia. A análise das características dos tecidos e células da epiderme foliar revelou aspectos distintos, como cutícula mais espessa em *Corymbia* (G1 e G3) e epiderme mais espessa em *Eucalyptus* (G2). A investigação das características de células e tecidos internos destacou variações na espessura do parênquima paliçádico e esponjoso, indicando estratégias diferenciadas de otimização da eficiência fotossintética. A análise comparativa da anatomia foliar evidenciou variações no xilema, floema e morfologia estomática. Os resultados indicam respostas específicas dos clones às condições ambientais, oferecendo *insights* para o manejo florestal e seleção de clones.

Palavras-chave: Corimbia, Eucalipto, Propagação assexuada, Tecidos foliares.

ABSTRACT

Eucalyptus and *Corymbia* include forest species of economic and ecological importance, propagated in most cases by cuttings. There are several clones of these species, with different growth patterns, which can be better understood through anatomical studies, which seek to identify characteristics related to better productive performance and adjustment to environmental conditions. Thus, this study aimed to characterize the leaf anatomy of *Eucalyptus* and *Corymbia* clones obtained by mini-staking. Analysis of the characteristics of the tissues and cells of the leaf epidermis revealed different aspects, such as a thicker cuticle in *Corymbia* (G1 and G3) and a thicker epidermis in *Eucalyptus* (G2). The investigation of the characteristics of internal cells and tissues highlighted variations in the thickness of the palisade and spongy parenchyma, indicating different strategies for optimizing photosynthetic efficiency. Comparative analysis of leaf anatomy revealed variations in xylem, phloem and stomatal morphology. The results indicate specific responses of the clones to environmental conditions, offering insights for forest management and clone selection.

Keywords: Corimbia, Eucalipto, Asexual propagation, Leaf Tissues.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO GERAL	10
Objetivos Específicos	10
3. REFERENCIAL TEÓRICO	10
3.1 Um panorama geral da família Myrtaceae Juss.....	10
3.2 Os gêneros <i>Eucalyptus</i> L'Hér. e <i>Corymbia</i> K. D. Hill & L. A. S. Johnson.....	12
3.3 Propagação por miniestaquia.....	13
3.4 Importância da caracterização anatômica de espécies florestais	13
4. MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1 Materiais genéticos	16
4.2 Processamento do material vegetal.....	16
4.3 Análises anatômicas	17
4.4 Análises estatísticas	17
5. RESULTADOS	18
5.1 Anatomia descritiva.....	18
5.2 Anatomia quantitativa das folhas	21
6. DISCUSSÃO	24
7. CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

As espécies dos gêneros *Eucalyptus* L'Hér. e *Corymbia* K. D. Hill & L. A. S. Johnson têm desempenhado um papel significativo tanto no cenário econômico quanto no ambiental em várias partes do mundo (Reis *et al.*, 2014; Kaur & 2021; Subhan; Faryal & Macreadie, 2020).

O gênero *Eucalyptus*, que compreende centenas de espécies, é amplamente reconhecido por suas notáveis características. Originário da Austrália, essas árvores e arbustos pertencem à família Myrtaceae Juss. e são conhecidos por sua casca descamante, folhas aromáticas e frutos em forma de cápsulas (Deiss *et al.*, 2018). O eucalipto é classificado em diferentes subgêneros e seções com base em critérios como a forma da folha, tipo da casca e estrutura das flores.

Similarmente, o gênero *Corymbia* também é originário da Austrália e pertence à família Myrtaceae. Embora seja relacionado ao gênero *Eucalyptus*, as espécies de *Corymbia* são distintas em muitos aspectos, incluindo características morfológicas e ecológicas. Tanto eucalipto quanto corimbia desempenham papéis cruciais em termos de importância econômica e ecológica. Em termos econômicos, essas espécies são amplamente cultivadas para a produção de madeira, celulose e papel, óleos essenciais e outros produtos florestais (Reis *et al.*, 2014).

Além disso, a importância ecológica dessas espécies é notável. Elas desempenham um papel crucial na manutenção de ecossistemas, fornecendo habitat para a vida selvagem, contribuindo para a conservação do solo e atuando como sumidouros de carbono, o que é fundamental na mitigação das mudanças climáticas (Gomes *et al.*, 2020). Uma das formas de se estudar essas plantas é pela técnica de miniestaquia, um método eficaz de propagação vegetativa que envolve a coleta de pequenas estacas de plantas selecionadas para a reprodução (Wendling *et al.*, 2010). Ela é particularmente relevante no contexto do eucalipto e do corimbia, pois permite a replicação de características desejadas em clones, proporcionando maior previsibilidade na produção de madeira de qualidade e conservação de genótipos valiosos.

Entretanto, existem variações no padrão de crescimento e desempenho produtivo destes clones dessas espécies, e a caracterização anatômica tem se tornado uma área de pesquisa de extrema relevância, com implicações tanto na indústria florestal quanto na

conservação dos ecossistemas naturais (Dias *et al.*, 2012), buscando identificar as características mais promissoras para a propagação. Nesse sentido, diante do exposto, este trabalho pretende responder à questão: Quais são as características anatômicas das folhas de miniestacas de clones de eucalipto e corímbia? Existe variação anatômica das folhas entre os diferentes clones analisados?

2. OBJETIVO GERAL

Caracterizar a anatomia de folhas de clones obtidas por meio de miniestaquia de *Eucalyptus* e *Corymbia*.

Objetivos Específicos

1. Analisar as características de tecidos e células da epiderme foliar de cada clone.
2. Analisar as características de células e tecidos internos das folhas de cada clone.
3. Analisar comparativamente a anatomia foliar entre os diferentes clones estudados.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Um panorama geral da família Myrtaceae Juss.

Myrtaceae é uma família de plantas que abriga uma grande diversidade de espécies com importância significativa tanto em termos econômicos quanto ecológicos, além de apresentar grande contribuição medicinal (Cruz & Kaplan, 2023). Com cerca de 150 gêneros e mais de 5.000 espécies, essa família está distribuída em todo o mundo, sendo mais abundante nas regiões tropicais e subtropicais (Vasconcelos, Prenner & Lucas, 2019). As plantas pertencentes a essa família apresentam diversas características marcantes. Muitas delas possuem folhas aromáticas devido à presença de óleos essenciais. Esses óleos são frequentemente utilizados na indústria de perfumes, na culinária e na medicina, conferindo um valor econômico adicional a essas espécies, como apontam Haro-González e colaboradores (2021).

Em termos morfológicos, as plantas da família Myrtaceae geralmente possuem folhas opostas, simples e coriáceas. Suas flores são distintas, frequentemente solitárias, e compostas por numerosos estames. As pétalas variam em número e cor, e as flores podem ser hermafroditas ou unissexuais, demonstrando a diversidade que caracteriza essa família. No que diz respeito aos frutos, também há uma variedade considerável (Deiss *et al.*, 2018). Eles podem ser encontrados na forma de cápsulas ou bagas, e em algumas espécies, os frutos são de grande interesse econômico devido ao seu valor nutricional ou a propriedades medicinais.

Do ponto de vista ambiental, as plantas da família Myrtaceae desempenham papéis importantes em ecossistemas diversos. Muitas delas são pioneiras em regeneração pós-incêndio, fornecendo habitat e alimento para a vida selvagem. Além disso, essas plantas contribuem para a conservação do solo e atuam como sumidouros de carbono, o que é fundamental na mitigação das mudanças climáticas (Rigueira, Rocha & Mariano-Neto, 2013). Por isso, as árvores dessa família despertam interesse de pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento preocupados com a conservação ambiental e manutenção de ecossistemas.

Em termos econômicos, essas plantas também desempenham um papel significativo. Além dos óleos essenciais, muitas espécies são cultivadas para a produção de frutas e produtos madeireiros. A madeira de algumas dessas plantas é valorizada na indústria de móveis e construção. Portanto, a família Myrtaceae é um exemplo notável de como a diversidade botânica pode ter um impacto substancial tanto na economia quanto no meio ambiente (Salatino & Buckeridge, 2016).

Dessa maneira, são valiosas fontes de oportunidades econômicas e sustentáveis em várias regiões do mundo. Uma das principais aplicações econômicas das Myrtaceae é a produção de óleos essenciais. Espécies como o eucalipto, *teatree* e cravo-da-índia são reconhecidas por seus óleos terapêuticos e aromáticos (Santos, 2021). Esses óleos são amplamente usados na indústria de perfumes, produtos de cuidados pessoais e medicina natural, proporcionando uma importante fonte de renda para comunidades rurais. A produção desses óleos pode ser gerida de forma sustentável, beneficiando tanto a economia quanto o meio ambiente.

Além disso, as plantas da família Myrtaceae são utilizadas na fruticultura. A jabuticaba e a goiaba, por exemplo, produzem frutos comestíveis amplamente consumidos, tanto localmente quanto internacionalmente (Frauches *et al.*, 2016). O

cultivo dessas espécies proporciona oportunidades de geração de renda, contribuindo para a segurança alimentar e o desenvolvimento econômico.

Outra aplicação econômica significativa é o uso da madeira de alta qualidade proveniente de gêneros como *Eucalyptus* e *Corymbia*. Essas árvores crescem rapidamente e podem ser colhidas de forma sustentável. A madeira resultante é utilizada na indústria de construção, na fabricação de móveis e na produção de papel, gerando empregos e impulsionando a economia local (Salatino & Buckeridge, 2016).

Assim, considerando a importância econômica e ecológica, a propagação por miniestaquia de espécies ou clones de plantas auxilia na conservação da biodiversidade, ao mesmo tempo em que fornece oportunidades de desenvolvimento sustentável. No entanto, é crucial enfatizar a importância do manejo sustentável. Para garantir a sustentabilidade econômica e ambiental, é essencial adotar práticas responsáveis, como colheita seletiva, replantio e preservação de áreas naturais. Isso garante que os recursos das Myrtaceae possam ser utilizados de maneira a garantir sua disponibilidade em longo prazo, mantendo o equilíbrio entre interesses econômicos e a conservação ambiental.

3.2 Os gêneros *Eucalyptus* L'Hér. e *Corymbia* K. D. Hill & L. A. S. Johnson

O gênero *Eucalyptus* é um grupo diversificado de árvores e arbustos que pertencem à família Myrtaceae. Essas plantas são nativas da Austrália, contudo, hoje encontramos em diversas partes do mundo, devido às suas características de valor econômico (Schumacher & Viera, 2016). Este gênero possui cerca de 800 espécies, das quais quatro não ocorrem na Austrália, mas sim na Indonésia, Filipinas, Papua Nova Guiné e Timor Leste (Schumacher & Vieira, 2016).

Dentre suas características destaca-se a folhagem aromática, sendo plantas lanceoladas, alternadas e com bastante óleo essencial, com propriedades antibacterianas e antissépticas. Outro atributo importante desse gênero é o rápido crescimento, o que é positivo para plantações comerciais. Além disso, sua madeira é resistente e versátil, podendo ser utilizada para a produção de papel, celulose, construção de móveis e fonte de lenha (Schumacher & Viera, 2016).

O gênero *Corymbia* também é da família Myrtaceae, originário da Austrália. Anteriormente, eram classificadas como parte do gênero *Eucalyptus*, contudo, análises filogenéticas mostraram que *Corymbia* era um gênero distinto (Parra-O *et al.*, 2010). Compartilhando semelhanças morfológicas com *Eucalyptus*, esse gênero possui folhas lanceoladas, flores com numerosos estames e frutos em forma de cápsulas.

Sua distribuição geográfica abrange diversos habitats, desde florestas tropicais, até regiões semiáridas, demonstrando sua adaptabilidade a diferentes condições climáticas e tipos de solos, como apontam Sampson e colaboradores (2018). Muitas espécies apresentam casca característica, lisa e de coloração variável, descamando para revelar uma camada mais clara por baixo, semelhante a algumas espécies de *Eucalyptus*.

As flores de *Corymbia* geralmente são brancas, cremosas ou de tons claros, e seus frutos são cápsulas que se abrem para liberar as sementes. Além disso, assim como eucaliptos, essas plantas podem produzir óleos essenciais, embora a composição química possa variar entre os dois gêneros (Miguel *et al.*, 2018).

3.3 Propagação por miniestaquia

De acordo com Ferriani, Zuffellato-Ribas e Wendling (2010), a propagação por miniestaquia é uma técnica de multiplicação vegetativa que envolve a coleta de pequenas estacas ou brotos de plantas e seu subsequente enraizamento para produzir novas mudas. Essa técnica é frequentemente usada para clonar plantas com características desejáveis, como uniformidade genética e qualidade de cultivo.

Essa técnica possibilita a seleção de material genético a partir de plantas-mãe saudáveis e vigorosas com as características desejadas, formando as miniestacas (Dias *et al.*, 2012). As miniestacas são pequenas porções de caule, broto ou ramo que são cortadas da planta-mãe. Elas geralmente têm poucos centímetros de comprimento e são coletadas a partir de regiões específicas da planta, como a parte terminal do ramo. A partir disso, é possível a realização de tratamento Hormonal para enraizamento, que busquem estimular o desenvolvimento de raízes, por exemplo (Dias *et al.*, 2012).

A técnica de miniestaquia tem se destacado como uma abordagem eficiente na produção de clones de *Eucalyptus* e *Corymbia*. Essa técnica de propagação vegetativa é

particularmente vantajosa para essas espécies, permitindo o rápido enraizamento de pequenas estacas e a clonagem de genótipos desejáveis de maneira consistente. A escolha cuidadosa dos genótipos é fundamental para garantir a qualidade das mudas clonadas, priorizando características como crescimento rápido, resistência a pragas e outras propriedades desejáveis na produção de madeira (Miguel *et al.*, 2018).

3.4 Importância da caracterização anatômica de espécies florestais

A caracterização anatômica de espécies florestais é indiscutível em um contexto global de conservação ambiental, gestão de recursos naturais e desenvolvimento sustentável (Alves *et al.*, 2023). Essas áreas do conhecimento desempenham um papel multifacetado e essencial em vários campos de pesquisa e aplicação prática, oferecendo benefícios significativos em termos de conhecimento, preservação da biodiversidade e utilização responsável dos recursos florestais (Alves *et al.*, 2023).

Um dos principais papéis desempenhados pela anatomia das espécies florestais é a identificação e classificação das plantas. Por meio da análise das características anatômicas das espécies, como a morfologia interna das folhas, flores, frutos e cascas, é possível distinguir e categorizar diferentes tipos de plantas. Esse conhecimento é fundamental para catalogar a diversidade botânica, um passo crítico na conservação da biodiversidade, como aponta Simpson (2019), ao discutir sobre a importância da sistemática filogenética em botânica.

Além disso, a caracterização anatômica desempenha um papel crucial no melhoramento genético de espécies florestais. Ao compreender as características anatômicas das plantas, os pesquisadores podem identificar características desejáveis, como resistência a pragas, crescimento rápido e qualidade da madeira. Essas informações auxiliam na seleção de espécies ou genótipos ideais para reflorestamento, produção de madeira e conservação de recursos genéticos valiosos (Simpson, 2019).

A gestão florestal sustentável também se beneficia da anatomia e caracterização das espécies, como fizeram Lobão e colaboradores (2011) em seu trabalho, ao agrupar espécies florestais por análises relacionadas às características anatômicas, físicas e químicas das madeiras. Essa análise permite avaliar a idade e a maturidade das árvores, monitorar a saúde das florestas e entender como as mudanças ambientais afetam as

árvores e a qualidade da madeira. Esses dados são vitais para a tomada de decisões informadas na gestão de recursos florestais, garantindo sua exploração de forma sustentável (Lobão *et al.*, 2011).

Ademais, a anatomia das espécies florestais desempenha um papel fundamental na conservação e na restauração de ecossistemas naturais. O conhecimento das características das plantas nativas e endêmicas é essencial para desenvolver estratégias de proteção de espécies e habitats, bem como para restaurar áreas degradadas, tomando decisões que são respaldadas pela legislação ambiental vigente, muito bem sintetizado por Meira (2008).

Na indústria madeireira e na produção de produtos florestais, a qualidade da madeira e de outros materiais está intimamente relacionada à anatomia das espécies florestais. Entender essas características ajuda a determinar a densidade, durabilidade, resistência e outras propriedades da madeira, o que influencia diretamente sua utilidade e valor. Com as mudanças climáticas, a anatomia das espécies florestais também é crucial para avaliar como essas plantas estão respondendo às alterações nas condições ambientais. Isso é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de adaptação e mitigação de danos (Meira, 2008).

A abordagem anatômica das espécies florestais não apenas fornece informações valiosas para a identificação e classificação de plantas, mas também desempenha um papel crucial na compreensão de sua fisiologia e adaptação a diferentes condições ambientais. As características anatômicas das folhas, por exemplo, são especialmente relevantes ao considerar processos fisiológicos fundamentais, como fotossíntese e trocas gasosas (Mancuso, 2019).

O estudo desses aspectos não apenas enriquece nosso entendimento da biologia das plantas, mas também tem implicações práticas na gestão de ecossistemas e na tomada de decisões relacionadas à agricultura e à silvicultura. Além disso, a anatomia das espécies florestais contribui significativamente para a compreensão dos impactos das mudanças climáticas nas plantas (Mancuso, 2019). À medida que as condições ambientais se modificam, as respostas anatômicas das espécies florestais desempenham um papel crucial na avaliação de sua resiliência e capacidade de adaptação, como afirma Mancuso (2019).

Essa informação é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de adaptação e mitigação, garantindo a sustentabilidade dos ecossistemas florestais diante de desafios ambientais em evolução. Outro aspecto relevante é o papel da anatomia na restauração de ecossistemas degradados. De acordo com Mancuso (2019), com o conhecimento detalhado das características das espécies nativas e endêmicas, os esforços de restauração podem ser direcionados de maneira mais eficiente, promovendo a recuperação de habitats e a proteção de espécies ameaçadas.

Dessa forma, a abordagem anatômica das espécies florestais transcende seu papel inicial na identificação de plantas, ampliando-se para contribuições substanciais em áreas tão diversas quanto fisiologia vegetal, adaptação às mudanças climáticas e diretrizes para a restauração de ecossistemas. O entendimento aprofundado desses aspectos anatômicos é essencial para promover a sustentabilidade ambiental e a utilização responsável dos recursos florestais em um cenário cada vez mais dinâmico e desafiador (Silva, 2022).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Materiais genéticos

Os materiais genéticos estudados corresponderam aos clones C1, C2 e C3 (tabela 1). Esta nomenclatura foi utilizada por se tratar de clones protegidos, portanto não podendo ser identificados. Este estudo é parte de um experimento maior de uma empresa do Setor Florestal. Sendo assim, a escolha dos materiais foi feita com base nas exigências da própria empresa.

Tabela 1- Materiais genéticos utilizados de *Eucalyptus* e *Corymbia*.

Clones	Espécie ou híbrido
C1	<i>Corymbia torelliana</i> x <i>Corymbia citriodora</i>
C2	<i>Eucalyptus urograndis</i>
C3	<i>Corymbia citriodora</i> x <i>Corymbia torelliana</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os clones foram obtidos via propagação por miniestaquia, realizada em viveiro do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Essas miniestacas foram coletadas e armazenadas em etanol 70%, e transferidas para a Universidade Federal de Lavras, onde as folhas foram processadas para a realização das secções paradérmicas e transversais. Foram coletadas 10 miniestacas por clone, sendo analisadas uma folha por amostra.

4.2 Processamento do material vegetal

Para as secções transversais, fragmentos da região mediana das folhas foram transferidos para microtubos contendo etanol 70%. Posteriormente, foram submetidos ao processo de desidratação em série etanólica crescente, por 2 horas em cada etapa (80, 90 e 100%). Em seguida, o material foi colocado em solução de resina e etanol (1:1) por 24 horas. Depois disso, as amostras foram transferidas para resina pura. Então, foram colocadas em moldes para emblocamento e, em seguida, colocadas em uma estufa para que a resina pudesse endurecer. As secções transversais foram obtidas em micrótomo semiautomático, coradas com azul de toluidina, permanecendo em contato por 1 minuto, e montadas em lâminas permanentes.

Para as secções paradérmicas, fragmentos foliares foram transferidos para microtubos contendo solução de hipoclorito de sódio 50%. Depois, os microtubos foram colocados em estufa à 60°C por um período de 24 horas, monitorando até que o material vegetal ficasse transparente. Após, os cortes foram lavados com água destilada e colocados em lâminas, corados com o corante safranina.

Todas as lâminas foram fotografadas em microscópio de luz com câmera digital acoplada.

4.3 Análises anatômicas

As análises foram feitas por meio do software ImageJ, versão 1.45s, permitindo a caracterização dos tecidos foliares. Além da análise descritiva, realizou-se a análise quantitativa, através das seguintes variáveis: Espessuras da Epiderme na face Adaxial (EpAd) e Abaxial (EpAb), do Parênquima Paliçádico (PP), do Parênquima Esponjoso (PE), Espessura Total da Folha (ET), Diâmetro dos vasos do xilema (DT), Número de

vasos do xilema (NVX), Área do Xilema (AX), Índice de Vulnerabilidade (IV), Área do Floema (AF), Área do Feixe Vascular (AFV), Cutícula Adaxial (CutAd) e Abaxial (CutAb), Diâmetro dos Estômatos (DT) e Densidade Estomática (DE).

4.4 Análises estatísticas

Para a análise estatística os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade pelo programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2019)

Posteriormente, foram realizados gráficos de barra, com erro padrão comparando os três clones, utilizando o *SigmaPlot* 11.0 (Systat Software Inc).

5. RESULTADOS

5.1 Anatomia descritiva

A epiderme das folhas dos três clones revelou-se unisseriada, com células tabulares e cobertas externamente por uma cutícula delgada. Na região da nervura principal, as células adquirem formato arredondado (Figuras 1A, 1B, 2A, 2B, 3A e 3B). A presença de tricomas foi observada em ambas as faces da epiderme nos clones C1 e C3 (Figuras 1A, 1B, 3A e 3B). As folhas são classificadas como anfiestomáticas, com estômatos do tipo anomocítico, predominantemente na face abaxial, alinhados ao mesmo nível das demais células epidérmicas.

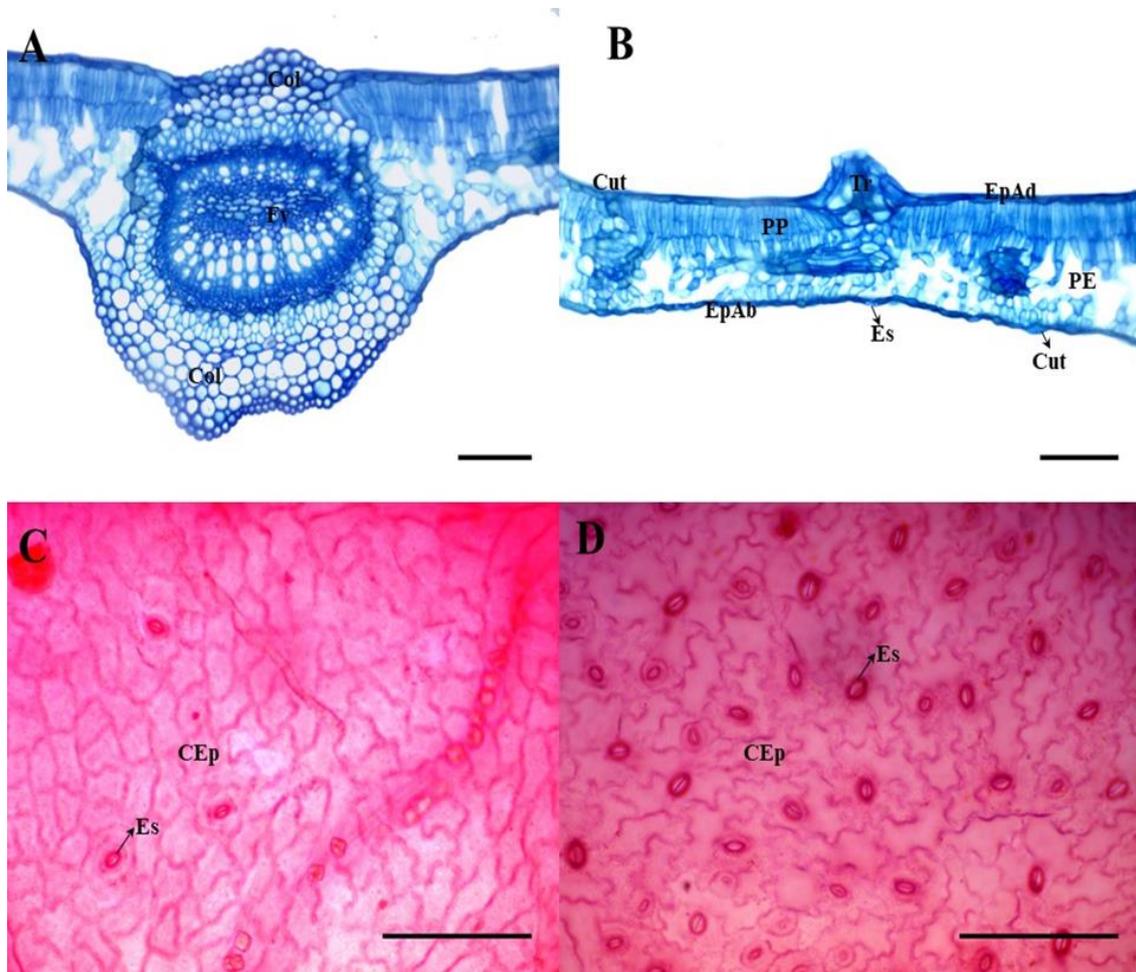
Na análise paradérmica (Figuras 1C, 1D, 2C, 2D, 3C e 3D), constatou-se que as células epidérmicas apresentam contorno pouco sinuoso nos clones C1 (face adaxial) e C2 (face abaxial), enquanto no C3, tal característica é observada em ambas as faces. O contorno da parede celular revela-se notavelmente sinuoso na face abaxial das folhas do clone C1 e na face adaxial nas folhas do clone C2.

Os três clones compartilham a configuração dorsiventral do mesofilo, constituído por duas a três camadas de parênquima paliçádico e de três ou quatro camadas de parênquima esponjoso, o que faz sentido, já que são da mesma família (Figuras 1B, 2B e

3B). Destaca-se que o clone C3 exibe espaços intercelulares reduzidos no parênquima esponjoso em comparação aos demais clones. Os feixes vasculares bicolaterais são envolvidos por uma bainha do feixe pouco desenvolvida. Adicionalmente, estruturas secretoras, identificadas como cavidades, foram discernidas na região do mesofilo do clone de *Eucalyptus*.

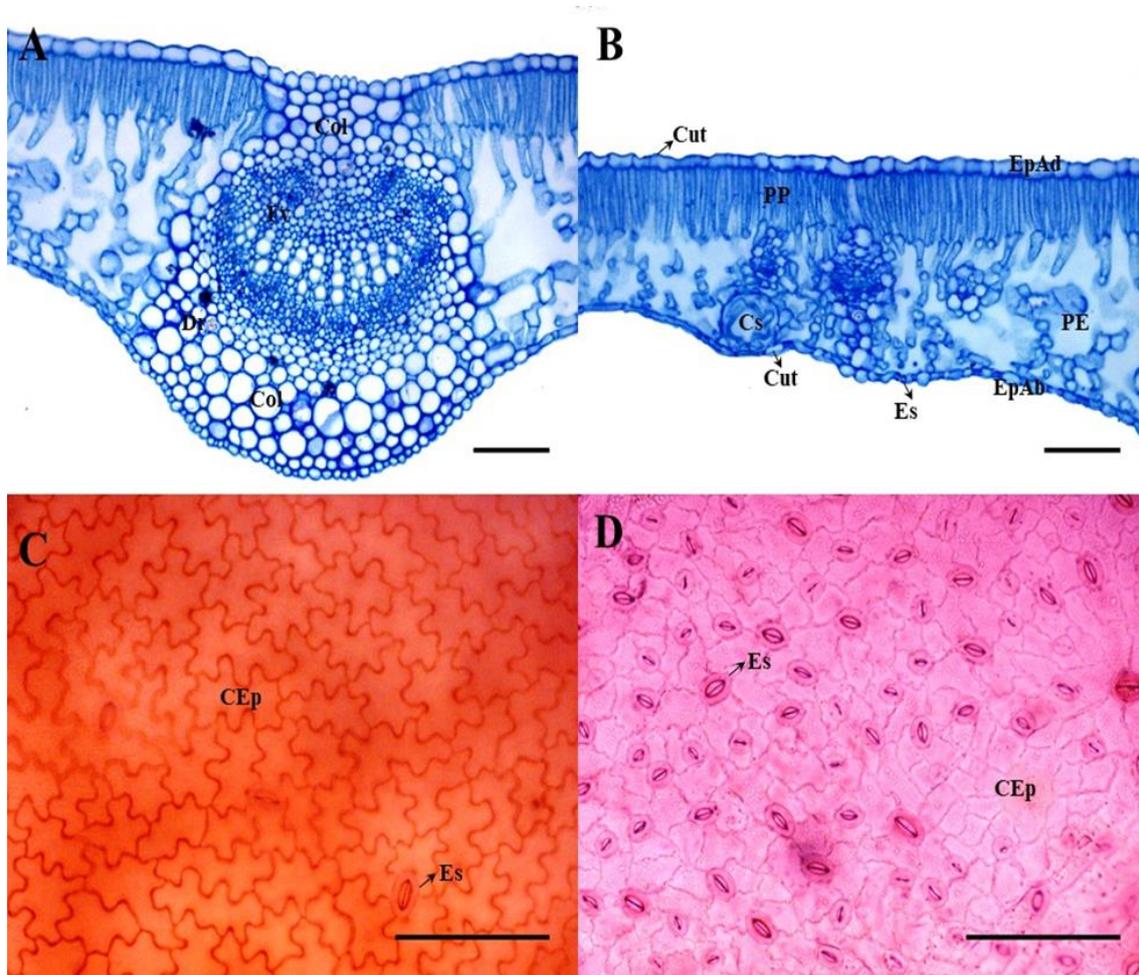
Na região da nervura principal (Figuras 1A, 2A e 3A), a presença de colênquima nas faces adaxial e abaxial, imediatamente abaixo da epiderme, foi notada, juntamente com células de parênquima fundamental. Idioblastos cristalíferos, representados por drusas, foram observados nos clones C2 e C3. Quanto à disposição do feixe vascular, os clones C1 e C3 apresentam um feixe vascular bicolateral arqueado com extremidades invaginadas, enquanto no clone C2, o feixe vascular bicolateral assume um formato de arco plano.

Figura 1 - Tecidos internos e epiderme das folhas do clone C1 de *Corymbia*. (A) = Nervura Central; (B) = Mesofilo; (C) = Face adaxial da epiderme; (D) = Face abaxial da epiderme. Col = Colênquima; FV = Feixe vascular; EpAd = Epiderme adaxial; EpAb = Epiderme abaxial; Cut = Cutícula; PP = Parênquima paliçádico; PE = Parênquima esponjoso; Es = Estômato; Cep = Células epidérmicas comuns; Tr = Tricomas. Barras: A e B= 200 µm; C e D= 400 µm.



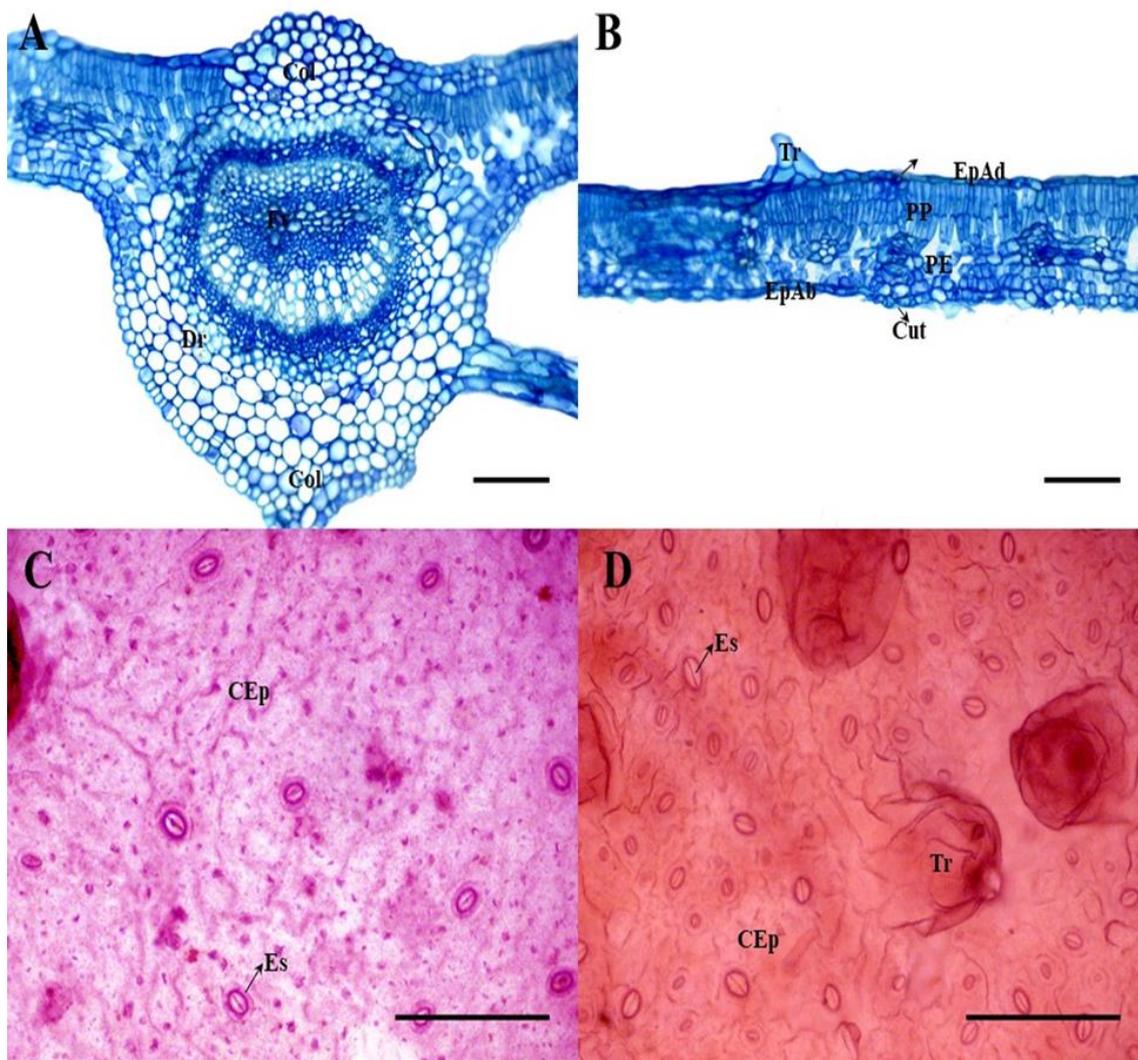
Fonte: Do autor (2023).

Figura 2 - Tecidos internos e epiderme das folhas do clone C2 de *Eucalyptus*. (A) = Nervura Central; (B) = Mesofilo; (C) = Face adaxial da epiderme; (D) = Face abaxial da epiderme. Col = Colênquima; FV = Feixe vascular; EpAd = Epiderme adaxial; EpAb = Epiderme abaxial; Cut = Cutícula; PP = Parênquima paliçádico; PE = Parênquima esponjoso; Es = Estômato; Cep = Células epidérmicas comuns; Cs = Canal Secretor; Dr = Drusas. Barras: A e B= 200 μm ; C e D= 400 μm .



Fonte: Do autor (2023).

Figura 3 - Tecidos internos e epiderme das folhas do clone C3 de *Corymbia*. (A) = Nervura Central; (B) = Mesofilo; (C) = Face adaxial da epiderme; (D) = Face abaxial da epiderme. Col = Colênquima; FV = Feixe vascular; EpAd = Epiderme adaxial; EpAb = Epiderme abaxial; Cut = Cutícula; PP = Parênquima paliçádico; PE = Parênquima esponjoso; Es = Estômato; Cep = Células epidérmicas comuns; Tr = Tricomas; Dr = Drusas. Barras: A e B= 200 μ m; C e D= 400 μ m.



Fonte: Do autor (2023).

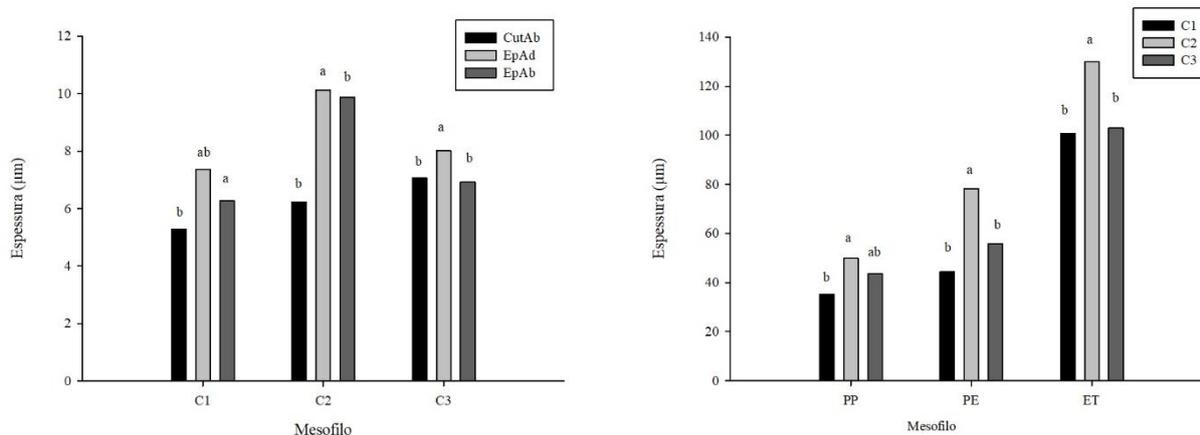
5.2 Anatomia quantitativa das folhas

As variáveis anatômicas como espessura da epiderme nas faces adaxial e abaxial, da cutícula na face abaxial (Figura 4A) e dos parênquimas paliçádico e esponjoso (Figura 4B), diferiram significativamente. Com exceção da cutícula, o clone C2 apresentou maiores espessuras em comparação ao clone C1 e C3 para estas características.

Já o diâmetro dos elementos de vasos do xilema, índice de vulnerabilidade de Carlquist e área do floema, foram maiores no clone C3 (Figura 5).

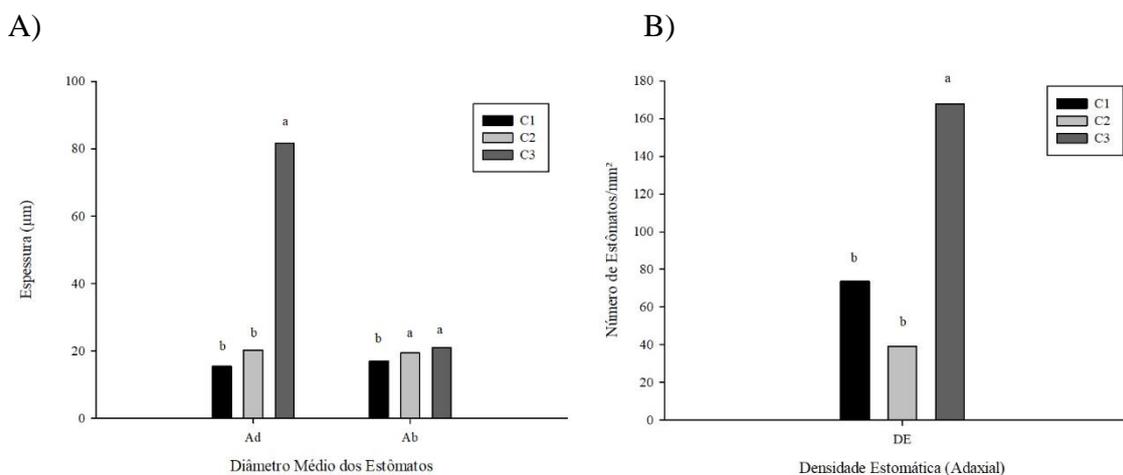
A epiderme na face adaxial apresentou diferença significativa para as variáveis diâmetro médio dos estômatos (DT) e densidade estomática (DE), sendo maiores para o clone C3. E na face abaxial os clones C2 e C3 apresentaram maior diâmetro médio dos estômatos (DE).

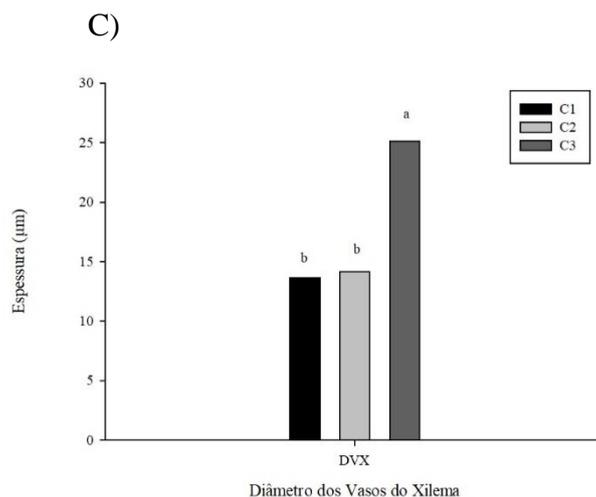
Figura 4 – Mesofilo.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 5 – A) Diâmetro médio dos estômatos; B) Densidade estomática (adaxial); C) Diâmetro de vasos do Xilema.

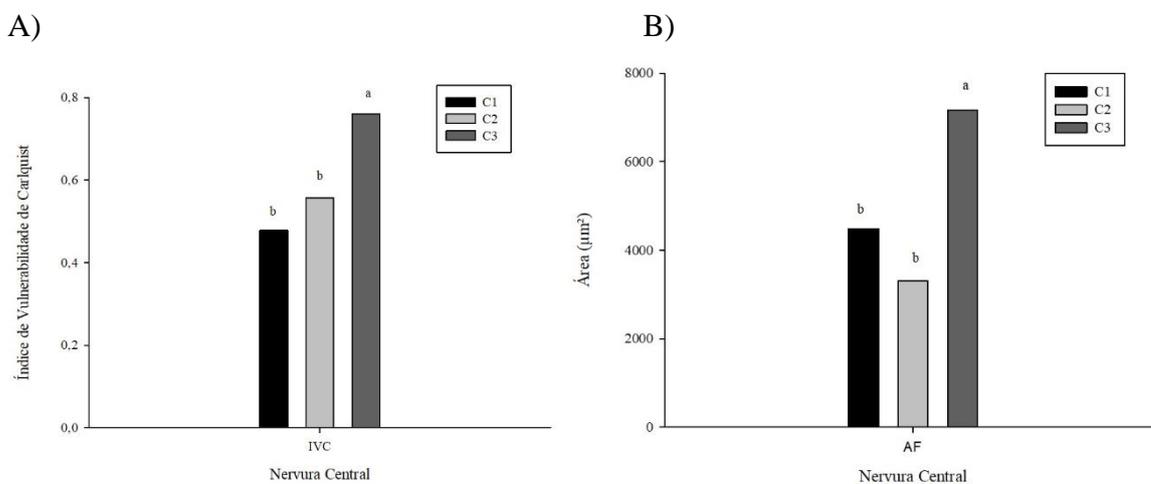




Fonte: Do autor (2023).

Os dados apresentados nos gráficos das características estruturais das folhas de eucalipto fornecem informações detalhadas sobre dois aspectos essenciais: o diâmetro médio dos vasos do xilema (DT), o índice de vulnerabilidade do xilema (IVC) no gráfico A, e a área do floema no gráfico B. No gráfico A, os dados de DT e IVC destacam diferenças significativas entre os clones C1, C2 e C3. O diâmetro médio dos vasos do xilema (DT) é consideravelmente menor em C1 e C2 em comparação com C3. No gráfico B, que representa a área do floema, observamos que a área do floema em C1 e C2 é consideravelmente menor em comparação com C3.

Figura 6 – Nervura central.



Fonte: Do autor (2023).

Observou-se que o DT dos estômatos e a DE na face adaxial são menores em C1 e C2 em comparação com C3. No gráfico B, que analisa o DT na face abaxial, observa-se que C1 e C2 estão mais próximos entre si, enquanto C3 tem um DT maior.

6. DISCUSSÃO

A presença de epiderme unisseriada, cutícula delgada, estômatos em ambas as faces da folha e mesofilo dorsiventral é coerente com a literatura a respeito da anatomia dos gêneros de *Corymbia* e *Eucalyptus* (Santos *et al.*, 2006; Moura & Franzener, 2014).

Os contornos das paredes celulares da epiderme em vista frontal, nos clones C1 e C2, respectivamente, trazem implicações fisiológicas, pois o contorno pouco sinuoso pode indicar uma menor complexidade estrutural nas células epidérmicas, o que pode influenciar a resistência mecânica e a capacidade de trocas gasosas, como apontam Lopez, Barclay e Badal (2023). Além disso, essas características podem estar relacionadas à adaptação desses clones a condições específicas do ambiente, como uma resposta a fatores como luminosidade, umidade ou temperatura. No que diz respeito às características sinuosas nas faces adaxial e abaxial do clone C3, indicam uma maior complexidade estrutural e possivelmente uma adaptação mais especializada.

Esses resultados contribuem para a compreensão da anatomia foliar dos clones estudados, fornecendo informações que corroboram com a literatura a respeito da anatomia foliar de *Corymbia* e *Eucalyptus*. Além disso, essa consistência anatômica sugere uma base genética compartilhada entre os clones, o que é coerente com a classificação botânica dessas espécies e com o que está descrito na literatura (Lopes, 2017).

Por outro lado, ao realizar uma análise quantitativa, observou-se que o clone C2 difere em diversas características em comparação com os clones C1 e C3. Essas diferenças podem ser atribuídas à variação no material genético dos clones. Em particular, o clone C2 apresenta maiores espessuras em vários tecidos, como a epiderme, cutícula e parênquimas paliçádico e esponjoso. Essas características sugerem uma estratégia que pode favorecer a fotossíntese, a reflexão da radiação e reduzir a perda de água. As diferenças observadas para cutícula e epiderme podem sugerir uma estratégia específica de *Corymbia* (C1) para reduzir a perda de água através da cutícula mais espessa.

Em relação aos parênquimas fotossintetizantes, a maior espessura observada no clone C2 indica uma alocação maior de recursos para o tecido fotossintético. Comparando os clones, notamos que o C1 e C3 compartilham algumas características, como a cutícula mais espessa, mas diferem na espessura do parênquima. Enquanto isso, o C2 destaca-se pela espessura geralmente maior em todos os tecidos, indicando possíveis adaptações específicas do eucalipto para otimizar a fotossíntese e a alocação de recursos. A variação na espessura do parênquima paliçádico e esponjoso entre os clones implica estratégias distintas de eficiência fotossintética e alocação de recursos (Silva *et al.*, 2021). O aumento na espessura do parênquima em C2 sugere uma maior capacidade fotossintética, possivelmente adaptada para maximizar a produção de energia por unidade de área foliar. Essas diferenças na estrutura foliar têm implicações práticas, especialmente em relação à seleção de clones para diversos usos. Compreender as características específicas de cada clone pode orientar práticas de cultivo, manejo florestal e melhoramento genético, adaptando-se a objetivos específicos, como resistência a pragas, otimização do crescimento ou produção de madeira. Além disso, esses dados são fundamentais para estratégias de conservação e manejo sustentável de ecossistemas florestais, contribuindo para a preservação da biodiversidade e o uso eficiente dessas espécies em diferentes contextos ambientais.

Em contraste, o clone C3 exibe um sistema vascular mais desenvolvido em comparação com os demais clones. O maior diâmetro dos elementos de vasos do xilema e a maior área do floema sugerem uma capacidade aprimorada de transporte de água e nutrientes nas plantas (De Boer & Volkov, 2003). Essas características podem estar relacionadas a uma melhor eficiência no suprimento de água e nutrientes para as diferentes partes da planta, contribuindo para seu desenvolvimento e crescimento.

No entanto, é importante destacar que o clone C3 demonstrou ser mais propenso a embolia, indicado pelo maior diâmetro dos vasos de metaxilema, resultado compatível com os de Pires (2020). De acordo com Pires (2020), esse fenômeno pode impactar a eficiência do transporte de água, uma vez que vasos mais largos estão mais suscetíveis à formação de bolhas de ar. Essa característica pode representar um *trade-off* entre eficiência no transporte de água e vulnerabilidade à embolia. Ressalta-se que o DT é uma medida do tamanho dos vasos responsáveis pelo transporte de água nas plantas (Fialho *et al.*, 2009). A redução do DT em C1 e C2 sugere que esses clones possuem vasos do xilema mais estreitos. Além disso, o índice de vulnerabilidade do xilema (IVC),

que mede a propensão do xilema a embolias ou cavitação sob estresse hídrico (Ribeiro *et al.*, 2012), também é menor em C1 e C2, indicando uma maior resistência a eventos de cavitação. Essas características estruturais podem ser interpretadas como uma adaptação desses clones a condições de estresse hídrico, onde a minimização da perda de água e a manutenção da estabilidade no transporte de água são prioridades.

De forma similar, o floema destes clones foi menos desenvolvido. Considerando que é o tecido responsável pelo transporte de fotoassimilados, como açúcares produzidos pela fotossíntese, uma área de floema menor em C1 e C2 pode indicar uma alocação diferencial de recursos, sugerindo que esses clones priorizam a eficiência na condução de água e nutrientes (representada pelo xilema) em detrimento de uma área mais extensa para o transporte de fotoassimilados (Gogosz *et al.*, 2010).

Essas características estruturais têm implicações adaptativas importantes. C1 e C2 podem estar otimizando sua estrutura xilemática para enfrentar melhor condições de escassez de água, enquanto C3 pode investir mais na área do floema para maximizar o transporte de fotoassimilados. Essas adaptações estruturais são cruciais para a sobrevivência e o desempenho das plantas em ambientes específicos, proporcionando uma compreensão mais aprofundada das estratégias adaptativas desses clones de Eucalipto em diferentes condições ambientais.

Em relação aos estômatos, a maior densidade estomática e diâmetro na face adaxial das folhas em C3 é mais um indicativo de características anatômicas vantajosas deste clone, que está relacionada a maior eficiência nas trocas gasosas. Na face abaxial, o clone C2 tem característica semelhante ao clone C3.

A interpretação dos dados sobre os estômatos nos permite conhecer melhor sobre a morfologia destas estruturas, que, de acordo com Inuoe e Ribeiro (1998), possui um papel fundamental na regulação da troca gasosa e, conseqüentemente, na fotossíntese e transpiração das plantas.

O DT refere-se ao tamanho médio dos estômatos, enquanto a DE representa a quantidade de estômatos por unidade de área. A redução do DT e da DE em C1 e C2 sugere uma morfologia estomática mais compacta e potencialmente uma maior eficiência na regulação da troca gasosa nessas condições.

Além disso, a face abaxial é geralmente mais exposta ao sol e à luz direta. A menor diferença no DT entre C1 e C2 pode sugerir uma resposta semelhante desses clones às

condições ambientais, enquanto C3 pode apresentar uma morfologia estomática ligeiramente diferente, potencialmente adaptada a condições de maior luminosidade.

A redução do DT e da DE na face adaxial de C1 e C2 sugere uma possível adaptação a condições de estresse hídrico, onde uma morfologia estomática mais compacta pode ajudar na conservação de água. As diferenças no DT entre as faces adaxial e abaxial indicam uma variação na morfologia estomática em resposta a diferentes condições ambientais, como luminosidade e exposição ao sol. A menor DE em C1 e C2 pode estar relacionada a uma eficiência aprimorada na regulação da troca gasosa, influenciando diretamente a fotossíntese e a transpiração desses clones. A divergência nos parâmetros estomáticos entre C1, C2 e C3 sugere uma diversidade adaptativa entre os clones, com implicações para a ecologia e fisiologia dessas plantas em diferentes ambientes. Esses dados reforçam a ideia de que as características morfológicas das folhas são altamente adaptativas e podem refletir estratégias específicas de cada clone para otimizar seu desempenho em condições ambientais particulares (Liu, Zheng & Qi, 2020).

7. CONCLUSÃO

A caracterização detalhada das folhas dos clones de espécies florestais (C1, C2 e C3) revela uma anatomia foliar consistente com a literatura. As diferenças anatômicas observadas entre os clones indicam uma base genética compartilhada, mas também respostas específicas à variação ambiental. O clone C2 destaca-se por uma maior espessura em diversas estruturas, sugerindo adaptações para otimizar a eficiência fotossintética. Em contraste, o clone C3 apresenta um sistema vascular mais desenvolvido, indicando uma capacidade aprimorada de transporte de água e nutrientes, mas também uma maior propensão à embolia.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. C. *et al.* Caracterização anatômica macroscópica de madeiras folhosas comercializadas no Estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 19, p. 352-361, 2023.

CRUZ, A. V. M.; KAPLAN, M. A. C. Uso medicinal de espécies das famílias Myrtaceae e Melastomataceae no Brasil. **Floresta e ambiente**, v. 11, p. 47-52, 2023.

- DE BOER, A. H.; VOLKOV, V. Logistics of water and salt transport through the plant: structure and functioning of the xylem. **Plant, Cell & Environment**, v. 26, n. 1, p. 87-101, 2003.
- DEISS, L. *et al.* Banco de Sementes de Plantas Daninhas em Sistema Agroflorestal com Eucaliptos no Subtrópico Brasileiro. **Planta Daninha**, v. 36, 2018.
- DIAS, P. C. *et al.* Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 32, n. 72, p. 453-453, 2012.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- FERRIANI, A. P.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I. Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agro@mbiente on-line**, v. 4, n. 2, p. 102-109, 2010.
- FIALHO, C. M. T. *et al.* Caracteres morfoanatômicos de *Brachiaria brizantha* submetida à aplicação de Trinexapac-Ethyl. **Planta daninha**, v. 27, p. 533-539, 2009.
- FRAUCHES, N. S. *et al.* Brazilian Myrtaceae fruits: a review of anticancer proprieties. **Journal of Pharmaceutical Research International**, v. 12, p. 1-15, 2016.
- GOGOSZ, A. M. *et al.* Morfoanatomia da plântula de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. (Myrtaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, p. 613-623, 2010.
- GOMES, J. P. *et al.* Edaphic filters as abiotic drivers of Myrtaceae assemblages in subtropical Araucaria Forest. **Plant and Soil**, v. 454, p. 187-206, 2020.
- HARO-GONZÁLEZ, J. N. *et al.* Clove essential oil (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae): Extraction, Chemical composition, foodapplications, and essential bioactivity for human health. **Molecules**, v. 26, n. 21, p. 6387, 2021
- INOUE, MARIO TAKAO; RIBEIRO, F. A. Fotossíntese e transpiração de clones de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. **IPEF**, v. 40, p. 15-20, 1988.
- KAUR, A.; MONGA, R. *Eucalyptus* trees plantation: a review on suitability and their beneficial role. **International Journal of Bio-resource and Stress Management**, v. 12, n. 1, p. 16-25, 2021.
- LIU, W.; ZHENG, L.; QI, D. Variation in leaf traits at different altitudes reflects the adaptive strategy of plants to environmental changes. **Ecology and Evolution**, v. 10, n. 15, p. 8166-8175, 2020.
- LOBÃO, M. S. *et al.* Agrupamento de espécies florestais por análises univariadas e multivariadas das características anatômica, física e química das suas madeiras. **ScientiaForestalis**, v. 39, n. 92, p. 469-477, 2011.
- LOPES, E. D. *et al.* Influência do espaçamento de plantio na produção energética de clones de *Corymbia* e *Eucalyptus*. **Floresta**, v. 47, n. 1, p. 95-104, 2017.
- LOPEZ, F. B.; BARCLAY, G. F.; BADAL, S. Plant anatomy and physiology. In: **Pharmacognosy**. Academic Press, 2023. p. 29-48.

- MANCUSO, S. **Revolução das plantas: um novo modelo para o futuro**. São Paulo: Ubu Editora, 2019.
- MEIRA, J. C. Direito ambiental. **Informativo Jurídico da Biblioteca Ministro Oscar Saraiva**, v. 19, n. 1, p. 11-23, 2008.
- MIGUEL, M. G. *et al.* Antibacterial, antioxidant, and antiproliferative activities of *Corymbia citriodora* and the essential oils of eight *Eucalyptus* species. **Medicines**, v. 5, n. 3, p. 61, 2018.
- MOURA, G. S.; FRANZENER, G. Anatomia foliar de *Corymbia citriodora* (hook.) KD Hill & LAS Johnson oriundas da região noroeste do Paraná. **Revista de Biologia Neotropical/Journal of Neotropical Biology**, v. 11, n. 2, p. 116-123, 2014.
- PARRA-O, C. *et al.* Corrigendum to: Phylogeny, major clades and infrageneric classification of *Corymbia* (Myrtaceae), based on nuclear ribosomal DNA and morphology. **Australian Systematic Botany**, v. 23, n. 2, 2010.
- PIRES, H. R. A. **Anatomia dos órgãos vegetativos de *Genipa americana* L. e *Guazuma ulmifolia* Lam. ocorrentes em áreas alagáveis da Amazônia e em solos bem drenados do Cerrado**. 113 f., il. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2020.
- REIS, C. A. F. *et al.* ***Corymbia torelliana*: estado da arte em pesquisas no Brasil**. Colombo: Embrapa Floresta, 2014.
- RIBEIRO, M. N. O. *et al.* Anatomia foliar de mandioca em função do potencial para tolerância à diferentes condições ambientais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 354-361, 2012.
- RIGUEIRA, D. M. G.; ROCHA, P. L. B.; MARIANO-NETO, E. Forest cover, extinction thresholds and time lags in woody plants (Myrtaceae) in the Brazilian Atlantic Forest: resources for conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 22, p. 3141-3163, 2013.
- SALATINO, A.; BUCKERIDGE, M. Mas de que te serve saber botânica? **Estudos avançados**, v. 30, p. 177-196, 2016.
- SAMPSON, J. *et al.* Persistence with episodic range expansion from the early Pleistocene: the distribution of genetic variation in the forest tree *Corymbia calophylla* (Myrtaceae) in south-western Australia. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 123, n. 3, p. 545-560, 2018.
- SANTOS, A. E. Importância química e biológica dos óleos voláteis de espécies do gênero *Eucalyptus*. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 1, 2021.
- SANTOS, L. D. *et al.* Características da epiderme foliar de eucalipto e seu envolvimento com a tolerância ao glyphosate. **Planta Daninha**, v. 24, p. 513-520, 2006.
- SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M. **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. Fundação de Santa Maria: Apoio a Tecnologia e Ciência - Editora UFSM, 2016.

SILVA, L. *et al.* Specific leaf area is modulated by nitrogen via changes in primary metabolism and parenchymal thickness in pepper. **Planta**, v. 253, p. 1-13, 2021.

SILVA, M. L. **A relação metabólica entre ser social, natureza e educação no seio do sistema capitalista**: uma análise à luz do marxismo. Orientadora: Josefa Jackline Rabelo. 2022. 138 f. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós- Graduação em Educação Brasileira, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

SIMPSON, M. G. **Plant systematics**. Cambridge: Academic press, 2019.

SUBHAN, M.; FARYAL, R.; MACREADIE, I. Utilization of na industry by product, *Corymbia maculata* leaves, by *Aspergillus terreus* to produce lovastatin.

Bioengineering, v. 7, n. 3, p. 101, 2020.

VASCONCELOS, T. N. C.; PRENNER, G.; LUCAS, E. J. A systematic overview of the floral diversity in Myrteae (Myrtaceae). **SystematicBotany**, v. 44, n. 3, p. 570-591, 2019.

WENDLING, I. *et al.* Mini-cuttings technique: a new ex vitro method for clonal propagation of sweetgum. **New Forests**, v. 39, p. 343-353, 2010.