



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
Colegiado do CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



**Ciências
Biológicas**
UEL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

CARLOS EDUARDO RODRIGUES AMBROSIO

ANATOMIA DO XILEMA SECUNDÁRIO DE MUDAS DE ESPÉCIES USADAS NA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

Londrina – Paraná
2025

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

CARLOS EDUARDO RODRIGUES AMBROSIO

**ANATOMIA DO XILEMA SECUNDÁRIO DE MUDAS
DE ESPÉCIES USADAS NA RESTAURAÇÃO
ECOLÓGICA**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina como um dos requisitos à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

**Orientador: José Marcelo Domingues Torezan
Coorientadora: Marcela Blagitz do Nascimento**

**Londrina – Paraná
2025**

Ambrosio, Carlos Eduardo Rodrigues.

ANATOMIA DO XILEMA SECUNDÁRIO DE MUDAS DE ESPÉCIES
USADAS NA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA / Carlos Eduardo Rodrigues
Ambrosio. - Londrina, 2025. 39 f.: il.

Orientador: José Marcelo Domingues Torezan.

Coorientador: Marcela Blagitz.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) -
Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em
Ciências Biológicas, 2025.

Inclui bibliografia.

1. Anatomia caulinar - TCC. 2. Espécies nativas - TCC. 3. Resistência a
seca - TCC. I. Torezan, José Marcelo Domingues. II. Blagitz, Marcela. III.
Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Graduação em
Ciências Biológicas. IV. Título.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Marcelo Torezan

Prof. Dr. Cristiano Medri

Ma. Larissa Cerqueira Dias Rodrigues

Profa. Dra. Talita Silveira Amador (suplente)

Londrina, 12 de dezembro de 2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual de Londrina e ao curso de Ciências Biológicas pela oportunidade. Aos professores do curso, que foram peças essenciais para minha formação como biólogo.

Agradeço ao Prof. Dr. Cristiano Medri por ceder o espaço e os equipamentos do Laboratório de Morfologia e Anatomia Vegetal, e à técnica Beatriz Alves, que me ajudou desde a primeira vez que fui ao laboratório. Agradeço ao Prof. Dr. André Laforga Vanzela por também ceder o espaço do Laboratório de Citogenética e Diversidade Vegetal, para o uso do microscópio para minhas fotografias.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. José Marcelo Torezan por me receber abertamente no LABRE, me aconselhar e aceitar orientar este trabalho com disposição e entusiasmo. Aos técnicos Norival e Odair, que me auxiliaram na minha primeira coleta em campo. A todos os colegas do LABRE pelo acolhimento, conselhos e conversas. À Dr.^a Alba por sua gentileza e por sempre estar disposta a ajudar com minhas dúvidas.

Sou imensamente grato à Prof.^a Dr.^a Marcela Blagitz, por toda a parceria, apoio e paciência durante a elaboração do trabalho, por todos os necessários puxões de orelha e por todos os conselhos.

Agradeço aos amigos e amigas que fiz durante a graduação e que tornaram essa experiência tão incrível, em especial Karen e Vitória, que foram apoio essencial nos momentos mais difíceis da reta final.

Não posso deixar de agradecer à minha cachorra Frida, minha fiel companheira, que esteve ao meu lado desde minha entrada na graduação e que ronca ruidosamente ao meu lado enquanto escrevo.

Quero agradecer aos meus amados pais, Sonia e Carlos, que tanto investem em mim e que fazem sempre o possível e o impossível para me ver bem. À minha irmã e ao meu cunhado, por serem minhas inspirações. Aos meus sobrinhos, por me lembrarem da importância da diversão.

Agradeço à minha avó, por suas palavras de apoio, seus doces e por seus abraços aconchegantes. E a toda minha família, que sempre acreditou em mim.

AMBROSIO, Carlos Eduardo Rodrigues. **Anatomia do xilema secundário de mudas de espécies usadas na restauração**. 2025. 39 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2025.

RESUMO

A restauração ecológica tem como um dos métodos o plantio de mudas. Conhecer as características anatômicas das espécies utilizadas nessa prática pode ser uma ferramenta para compreender a performance das mudas, principalmente em relação déficit hídrico. Nesse sentido, o xilema secundário se torna um tecido chave para essa compreensão, pois conduz água ao longo do corpo das plantas, realiza o armazenamento de substâncias e promove a sustentação mecânica. Assim, os objetivos deste trabalho foram compreender como as mudas de espécies nativas utilizadas na restauração investem nos tecidos caulinares; e verificar, a partir da anatomia do xilema secundário, como mudas investem em condução de água, reserva e sustentação. Para tal, foram utilizadas 12 mudas, produzidas em viveiro, das espécies *Cecropia pachystachya* Trécul; *Colubrina glandulosa* Perkins; *Eugenia uniflora* L.; *Ficus adhatodifolia* Schott in Spreng; e *Genipa americana* L. As porções basais do caule dos indivíduos foram fixados em FAA₅₀ e submetidas a técnicas histológicas usuais. Em secção transversal, o caule das mudas apresenta periderme como tecido de revestimento e alto investimento nos tecidos vasculares, apresentam amiloplastos no parênquima do córtex, xilema e medula. Essas características anatômicas evidenciam que, ainda no estágio de muda, as espécies investem significativamente em reserva e sustentação, enquanto a proporção de vasos pode indicar estratégias mais ou menos conservativas contra o déficit hídrico. Em conjunto, esses padrões contribuem para compreender como mudas nativas apresentam diferentes estratégias anatômicas para lidar com limitações hídricas, fornecendo subsídios para a seleção de espécies mais adequadas a projetos de restauração em ambientes sujeitos à seca.

Palavras-chave: Anatomia caulinar. Espécies nativas. Floresta Estacional Semidecidual. Mata Atlântica. Resistência à seca.

AMBROSIO, Carlos Eduardo Rodrigues. **Anatomy of the secondary xylem of seedlings of species used in restoration**. 2025. 39 pgs. Final Dissertation (Biological Sciences Undergraduation) – Londrina State University. Londrina, 2025.

ABSTRACT

Ecological restoration employs seedling planting as one of its main methods. Understanding the anatomical characteristics of the species used in this practice can be a valuable tool for assessing seedling performance, particularly under water deficit. In this context, secondary xylem becomes a key tissue for such understanding, as it conducts water throughout the plant body, stores substances, and provides mechanical support. Thus, the objectives of this study were to understand how seedlings of native species used in restoration invest in stem tissues and to evaluate, based on secondary xylem anatomy, how seedlings allocate resources to water conduction, storage, and support. For this purpose, twelve nursery-grown seedlings of the species *Cecropia pachystachya* Trécul; *Colubrina glandulosa* Perkins; *Eugenia uniflora* L.; *Ficus adhatodifolia* Schott in Spreng; and *Genipa americana* L. were analyzed. Basal stem portions of the individuals were fixed in FAA50 and subjected to standard histological techniques. In cross section, the stems of the seedlings exhibit a periderm as the protective tissue and a high investment in vascular tissues, with the presence of amyloplasts in the cortical parenchyma, xylem, and pith. These anatomical features indicate that, even at the seedling stage, the species invest substantially in storage and mechanical support, whereas vessel proportion may indicate conservative strategies against water deficit. Taken together, these patterns contribute to understanding how native seedlings exhibit different anatomical strategies to cope with water limitation, providing support for the selection of species better suited for restoration projects in drought-prone environments.

Keywords: Stem anatomy. Native species. Atlantic Forest. Semideciduous Seasonal Forest. Drought resistance.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 A MATA ATLÂNTICA E A RESTAURAÇÃO	12
2.2 ANATOMIA VEGETAL COMO ALIADA NO PROCESSO DE RESTAURAÇÃO.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 ESPÉCIES ESTUDADAS E CONDIÇÕES DE CRESCIMENTO	15
3.2 COLETA, FIXAÇÃO E PROCEDIMENTOS ANATÔMICOS.....	17
3.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	18
4. RESULTADOS	19
4.1 DESCRIÇÃO ANATÔMICA QUALITATIVA DAS ESPÉCIES	19
4.2 FRAÇÕES DOS TECIDOS POR ESPÉCIE.....	26
4.3 COMPONENTES DO XILEMA SECUNDÁRIO.....	27
4.4 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA).....	30
5. DISCUSSÃO	33
6. CONCLUSÕES	37

1. INTRODUÇÃO

O corpo vegetativo das plantas é constituído por raiz, caule e folhas, cada órgão com um sentido de crescimento próprio (Taiz et al., 2017). O que conecta esses órgãos e permite a distribuição da água e solutos através de todo o corpo da planta é seu sistema vascular, constituído pelo xilema e pelo floema (Evert, 2013). O floema é responsável principalmente pelo transporte dos açúcares produzidos na fotossíntese das folhas para áreas de crescimento e armazenamento (Taiz et al., 2017), além de hormônios, aminoácidos e outras moléculas sinalizadoras que permitem a comunicação entre os órgãos e a coordenação de processos vitais para a planta (Evert, 2013). Por outro lado, o xilema é responsável por fornecer suporte mecânico e armazenar nutrientes, mas sua principal função é o transporte de água e solutos em longas distâncias no corpo da planta (Appezato-da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2012). Sendo um tecido essencial para a manutenção dos processos metabólicos, como a fotossíntese, já que o fluxo de água permite a abertura estomática e a captação de CO₂ (Taiz et al., 2017; Kim et al., 2014).

Os elementos de vaso são as células condutoras do xilema das angiospermas, e apesar de serem células curtas, apresentam placas de perfuração nas suas extremidades que permitem que sejam empilhados formando vasos mais compridos; também apresentam pontuações na parede que possibilitam o transporte de água para vasos vizinhos (Hacke & Sperry, 2001; Appezato-da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2012; Taiz et al., 2017). Especificamente no xilema secundário, as fibras são células de sustentação, apresentando paredes secundárias lignificadas mais espessas do que das outras células (Evert, 2013; Appezato-da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2012). Os parênquimas axial e radial são responsáveis pelo armazenamento e transporte da água e dos solutos em curtas distâncias no sentido

longitudinal e lateral, respectivamente (Apezzato-da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2006).

Os tipos celulares do xilema podem apresentar variações em suas características, como no comprimento dos elementos de vaso, nos tipos de pontoações, no agrupamento dos vasos, além da estrutura e padrão de distribuição das fibras e do parênquima, a fim de garantir a integridade do transporte de água (Hacke & Sperry, 2001). Em plantas adultas, essas variações ocorrem em resposta as várias condições ambientais, e sendo os vasos largos mais suscetíveis a falha hidráulica durante eventos de déficit hídrico (Dickison, 2000), vasos estreitos e numerosos conferem maior resistência à seca (Lindorf, 1994). Entretanto, informações sobre as características do xilema secundário de mudas são escassas.

Rodrigues (2025) realizou experimentos com mudas 35 espécies nativas da Floresta Estacional Semidecidual, que são utilizadas na restauração ecológica. O objetivo foi analisar características fisiológicas foliares e morfológicas que as espécies apresentam em resposta ao déficit hídrico, sendo elas: alteração na condutância estomática e no potencial hídrico, e tempo para apresentação de sintomas morfológicos que podem ser analisados visualmente. As respostas observadas variaram em intensidade para os três parâmetros, com algumas espécies demonstrando ser mais resistentes do que outras, indicando que as espécies respondem à seca de formas diferentes tanto de forma fisiológica quanto morfológica. Os resultados obtidos por Rodrigues (2025) evidenciaram que a capacidade de resistência à seca é influenciada por diferentes traços funcionais, entretanto, características do xilema, também podem ajudar a explicar as respostas observadas pelas espécies nas fases iniciais de desenvolvimento.

O objetivo deste trabalho é compreender como as mudas de espécies nativas utilizadas na restauração investem nos tecidos caulinares. O segundo objetivo é compreender, a partir da anatomia do xilema secundário do caule, como mudas crescidas em viveiro investem em condução de água, reserva e sustentação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A MATA ATLÂNTICA E A RESTAURAÇÃO

As florestas tropicais atualmente são resultado de sucessivos eventos naturais e climáticos, mas também de intervenções humanas. Por exemplo, o desenvolvimento e expansão da agricultura alterou profundamente a estrutura e composição das florestas tropicais, e ao longo de séculos ou milênios modificam propriedades do solo e a hidrologia das paisagens (Chazdon, 2012). A Mata Atlântica é um dos biomas mais degradados do Brasil, restando apenas 27% de sua cobertura original (Rezende et al., 2018). Considerando que as atuais mudanças climáticas na América do Sul ocorrem principalmente pelo desmatamento (Salazar et al., 2016), a restauração ecológica é uma prática de alta importância no contexto atual.

A restauração ecológica tem como objetivo auxiliar na recuperação da integridade ecológica de ecossistemas nativos que foram degradados, assim é um componente importante da conservação da biodiversidade (Holl, 2023; SER, 2025). A prática da restauração envolve a criação de condições necessárias, incluindo um nível mínimo de biodiversidade e de variabilidade na estrutura, para que as espécies que compõem o ecossistema e os processos ecológicos naturais possam manter o sistema capaz de responder a eventos climáticos (Engel; Parrotta, 2003; SER, 2025).

Um dos métodos da restauração é a restauração ativa, que consiste no plantio de mudas de espécies arbóreas (Moraes et al., 2013), sistema baseado na produção dessas mudas a partir de diferentes etapas (Sturion e Antunes, 2000). Cada etapa exige diferentes condições de irrigação e insolação, de acordo com as características das espécies; as etapas incluem germinação, crescimento e aclimação ou rustificação, na qual são dadas as condições, como regas menos

frequentes, para que a muda complete o seu desenvolvimento antes da seleção final para o plantio (Sturion e Antunes, 2000; Cavalheiro et al., 2006).

Com o auxílio da restauração, a Mata Atlântica tem o potencial de recuperar até 35% de sua cobertura original e alcançar a conformidade legal para áreas ribeirinhas e de cobertura vegetal nativa estabelecido para a persistência de diferentes grupos taxonômicos no bioma (Rezende et al., 2018).

2.2 ANATOMIA VEGETAL COMO ALIADA NO PROCESSO DE RESTAURAÇÃO

Considerando que as espécies vegetais podem exibir diferentes estratégias de resistência de acordo com seus hábitos (Apgaua et al., 2017), a perda da diversidade de espécies é também a perda da diversidade funcional associada aos mecanismos de resistência a seca (Romero et al., 2023).

A água é um dos recursos de maior importância para o desenvolvimento das plantas, mas também é limitante para o seu crescimento e funcionamento, já que 97% da água absorvida é transportada pelo corpo da planta até as folhas, onde é evaporada pela transpiração, e o que resta é usado para processos metabólicos e bioquímicos (Taiz et al. 2017). Assim, a eficiência do sistema de transporte de água é muito importante para que a planta seja capaz de exercer suas funções vitais plenamente e resistir a diferentes condições ambientais.

O xilema secundário pode ser considerado um tecido complexo, pois apresenta elementos traqueais, fibras e células parenquimáticas; tem origem no câmbio e se organiza nos sistemas axial e radial, promovendo o crescimento em espessura da planta (Apezzato-da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2012). A formação do xilema secundário pode ser afetada pela disponibilidade de água (Nery et al., 2023), a disposição de seus componentes como quantidade e diâmetro de vasos e de fibras é modificada visando maior segurança e resistência contra cavitação (Keret; Drill;

Hills, 2024; Zahedi et al., 2024). A cavitação se trata de um fenômeno no qual há a formação de bolhas de ar no interior dos conduítes do xilema, levando a interrupção da continuidade da coluna de água e a diminuição da capacidade da planta de transportar água das raízes até as folhas (Hacke & Sperry, 2001).

Os padrões de distribuição dos componentes do xilema se modificam durante o desenvolvimento da planta, para que haja uma compensação entre a segurança e eficiência da condução da água; por isso, esse mecanismo é mais integrado em árvores adultas do que em mudas (Williams et al., 2025). Dessa forma, evidencia-se que o estudo da anatomia das mudas de espécies usadas em projetos de restauração pode auxiliar na compreensão das necessidades dessas espécies.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ESPÉCIES ESTUDADAS E CONDIÇÕES DE CRESCIMENTO

Foram utilizadas mudas de cinco espécies utilizadas em projetos de restauração, adquiridas no viveiro do Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas (LABRE-UEL): *Cecropia pachystachya* Trécul; *Colubrina glandulosa* Perkins; *Eugenia uniflora* L.; *Ficus adhatodifolia* Schott in Spreng; e *Genipa americana* L.

Cecropia pachystachya Trécul, planta comumente conhecida como embaúba, é pertencente à família Urticaceae (Flora e Funga do Brasil, 2025). Quanto ao grupo sucessional, a embaúba é pioneira (Carvalho, 2006; Lorenzi, 1992). Pode ser caracterizada como perenifólia, heliófita e seletiva higrófito (Lorenzi, 1992). É comum em solos úmidos em beira de matas e clareiras, tendo preferência por matas secundárias, mas também pode ser encontrada em capoeiras novas próximas a vertentes ou cursos d'água e em terrenos baixos com lençol freático superficial (Lorenzi, 1992). As maiores árvores podem chegar aos 25 metros de altura e tronco com 45 cm de diâmetro (Carvalho, 2006). É uma planta de rápido crescimento e apresenta relações importantes com outras espécies: formigas utilizam seu tronco oco como abrigo, e suas folhas e frutos são consumidos por mamíferos e aves (Lorenzi, 1992).

Colubrina glandulosa Perk., conhecida como sobrasil, pertence à família Rhamnaceae (Flora e Funga do Brasil, 2025). A planta pode variar de 5 a 20 metros de altura e 30 a 50 cm diâmetro (Carvalho, 2003). Pode ser caracterizada como decídua, heliófita e seletiva higrófito (Lorenzi, 1992). Sendo uma espécie secundária (Carvalho, 2003), é comum na mata pluvial da encosta atlântica, tendo preferência por capoeirões (matas abertas secundárias) com solos úmidos e

pedregosos e planícies quaternárias (Lorenzi, 1992). Quanto ao grupo sucessional, é uma espécie secundária inicial (Carvalho, 2003).

C. glandulosa é uma planta rústica e de fácil cultivo, além de produzir anualmente grande quantidade de sementes, sendo uma espécie que pode ser usada na recomposição de áreas degradadas (Lorenzi, 1992).

Eugenia uniflora L., conhecida como pitangueira, é uma planta da família Myrtaceae (Flora e Funga do Brasil, 2025). Segundo Carvalho (2006), a pitanga pode ser considerada uma espécie secundária inicial, tardia ou clímax, se apresentando na forma de arbusto ou árvore semidecídua. Pode ser caracterizada como heliófita e seletiva higrófito, sendo abundante em diversas regiões: se apresentam em locais de solos úmidos, regiões acima de 700 metros de altitude, planaltos do sul do Brasil e em restingas (Lorenzi, 1992).

A espécie é comumente cultivada em pomares domésticos para a produção de frutos, sendo também disseminada por pássaros, e por isso, pode ser usada em reflorestamentos, proporcionando alimento à avifauna (Lorenzi, 1992).

Ficus adhatodifolia Schott in Spreng, conhecida como figueira-vermífuga, pertence à família Moraceae (Flora e Funga do Brasil, 2025). Apresenta hábito arbóreo, podendo atingir de 8 a 30 metros de altura, (Pederneiras et al., 2017; Pelissari; Neto, 2013). Pode ser considerada uma planta perene (Bianchini et al., 2014). Encontrada em locais sombreados, na floresta ombrófila densa e mista e na floresta estacional semidecidual (Pelissari; Neto, 2013).

Seus frutos são consumidos por diversas espécies de aves e de mamíferos (Bianchini et al., 2014), além disso, seu látex é utilizado pelos povos originários como vermífugo (Carauta; Diaz, 2002), sendo assim uma espécie a ser considerada para uso em reflorestamentos.

Genipa americana L., chamada popularmente de jenipapo, é uma planta da família Rubiaceae (Flora e Funga do Brasil, 2025). Planta semidecídua, heliófita, seletiva higrófila, característica de florestas pluvial e semidecídua em várzeas úmidas e brejosas, sendo encontrada tanto em matas primárias quanto secundárias (Lorenzi, 1992). Há divergências sobre o grupo sucessional do jenipapo, sendo classificado como pioneiro, secundário inicial e secundário tardio (Carvalho, 2003). Pode atingir de 5 a 15 metros de altura e o tronco de 20 a 60 cm de diâmetro (Carvalho, 2003). Produz grande quantidade de sementes anualmente, sendo importante para uso em restauração devido seus frutos abundantes e visados como alimento para a fauna (Lorenzi, 1992).

As mudas foram cultivadas em tubetes de polipropileno com volume interno de 50 ml. O substrato utilizado é composto por cerca de 60% a 80% de composto orgânico, 20% a 40% de vermiculita, até 10% de areia lavada de rio e adubação encapsulada (Cavalheiro et al., 2006). Durante o crescimento, as mudas permaneceram no viveiro do LABRE-UEL e receberam cobertura por meio de tela “sombrite” 50%. Foram irrigadas 4 vezes por dia, cada irrigação com duração de 40 minutos.

3.2 COLETA, FIXAÇÃO E PROCEDIMENTOS ANATÔMICOS

Foram selecionadas 12 mudas de cada espécie com cerca de 50 centímetros de altura, a fim de padronizar as características anatômicas a serem analisadas. Destas mudas, as porções basais do caule foram submetidas em uma solução fixadora que paralisa os processos vitais e os de autólise, estabilizando os componentes celulares (Kraus & Arduin, 1997) para que as amostras permanecessem conservadas durante o estudo. A solução utilizada foi o FAA₅₀, um

fixador composto por formaldeído, ácido acético e etanol 50% em uma proporção de 1:1:18 (Kraus & Arduin, 1997).

Para análise anatômica dos tecidos vegetais, foram realizados cortes transversais utilizando micrótomo de deslizamento. Os cortes foram corados com azul de toluidina e montados em lâminas glicerinadas, o melhor corte de cada indivíduo foi selecionado para ser analisado.

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

As imagens usadas nas medições foram feitas por microscópio de luz com câmera acoplada. As variáveis mensuradas em cada secção histológica foram: fração da medula (%), do xilema secundário (%), do floema secundário (%), do córtex (%) e dos tecidos de revestimento (%). No xilema secundário foram estimadas as frações (%) de vasos, de fibras e de parênquima axial e radial; além da densidade ($n.mm^{-2}$) e diâmetro (μm) dos vasos. Foram observadas e mensuradas fração de fibras gelatinosas (%) em *C. glandulosa* e *F. adhatodifolia*. Todas as medições foram realizadas utilizando o programa ImageJ (<https://imagej.net/ij/>).

Foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) para avaliar a proximidade entre as espécies, indivíduos e as características anatômicas do xilema secundário analisadas. Para tal, foi utilizado o pacote FactoMineR (Le et al., 2008) no software R 4.3.0 (R Core Team 2023).

4. RESULTADOS

4.1 DESCRIÇÃO ANATÔMICA QUALITATIVA DO CAULE

As descrições anatômicas detalhadas do caule das espécies estão detalhadas na Tabela 1 e ilustradas nas figuras 1 a 5. De forma geral, as mudas das cinco espécies apresentaram periderme como tecido de revestimento, células parenquimáticas dominantes no córtex e na medula. *C. pachystachya* apresentou conteúdos de cor acastanhado escuro no interior das células parenquimáticas de todos os tecidos (Fig.1), no floema foi possível observar drusas (Fig.1c).

O floema se apresentou em diferentes níveis de diferenciação entre as espécies (Tabela 1). No xilema secundário, as espécies apresentam vasos solitários ou em agrupamentos, exceto *E. uniflora* que apresentou vasos exclusivamente solitários. Fibras gelatinosas foram observadas apenas em *C. glandulosa* e *F. adhatodifolia*. As espécies apresentaram diferentes tipos de parênquima axial, em *C. glandulosa* e *F. adhatodifolia* foram observados mais de um tipo (Tabela 1).

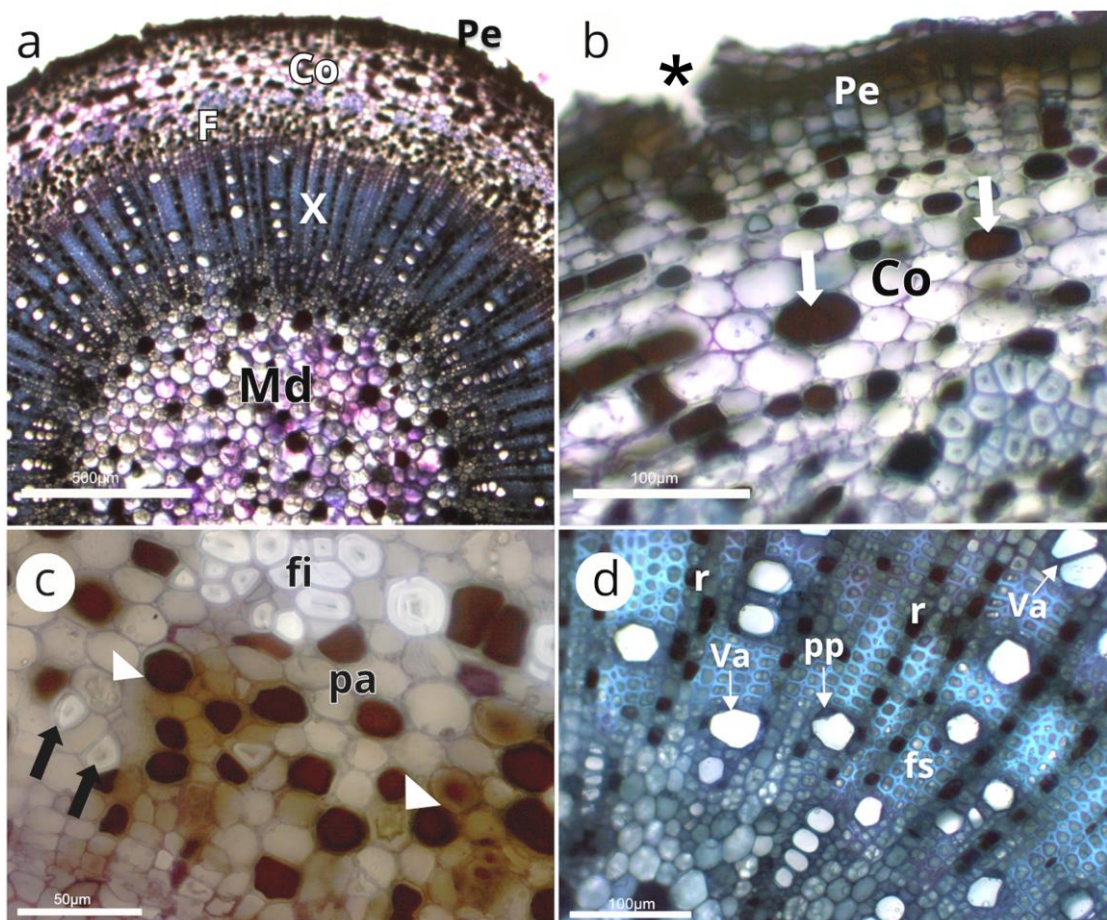
Foi possível observar amiloplastos nas células parenquimáticas do córtex, floema, xilema e medula de *C. glandulosa*, *E. uniflora* e *F. adhatodifolia*. Em *C. pachystachya* e *G. americana* os amiloplastos foram observados no xilema e na medula.

Tabela 1 – Características anatômicas do caule das mudas das espécies estudadas.

Espécie	Tecido de revestimento	Córtex	Floema	Xilema secundário					Medula	Figura
				Vasos	Fibras	Fibras gelatinosas	Parênquima radial	Parênquima axial		
<i>Cecropia pachystachya</i>	periderme	parênquima	fibras e células parenquimáticas	solitários ou agrupados	paredes delgadas	ausente	1 a 2 células de largura	paratraqueal escasso	parênquima	1
<i>Colubrina glandulosa</i>	periderme	parênquima	esclereídes, fibras, células parenquimáticas	solitários ou agrupados	paredes espessas e delgadas	presente	1 célula de largura	paratraqueal escasso e apotraqueal difuso	parênquima	2
<i>Eugenia uniflora</i>	periderme	parênquima	elementos de tubo crivado, células companheiras, fibras e células parenquimáticas	solitários	paredes espessas	ausente	2 células de largura	paratraqueal confluyente	parênquima	3
<i>Ficus adhatodifolia</i>	periderme	parênquima	elementos de tubo crivado, células companheiras, fibras e células parenquimáticas	solitários ou agrupados	paredes delgadas	presente	1 a 2 células de largura	paratraqueal escasso e apotraqueal difuso	parênquima	4
<i>Genipa americana</i>	periderme	parênquima	elementos de tubo crivado, células companheiras, fibras e células parenquimáticas	solitários ou agrupados	paredes espessas	ausente	1 a 2 células de largura	apotraqueal difuso	parênquima	5

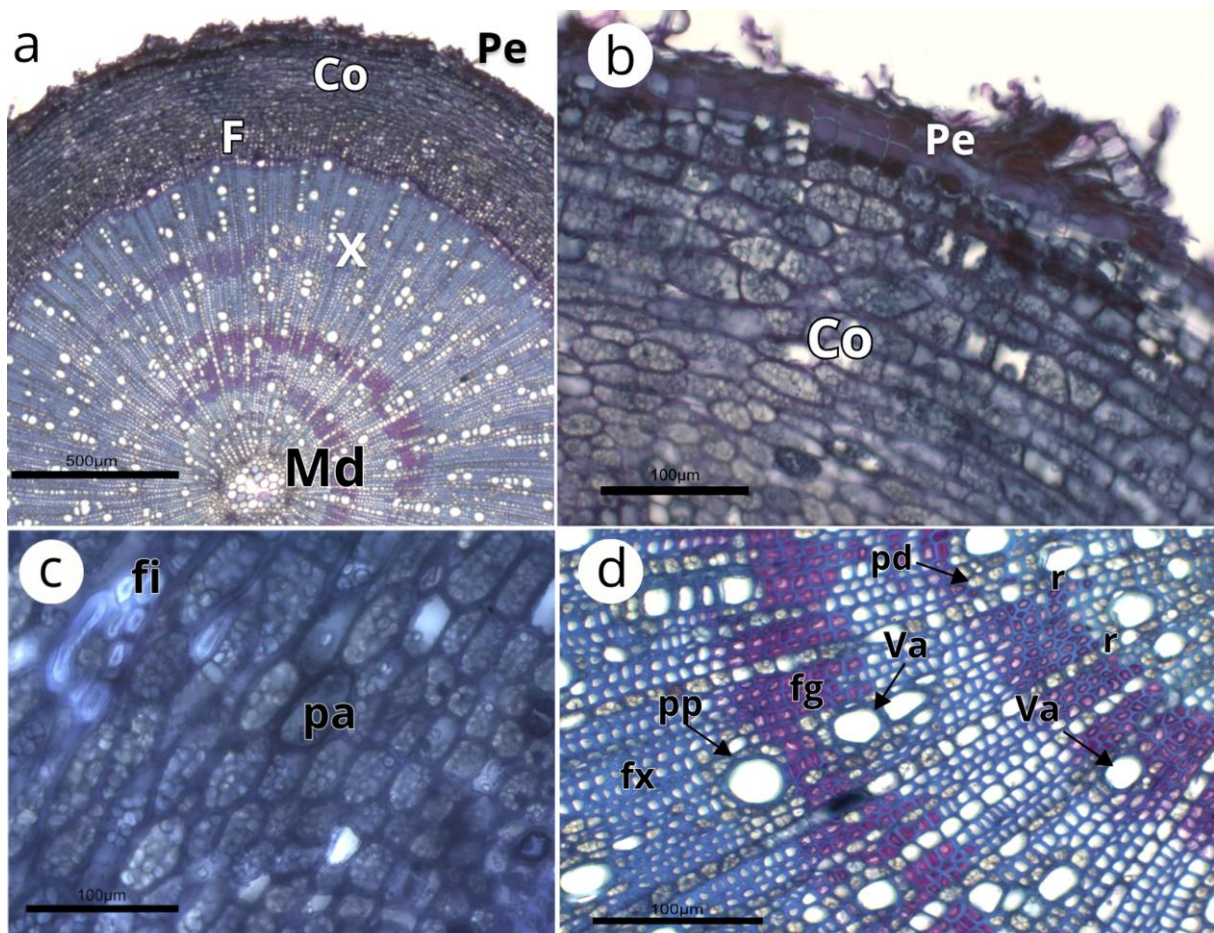
Fonte: O próprio autor.

Figura 1 - Secções transversais do caule de *Cecropia pachystachya* Trécul. a) aspecto geral do caule; b) detalhe mostrando periderme, córtex com células com conteúdo acastanhado escuro e lenticela; c) detalhe do floema com fibras e outras células esclerenquimáticas, células parenquimáticas, e drusas; d) detalhe do xilema, mostrando vasos solitários ou em pequenos agrupamentos, raios, fibras, e parênquima axial paratraqueal escasso. Legendas: [*]: lenticela; [cabeça de seta branca]: drusas; Co: córtex; F: floema; fi: fibras do floema; fs: fibras; Md: medula; pa: células parenquimáticas; Pe: periderme; pp: parênquima axial paratraqueal escasso; r: raios; [seta branca]: células com conteúdo acastanhado; [seta preta]: células esclerenquimáticas; Va: vasos; X: xilema.



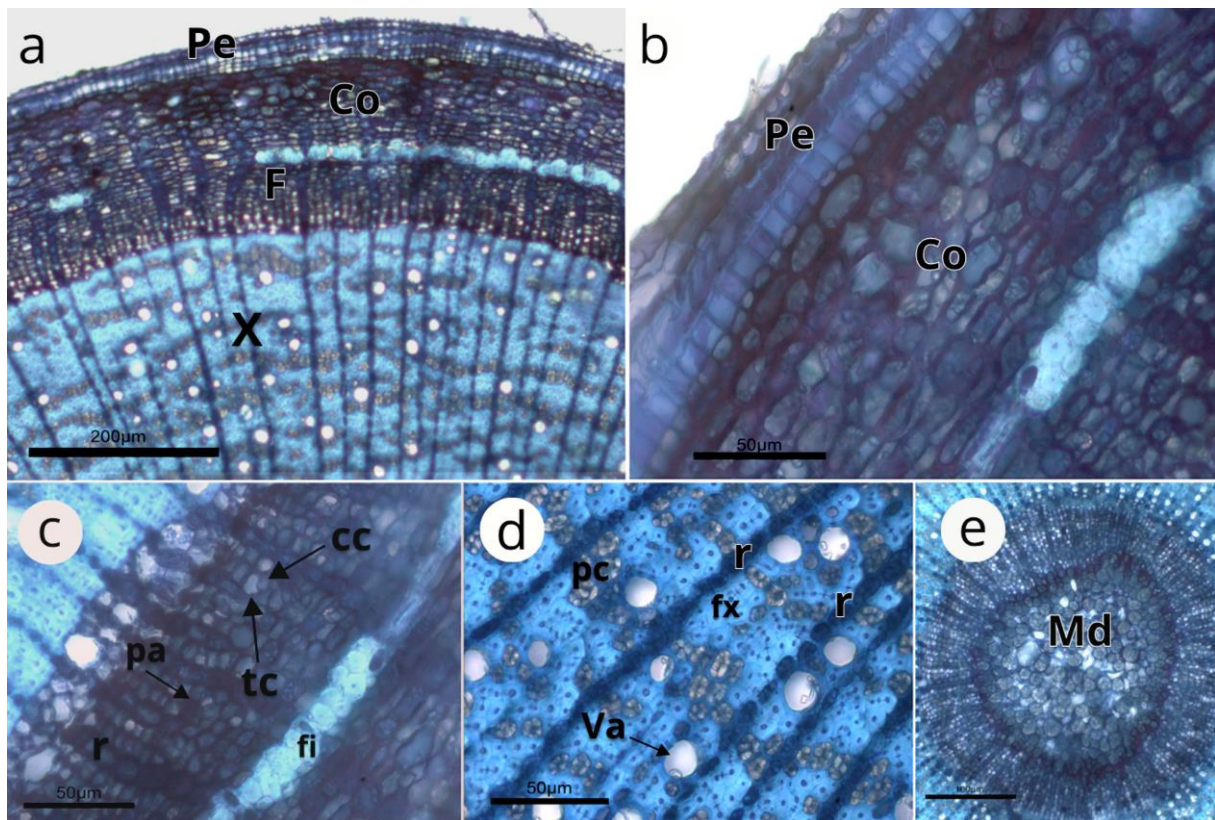
Fonte: O próprio autor.

Figura 2 – Secções transversais do caule de *Colubrina glandulosa* Perk. a) aspecto geral do caule; b) detalhe da periderme e córtex; c) detalhe do floema, mostrando fibras floemáticas e parênquima; d) detalhe do xilema mostrando vasos, raios, fibras gelatinosas, fibras, parênquima axial paratraqueal escasso e apotraqueal difuso. Legendas: Co: córtex; F: floema; fg: fibras gelatinosas; fi: fibras do floema; fx: fibras xilemáticas; Md: medula; pa: célula parenquimática; pd: parênquima axial apotraqueal difuso; Pe: periderme; pp: parênquima axial paratraqueal escasso; r: raios; Va: vasos; X: xilema.



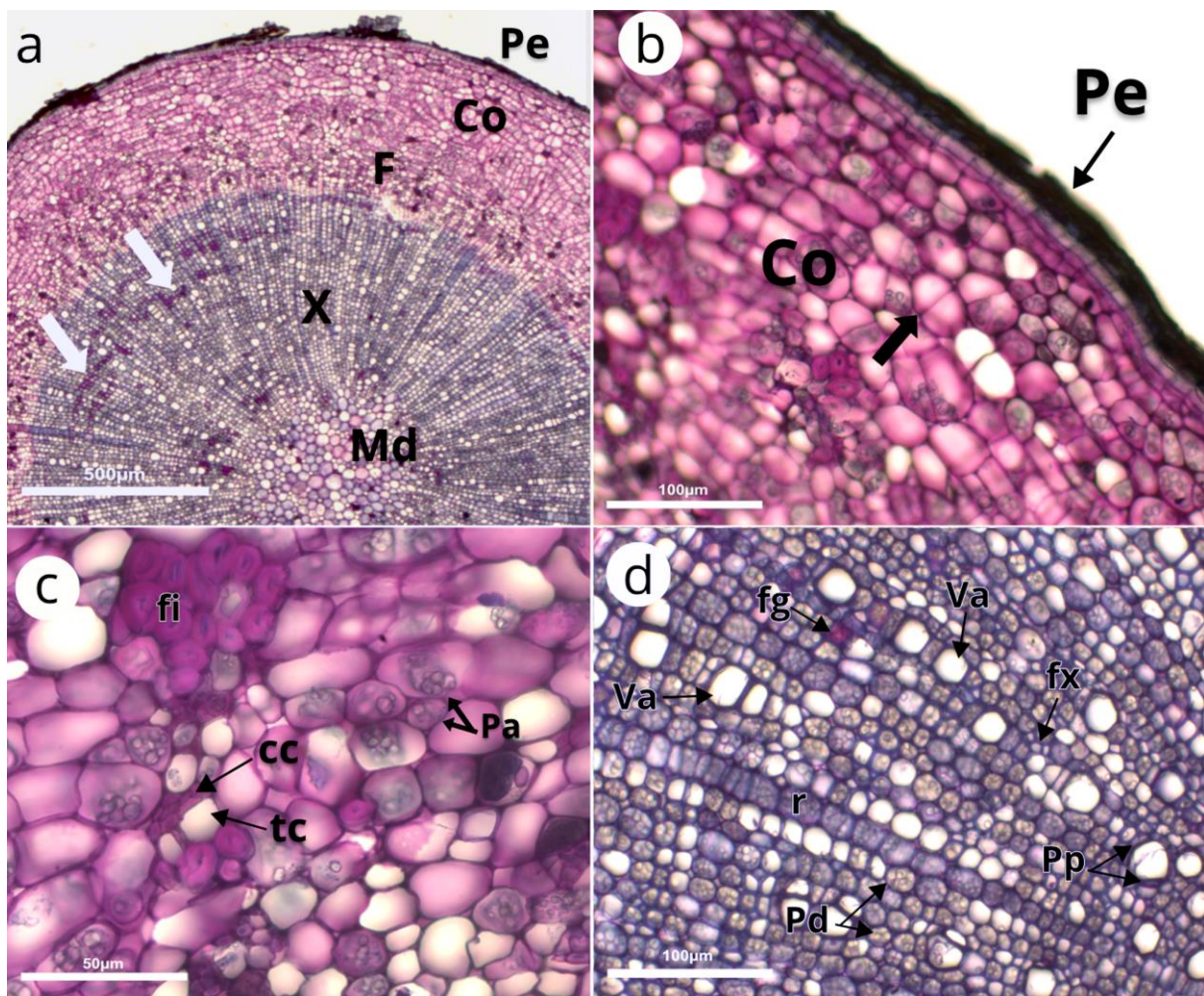
Fonte: O próprio autor

Figura 3 – Secções transversais do caule de *Eugenia uniflora* L. a) aspecto geral do caule; b) detalhe da periderme e córtex; c) detalhe do floema com fibras floemáticas, parênquima, raios, elementos de tubo crivado e células companheiras; d) detalhe do xilema mostrando vasos, raios, fibras e parênquima axial paratraqueal confluyente; e) detalhe da medula. Legendas: cc: células companheiras; Co: córtex; F: floema; fi: fibras do floema; fx: fibras xilemáticas; Md: medula; pa: célula parenquimática; pc: parênquima axial paratraqueal confluyente; Pe: periderme; tc: elementos de tubo crivado; Va: vasos; X: xilema.



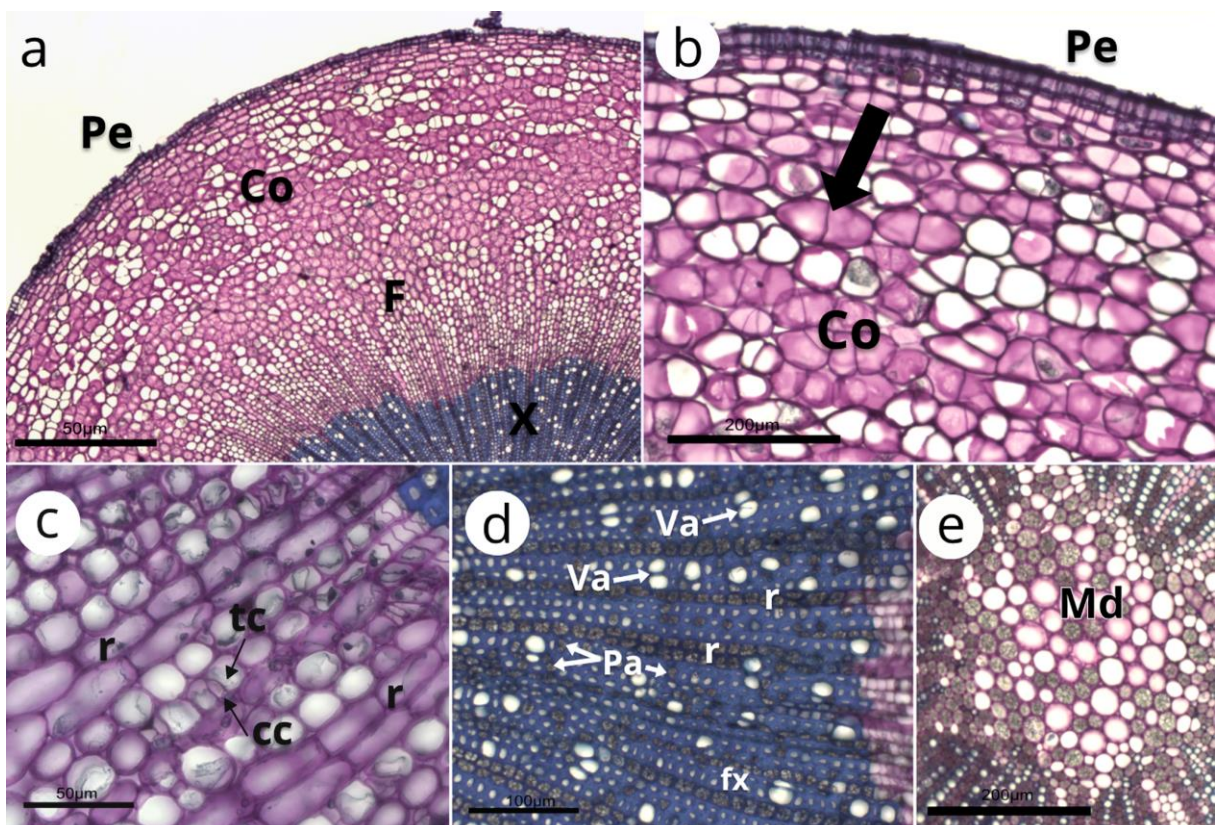
Fonte: O próprio autor.

Figura 4 – Secções transversais do caule de *Ficus adhatodifolia* Schott in Spreng. a) Aspecto geral do caule; b) detalhe mostrando periderme e córtex com células parenquimáticas em divisões anticlinais; c) detalhe do floema mostrando fibras, tecido parenquimático, elementos de tubo crivado e células companheiras; d) detalhe do xilema secundário com vasos agrupados e solitários, fibras gelatinosas, outras fibras xilemáticas, raios e parênquima paratraqueal escasso e apotraqueal difuso. Legendas: cc: células companheiras; Co: córtex; F: floema; fg: fibras gelatinosas; fi: fibras do floema; fx: fibras xilemáticas; Md: medula; pa: parênquima apotraqueal difuso; Pe: periderme; pp: parênquima axial paratraqueal escasso; r: raio; [seta preta]: células em divisão anticlinal; tc: elementos de tubo crivado; X: xilema.



Fonte: O próprio autor.

Figura 5 – Secções transversais do caule de *Genipa americana* L. a) Aspecto geral do caule; b) detalhe mostrando periderme e córtex com células parenquimáticas em divisões anticlinais; c) detalhe do floema mostrando raios, elementos de tubo crivado e células companheiras; d) detalhe do xilema secundário com vasos agrupados e solitários, raios e fibras xilemáticas e parênquima apotraqueal difuso; e) detalhe da medula. Legendas: cc: células companheiras; Co: córtex; F: floema; fx: fibras xilemáticas; Md: medula; Pa: parênquima apotraqueal difuso; Pe: periderme; r: raio; [seta preta]: células em divisão anticlinal; tc: elementos de tubo crivado; X: xilema.



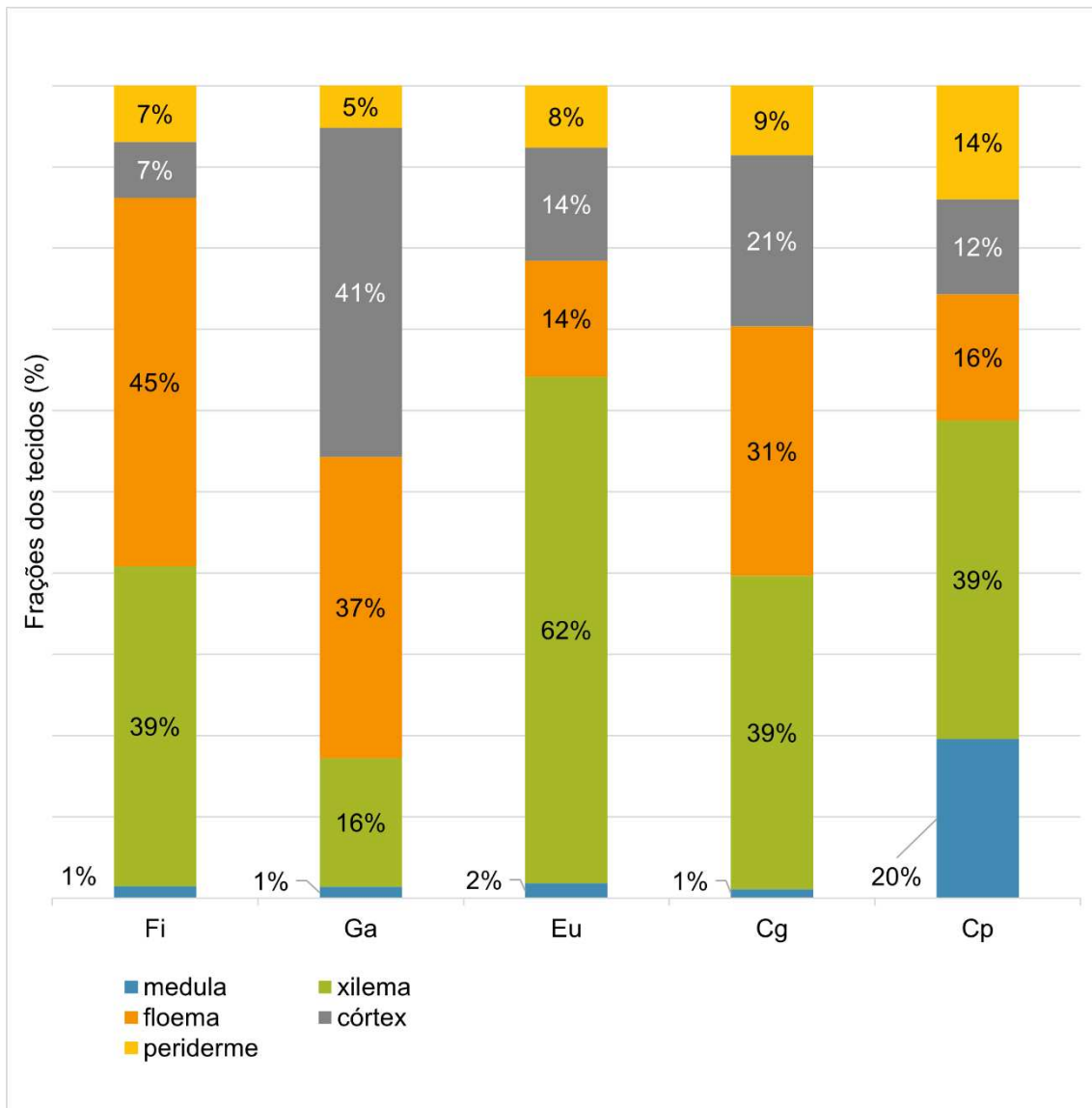
Fonte: O próprio autor.

4.2 FRAÇÕES DOS TECIDOS POR ESPÉCIE

A partir da conversão dos valores obtidos das medições (μm) em frações (%), foi possível avaliar o quanto cada espécie investiu em cada tecido (Gráfico 1). Todas as espécies apresentaram maior investimento em tecidos vasculares (*G.americana* – 53%, *C. pachystachya* – 55%, *C. glandulosa* 70%, *E. uniflora* – 76%, *F. adhatodifolia* – 84%). Nestes, *F. adhatodifolia* e *G. americana* investiram mais em floema e o restante das espécies investiram mais em xilema secundário. Especificamente no xilema secundário, *F. adhatodifolia*, *C. glandulosa* e *C. pachystachya* apresentaram frações mais próximas do tecido (39%). Em contraste, *G. americana* e *E. uniflora* representaram os extremos dessa distribuição, com 16% e 62%, respectivamente.

As espécies apresentaram frações semelhantes da medula, ocupando menos de 2% do caule, exceto *C. pachystachya* apresenta uma fração de medula de 20%. Quanto ao córtex, *G. americana* apresentou 41%, enquanto em outras espécies o tecido ocupou menos de 25% do caule.

Por fim, a fração da periderme foi menor do que 10% nas espécies, exceto *C. pachystachya* que apresentou 14%.

Gráfico 1 – Distribuições dos tecidos vegetais no caule

Fonte: O próprio autor.

4.3 COMPONENTES DO XILEMA SECUNDÁRIO

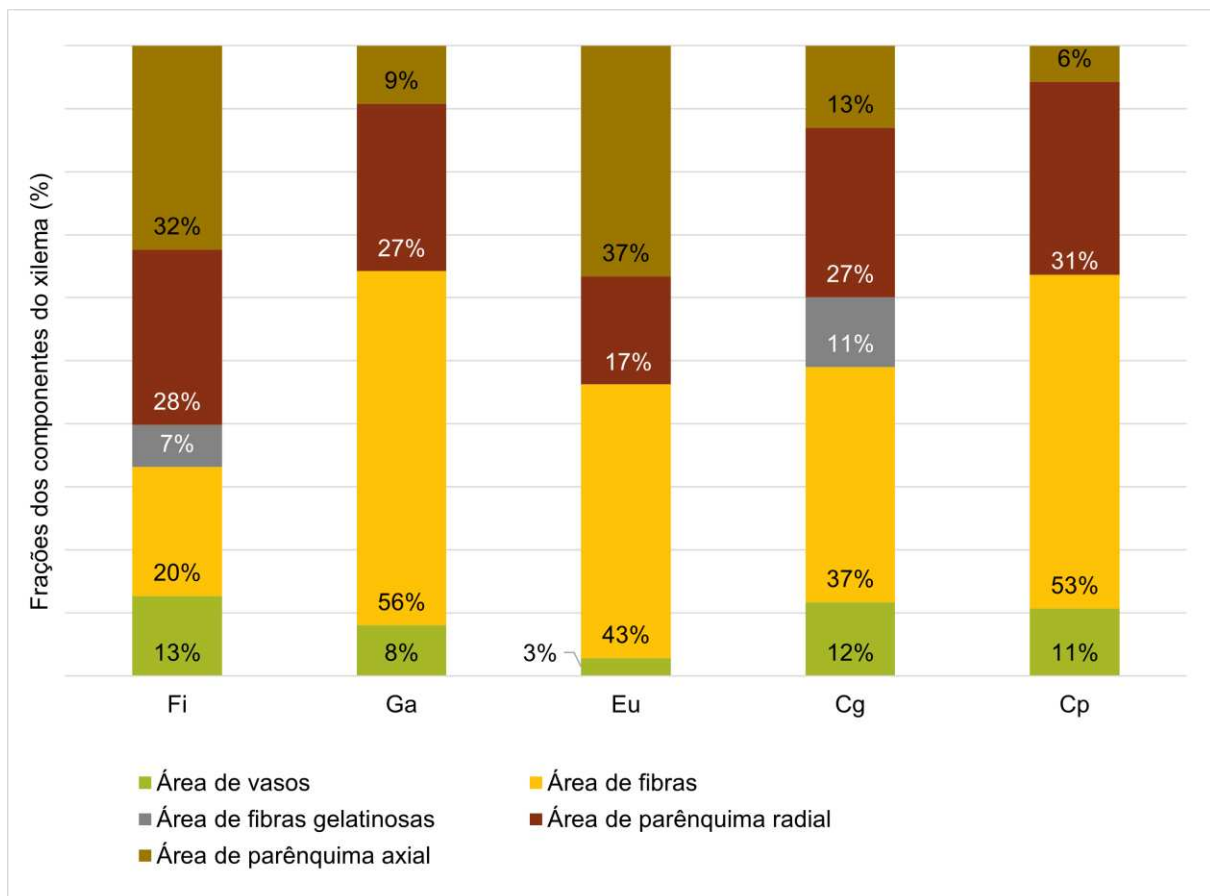
De modo geral, as espécies apresentaram maior investimento em fibras, exceto *F. adhatodifolia* que apresentou maior área de parênquima radial, seguido das fibras (Gráfico 2). Fibras gelatinosas estiveram presentes em *F. adhatodifolia* e *C. glandulosa*.

Em seguida as espécies tiveram maior investimento em ambos os

parênquimas axial e radial. Quanto aos raios, *C. pachystachya* se destaca pelo maior investimento neste tipo celular; *C. glandulosa*, *G. americana* e *F. adhatodifolia* exibiram frações próximas (em torno de 27%), e *E. uniflora* apresentou a menor fração. O parênquima axial foi abundante em *F. adhatodifolia* e *E. uniflora*, ocupando mais de 30% do xilema, seguido de *C. glandulosa*, *G. americana* e *C. pachystachya*, que apresentou apenas 6% de parênquima axial.

Os vasos foram o tipo celular com a menor fração no xilema secundário das mudas, em torno de 10 % em todas as espécies.

Gráfico 2 – Frações dos componentes do xilema secundário do caule.

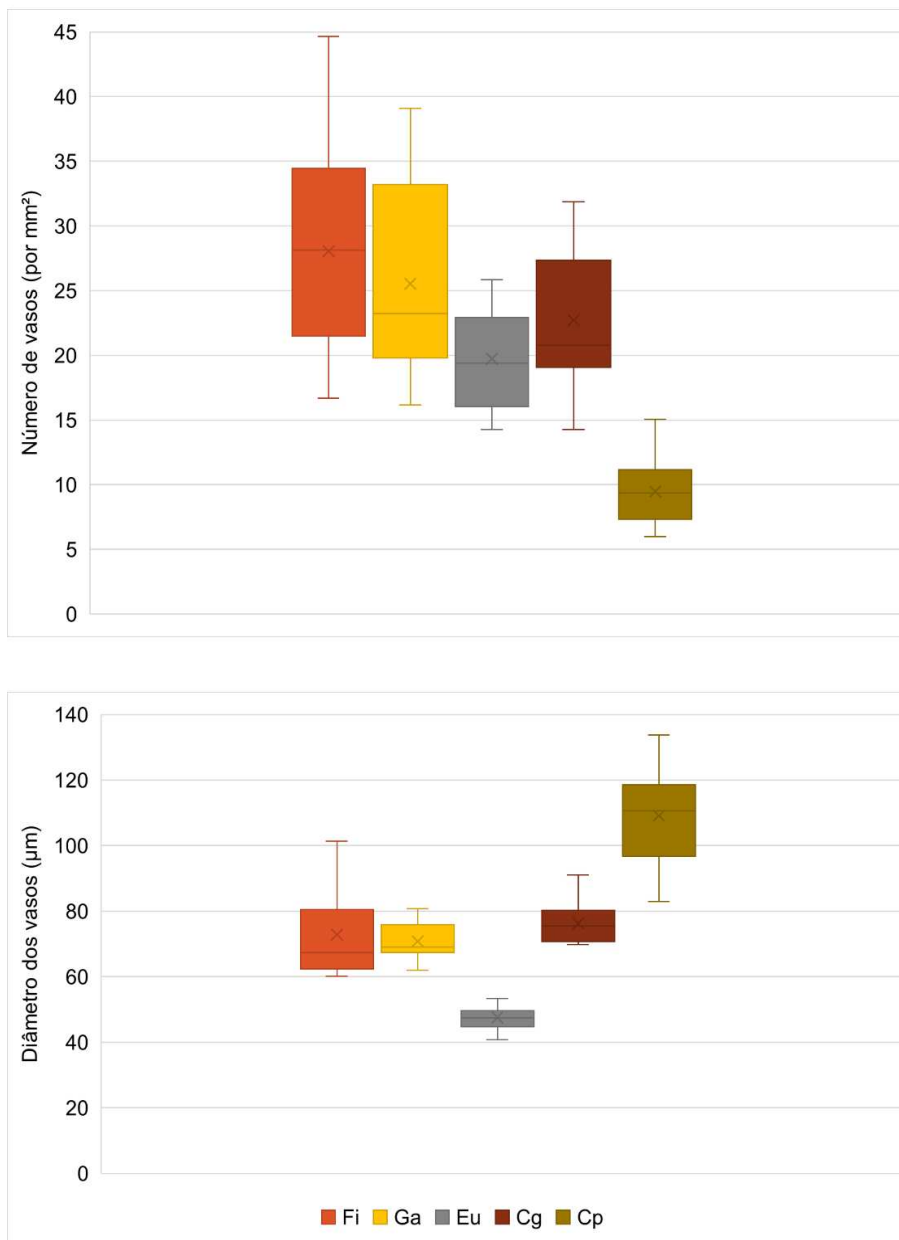


Fonte: O próprio autor.

A maioria das espécies apresentou valores do diâmetro dos vasos inversamente proporcionais aos do número de vasos por mm² (Fig. 6). Por exemplo,

enquanto *C. pachystachya* apresentou vasos mais largos e menos numerosos, *F. adhatodifolia* e *G. americana* apresentaram vasos mais estreitos, mas em maior número. *C. glandulosa* apresentou a quantidade de vasos intermediária entre as espécies, mas com diâmetros menores. *E. uniflora* apresentou vasos pouco numerosos e mais estreitos.

Figura 6 – Características dos vasos. A) Número de vasos do xilema por mm²; B) Diâmetro dos vasos do xilema (µm).

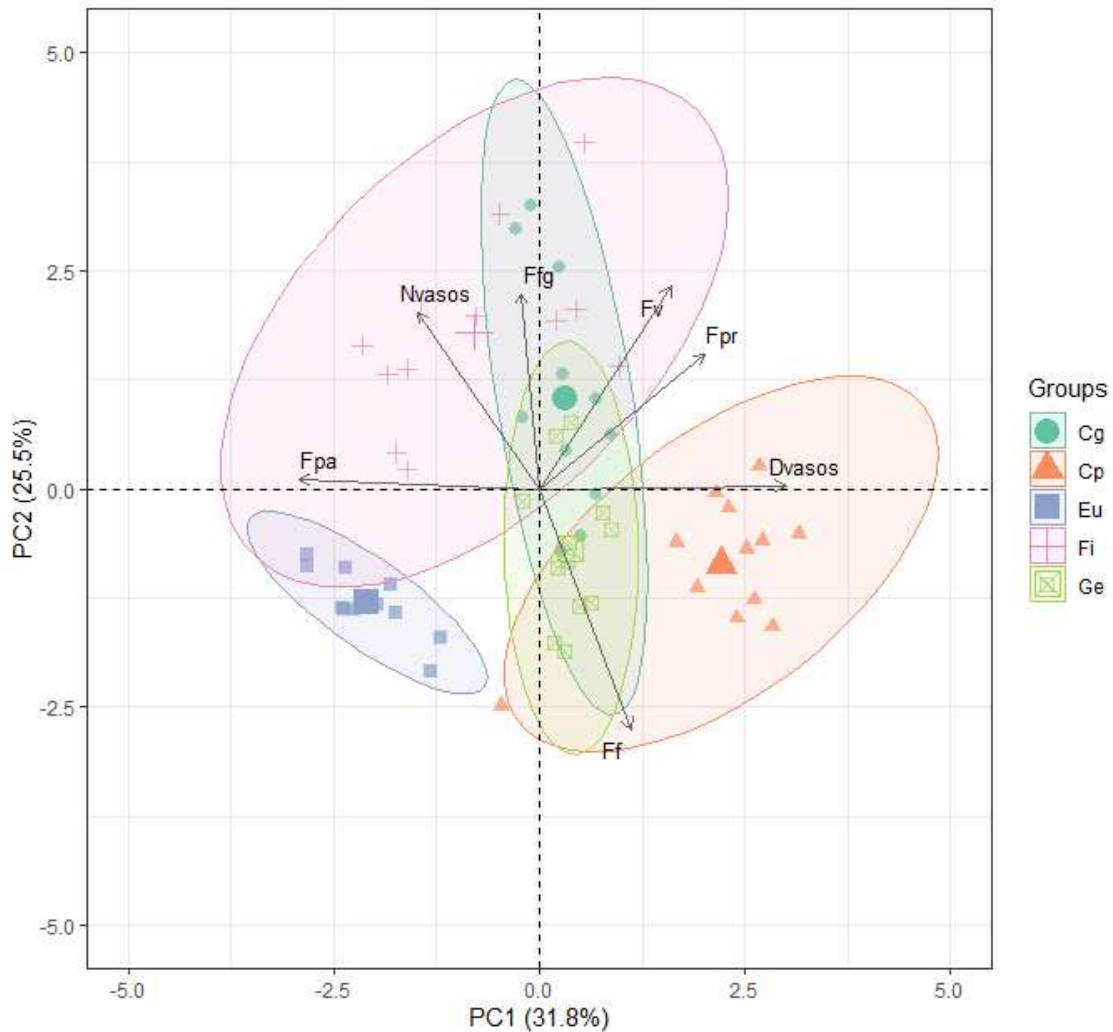


Fonte: O próprio autor.

4.4 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA)

Os dois eixos da PCA explicaram 57,3% da variação total dos dados acerca dos componentes anatômicos do xilema secundário das espécies analisadas. O primeiro eixo da PCA explicou 31,8% da variação dos dados (Gráfico 3). A fração de vasos (Fv), de fibras (Ff), do parênquima radial (Pr) e o diâmetro dos vasos (Dvasos) foram positivamente correlacionados com o eixo 1. O segundo eixo explicou 25,5% da variação dos dados e foi positivamente correlacionado com fração do parênquima axial (Fpa), número de vasos (Nvasos), fração de fibras gelatinosas (Ffg).

Gráfico 3 – Análise dos Componentes Principais (PCA) dos componentes anatômicos do xilema secundário de *Colubrina glandulosa* (Cg), *Cecropia pachystachya* (Cp), *Eugenia uniflora* (Eu), *Ficus adhatodifolia* (Fi) e *Genipa americana* (Ge). Pontos maiores indicam a média dos indivíduos por grupo. Dvasos: diâmetro dos vasos; Ff: fração das fibras; Ffg: fração de fibras gelatinosas; Fpa: Fração do parênquima axial; Fpr: fração do parênquima radial; Fv: fração dos vasos; Nvasos: número de vasos.



Quanto à disposição das variáveis, é interessante notar algumas correlações. A fração de fibras (Ff) e fração de fibras gelatinosas (Ffg) estão em direções opostas, indicando que as espécies que apresentam fibras gelatinosas (*C. glandulosa* e *F. adhatodifolia*), são espécies com menor fração de fibras. Dvasos e Nvasos também estão em direções relativamente opostas, refletindo as possíveis

compensações estruturais no xilema entre o diâmetro e o número de vasos entre as espécies.

Em relação às espécies, *Genipa americana* (Ge) e *Colubrina glandulosa* (Cg) ficaram agrupadas no espaço da PCA, sugerindo similaridade nas características anatômicas analisadas. Entretanto, *C. glandulosa* (Cg) foi mais correlacionada com fibras gelatinosas (Ffg) e *G. americana* (Ge) com a fração de fibras (Ff). Por outro lado, *C. pachystachya* (Cp) e *F. adhatodifolia* (Fi) posicionaram-se em regiões opostas, indicando diferenças na estrutura do xilema. A primeira foi altamente correlacionada com diâmetro dos vasos (Dvasos) e a segunda com número de vasos (Nvasos). *E. uniflora* (Eu) ocupou uma posição isolada, refletindo um perfil anatômico distinto das demais.

5. DISCUSSÃO

No presente estudo foram analisadas as características anatômicas caulinares de mudas de espécies vegetais que são comumente utilizadas em projetos de restauração. A partir dos resultados, foi possível observar o grau de investimento de cada espécie nos tecidos caulinares e a forma como os componentes do xilema secundário estão distribuídos. Essas informações contribuem para a compreensão da biologia das espécies ao serem relacionadas às suas características morfológicas e ecológicas, além de oferecerem subsídios para interpretar atributos associados ao estágio de desenvolvimento das mudas.

Sendo o amido uma importante fonte de energia para as plantas, a presença de amiloplastos no parênquima de todas as espécies pode ser relacionado ao fornecimento de recursos para o crescimento (Smith; Zeeman, 2020). O parênquima pode atuar como tecido de reserva de outras substâncias e nutrientes, como o amido, característico de estruturas em crescimento (Evert, 2013).

A elevada fração da medula de *C. pachystachya*, pode estar relacionada com a formação do caule fistuloso na fase adulta característica da espécie, uma vez que a lacuna desse tipo de caule é formada a partir da destruição da parte central da medula (Lorenzi, 1992; Appezzato-da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2012).

A periderme, observada em todas as espécies, constitui o tecido de revestimento de plantas com crescimento secundário, no qual há o aumento em diâmetro do caule por divisões anticlinais das células (Figs. 4b, 5b) durante a formação do tecido vascular secundário (Campilho; Nieminen; Ragni, 2020; Appezzato-da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2012). A periderme pode apresentar modificações estruturais, como as lenticelas observadas em *C. pachystachya*

(Fig.1b), que facilitam as trocas gasosas, mas que podem levar ao aumento da perda de água em ambientes mais secos (Lendzian, 2006; Campilho, Nieminen e Ragni, 2020; Appezzato-da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2012).

Foram identificados padrões de investimento nos tecidos caulinares e na composição do xilema secundário, além da formação de agrupamentos entre as espécies, indicando respostas convergentes entre elas. Essas tendências podem auxiliar na compreensão das estratégias adotadas por essas espécies, especialmente frente à menor disponibilidade hídrica.

As espécies utilizadas no presente estudo fizeram parte dos trabalhos de Rodrigues (2025) e Wasko (2024), nos quais foram feitos experimentos de restrição hídrica severa em casa de vegetação com 35 espécies vegetais nativas utilizadas em projetos de restauração. As autoras identificaram diferentes padrões de resposta entre as espécies, sendo *F. adhatodifolia* e *G. americana* as mais resistentes, com tempo médio para morte da parte aérea superior a 20 dias. A distribuição dos vasos no xilema é um fator importante para a segurança hidráulica, pois existe uma compensação entre o tamanho e a quantidade de vasos, de forma a manter o transporte de água simultaneamente seguro e eficiente (Chen et al., 2024; Hacke & Sperry, 2001). A presença de vasos de menor diâmetro e numerosos no xilema de *G. americana*, *F. adhatodifolia* pode estar associada a uma estratégia de resistência à seca, assim como a ocorrência de vasos agrupados, uma vez que, em caso de embolia, vasos próximos podem fornecer caminhos alternativos para o fluxo hídrico (Romero et al., 2023; Zahedi et al., 2024). Em contraste, os vasos mais largos de *C. pachystachya* (Fig. 6) indicam maior investimento na eficiência da condução de água, potencialmente à custa da segurança hidráulica. Tal característica é compatível com o observado por Rodrigues (2025) e Wasko (2024),

no qual *C. pachystachya* foi identificada como uma das espécies mais sensíveis ao déficit hídrico. Vasos mais largos, como os dessa espécie, são comumente descritos em plantas de ambientes com maior disponibilidade hídrica (Barros et al., 2006), o que se alinha ao fato de *C. pachystachya* ocorrer com frequência em áreas mais úmidas (Lorenzi, 1992) e apresentar tolerância ao alagamento (Batista et al., 2007).

Divergindo das outras espécies, *E. uniflora* apresentou vasos com pequeno diâmetro e em pouca quantidade (Fig. 6). Espécies que não são pioneiras tendem a apresentar estratégias mais conservadoras no xilema, ou seja, que prezam pela segurança hidráulica, com características relacionadas ao armazenamento de água (Apgaua et al., 2017; Romero et al., 2023), o que pode explicar também a maior fração de fibras e de parênquima axial no xilema de *E. uniflora* (Gráfico 2).

F. adhatodifolia e *G. americana* também apresentaram frações semelhantes de floema. Em contraste, *C. pachystachya*, a espécie menos resistente, exibindo sintomas morfológicos mais precoces e severos sob déficit hídrico, o que se refletiu em sua menor proporção de floema. Como o floema, além de transportar açúcares, também atua como tecido de armazenamento de carboidratos por meio de células parenquimáticas (De Schepper et al., 2013), uma maior fração desse tecido pode contribuir para o suprimento energético durante o estresse hídrico, o que pode favorecer a resistência à seca.

As fibras gelatinosas, observadas em *C. glandulosa* e em *F. adhatodifolia* (Tabela 1; Figs. 2d, 4a e 4d), são geralmente relacionadas com a formação do lenho de tração no caule das plantas, que ocorre em galhos ou troncos inclinados (Evert, 2013; Appezzato-da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2012). Mas também há evidências de que as fibras gelatinosas possam estar envolvidas no armazenamento de água, já que, por apresentarem alto teor de celulose, são

higroscópicas; e por isso podem reduzir a alocação de recursos para o suporte mecânico e conseqüentemente para a segurança hidráulica (Carvalho et al., 2023). Em Rodrigues (2025) as duas espécies se encontram em lados opostos quanto a resistência a seca, porém *F. adhatodifolia* apresenta características anatômicas do xilema secundário mais variadas do que *C. glandulosa*, como é possível observar na PCA (Gráfico 3), o que pode levar a um melhor desempenho de *F. adhatodifolia* quando exposta ao déficit hídrico.

Apesar dos resultados de Williams et al. (2025) indicarem que as compensações entre segurança e eficiência hidráulica se tornam mais integradas na fase adulta comparados às mudas, a partir do atual estudo, foi possível observar que as mudas já apresentam compensações, com tendências semelhantes à de plantas adultas.

6. CONCLUSÕES

As espécies analisadas apresentaram variações anatômicas importantes, que refletem estratégias distintas de sobrevivência sob condições hídricas limitantes. No estágio de mudas, observou-se o desenvolvimento de tecidos secundários associado ao armazenamento de substâncias, indicando que adaptações anatômicas relevantes já estão presentes desde as fases iniciais de crescimento. A distribuição dos componentes do xilema secundário mostrou exercer papel central na resistência ao déficit hídrico, ressaltando a importância de compreender como essas estruturas influenciam a resistência das mudas à seca.

Os resultados contribuem para o entendimento das respostas fisiológicas das espécies durante eventos de estresse hídrico, embora evidenciem a necessidade de estudos mais aprofundados sobre a anatomia do xilema secundário em mudas, além de outras características associadas a resistência ao déficit hídrico. Por fim, o conhecimento dessas estratégias é essencial para a seleção de espécies adequadas em projetos de restauração ecológica, sobretudo em ambientes sujeitos a condições hídricas limitantes.

REFERÊNCIAS

- APGAUA, D. M. G. *et al.* Plant functional groups within a tropical forest exhibit different wood functional anatomy. **Functional ecology**, v. 31, n. 3, p. 582–591, 2017.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. 3 ed. **Anatomia Vegetal**. Viçosa: Editora UFV, 2012.
- BARROS, C. F. *et al.* Tendências ecológicas na anatomia da madeira de espécies da comunidade arbórea da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, n. 3, p. 443–460, 2006.
- BATISTA, C. T. *et al.* Tolerância à inundação de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. **Acta botanica Brasílica**, v. 22, n. 1, p. 91–98, 2008.
- BIANCHINI, E. *et al.* Phenology of two *Ficus* species in seasonal semi-deciduous forest in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4 Suppl 1, p. S206–14, 2015.
- CAMPILHO, A; NIEMINEN, K.; RAGNI, L. O desenvolvimento da periderme: a fronteira final entre uma planta e seu ambiente. **Opinião atual em biologia vegetal**, v. 53, p. 10–14, 2020.
- CARAUTA, J. P. P.; DIAZ, B. E. **Figueiras no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2002.
- CARVALHO, E. C. D. *et al.* Xylem anatomical traits determine the variation in wood density and water storage of plants in tropical semiarid climate. **Flora**, v. 298, n. 152185, p. 152185, 2023.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 1 ed. Distrito Federal: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. v. 1.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 1 ed. Distrito Federal: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. v. 2.
- CAVALHEIRO, A. L. *et al.* **A Biologia na produção de sementes e mudas de espécies nativas: noções básicas**. Paraná: UEL. 2006.
- CHAZDON, R. L. Regeneração de florestas tropicais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais, Belém, v. 7, n. 3, p. 195-218, set./dez. 2012.
- CHEN, X.; LI, J., NIKLAS, K.J. *et al.* Universal trade-off between vessel size and number and its implications for plant hydraulic function. **Oecologia** **207**, 161. 2025.

DE SCHEPPER, V. *et al.* Phloem transport: a review of mechanisms and controls. **Journal of experimental botany**, v. 64, n. 16, p. 4839–4850, 2013.

DICKISON, W., L. **Integrative Plant Anatomy**. San Diego, CA, EUA: Academic Press, 2000.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. H. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: Kageyama, P. Y.; Oliveira, R. E. de; Moraes, L. F. D. de; Engel, V. L.; Gandara, F. B. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 1-26.

EVERT, R. F. **Anatomia das plantas de Esau: meristemas, células e tecidos do corpo da planta – sua estrutura, função e desenvolvimento**. Tradução de Beatriz Appezzato-da-Glória. São Paulo: Blucher, 2013.

Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 21 Nov. 2025

HACKE, U. G.; SPERRY, J. S. Functional and ecological xylem anatomy. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 4, n. 2, p. 97-115, 2001.

HOLL, K. D. **Fundamentos da Restauração Ecológica**. Mexico CDMX: Coplt-arXives, 2023.

KERET, R.; DREW, D. M.; HILLS, P. N. A regulação do tamanho das células do xilema é uma resposta adaptativa fundamental ao déficit hídrico em *Eucalyptus grandis*. **Tree physiology**, v. 44, n. 7, 2024.

KIM, H. K.; PARK, J.; HWANG, I. Investigating water transport through the xylem network in vascular plants. **Journal of Experimental Botany**, [S. l.], v. 65, n. 7, p. 1895–1904, abr. 2014.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR, 1997.

LE, S; JOSSE, J; HUSSON, F. FactoMineR: A Package for Multivariate Analysis. *J Stat Softw* 25:1–18. 2008

LENDZIAN, K. J. Survival strategies of plants during secondary growth: barrier properties of phellements and lenticels towards water, oxygen, and carbon dioxide. **Journal of experimental botany**, v. 57, n. 11, p. 2535–2546, 2006.

LINDORF, H. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. **IAWA journal**, v. 15, n. 4, p. 361–376, 1994.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. São Paulo: Editora Plantarum, 1992.

MORAES, L. F. D. de, J. M. ASSUMPÇÃO, T. S. PEREIRA, e C. LUCHIARI. **Manual Técnico Para a Restauração De áreas Degradadas No Estado Do Rio De Janeiro**. 2013.

NERY, Í. R. A. M. et al. Water availability influences both wood anatomy and laticifer density in rubber tree saplings. **Flora**, [S. l.], v. 304, p. 152-301, Jul. 2023.

PEDERNEIRAS, L. C.; COELHO, V. P. de M.; NETO, S. R. Ficus subg. Pharmacosycea sect. Pharmacosycea (Moraceae) do Brasil. **Rodriguésia**, 68(2), 445–462. 2017.

PELLISSARI, G.; NETO, S. R. Ficus (Moraceae) da Serra da Mantiqueira, Brasil. **Rodriguésia**, 64(1), 91–111. 2013.

REZENDE, C. L. et al. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, p. 208–214, 2018.

RODRIGUES, L. C. D. **Resistência à seca em mudas de espécies nativas da Floresta Estacional Semidecidual**. Tese (Mestrado). Universidade Estadual de Londrina, p. 74. 2025.

ROMERO, E.; TERRAZAS, T.; GONZÁ LEZ, E.J. et al. Wood anatomical spectrum of co-occurring species in early and late-successional tropical dry forest communities. **Trees** 37, 1609–1625. 2023.

R CORE TEAM (2023) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org/>

SALAZAR, A., et al. Deforestation changes land–atmosphere interactions across South American biomes. **Glob. Planet. Change**, 139, 97–108. 2016.

SER - Society for Ecological Restoration. 2025. What is Ecological Restoration? Disponível em: < <https://ser-rrc.org/what-is-ecological-restoration/> > . Acesso em: 21 nov. 2025.

SMITH, A. M.; ZEEMAN, S. C. Starch: A flexible, adaptable carbon store coupled to plant growth. **Annual review of plant biology**, v. 71, n. 1, p. 217–245, 2020.

STURION, J. A.; GRAÇA, L. R.; ANTUNES, J. B. M. **Produção de mudas de espécies de rápido crescimento por pequenos produtores**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 20 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 37). ISSN 1517-5278.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

WASKO, L. **Identificação visual de tolerância a seca em mudas da floresta estacional semidecidual**. 2024. 22 f. Relatório de Iniciação Científica. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

WILLIAMS, P. J. et al. Ontogenetic shifts in wood anatomy and leaf traits in tropical dry forests. **The new phytologist**, n. nph.70725, 2025.

ZAHEDI, S. M.; KARIMI, M.; VENDITTI, A.; ZAHRA, N.; SIDDIQUE, K. H. M.; FAROOQ, M. Plant Adaptation to Drought Stress: The Role of Anatomical and Morphological Characteristics in Maintaining the Water Status. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 25, p. 409-427, 2025.