

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

**ANATOMIA ECOLÓGICA DAS FOLHAS DE
Schinus terebinthifolia RADDI
RELACIONADAS COM A POEIRA DE SÍLICA**

BRUNA LAYANNA CALIARI PAULUCIO SOUZA

São Mateus/ES

Novembro/2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

**ANATOMIA ECOLÓGICA DAS FOLHAS DE
Schinus terebinthifolia RADDI
RELACIONADAS COM A POEIRA DE SÍLICA**

BRUNA LAYANNA CALIARI PAULUCIO SOUZA

Monografia de conclusão de curso apresentada ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de BACHAREL EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS.

Orientador: Elisa Mitsuko Aoyama

São Mateus/ES

Novembro/2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: BRUNA LAYANNA CALIARI PAULUCIO SOUZA

Título: **ANATOMIA ECOLÓGICA DAS FOLHAS DE
Schinus
terebinthifolia RADDI RELACIONADAS A POEIRA DE SÍLICA**

**Monografia do Curso de Ciências Biológicas (Bacharelado) Defendida e
aprovada em 28/11/23**

Com nota 10 (dez) pela comissão julgadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br ELISA MITSUKO AOYAMA
Data: 12/12/2023 15:04:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientadora e presidente da Comissão Examinadora

Profa. Dra. Elisa Mitsuko Aoyama (Universidade Federal do Espírito
Santo)

Examinador 1

Profa. Dra. Monica Maria Pereira Tognella (Universidade Federal do Espírito Santo)

Marcel Melo Mender

Examinador 2

Prof. Me. Marcel Melo Mender (SEDU – Secretaria Estadual de Educação)

Centro Universitário Norte do Espírito Santo

Rodovia BR 101 Norte, Km. 60, Bairro Litorâneo, CEP
29932-540 São Mateus - ES

Sítio eletrônico: <http://www.ceunes.ufes.br>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO
SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por MONICA MARIA PEREIRA TOGNELLA - SIAPE 1545489 Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas - DCAB/CEUNES Em 12/12/2023 às 11:20

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link: <https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/854245?tipoArquivo=O>

À minha avó, Altanira

Ded

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pelas bênçãos derramadas durante toda essa trajetória e pela força que a fé Nele me proporcionou.

Agradeço a Universidade Federal do Espírito Santo - CEUNES pela oportunidade, infraestrutura, incentivos e bolsas concedidas durante esses anos.

Agradeço imensamente a minha orientadora Elisa Mitsuko Aoyama, por ser muito além de professora/orientadora. Agradeço pelos conselhos, pela paciência, pelo incentivo, pela ajuda nos momentos difíceis, por tudo que me ensinou, continua e acredito que continuará me ensinando. Agradeço por me acolher no laboratório de botânica e me mostrar quão bonita é a ciência e por não duvidar em nenhum momento da minha capacidade apesar de algumas limitações.

À professora Karina Mancini que no início da faculdade, com a descoberta da minha gravidez, me ajudou, acolheu, ouviu e me deu conselhos que levo até hoje.

Agradeço ao professor Guilherme Antar pela oportunidade de ser monitora de suas disciplinas.

Agradeço a professora Monica Tognella pela oportunidade de estágio em seu laboratório onde pude aprender e me apaixonar ainda mais pela Biologia.

Ao professor Antelmo Falqueto, pela contribuição neste trabalho, pelo empréstimo de aparelhos e por sempre estar à disposição para retirar minhas dúvidas e me auxiliar.

Ao Lucas técnico do laboratório de Botânica, por toda ajuda e tudo que me ensinou.

Agradeço a minha família, pelo apoio em todos os momentos, por ser meu refúgio e minha base durante essa trajetória. A minha avó Altanira por em nenhum momento sair do meu lado, me ajudar a melhorar sempre, sem ela isso tudo seria mais difícil. A minha mãe Adriana e meu padrasto Danilo, pelo incentivo, apoio financeiro, por acreditarem no meu potencial e tornar os meus sonhos realidades. A minha tia Andreia por toda ajuda e apoio. Aos demais familiares que de forma indireta também participaram dessa jornada, meus sinceros agradecimentos.

À minha filha Aurora, que me acompanha desde o início sem nem que eu imaginasse, obrigada por existir, minha filha, você é meu incentivo e minha motivação diária.

Ao meu namorado Arthur pelo companheirismo, carinho e amor, por todo apoio e incentivo.

As minhas amigas Ana Larissa e Luana que foram presentes de Deus em minha vida, agradeço por todos os momentos juntas, bons ou ruins que sempre permanecemos juntas. Minha amiga Maria Isabel que desde a infância pude contar e ainda posso.

Aos meus amigos Andre, Ana Paula e Korina por fazerem essa trajetória mais leve e especial.

Aos meus amigos de laboratório.

Aos demais professores que contribuíram para minha formação.

Aos membros dessa banca por aceitarem o convite e contribuírem com o aperfeiçoamento do meu trabalho.

RESUMO

Em diversos estudos *Schinus terebinthifolia* Raddi, nativa do Brasil, conhecida popularmente, como aroeira-vermelha é apontada como uma espécie que tolera diversos ambientes estressantes e é indicada para a restauração de áreas degradadas. O presente estudo tem como objetivo a compreensão e comparação da morfobiometria, anatomia, histoquímica e fisiologia de folhas de *S. terebinthifolia* situada em uma área que recebe direto impacto da poeira de sílica proveniente de uma pedreira e em uma área controle. Foram selecionadas 75 folhas de cada ambiente, todo material foi medido e fixado para as etapas laboratoriais. Secções transversais foram realizados no pecíolo, nervura central e limbo para mensuração dos tecidos e descrição, além disso, secções paradermicas para cálculo de densidade estomática. Os testes histoquímicos foram realizados para detecção de lipídeos, mucilagem, compostos fenólicos e lignina. Para a análise da fluorescência da clorofila *a* foi utilizado um fluorômetro portátil e, V_J , ϕP_0 , ϕE_0 , ϕD_0 , ABS/RC , DI_0/RC , RC/CS_0 e PI_{ABS} foram os parâmetros selecionados. Todos os dados qualitativos foram submetidos ao Teste T ou Mann-Whitney. Os resultados apontaram que a anatomia descritiva permaneceu a mesma nos dois ambientes, porém a espessura dos tecidos apresentou diferenças significativas, os dados biométricos e anatômicos revelaram que as folhas situadas na pedreira investem em maior área foliar enquanto as do controle em espessura, as análises histoquímicas comprovaram que as plantas da pedreira apresentam menos lignina e não possuem amido e mucilagem nas partes estudadas, além disso, possuem menor densidade estomática, os dados fisiológicos demonstraram que a poeira de sílica pode ser um fator estressante para espécie, mas não impede que o processo fotossintético aconteça. Concluiu-se que *Schinus terebinthifolia* é uma espécie tolerante aos ambientes que são impactados pela poeira de sílica e devido a isso pode ser utilizada em reflorestamento ou restauração de áreas de pedreiras por exemplo.

Palavras-Chaves: Aroeira, material particulado, poluição.

ABSTRACT

In various studies, *Schinus terebinthifolia* Raddi, native to Brazil and popularly known as Brazilian pepper tree or "aroeira-vermelha," has been identified as a species that tolerates various stressful environments and is recommended for the restoration of degraded areas. This study aims to understand and compare the morphobiometry, anatomy, histochemistry, and physiology of *S. terebinthifolia* leaves in an area directly impacted by silica dust from a quarry and in a control area. Seventy-five leaves were selected from each environment, and all materials were measured and prepared for laboratory procedures. Cross-sectional analyses were performed on the petiole, midrib, and leaf blade to measure tissues and provide descriptions. Additionally, paradermal sections were made to calculate stomatal density. Histochemical tests were conducted to detect lipids, mucilage, phenolic compounds, and lignin. A portable fluorometer was used to analyze chlorophyll fluorescence, and various parameters were selected, including VJ, $\phi P0$, $\phi E0$, $\phi D0$, ABS/RC, DI0/RC, RC/CS0, and PIABS. All qualitative data were subjected to the T-test or Mann-Whitney test. The results indicated that descriptive anatomy remained the same in both environments, but tissue thickness showed significant differences. Biometric and anatomical data revealed that leaves in the quarry invested more in leaf area, while those in the control area invested in thickness. Histochemical analyses confirmed that plants in the quarry had less lignin and lacked starch and mucilage in the studied parts. Additionally, they exhibited lower stomatal density. Physiological data demonstrated that silica dust could be a stressful factor for the species but did not prevent the photosynthetic process. In conclusion, *Schinus terebinthifolia* is a species tolerant to environments impacted by silica dust and can be used in reforestation or the restoration of quarry areas, for example.

Keywords: Aroeira, particulate matter, pollution.

SUMÁRIO DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa das localizações das coletas das folhas de *Schinus terebinthifolia* Raddi em Colatina-ES. a) mapa da cidade de Colatina-ES; b) mapa com os pontos de coletas; c) pedreira; d) bairro Noemia Vitali; e) bairro Luiz Iglesias; f-g) Córrego Estrela..... 15
- Figura 2.** Folhas de *Schinus terebinthifolia* Raddi. 19
- Figura 3.** Folíolos assimétricos de *Shinus terebinthifolia* Raddi. a) folíolos da pedreira; b) folíolos do controle..... 21
- Figura 4.** Deposição de poeira nas folhas de *Schinus terebinthifolia* Raddi localizadas na pedreira.21
- Figura 5.** Anatomia da nervura central de *Schinus terebinthifolia* Raddi na pedreira e na área controle. As imagens A-C-E-G-I representam as folhas com deposição de poeira e as demais do controle. A-B: evidencia o formato biconvexo da nervura central; C-D: cut: cutícula, col: colênquima, pp: parênquima paliçádico; E: xl: xilema; F: xl: xilema, fl: floema, * canal secretor; G: fl: floema; H: * canal secretor; I, cr: cristal de oxalato de cálcio do tipo drusa, cut: cutícula; J: cr: cristal de oxalato de cálcio do tipo drusa, cut: cutícula. Escala: 100µm.....25
- Figura 6.** Anatomia do limbo de *Schinus terebinthifolia* Raddi na pedreira e na área controle. As imagens de A-C-E-G representam as folhas com deposição de poeira e as demais são do controle. A-B: extensão do limbo; C-D: cut: cutícula, cr: cristais de oxalato de cálcio do tipo drusa, E-F: ep: epiderme, hip: hipoderme; cr: cristais de oxalato de cálcio do tipo drusa, pp: parenquima paliçádico; G-H: pl: parênquima lacunoso, est: estômatos. Escala: 100µm.....30
- Figura 7.** Vista paradérmica do limbo de *Schinus terebinthifolia* Raddi nas duas áreas estudadas. A-B: epiderme adaxial mostrando a ausência de estômatos no controle e na pedreira respectivamente. C-D: estômatos de *S. terebinthifolia*. Escala 50µm.....31
- Figura 8.** Anatomia do pecíolo de *Schinus terebinthifolia* Raddi na área da pedreira e na área controle. As figuras A-C-E-G-I representam as folhas com deposição de poeira e as demais do controle. A-B: pecíolo; C-D: col: colênquima, escl: esclerênquima, cut: cutícula; E-F: fl: floema, xl: xilema; G-H: rm: região medular; I-J: *canal secretor. Escala: 100µm.....35
- Figura 9.** Estômatos de *Schinus terebinthifolia* Raddi. a) estômatos da pedreira; b) estômatos do controle.....38
- Figura 10.** Resultados positivos dos testes histoquímicos em *Schinus terebinthifolia* Raddi na pedreira e no local controle. 1,2,3: controle, pecíolo, nervura central e limbo sem corantes ou reagentes. a, b, c, d, e: resultados positivos para lipídeos nas folhas pedreira (a: epiderme do

pecíolo; b: epiderme adaxial nervura centra; c: epiderme abaxial nervura central; d-e: limbo); f, g ,h, i, j: resultados positivos para lipídeos nas folhas do controle (f: epiderme do pecíolo; g: epiderme adaxial nervura centra; h: epiderme abaxial nervura central; i-j: limbo); k, l, m, o: resultados positivos para compostos fenólicos nas folhas da pedreira (k-l: pecíolo; l-m: nervura central; o: limbo); p, q, r, s, t: resultados positivos para compostos fenólicos nas folhas da pedreira (p-q: pecíolo; r-s: nervura central; t: limbo); u, v, w, x: resultados positivos para lignina nas folhas da pedreira (u-v: pecíolo; w-x: nervura central); y, z, aa, ab: resultados positivos para lignina nas folhas do controle (y-z: pecíolo; aa-ab: nervura central).....41

SUMÁRIO DE TABELAS

Tabela 1. Dados biométricos de <i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi na pedreira e na área controle.....	22
Tabela 2. Medidas das epidermes e número de canais da nervura central de <i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi na pedreira e no controle.....	26
Tabela 3. Medidas dos tecidos do limbo de <i>Shinus terebinthifolia</i> Raddi na pedreira e no controle.....	32
Tabela 4. Medidas dos tecidos do pecíolo de <i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi.....	36
Tabela 5. Densidade estomática das folhas de <i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi na pedreira e no controle.....	38
Tabela 6. Testes histoquímicos realizados em secções transversais das folhas de <i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi nas duas áreas estudadas.....	38-41
Tabela 7: Valores encontrados na fluorescência da clorofila <i>a</i> nos parâmetros selecionados nas folhas de <i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi.....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBETIVOS	16
2.1	Objetivo geral	16
2.2	Objetivos específicos	16
3	MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1	Área de estudo	16
3.2	Coleta do material	17
3.3	Caracterização morfológica e análises biométricas	18
3.4	Análises anatômicas	18
3.5	Análise de densidade estomática	18
3.6	Análises histoquímicas	19
3.7	Análises da fluorescência da clorofila <i>a</i>	19
3.8	Análises estatísticas	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1	Caracterização morfológica e análises biométricas	20
4.2	Análises anatômicas	25
4.3	Análises de densidade estomática	38
4.4	Análises histoquímicas	39
4.5	Análises da fluorescência da clorofila <i>a</i>	44
5	CONCLUSÕES	47
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

As atividades de mineração, sejam elas de grande ou pequeno porte, exigem a remoção do material da crosta terrestre, o que resulta na degradação do meio ambiente através de escavação, detonação, transporte, acumulação e outras diversas maneiras (Pericak *et al.*, 2018; Kayet *et al.*, 2019). Embora a mineração tenha um papel importante para a economia do país, o transporte de minérios metálicos, como óxidos, carbonatos ou sulfetos, pode causar um acúmulo de poeira principalmente nas folhas das plantas prejudicando-as (Kayet *et al.*, 2019), proximidades de pedreiras e construções civis são os locais mais propícios para acúmulo especificamente da poeira de sílica.

As poeiras consistem em uma determinada quantidade de materiais sólidos reduzidos a pequenas partículas que se depositam em superfícies através da suspensão ar. Os impactos da deposição do material particulado sobre a vegetação dependem da sua composição química, estrutura e da intensidade e distância da fonte emissora, bem como da morfologia foliar, do grau de tolerância da planta e do ecossistema, da topografia e das condições climáticas locais, além do estágio de crescimento e disponibilidade de recursos (Farmer, 1993; Grantz *et al.*, 2003).

A deposição de poeira nas folhas pode afetar o desenvolvimento das plantas, por meio de efeitos físicos como o bloqueio da luz, abrasão, aquecimento foliar e alterações nas trocas gasosas (Farmer, 1993; Hirano *et al.*, 1995; Grantz *et al.*, 2003; Pereira *et al.*, 2009); ou por efeitos químicos decorrentes da sua entrada no mesófilo, usualmente através dos estômatos ou de fissuras na cutícula (Watmough *et al.*, 1999; Lau *et al.*, 2001), além de alterações fisiológicas, como queda na taxa de transpiração estomática e cuticular e da concentração de clorofila (Singh *et al.*, 1981), alterações anatômicas, como diminuição da densidade estomática (Prasad *et al.*, 1990; Panes *et al.*, 1991), e até mesmo redução do processo fotossintético (Lal *et al.*, 2001, Ambasht, 1982).

Segundo Farmer (1993), as respostas fisiológicas revelam muitas rotas diferentes de ação através da qual a poeira pode afetar as plantas e existem vários fatores que interferem na quantidade de um poluente absorvido por elas, dentre radiação, condições atmosféricas, temperatura, umidade do ar, precipitação, vento, umidade, nutrientes, pH, além dos fatores endógenos da planta, tais como a resistência da espécie.

As espécies se diferem na sensibilidade e na capacidade de adaptação quando expostas a poluição ou perturbações (Gratani *et al.*, 2000). Por ser sensível às contaminações, mas ao mesmo tempo resistente, destaca-se *Schinus terebinthifolia* Raddi,

espécie conhecida popularmente como aroeira, aroeira-vermelha, aroeira-mansa, aroeira-branca e árvore-da-pimenta, entre muitos outros nomes (Baggio, 1988; Lorenzi, 1992). É caracterizada por apresentar folhas compostas, alternas, imparipinadas, suas flores são brancas e melíferas, de tamanho bastante reduzido, reunidas em cachos terminais (Bujokas *et al.*, 2009), os frutos globosos são de coloração vermelho vivo a purpúreo ou rosa forte e se encontram agrupados em cachos (Lorenzi, 1992). É encontrada em regiões com elevado índice de incidência de raios solares, podendo ser localizada à beira de rios e córregos, desenvolvendo-se em solos secos e com déficit de nutrientes e minerais (De Souza; Reis, 2018), e é amplamente disseminada por pássaros, o que explica a sua fácil regeneração natural (Bujokas *et al.*, 2009). Com grande plasticidade ecológica, se distribui desde o Nordeste do Brasil, passando pelos cerrados, chegando ao Rio Grande do Sul e estendendo-se até a Argentina e Paraguai (Baggio, 1988). É bastante utilizada nas indústrias farmacêuticas, de cosméticos, alimentícias, estéticas, entre outras, e sua importância foi desencadeada a partir da utilização, por populações nativas, no tratamento caseiro de várias patologias (Strapasson *et al.*, 2002; De Sales *et al.*, 2017).

A aroeira, *S. terebinthifolia*, já apresentou diferentes mecanismos de reação ao impacto da poeira, por exemplo, no trabalho de Bujokas *et al.* (2009), em que a poeira de cimento atuou como um fator estressante para os indivíduos contaminados, entretanto, a espécie alcançou a fase adulta. Trabalhos mais atuais confirmam sua grande capacidade de tolerar ambientes estressantes, não apresentando respostas morfológicas como assimetria flutuante foliar, visto em Costa *et al.* (2022).

Recuperar uma área afetada pelas atividades de mineração exige o conhecimento de vários fatores, a fim de estabelecer quais as técnicas devem ser aplicadas, tendo como objetivo restabelecer a vegetação (Almeida, Sánchez, 2005). Espécies que conseguem perpetuar em áreas que sofrem este tipo de degradação podem ser consideradas resistentes e, conseqüentemente, utilizadas em projetos envolvendo a recuperação destas áreas (Lopes, 2016). Neste sentido, verifica-se a necessidade de conhecer as respostas anatômicas, bioquímicas e fisiológicas principalmente de espécies nativas, encontradas sob condições de poluição por poeira, a fim de verificar a tolerância e seletividade em ambientes impactados, contribuindo desta forma, para trabalhos envolvendo biomonitoramento e biorremediação (Lizieri *et al.*, 2012).

Tendo em vista que existem poucos trabalhos que abrangem as características de *S. terebinthifolia* e que as relaciona com a poeira, o presente trabalho irá contribuir para a descrição dos caracteres das folhas de *S. terebinthifolia*, impactadas pela poeira de sílica

proveniente de uma pedreira, comparando com folhas de plantas de um local controle. Dessa forma, trará informações sobre características estruturais, biométricas, anatômicas, histoquímicas e fisiológicas relacionadas com a tolerância ou suscetibilidade da planta frente a estas condições adversas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar os aspectos biométricos, morfológicos, anatômicos, histoquímicos e fisiológicos das folhas de *Schinus terebinthifolia* coletadas em uma área impactada pela poeira de sílica proveniente de uma pedreira e em uma área controle.

2.2 Objetivos específicos

- Descrever a morfobiometria das folhas ocorrentes em uma área controle e em torno de uma pedreira;
- Descrever a anatomia do pecíolo, nervura central e do limbo e determinar a espessura dos tecidos dos folíolos das folhas;
- Detectar a presença ou ausência dos constituintes químicos do pecíolo, nervura central e do limbo em cada tecido;
- Comparar a densidade estomática nas folhas das duas áreas estudadas;
- Avaliar parâmetros específicos da fluorescência da clorofila *a* das folhas nos dois ambientes;
- Determinar os impactos da poeira na superfície foliar.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O material foi coletado em uma pedreira, localizada no bairro Barbados (19°32'17"S 40°34'16"O), e em outras localidades sem a influência da pedreira (19°54'89"52 40°65'03"57) (19°54'51"12 40°66'81"99) (19°48'86"14 40°64'62"30) (19°49'76"98 40°65'02"41), sendo toda a coleta realizada na cidade de Colatina – ES no período de dezembro de 2022 a maio de 2023.

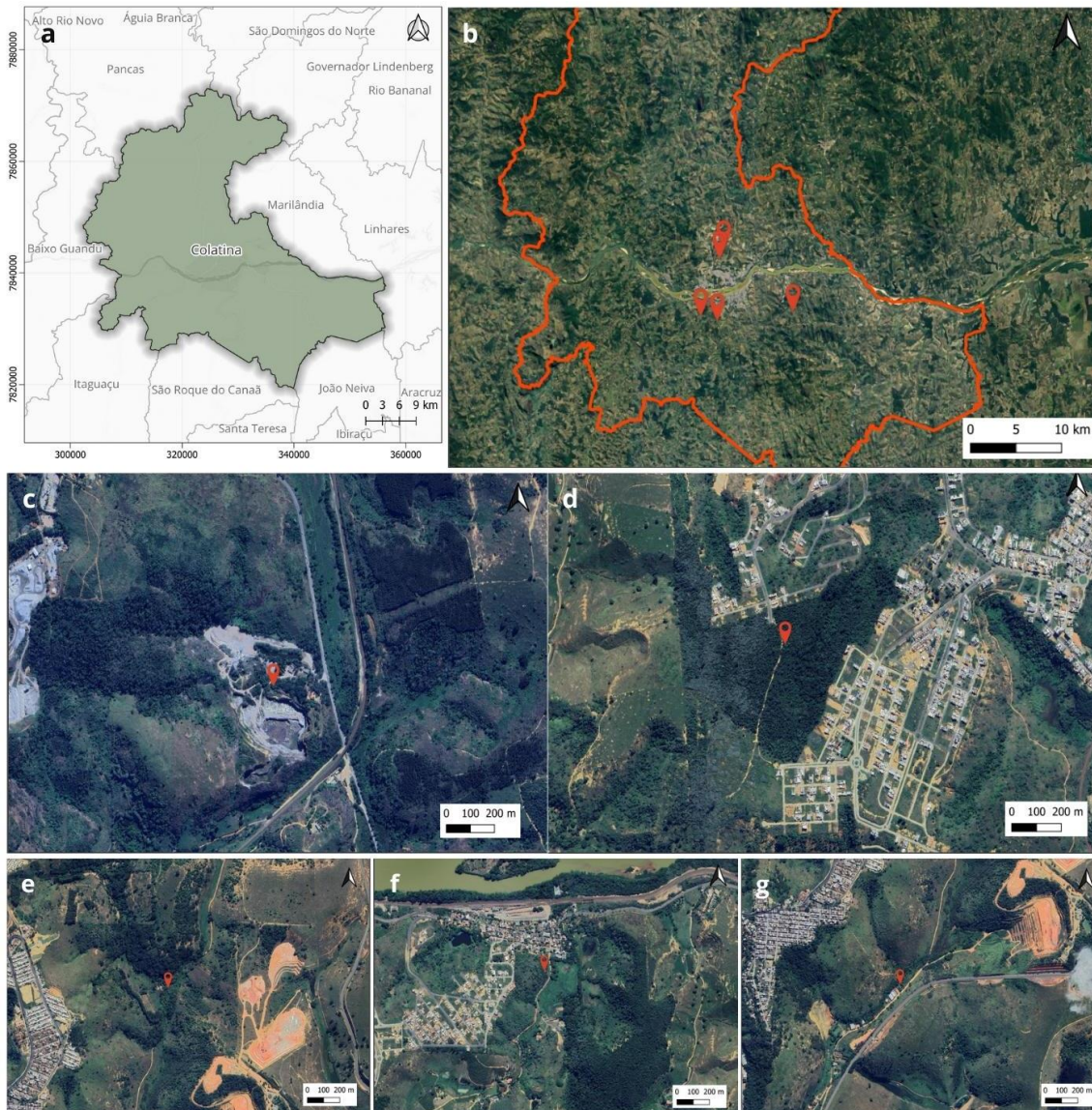


Figura 1. Mapa das localizações das coletas das folhas de *Schinus terebinthifolia* Raddi em Colatina-ES. a) mapa da cidade de Colatina-ES; b) mapa com os pontos de coletas; c) pedreira; d) bairro Noemia Vitali; e) bairro Luiz Iglesias; f-g) Córrego Estrela.

3.2 Coleta do material

Foram selecionadas aleatoriamente nos ramos das árvores de aroeira cinco folhas completamente expandidas de 15 indivíduos de cada ambiente, totalizando 30 indivíduos e 150 folhas. A caracterização morfológica inicial das folhas e registros fotográficos foram realizados em campo, assim como anotações referentes às condições ambientais. O material fértil foi herborizado e incluído no herbário SAMES, localizado em São Mateus-ES. O material fresco foi fixado ainda na cidade de Colatina e, posteriormente, transportado para o Laboratório de Botânica do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (UFES/CEUNES) para as etapas laboratoriais.

3.3 Caracterização morfológica e análises biométricas

A biometria das folhas foi realizada no mesmo dia da coleta com o auxílio de um paquímetro digital. Os parâmetros analisados foram: comprimento e diâmetro do pecíolo, comprimento da raque, número de folíolos, largura e comprimento dos folíolos do lado direito e esquerdo e do folíolo apical. Todas as medidas seguiram o mesmo padrão, começando pelo pecíolo da folha, seguindo pelo lado direito, folíolo apical e lado esquerdo e, para o diâmetro do pecíolo, priorizou-se a região mediana. Os dados foram organizados em planilhas no Excel para as análises estatísticas. A descrição morfológica foi realizada com base na literatura de Vidal e Vidal (2006).

3.4 Análises anatômicas

As folhas foram fixadas em FAA (formaldeído: ácido acético: álcool etílico 50%, 2:1:18, v/v) (Johansen, 1940), por 48 horas e posteriormente transferidas para álcool 50%. Para os estudos anatômicos das folhas foram realizadas secções transversais em três folíolos de cada indivíduo no pecíolo e no limbo, além de secções paradérmicas na superfície abaxial para análise estomática e adaxial para descrição. O limbo dos folíolos amostrados foi dividido em três regiões: superior, media e inferior. As partes superiores e inferiores foram desprezadas e a região mediana foi subamostradas para uma área próxima à nervura central, amostrando também uma fração do limbo, assim como Salvir Júnior (2009), em relação ao pecíolo a região mediana também foi priorizada.

Todos os cortes foram realizados a mão livre com auxílio de lâmina de barbear e isopor. As secções foram clarificadas com hipoclorito de sódio 25%, corado com azul de Alcian 0,5% e Safranina 1% (Luque *et al.*, 1996). Após a coloração foram montadas lâminas temporárias para as análises no microscópio óptico. Procedeu-se o estudo anatômico com o auxílio de um microscópio com captura de imagens, em que as imagens foram utilizadas para descrição anatômica e para mensurar a espessura das epidermes mais cutícula, colênquima, largura da região medular e do parênquima de armazenamento, hipoderme, parênquima paliçádico e lacunoso, além da contagem dos canais secretores.

3.5 Análise de densidade estomática

A densidade estomática foi determinada através da contagem dos estômatos nas secções paradérmicas da superfície abaxial de três folíolos de cada uma das 75 folhas por

área de estudo, com auxílio de microscópio óptico com câmara acoplada, como no trabalho de Sabbi *et al.* (2010). A contagem dos estômatos foi realizada no programa AnatiQuanti.

3.6 Análises histoquímicas

As análises histoquímicas foram realizadas a partir da realização dos seguintes testes: Sudan III (Johansen, 1940) para os lipídios totais; Azul de toluidina (O'Brien; Feder; McCully, 1965) para mucilagem; Cloreto férrico (Foster, 1934) para os compostos fenólicos totais; Floroglucinol acidificado (Johansen, 1940) para lignina e Lugol (Jensen, 1962) para detecção de amido. As secções transversais dos folíolos com os reagentes foram montadas em lâminas temporárias para observação no microscópio óptico e fotografadas.

Segundo Kraus e Arduin (1997), os testes usados nos estudos anatômicos para o reconhecimento de classes de metabólitos celulares, em geral, reagem a mais de uma substância, gerando a necessidade de testes complementares, com controle, para garantir correta interpretação. Em decorrência dessa recomendação, foram realizadas três repetições para cada substância, sendo considerados passíveis de testes complementares aqueles compostos determinados por apenas uma reação de coloração.

3.7 Análises da fluorescência da clorofila *a*

A fluorescência transiente da clorofila *a* foi medida em 10 folhas maduras totalmente expandidas da pedreira e do controle, sendo que para as folhas da pedreira efetuou-se a leitura no ápice foliar, onde a poeira se acumulava em maior quantidade, além da região mediana como é padrão, ou seja, foram feitas 20 leituras nas plantas cobertas por poeira e 10 nas controle, utilizando-se um fluorômetro portátil (Handy PEA, Hanstech, UK). Todas as leituras foram realizadas em folhas previamente adaptada ao escuro (uso de cliques foliares) durante 30 minutos, período suficiente para a oxidação completa do sistema fotossintético. Após, as folhas foram submetidas a um flash de luz saturante, com duração de 1s. Foram avaliadas as variáveis derivadas da curva de emissão de fluorescência rápida: (V_j) acúmulo de Q_A^- reduzida, ϕP_0 rendimento quântico máximo da fotoquímica primária, ϕE_0 rendimento quântico do transporte de elétrons ϕD_0 rendimento quântico da energia de dissipação ($t = 0$), (ABS/RC) fluxo de absorção por centro de reação, (DI_0/RC) fluxo de energia dissipada por centro de reação ($t = 0$), (RC/CS₀) número

de centros de reação ativos e (PI_{ABSs} índice de desempenho total e os fluxos específicos de energia por centro de reação).

3.8 Análises estatísticas

Para o cálculo da densidade estomático, foi utilizado o programa AnatiQuanti, assim como para o cálculo das medidas dos tecidos anatômicos e números de canais secretores. Para a análise de todos os dados, foi utilizada a estatística descritiva, calculando-se as médias, o desvio padrão entre elas e o coeficiente de variação de cada parâmetro e área no programa Past e, posteriormente, os dados foram submetidos ao teste T de Student ($>0,5$) no mesmo programa. Para os parâmetros não paramétricos, foi realizado a normalização com Log e, para os que permaneceram não paramétricos, foi aplicado o teste de Mann-Whitney ($>0,5$) ainda no programa Past. Para os dados fisiológicos, o teste T ($>0,5$) foi realizado no programa BioEstat 5.0.

Os dados para espessura dos tecidos anatômicos referentes as epidermes levaram em consideração a cutícula. Referente a nervura central das duas áreas comparadas, os dados dos parâmetros da epiderme abaxial e adaxial foram transformados com Log e aplicado o Teste T, já para o número de canais foi aplicado o teste Mann-Whitney. Referente ao limbo, os parâmetros da hipoderme e do parênquima lacunoso também passaram pela transformação com Log e para todos os parâmetros foi utilizado o Teste T. Já as medidas do pecíolo, o parâmetro referente ao tamanho do tecido do colênquima precisou ser normalizado com Log e, todos os parâmetros, exceto o de número de canais que se utilizou o teste de Mann-Whitney foram submetidos ao Teste T.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização morfológica e análises biométricas

Schinus terebinthifolia em sua morfologia apresenta folhas compostas, imparipinadas, possuindo uma nervura penínérvea, com consistência herbácea e superfície lisa e possuem de 3-11 folíolos. Seu limbo tem forma elíptica, com uma grande variação na margem entre crenada, ondulado, dentada e inteira, o ápice na maioria das vezes é retuso e sua base acunhada, a filotaxia da folha é alterna e não possuem estípulas, as superfícies adaxiais são verde-escuras e as superfícies abaxial verde claras, resultados esses que concordam com os de Lorenzi (2000) para descrição da espécie.



Figura 2. Folhas de *Schinus terebinthifolia* Raddi.

Durante a coleta das amostras foliares afetadas pela poeira de sílica, percebeu-se que a deposição da poeira ocorre principalmente no ápice dos folíolos como mostrado na figura 4. Isso aconteceu também no trabalho de Bujokas *et al.*, (2009), em que a principal área atingida pela poeira de cimento foi o ápice foliar, seguido de necrose, porém no caso da sílica não houve necrose e essa deposição não alterou visualmente a integridade da folha. Essa deposição de poeira no ápice foliar pode ser em virtude de as folhas estarem na maioria das vezes posicionadas em direção ao solo, ocasionando o escoamento da poeira decorrente de chuvas ou ventos fortes, além disso, pode se dizer também que o acúmulo da poeira no ápice seja uma estratégia da planta para obter uma maior área sem tanta quantidade de poeira.

A simetria das folhas é considerada um dos indicadores estáveis de desenvolvimento em uma planta (Souza *et al.*, 2009). De acordo com Moller e Swsaddle, 1997 e Hoffman e Woods (2003), à medida que há aumento do estresse ambiental pode-se ocorrer instabilidade ou erro no desenvolvimento estrutural de um organismo, e isso pode ser medido pela simetria. Ao observar a tabela 1 e a figura 3 é possível perceber que as folhas de *S. terebinthifolia* não são simétricas, principalmente quando comparamos os dados dos biométricos dos folíolos das folhas coletadas na pedreira e as do controle, entende-se então, que os folíolos do lado direito não possuem o mesmo tamanho comparados ao lado esquerdo e geralmente essa diferença é mais visível na base dos folíolos. Esse fato pode também estar relacionada aos estresses causados por certos tipos

de ambientes que interferem, diretamente, no desenvolvimento saudável dos organismos, reduzindo sua estabilidade e prejudicando o crescimento simétrico de suas estruturas (Cardoso, 2017). Porém, considerando que a espécie possui grande plasticidade e tolera facilmente a ambientes estressantes, pode-se sugerir que essa espécie tem um relevante potencial de resistência a determinados impactos que diferentes ambientes estão suscetíveis, especialmente, os que se localizam nos centros urbanos (Oliveira *et al.*, 2021).

Os dados biométricos quando analisados, as médias (tabela 1) demonstraram que dentre todos os parâmetros apenas o tamanho do pecíolo no controle foi maior, podendo-se dizer que as folhas com poeira são maiores, isso também foi observado em um trabalho com plantas da família Myrtaceae de Brito (2018) que o comprimento e largura foliar das plantas controle foi menor em comparação aos demais ambientes poluídos, Cuevas-Reyes *et al.*, (2013), ao investigar plantas da espécie *Solanum lycocarpum* A.St.-Hil (Solanaceae), também verificaram que plantas alocadas em áreas com maiores níveis de urbanização apresentaram maiores áreas foliares, em comparação as plantas presentes em locais com níveis baixos de urbanização, além de outros autores como Kardel *et al.* (2010) que obtiverem o mesmo resultados em seus trabalhos. Do Santos *et al.* (2019), Alves *et al.* (2008), Verma e Singh (2006) e Sharma *et al.* (1980) discordaram dos resultados apresentados e, em seus trabalhos, encontraram maiores dimensões foliares nos espécimes oriundos do local com menor poluição do ar.

O coeficiente de variância (CV) (Tabela 1) considera que quanto menor o valor, mais homogêneos (Pimentel-Gomes, 1985), nenhum CV foi considerado baixo, o diâmetro do pecíolo nas duas áreas, o número de folíolos, a largura dos folíolos do lado direito, o comprimento do folíolo apical do controle e a largura dos folíolos do lado esquerdo das duas áreas podem ser considerados médio, e para o restante dos parâmetros alto. Quando submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, houve a necessidade de realizar a normalização dos dados no diâmetro do pecíolo, no comprimento dos folíolos do lado direito, da largura dos folíolos do lado direito e no comprimento dos folíolos do lado esquerdo nas folhas da pedreira para, assim, realizar o Teste t. Parâmetros como o comprimento da raque, o número de folíolos e a largura do folíolo apical não foi possível a normalização, então se aplicou o teste de Mann-Whitney.

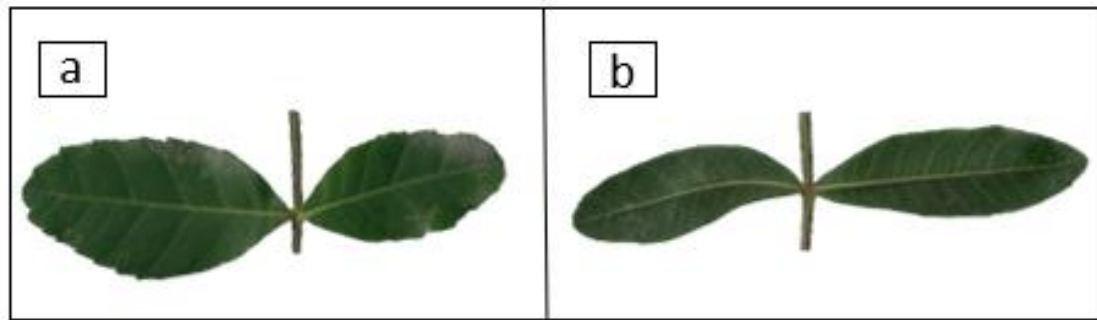


Figura 3. Folíolos assimétricos de *Schinus terebinthifolia* Raddi. a) folíolos da pedreira; b) folíolos do controle.



Figura 11. Deposição de poeira nas folhas de *Schinus terebinthifolia* Raddi localizadas na pedreira.

Tabela 1. Dados biométricos de *Schinus terebinthifolia* Raddi na pedreira e na área controle.

Parâmetros (mm)	Aroeira pedreira	CV (%)	Aroeira controle	CV (%)	p (>0,5)
Comprimento pecíolo	25,17 ± 5,11	20,30	26,55 ± 5,40	20,35	0,1098
Comprimento raque	40,14 ± 17,39	43,33	34,69 ± 13,40	38,74	0,1401
Diâmetro pecíolo	1,45 ± 0,26	18,30	1,33 ± 0,20	15,30	2.3702E-90
Número folíolos	5,82 ± 1,26	21,74	6,06 ± 1,18	19,60	0,1302
Comprimento folíolos lado direito	51,91 ± 14,04	29,30	46,59 ± 12,00	25,78	7.99E-166
Largura folíolos lado direito	24,69 ± 6,01	24,54	21,15 ± 3,50	16,58	1.9779E-212
Comprimento folíolo apical	71,06 ± 14,75	20,20	69,10 ± 12,97	18,64	0,3937
Largura folíolo apical	31,61 ± 6,72	21,27	31,33 ± 5,13	36,40	0,0005
Comprimento folíolos lado esquerdo	50,39 ± 14,38	28,54	48,28 ± 12,17	25,22	2.3973E-153
Largura folíolos lado esquerdo	25,15 ± 4,32	17,20	21,29 ± 3,57	16,80	6.7209E-17

Legenda: mm (milímetros); p (>0,5) diferença significativa

CV: coeficiente de variação baixos quando inferiores a 10%, médios entre 10 e 20%, altos entre 20 e 30% e muito altos se superiores a 30%

4.2 Análises anatômicas

Inicialmente pode-se ressaltar que não houveram diferenças estruturais na anatomia das folhas de *S. terebinthifolia* nas duas áreas estudadas.

A nervura central na região do terço mediano do limbo é bicôncava (Figura 5 A-B). A epiderme possui células com um formato tabular bem definidos cobertas por uma espessa cutícula (Figura 5 C-D; I-J), em que a abaxial é menor que a adaxial medindo cerca de $11,17 \pm 0,75\mu\text{m}$ e $12,90 \pm 0,15\mu\text{m}$, respectivamente. Abaixo da epiderme existem de 7-10 camadas de colênquima angular (Figura 5 C-D; I-J) acompanhando o feixe nas duas faces, fato esse, presente também nas folhas de *Schinus molle* L. (Castro, 2009), a ocorrência de drusas de oxalato de cálcio é bastante comum nessa região (Figura 5 I-J). A nervura, possui em média 5 canais secretores (Figura 5 C-D-H-I), que estão revestidos por células resiníferas justapostas, para Cronquist (1981) essas estruturas de secreção interna são de ocorrência comum na família Anacardiaceae, podendo ter origem lisígena ou esquizógena, além disso, esses canais produzem substâncias de uso medicinal, industrial e com efeitos alergênicos (Judd *et al.*, 1999), neste trabalho, no lúmen dos canais não foi observada nenhuma secreção, o que certamente se deve a uma extração artefactual durante o processamento das amostras, entretanto pode ocorrer algum resíduo celular como no trabalho de Grisi *et al.* (2011) com a mesma espécie. Na nervura central, também são encontradas células esclerenquimáticas dando sustentação ao feixe vascular. O floema (Figura 5 F-G) é seguido internamente por feixes de xilema bem desenvolvidos (Figura 5 E-F), dispostos em fileiras, separados por raios bem estreitos de células parenquimáticas de formato poliédrico e com vacúolo grande (Figura 5 G-H). No xilema, os elementos de vaso dispõem-se radialmente à região central (Figura 5 A-B), com a ocorrência de fibras nesta região e que também acompanham o cilindro do feixe vascular, outros autores (Salvi Junior, 2009; Azevedo, 2015) encontraram resultados semelhantes em seus trabalhos com *S. terebinthifolia*.

As medidas dos tecidos encontrados na nervura central das duas áreas comparadas podem ser observadas na Tabela 2. A epiderme adaxial da nervura central dos folíolos da pedreira foi maior significativamente comparada ao controle, Cunha (2019) encontrou resultados parecidos em folhas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong localizadas próximas à uma fábrica de cimento. As maiores espessuras da epiderme adaxial e da cutícula nas áreas próximas a indústrias que liberam grande quantidade de poeira, possivelmente pode ser uma resposta a presença da poeira, visto que há uma maior possibilidade de deposição, principalmente, na superfície superior das folhas. Portanto,

são áreas em que as folhas podem necessitar de uma maior proteção, como a exercida pela cutícula, que é considerada a primeira linha de defesa das plantas, podendo conferir resistência aos estresses ambientais (Pal *et al.*, 2002). Esses resultados contrariam Grantani *et al.* (2000) que apontam que uma menor espessura da epiderme, na face adaxial, é um comportamento comum em folhas de indivíduos crescendo em ambientes urbanos poluídos. A epiderme abaxial das folhas da pedreira foi menor o que pode ser justificado com os outros valores menores encontrados nesse ambiente, assim, como os valores da área controle, os testes estatísticos apontaram diferença significativa também entre elas. O número de canais foi semelhante entres as duas áreas.

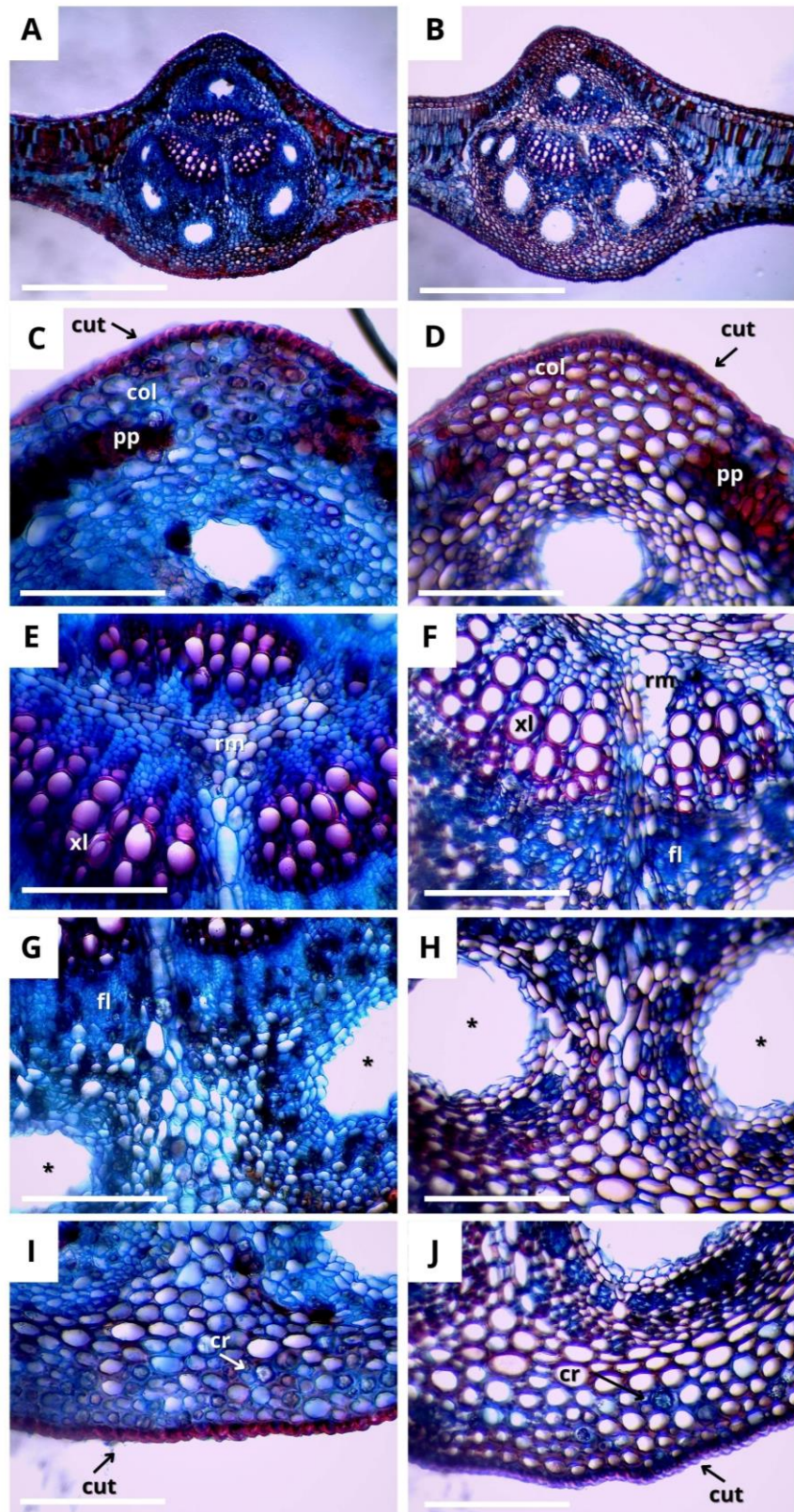


Figura 12. Anatomia da nervura central de *Schinus terebinthifolia* Raddi na pedreira e na área controle. As imagens A-C-E-G-I representam as folhas com deposição de poeira e as demais do controle. A-B: evidencia o formato biconvexo da nervura central; C-D: cut: cutícula, col: colênquima, pp: parênquima paliçádico; E: xl: xilema; F: xl: xilema, fl: floema, * canal secretor; G: fl: floema; H: * canal secretor; I: cr: cristal de oxalato de cálcio do tipo drusa, cut: cutícula; J: cr: cristal de oxalato de cálcio do tipo drusa, cut: cutícula. Escala: 100µm.

Tabela 2. Medidas das epidermes e número de canais da nervura central de *Schinus terebinthifolia* Raddi na pedreira e no controle.

Parâmetros (μm)	Aroeira pedreira	CV (%)	Aroeira controle	CV (%)	p (>0,5)
Epiderme adaxial	11,70 \pm 1,98	16,92	10,64 \pm 1,34	16,21	3.0536E-56
Epiderme abaxial	12,79 \pm 2,17	16,83	13,00 \pm 2,10	12,67	0,003
Número de canais	5,24 \pm 0,18	22,69	5,48 \pm 0,21	26,23	0,6676

Legenda: μm : micrometro; p (>0,5) diferença significativa

CV: coeficiente de variação baixos quando inferiores a 10%, médios entre 10 e 20%, altos entre 20 e 30% e muito altos se superiores a 30%

O mesofilo apresenta uma organização dorsiventral (Figura 6 A-B), com a epiderme adaxial e abaxial bem distintas podendo ser visualizadas na figura 6 de E a H. A epiderme adaxial apresenta células retangulares, maiores e mais definidas acompanhadas por uma hipoderme (Figura 6 E-F) que é seguida por de 2-3 camadas de células de parênquima paliçádico (Figura 6 E-F) que tem início nas extremidades da nervura central (Figura 5 C-D). Entre as células desse parênquima, próximo a hipoderme, podem ser encontrados aglomerados de cristais de oxalato de cálcio (Figura 6 E-F). A epiderme abaxial apresenta células relativamente finas, na maioria das vezes retangulares e achatadas, possibilitando a visualização clara dos estômatos com a câmara subestomática (Figura 6 G-H), logo abaixo, encontra-se o parênquima lacunoso com células de formato irregular delimitando espaços intercelulares, sendo um local comum para a ocorrência de cristais de oxalato de cálcio (Figura 6 G-H). No mesofilo, podem ser encontradas grandes cavidades secretoras, possuidoras de células epiteliais e endodérmicas.

Ao analisar a tabela 3, é possível notar que as maiores médias foram obtidas para as folhas dos indivíduos da área controle, além disso, a hipoderme, a epiderme abaxial e o parênquima lacunoso foram maiores significativamente.

A camada de material particulado impõe uma barreira mecânica, reduzindo a difusão de gás carbônico e atenuando a incidência luminosa sobre a folha. O gás carbônico é fonte essencial para a produção de carboidratos, por isso a limitação dele compromete o crescimento (Taiz e Zeiger, 2002). Por outro lado, a luz é fundamental para a ocorrência das trocas gasosas, pois estimula a abertura estomática e promove a excitação eletrônica nos fotossistemas, o que desencadeia o processo da fotossíntese (Larcher, 1986; Taiz e Zeiger, 2002), mecanismo este prejudicado em função do bloqueio da luz pela deposição de material particulado sobre a superfície foliar.

A epiderme abaxial do limbo foi menor na área com a poeira de sílica, o que pode vir a corroborar, por exemplo, com os resultados menores do parênquima lacunoso e consequentemente da densidade estomática nesta área, tendo em vista que a realização das trocas gasosas nesta espécie acontecerá através dos estômatos localizados na face abaxial da folha, sendo assim, o espaço para a realização dessas trocas é muito importante, e um espaço menor possivelmente dificultaria o processo.

Para Araújo (2020), a espessura da hipoderme, pode ser interpretada como uma resposta às condições ambientais em que essas espécies ocorrem, ainda, segundo Dousseau (2009), essa camada de células é sempre contínua e localizada abaixo da epiderme adaxial, sendo menor ou ausente na face abaxial. O aumento da espessura dessas

células pode estar relacionado com mecanismo de armazenamento de água, além de exercer papel importante na economia de calor (Madison, 1977), em *S. terebinthifolia* a hipoderme não armazena água, então esse tecido estaria mais ligado a economia de calor e armazenamento de compostos, no caso deste trabalho a espessura maior se apresentou no controle assim como todos os outros parâmetros. Os tecidos parenquimáticos clorofilianos (paliçádico e lacunoso), que compõem o mesofilo, assim como a espessura total do limbo apresentaram maior valor médio para os indivíduos da área controle resultante do maior incremento dos parênquimas paliçádico e lacunoso em relação ao volume, tamanho, celular e número de camadas celulares desses tecidos como no trabalho de Cavallaro *et al.* (2018).

Em relação os estômatos, eles são estruturas epidérmicas que funcionam como válvulas que regulam as trocas gasosas entre o interior da folha e a atmosfera e, quando estão abertos, permitem a entrada de CO₂, o qual será direcionado para a produção dos fotoassimilados (Pacheco, 2021). No entanto, embora seja essencial para a absorção de CO₂ pelas folhas, os estômatos também representam a principal rota de entrada de poluentes atmosféricos nos tecidos vegetais (Raggi, 2020). Dessa forma, um dos primeiros mecanismos de defesa de plantas expostas a poluentes atmosféricos consiste justamente no fechamento estomático, com consequente queda na fixação de carbono (Hoshika *et al.*, 2020).

Os estômatos restritos à face abaxial (Figura 7) caracterizam as folhas de *S. terebinthifolia* como hipoestomática, aspecto considerado como uma estratégia fotoprotetora a alta intensidade luminosa (Dickison, 2000), além disso, Taiz & Zeiger (2009) explicam que a ausência de estômatos e cloroplastos na epiderme adaxial facilita a difusão interna, a absorção de CO₂ e a passagem de luz para os tecidos subjacentes, aumentando a eficiência fotossintética. Referente a classificação dos estômatos para esta espécie existe uma discordância entre autores (Azevedo, 2015), neste trabalho constatou-se que para *S. terebinthifolia* os estômatos são classificados como anomocítico, concordando com a descrição para a espécie já encontrada na literatura (Duarte *et al.*, 2006; Salvir-Junior, 2009).

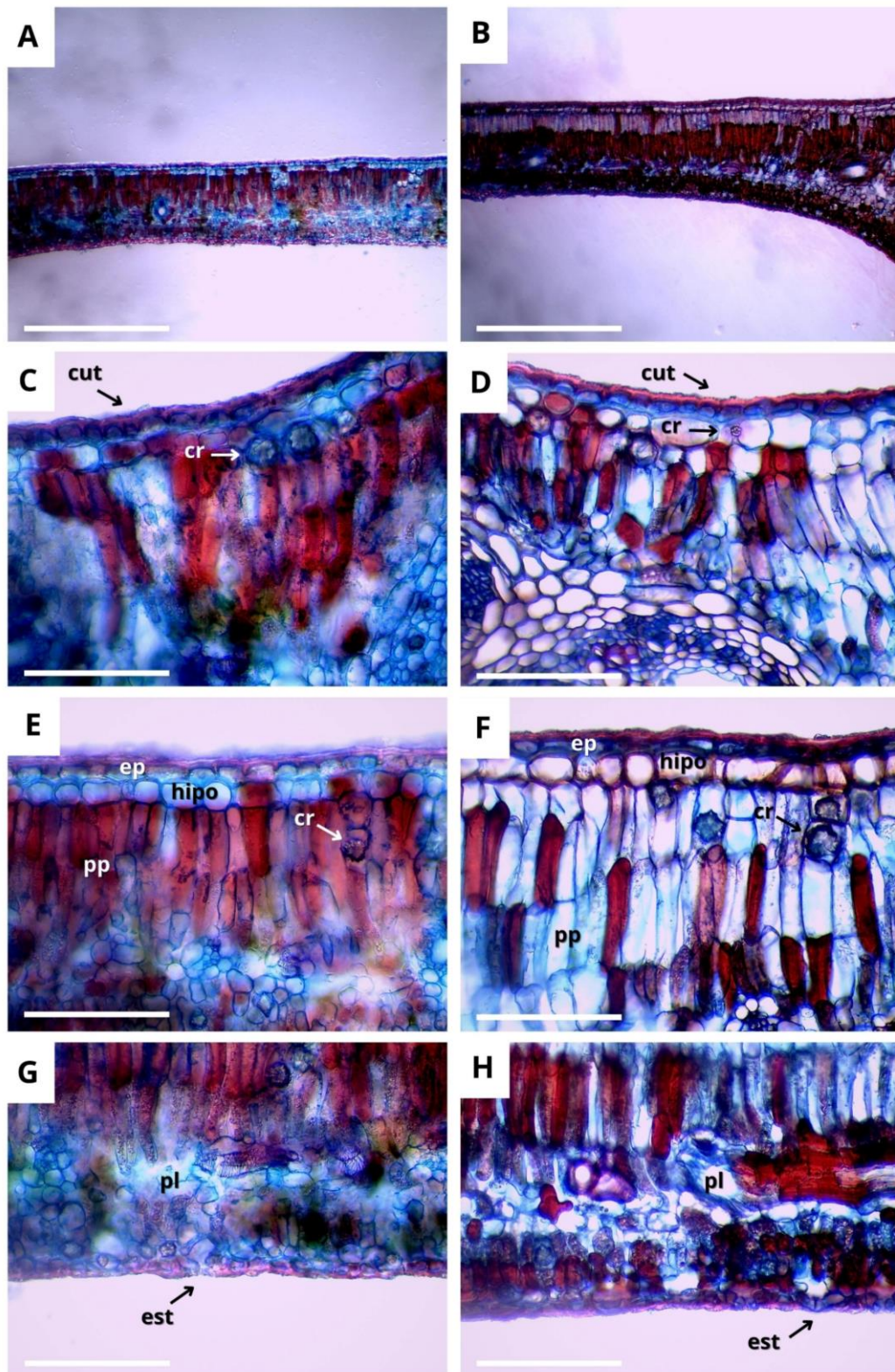


Figura 13. Anatomia do limbo de *Schinus terebinthifolia* Raddi na pedreira e na área controle. As imagens de A-C-E-G representam as folhas com deposição de poeira e as demais são do controle. A-B: extensão do limbo; C-D: cut: cutícula, cr: cristais de oxalato de cálcio do tipo drusa, E-F: ep: epiderme, hipo: hipoderme; cr: cristais de oxalato de cálcio do tipo drusa, pp: parenquima paliçádico; G-H: pl: parênquima lacunoso, est: estômatos. Escala: 100µm.

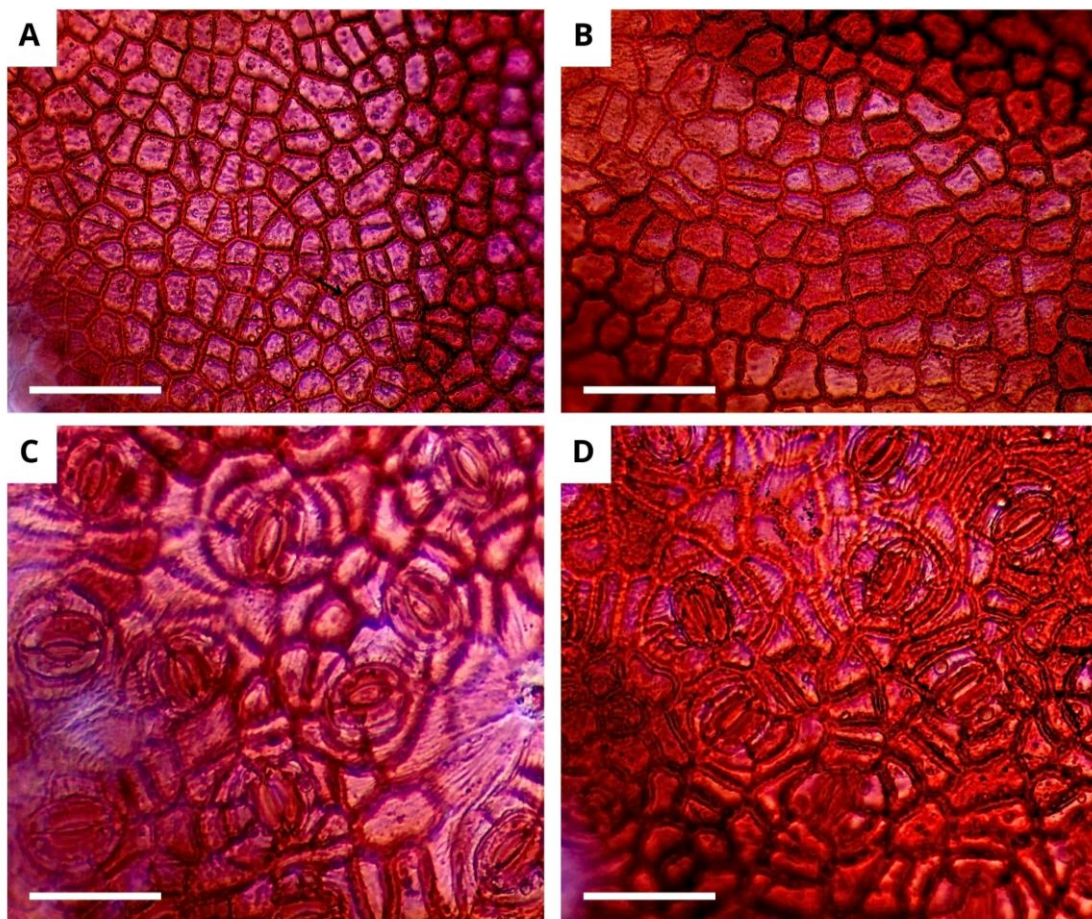


Figura 14. Vista paradérmica do limbo de *Schinus terebinthifolia* Raddi nas duas áreas estudadas. A-B: epiderme adaxial mostrando a ausência de estômatos no controle e na pedreira respectivamente. C-D: estômatos. Escala 50 μ m.

Tabela 3. Medidas dos tecidos do limbo de *Shinus terebinthifolia* Raddi na pedreira e no controle.

Parâmetros (μm)	Aroeira pedreira	CV (%)	Aroeira controle	CV (%)	p ($>0,5$)
Epiderme adaxial	15,62 \pm 2,34	15	16,27 \pm 2,85	17,58	0,245
Hipoderme	18,75 \pm 4,25	22,70	21,80 \pm 4,23	19,41	6.4529E-45
Parênquima paliçádico	136,04 \pm 54,15	39,80	150,08 \pm 33,74	22,49	1,143
Parênquima lacunoso	122,78 \pm 28,45	23,23	135,03 \pm 26,93	19,94	1.8299E-51
Epiderme abaxial	12,30 \pm 1,94	15,83	13,37 \pm 12,14	16,02	0,015

Legenda: μm : micrometro; p ($>0,5$) diferença significativa

CV: coeficiente de variação baixos quando inferiores a 10%, médios entre 10 e 20%, altos entre 20 e 30% e muito altos se superiores a 30%

O pecíolo, em secção transversal, apresenta formato circular na maioria das vezes (Figura 8 A-B), sua epiderme é unisseriada e com células um pouco arredondadas justapostas e está revestida por uma espessa cutícula (Figura 8 C-D). Abaixo, encontram-se camadas de colênquima angular (Figura 8 C-D), em alguns casos há ocorrência de 2-4 camadas parênquima clorofiliano no mesmo nível, porém isso não pode ser visualizado em todos os cortes analisados, seguidas novamente por mais camadas de colênquima. As células do colênquima variam em tamanho e forma ao longo do pecíolo. Existem ainda camadas variáveis e irregulares de fibras de esclerênquima (Figura 8 C-D) circundando o cilindro vascular dando uma sustentação maior ao pecíolo. Em média, há 7 canais secretores bem desenvolvidos e circulares rodeados por células resiníferas, apresentando as mesmas estruturas celulares já descritas para outras partes da planta (Figura 8 C-D) em volta e todo o cilindro vascular até mesmo na região medular (Figura 8 G-H). O floema situa-se externamente ao xilema (Figura 8 E-F), caracterizando um feixe vascular colateral. O xilema está distribuído em forma de raios (Figura 8 E-F). Além de que, são encontrados drusas e prismas principalmente na região do colênquima (Figura 8 C-D).

Na tabela 4, é observado um cilindro vascular significativamente maior nas folhas das plantas da pedreira, além da região medular também ser maior nessa área. A epiderme foi maior no controle, assim como o colênquima que se destacou significativamente. O número de canais secretores é bem semelhante, sendo as médias um pouco maiores no controle.

A ausência de variação significativa para a espessura da cutícula nas folhas, de ambas as áreas, mostra que esta espécie, aparentemente, não produz mais cera neste órgão, como uma resposta de resistência à poluição, visto que ela é a primeira camada a entrar em contato com o ar atmosférico (Pal *et al.*, 2002; Kardel *et al.*, 2010). Este comportamento vai de encontro ao observado por muitos autores em plantas submetidas a condições ambientais de estresse, quando, em geral, elas aumentam a produção de cera e consequente espessura da cutícula (Pal *et al.*, 2002). Estes autores afirmam que as plantas respondem aos efeitos estressantes do ambiente com o aumento da produção de cera, aumentando a espessura da cutícula; entretanto, indivíduos sob forte poluição atmosférica em ambientes com elevadas temperaturas podem ter esta espessura reduzida, em função da ação dos gases poluentes sobre a superfície das folhas, reduzindo a espessura da cutícula.

O cilindro vascular maior significativamente nas plantas com poeira de sílica pode apresentar também uma conexão com os dados biométricos, que apontaram um diâmetro maior nesta área. Sabe-se que a região do cilindro vascular compreende os tecidos do floema e xilema, em que suas células formam um sistema complexo e são considerados tecidos condutores de água e sais minerais, mas também de sustentação. Esse aumento no cilindro vascular pode não apresentar uma maior condutância, e sim uma resposta ao estresse do acúmulo da poeira, em que a planta necessite investir mais nessa área para ter uma regulação de transporte mais eficaz.

O colênquima é um tecido de parede espessa não lignificada, considerado especializado em sustentação, é um tecido que se assemelha ao parênquima pelo fato de possuírem protoplastos ativos e ambos conterem, geralmente, cloroplastos. As diferenças entre os dois tecidos é basicamente a variação de espessura da parede e maior comprimento das células do colênquima (Esau, 2017). Tendo em vista a principal característica desse tecido, neste trabalho, é possível perceber uma correlação biométrica e anatômica para o pecíolo, onde as plantas controle apresentaram como único parâmetro maior o tamanho do pecíolo corroborando com o resultado maior do colênquima nessa área, possivelmente, devido ao fato das folhas necessitarem de uma maior e mais otimizada sustentação, considerando também os resultados já apresentados para o limbo, em que na área controle sua espessura é maior. Os valores maiores do colênquima na área controle também podem estar associados ao maior valor do cilindro vascular nas áreas com poeira.

De acordo com Fink (1991), poluentes atmosféricos são capazes de aumentar a permeabilidade de membrana celular e este aumento permite a entrada de Ca^{2+} no interior da célula. Para garantir o equilíbrio iônico da planta o excesso de cálcio é compartimentalizado formando os cristais de oxalato de cálcio, o que explicaria a grande ocorrência dos cristais, tanto drusas como prismas no pecíolo.

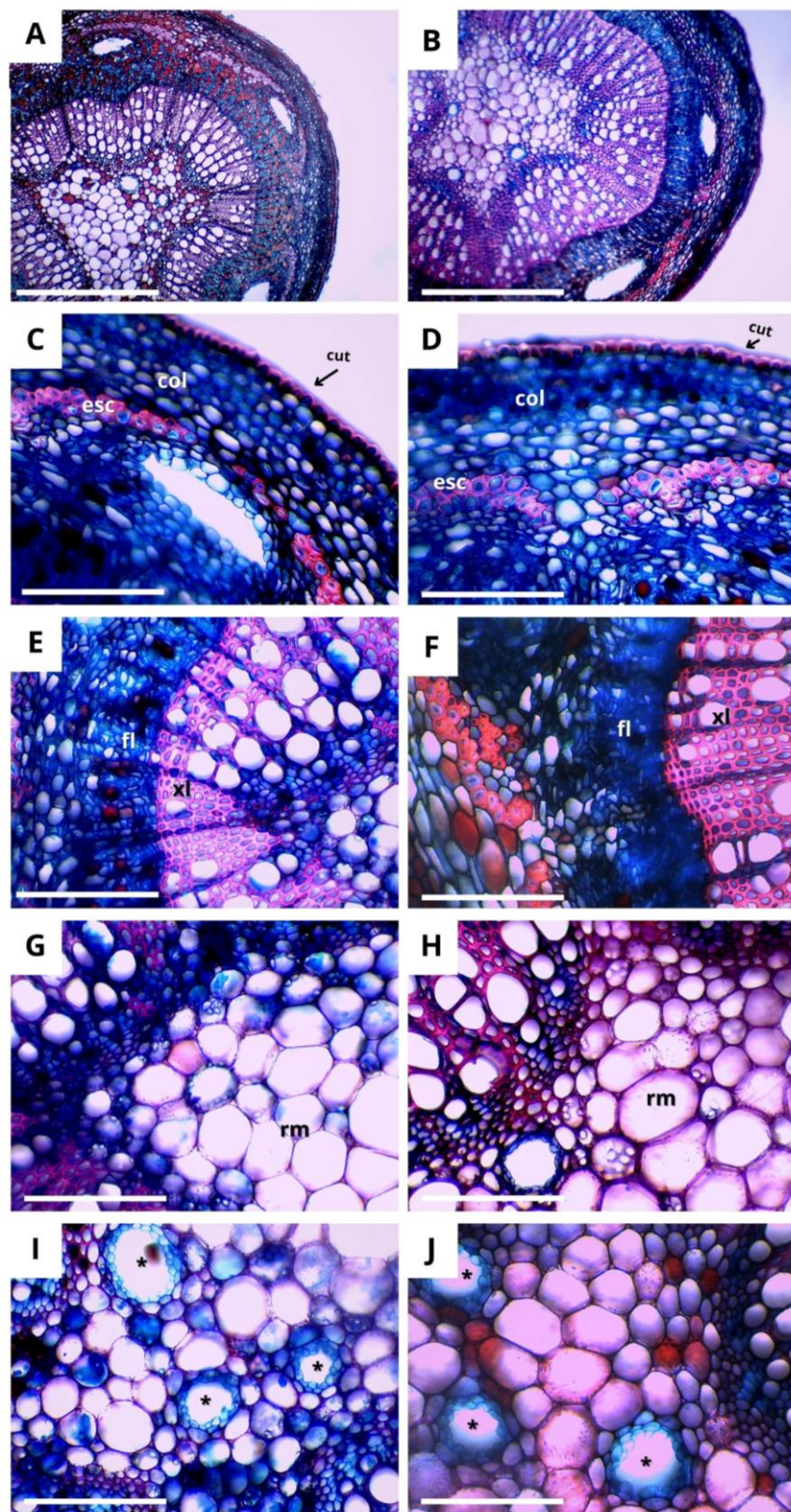


Figura 15. Anatomia do pecíolo de *Schinus terebinthifolia* Raddi na área da pedreira e na área controle. As figuras A-C-E-G-I representam as folhas com deposição de poeira e as demais do controle. A-B: pecíolo; C-D: col: colênquima, escl: esclerênquima, cut: cutícula; E-F: fl: floema, xl: xilema; G-H: rm: região medular; I-J: *canal secretor. Escala: 100µm

Tabela 4. Medidas dos tecidos do pecíolo de *Schinus terebinthifolia* Raddi.

Parâmetros (μm)	Aroeira pedreira	CV (%)	Aroeira controle	CV (%)	p ($>0,5$)
Epiderme	12,18 \pm 2,5	20,54	12,99 \pm 2,24	17,32	0,1111
Colênquima	140,36 \pm 43,21	30,79	156,93 \pm 33,14	21,12	0,0148
Cilindro vascular	1226,93 \pm 232,27	18,93	1078,96 \pm 176,37	16,34	0,0001
Região medular	547,54 \pm 152,02	27,26	540,03 \pm 117,92	21,83	0,7941
Número de canais	7 \pm 1,17	16,68	7,4 \pm 2,03	27,54	0,6762

Legenda: μm : micrometro; p ($>0,5$) diferença significativa

CV: coeficiente de variação baixos quando inferiores a 10%, médios entre 10 e 20%, altos entre 20 e 30% e muito altos se superiores a 30%

4.3 Análises de densidade estomática

Aspectos relacionados aos estômatos são diretamente afetados pela poluição atmosférica, pois estas estruturas são responsáveis pelas trocas gasosas nas plantas, e podem alterar suas características de acordo com a qualidade do ar, a redução na densidade estomática implica em uma absorção menor de poluentes (Larcher, 2003; Kardel *et al.*, 2010) e o aumento na densidade estomática é importante, pois permite que a planta eleve a condutância de gases evitando assim que a fotossíntese seja limitada sob condições ambientais adversas (Lima Jr. *et al.*, 2006).

No caso das folhas cobertas pela poeira de sílica, a densidade estomática foi menor (Tabela 5), resultado já encontrado na literatura com Prasad *et al.* (1990) que em seu trabalho com *Vigna mungoe* L. Hepper demonstra que o índice estomático foi maior na superfície abaxial nas plantas controle, e que houve uma diminuição no número de estômatos na epiderme foliar em plantas poluídas o que indicaria uma mecanismo favorável para regular a transpiração, bem como limitar e controlar a entrada de substâncias nocivas poluentes nos tecidos vegetais para obter a troca gasosa ideal necessária para vários processos metabólicos (Sharma e Butler 1973; Yunus e Ahmed 1980), Panes *et al.* (1999) também notaram as mesmas diferenças significativas na densidade estomática nas folhas das plantas por eles estudadas quando comparadas as de uma fábrica de cimento com as de controle. Já experimentos realizados com algodão (*Gossypium hirsutum* L.) mostraram que houve uma redução da condutância estomática, da taxa fotossintética e da transpiração, seguida de um aumento da temperatura foliar (Zia-Khan, 2014). A maior densidade estomática em folhas de locais com maiores níveis de poluição foram encontradas por outros diversos autores (Pal *et al.*, 2002; Verma e Singh, 2006; Alves *et al.*, 2008; Balasooriya *et al.*, 2009; Kardel *et al.*, 2010).

É importante ressaltar que nas análises, além de ser perceptível as diferenças nas médias e no desvio padrão, com o teste de Mann-Whitney foi possível afirmar que existe uma diferença significativa entre a densidade estomática das folhas cobertas por poeira e as utilizadas como controle. Segundo El-Khatib *et al.* (2012), a deposição da poeira de cimento leva a modificação da frequência dos estômatos, sendo este, um mecanismo para combater o bloqueio e o melhorar o funcionamento das trocas gasosas e da taxa de transpiração.

Tabela 5. Densidade estomática das folhas de *Schinus terebinthifolia* Raddi na pedreira e no controle.

Parâmetro (mm ²)	Aroeira pedreira	CV (%)	Aroeira controle	CV (%)	P (>0,5)
Densidade estomática	264,65 ± 51,14	19,32	284,74 ± 38,87	13,65	1.5802E-07

Legenda: mm²: milímetro quadrado; p (>0,5) diferença significativa

CV: coeficiente de variação baixos quando inferiores a 10%, médios entre 10 e 20%, altos entre 20 e 30% e muito altos se superiores a 30%

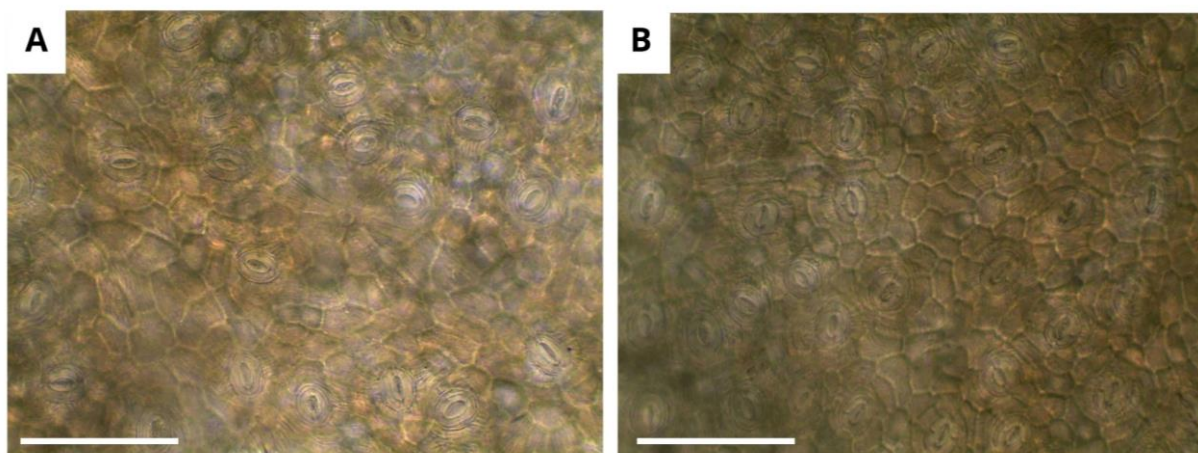


Figura 16. Estômatos de *Schinus terebinthifolia* Raddi. a) estômatos da pedreira; b) estômatos do controle.

4.4 Análises histoquímicas

As substâncias sintetizadas no metabolismo vegetal podem ser evidenciadas por reações histoquímicas, com as quais podemos identificar um grupo de substâncias de interesse, associando-os às características de identificação da espécie (Salvi Júnior, 2009). O estudo histoquímico realizado para as folhas de *S. terebinthifolia* e seus resultados estão apontados na Tabela 6 e podem ser visualizados na Figura 10.

Tabela 6. Testes histoquímicos realizados em secções transversais das folhas de *Schinus terebinthifolia* Raddi nas duas áreas estudadas.

Parte do da folha	Substâncias				
	Lipídios totais	Mucilagem	Lignina	Compostos Fenólicos	Amido
<i>S. terebinthifolia</i> pedreira					

Cutícula adaxial	++	-	-	-	-
Epiderme adaxial	-	-	-	-	-
Colênquima	-	-	-	-	-
Células resiníferas	-	-	-	+	-
Esclerênquima	-	-	-	-	-
Floema	-	-	-	-	-
Xilema	-	-	+	-	-
Epiderme abaxial	-	-	-	-	-
Cutícula abaxial	++	-	-	-	-

S. terebinthifolia

pedreira

Cutícula abaxial	++	-	-	-	-
Epiderme adaxial	-	-	-	-	-
Colênquima	-	-	-	-	-
Células resiníferas	-	-	-	+	-
Esclerênquima	-	-	-	-	-
Floema	-	-	-	-	-
Xilema	-	-	+	-	-
Epiderme abaxial	-	-	-	-	-
Cutícula adaxial	++	-	-	-	-

Limbo

S. terebinthifolius

pedreira

Cutícula adaxial	++	-	-	-	-
Epiderme adaxial	-	-	-	-	-
Hipoderme	-	-	-	-	-
Parênquima paliçádico	+	-	-	+	-
Parênquima lacunoso	+	-	-	-	-
Epiderme abaxial	-	-	-	-	-
Cutícula abaxial	++	-	-	-	-

S. terebinthifolius

pedreira

Cutícula adaxial	++	-	-	-	-
Epiderme adaxial	-	-	-	-	-
Hipoderme	-	-	-	+	-
Parênquima paliçádico	+	-	-	++	-
Parênquima lacunoso	+	-	-	-	-
Epiderme abaxial	-	-	-	-	-
Cutícula abaxial	++	-	-	-	-

Pecíolo

S. terebinthifolius

pedreira

Cutícula	++	-	-	-	-
Epiderme	-	-	-	++	-
Colênquima	-	-	-	-	-
Parênquima clorofiliano	-	-	-	+	-
Células resiníferas	-	-	-	++	-
Esclerênquima	-	-	-	-	-
Floema	-	-	-	-	-
Xilema	-	-	+	-	-
Medula	-	-	-	-	-

S. terebinthifolius

controle

Cutícula	++	-	-	-	-
Epiderme	-	-	-	++	-
Colênquima	-	-	-	-	-
Parênquima clorofiliano	-	-	-	+	-
Células resiníferas	-	-	-	++	-
Esclerênquima	-	-	-	-	-
Floema	-	-	-	-	-
Xilema	-	-	++	-	-
Medula	-	-	-	-	-

Reação negativa (-) Positiva (+) Fortemente positiva (++)

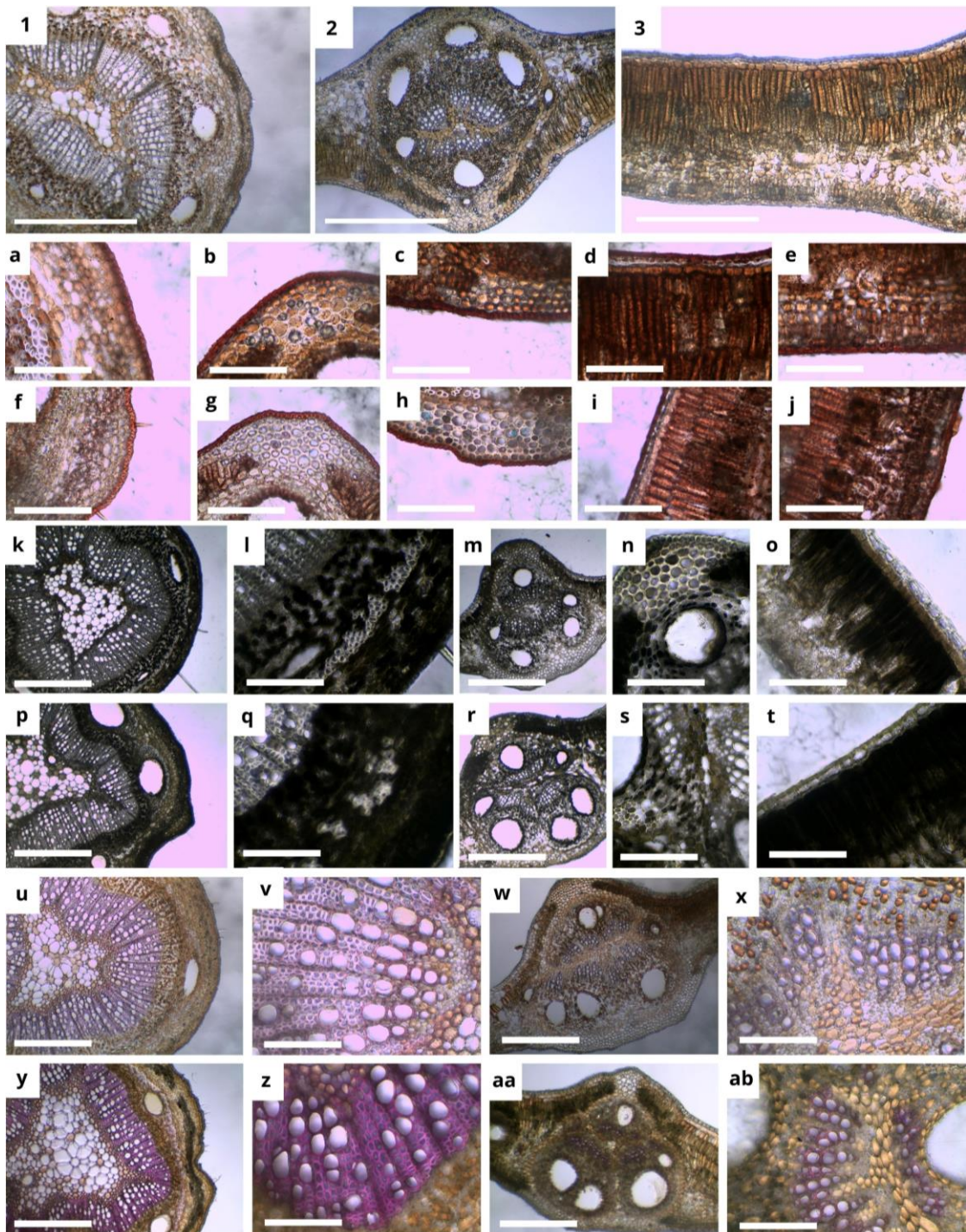


Figura 17. Resultados positivos dos testes histoquímicos em *Schinus terebinthifolia* Raddi na pedra e no local controle. 1,2,3: controle, pecíolo, nervura central e limbo sem corantes ou reagentes. a, b, c, d, e: resultados positivos para lipídeos nas folhas pedra (a: epiderme do pecíolo; b: epiderme adaxial nervura centra; c: epiderme abaxial nervura central; d-e: limbo); f, g, h, i, j: resultados positivos para lipídeos nas folhas do controle (f: epiderme do pecíolo; g: epiderme adaxial nervura centra; h: epiderme abaxial nervura central; i-j: limbo); k, l, m, o: resultados positivos para compostos fenólicos nas folhas da pedra (k-l: pecíolo; l-m: nervura

central; o: limbo); p, q, r, s, t: resultados positivos para compostos fenólicos nas folhas da pedreira (p-q: pecíolo; r-s: nervura central; t: limbo); u, v, w, x: resultados positivos para lignina nas folhas da pedreira (u-v: pecíolo; w-x: nervura central); y, z, aa, ab: resultados positivos para lignina nas folhas do controle (y-z: pecíolo; aa-ab: nervura central).

O Sudan III ao evidenciar as ceras cuticulares (Figura 10 a-j) mostrou que as células epidérmicas tanto da nervura como do pecíolo e limbo dos folíolos apresentam suas paredes celulares bastante cutinizadas conferindo adequada impermeabilização à perda hídrica e proteção contra agentes patogênicos, o parênquima paliçádico (Figura 9 d-i) também positivou para presença de lipídeos, resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Salvi Júnior (2009).

Os compostos fenólicos protegem as plantas contra a ação deletéria das radiações ultra-violeta (Ascensão *et al.*, 1999; Degáspari, 2005) e contra o ataque de herbívoros e são conhecidos por sua ação antioxidante e comumente apresentam atividade antimicrobiana (Degáspari, 2005). Para a farmacologia, atuam como antisséptico, anestésico, anti-inflamatório, antioxidante (Díaz *et al.*, 1999; Barbosa, 2004), nas folhas estas substâncias são acumuladas nos estratos celulares adaxiais como epiderme e parênquima paliçádico, como foi observado também neste trabalho. Em *S. terebinthifolia* os compostos fenólicos foram evidenciados com cloreto férrico (Figura 10 k-t) e reagiram principalmente nas regiões parenquimáticas dos folíolos, destacando-se que esta ocorrência se deu em maior intensidade no parênquima paliçádico do limbo e nas células resiníferas da nervura, além da epiderme, colênquima e parênquima do pecíolo.

A lignina (Figura 10 u-ab) evidenciada pela floroglucina mostrou uma reação fortemente positiva nos feixes vasculares nas plantas controle enquanto nas da pedreira apenas levemente, provavelmente porque além de sustentação a lignina desempenha funções protetoras, gerando resistência física e tornando a planta relativamente indigerível, bloqueando o crescimento de patógenos, concordando com Silva *et al.* (2005) que diz que com deposição da lignina, as plantas tentam se defender de invasores formando barreiras estruturais, dificultando a colonização, provavelmente devido ao fato de que a planta controle não possui uma camada de poeira a revestindo, necessitando relativamente de uma maior proteção. Esses dados corroboram os descritos na família Anacardiaceae, com diversas espécies que produzem vários compostos do metabolismo secundário que podem ser usados tanto na medicina quanto na defesa e adaptação das plantas ao ambiente (Pell, 2004).

4.5 Análises da fluorescência da clorofila *a*

Os dados de fluorescência estão correlacionados à absorção e aprisionamento de energia, transporte e fluxo de elétrons, os quais são processos bioquímicos essenciais em organismos fotossintetizantes (King-Díaz *et al.*, 2014; Hassannejad *et al.*, 2020). A tabela 7 mostra os parâmetros selecionados para as análises da fluorescência da clorofila, ao observá-la é possível ver que há um maior acúmulo de Quinona A reduzida (V_J) nas folhas da pedreira, o que significa um possível bloqueio da liberação de elétrons na banda J do Fotossistema II, na presença de inibidores fotossintéticos ou em condições de estresse, as plantas têm o seu desenvolvimento reduzido ou até mesmo a ocorrência de morte do vegetal, devido à inibição dos processos físico-químicos do complexo de evolução do oxigênio e a redução do fluxo de elétrons no nível do complexo das Q_A e Q_B , o que consequentemente interrompe a fixação de CO_2 e a produção de ATP e NADPH, os quais são componentes essenciais para o desenvolvimento e crescimento do vegetal (Kummerová *et al.*, 2006; Guo *et al.*, 2021).

O rendimento quântico máximo da fotoquímica primária ϕP_0 foi bem semelhante nas duas áreas, já o rendimento do transporte de elétrons ϕE_0 e o rendimento da energia de dissipação ϕD_0 foram menores nas folhas das plantas da pedreira, porém apenas o ϕE_0 se diferenciou significativamente e isso provavelmente está ligado aos valores também menores de V_J Guo *et al.* (2021) em seu trabalho com um inibidor natural do fotossistema II, encontrou resultados semelhantes em que o aumento no valor V_J mostra que houve um bloqueio no transporte de elétrons PSII e ainda foi apoiado pela diminuição significativa no parâmetro ϕE_0 como foi visto nesse trabalho. Ainda, alternativamente, a menor taxa de transporte de elétrons pode ser decorrente da menor absorção de luz causada pelo acúmulo de materiais particulados na superfície das folhas, conforme observado em *Quercus ilex* (Fusaro *et al.*, 2017).

Os valores para o fluxo de absorção por centro de reação (ABS/RC) foram parecidos, no entanto, o índice de desempenho total e os fluxos específicos de energia por centro de reação (PI_{ABS} (abs0)) foi menor nas folhas das plantas da pedreira concordando com os resultados maiores do fluxo de energia dissipada por centro de reação (DI_0/RC) nas folhas poluídas, ou seja, as folhas da área controle possuem um índice maior de fluxo de energia por centro de reação e as da pedreira dissipam mais essa energia. Esses parâmetros podem ser considerados potenciais marcadores fisiológicos, pois representam uma rota competitiva funcionando como um mecanismo fotoprotetor (Chen *et al.*, 2016; Kalaji *et al.*, 2017). O índice de desempenho PI_{ABS} , pode ser considerado o mais sensível

parâmetro para vários estresses, e expressa a atividade fotossintética geral do FSII (Strasser *et al.*, 2004) e é um bom indicador da vitalidade das plantas (Kalaji *et al.*, 2017, 2016; Stirbet e Govindjee 2012). O número de centros de reação ativos (RC/CS₀) foi menor nas folhas cobertas por poeira, o estresse provocado pela poeira está inativando alguns centros, além do índice de desempenho total e os fluxos específicos de energia por centro de reação (PI_{ABS}) também ser menor significativamente. Esses resultados indicam a ocorrência de um desequilíbrio entre o fluxo de energia absorvida e a utilização desta energia pelos processos fotoquímicos (Chen *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2016; Kalaji *et al.*, 2017). Alterações na fluorescência são primariamente observadas no FSII, pois esse processo parece ser mais sensível a estresses ambientais (Silva *et al.*, 2012)

Tabela 7: Valores encontrados na fluorescência da clorofila *a* nos parâmetros selecionados nas folhas de *Schinus terebinthifolia* Raddi.

Parâmetros	Aroeira pedreira	CV (%)	Aroeira controle	CV (%)	p (>0,5)
V _J	0,35 ± 0,04	12,10	0,31 ± 0,02	8,20	0,0128
φP ₀	0,82 ± 0,009	1,12	0,82 ± 0,005	0,70	0,4605
φE ₀	0,53 ± 0,38	7,12	0,56 ± 0,22	3,92	0,0173
φD ₀	0,17 ± 0,009	5,45	0,71 ± 0,005	3,40	0,4605
ABS/RC	1,00 ± 0,15	15,95	0,90 ± 0,79	8,78	0,197
DI ₀ /RC	0,17 ± 0,03	19,91	0,15 ± 0,01	8,16	>0,0001
RC/CS ₀	401,73 ± 49,84	12,40	477,95 ± 46,11	9,64	0,0002
PI _{ABS}	94,79 ± 32,99	34,90	116,39 ± 23,79	20,43	0,0383

Legenda: p (>0,5) diferença significativa

CV: coeficiente de variação baixos quando inferiores a 10%, médios entre 10 e 20%, altos entre 20 e 30% e muito altos se superiores a 30%

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho apontam que as folhas a deposição da poeira de sílica na superfície foliar não alteraram a morfologia descritiva das folhas de *S. terebinthifolia*, porém as folhas localizadas na pedreira apresentaram uma assimetria maior que as encontradas do controle. Outro fator notado é que possivelmente as folhas ao acumular a poeira em sua superfície, como mecanismos para uma maior tolerância a esse ambiente depositam a maior parte da poeira em seu ápice, afim de obter uma maior área sem exagerado acúmulo de poeira. A anatomia descritiva permaneceu a mesma nos dois ambientes, no entanto, avaliando os dados quantitativos biométricos e das medidas dos tecidos anatômicos percebeu-se que as folhas da pedreira provavelmente investem em maior área foliar enquanto as do controle em maior espessura quando submetidos a este tipo de poeira. Além disso, a poeira de sílica diminuiu a densidade estomática e a quantidade de lignina nas folhas, mas não afetou de forma agravante a integridade das mesmas. Já as análises de fluorescência mostraram que mesmo em estresse, a espécie consegue realizar seu processo fotossintético, ainda que de forma mais lenta e com menor eficiência. Portanto, estudos relacionados às variáveis fisiológicas, histoquímicas e anatômicas das plantas, são essenciais para que possa ser estabelecido um grau de tolerância e seletividade das espécies em ambientes impactados pela poeira, os resultados apresentados neste trabalho mostram que *S. terebinthifolia* é uma espécie que tolera de forma eficaz ambientes impactados com a poeira de sílica e pode ser indicada para o uso no reflorestamento ou restauração em pedreiras.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. O. P. O.; SÁNCHEZ, L. E. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. **Revista Árvore**, v. 29, p. 47-54, 2005.

ALVES, E. S. *et al.* Anatomic studies on *Tradescantia* hibrid clone 4430 leaves: changes caused by urban air pollution. **Brazilian Journal of Botany**, v. 24, p. 567-576, 2001.

ALVES, E. S.; TRESMONDI, F.; LONGUI, E. L. Leaf anatomy of *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) in urban and rural environments, São Paulo State, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, p. 241-248, 2008.

ARAÚJO, G. B. **Micromorfologia e anatomia foliar de espécies de *Goepertia Nees* (Marantaceae) da Mata Atlântica: caracterização e implicações taxonômicas**. 2020. Tese (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Rio Claro, 2020.

ASCENSÃO, L.; MOTA, L.; DE M. CASTRO, M. Glandular trichomes on the leaves and flowers of *Plectranthus ornatus*: morphology, distribution and histochemistry. **Annals of Botany**, v. 84, n. 4, p. 437-447, 1999.

AZEVEDO, C. F.; QUIRINO, Z. G. M.; BRUNO, R. L. A. Estudo farmacobotânico de partes aéreas vegetativas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae). **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 17, p. 26-35, 2015.

BAGGIO, A. J. Aroeira como potencial para usos múltiplos na propriedade rural. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, v. 17, p. 25-32, 1988.

BALASOORIYA, B. L. W. K. *et al.* Biomonitoring of urban habitat quality by anatomical and chemical leaf characteristics. **Environmental and Experimental Botany**, v. 65, n. 2-3, p. 386-394, 2009.

BRITO, L. **Potenciais impactos de poluentes do ar sobre a biodiversidade urbana: uma abordagem em plantas da família Myrtaceae.** 2018. Tese (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Ambiental) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente-SP, 2018.

BUJOKAS, W. M.; MARTINS, K. G.; MARQUES, R. Crescimento, teores de clorofila e de bioelementos em indivíduos jovens de *Schinus terebinthifolius* expostos à poeira de cimento. **Floresta**, v. 40, n. 3, 2010.

CARDOSO, I. B. **Efeito da assimetria flutuante no desenvolvimento e na germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em áreas de Mata Seca com diferentes status de conservação.** 2017. Tese (Mestrado em Ecologia de Biomas Tropicais) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto –MG, 2017.

CAVALLARO, R. *et al.* Avaliação do efeito da poluição atmosférica em populações urbanas de *Inga edulis* Mart. (Fabaceae) por meio do método de biomonitoramento passivo. **Caderno de Publicações Univag**, [S. l.], n. 08, 2018.

CHEN, S. *et al.* Classification and characteristics of heat tolerance in *Ageratina adenophora* populations using fast chlorophyll a fluorescence rise OJ-I-P. **Environ. Exp. Bot.** 122, 126–140, 2016.

COSTA, C. C. Evaluation of the morphological parameters of aroeira seedlings (*Schinus terebinthifolius* Raddi.) In biodegradable tubes. **Revista Ambientale**, v. 12, n. 3, p. 1-14, 2020.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants.** Columbia university press, 1981.

CUEVAS-REYES, P.; Gilberti, L.; González-Rodríguez, A.; Fernandes, G. W. Patterns of herbivory and fluctuating asymmetry in *Solanum lycocarpum* St. Hill (Solanaceae) along an urban gradient in Brazil. **Ecological Indicators**, v. 24, p. 557-561, 2013.

CUNHA, I. M. F. **Efeito da poeira de cimento na anatomia foliar e trocas gasosas de *Myracrodruon urundeuva* (Fr. All.) (Anacardiaceae) e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae).** 2019. Tese (Mestrado em Botânica Aplicada) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N.; PRADO, M. R. M. Atividade antimicrobiana de *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Ciência e agrotecnologia**, v. 29, p. 617-622, 2005.

DE SALES, R. A. *et al.* Influência de diferentes fontes de matéria orgânica na propagação da *Schinus terebinthifolia* Raddi. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 99-106, 2017.

DE SOUZA, R. D. N.; REIS, T. V. Extração e isolamento de fungos endofíticos da aroeira *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Revista Científico**, v. 18, n. 38, p. 105-120, 2018.

DICKISON, W.C. **Integrative Plant Anatomy**. San Diego: Academic Press, 2000. 533p.

DOS SANTOS, G. S. *et al.* Avaliação do potencial bioindicador de *Alchornea glandulosa* no monitoramento da poluição atmosférica. **Acta Biológica Catarinense**, v. 6, n. 1, p. 93-102, 2019.

DOUSSEAU, S. **Propagação, caracterização fotossintética, estruturais, fitoquímicas e crescimento inicial de *Piper aduncum* L. (Piperaceae).** 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2009.

DUARTE, M. R.; TOLEDO, M. da G.; OLIVEIRA, R. La B. Diagnose morfoanatômica de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae). **Biblioteca Digital de Periódicos da UFPR**, 2006.

DUARTE, M. R. *et al.* Anatomia foliar comparada de espécies de aroeira: *Myracrodruon urundeuva* Allemão e *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Visão Acadêmica**, v. 10, n. 1, 2009.

EL-KHATIB, A. A., D. E. M. **Morpho-Anatomical Characteristics of Olive (*Olea europaea* L.) Trees Leaf as Bio-indicator of Cement Dust Air Pollution in Libya.** Radwan and A. A. Alramah-Said, J. Env. Studies, 2012.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes.** Editora Blucher, 1974.

FARMER, A. M. The effects of dust on vegetation—a review. **Environmental pollution**, v. 79, n. 1, p. 63-75, 1993.

FINK, S. Unusual patterns in the distribution of calcium oxalate in spruce needles and their possible relationships to the impact of pollutants. **New Phytologist**, v. 119, n. 1, p. 41-51, 1991.

FUSARO, L.; SALVATORI, E.; MANES, F. Effects of nitrogen deposition, drought and their interaction, on functional and structural traits of *Fraxinus ornus* L. and *Quercus ilex* L. **Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology**, v. 151, n. 1, p. 174-189, 2017.

GRATANI, L.; CRESCENTE, M. F.; PETRUZZI, M. Relationship between leaf life-span and photosynthetic activity of *Quercus ilex* in polluted urban areas (Rome). **Environmental Pollution**, Barking, v. 110, p. 19-28, 2000.

GRANTZ, D. A.; GARNER, J. H. B.; JOHNSON, D. W. Ecological effects of particulate matter. **Environment International**, v. 29, n. 2-3, p. 213-239, 2003.

GRISI, F. A. *et al.* I. Morfoanatomia foliar em mudas de *Schinus terebinthifolius* sob diferentes níveis de saturação hídrica. **Floresta**, v. 41, n. 4, p. 881-894, 2011.

GUO, Y. *et al.* **Action Mode of the Mycotoxin Patulin as a Novel Natural Photosystem II Inhibitor.** Agricultural and food chemistry, 69, 7313-7323, 2021.

HASSANNEJAD, Sirous *et al.* Early identification of herbicide modes of action by the use of chlorophyll fluorescence measurements. **Plants**, v. 9, n. 4, p. 529, 2020.

HIRANO, T.; KIYOTA, M.; AIGA, I. Physical effects of dust on leaf physiology of cucumber and kidney bean plants. **Environmental Pollution**, v. 89, n. 3, p. 255-261, 1995.

HOFFMANN, A. A. Associating environmental stress with developmental stability: problems and patterns. **Developmental instability: causes and consequences**, p. 387-401, 2003.

HOSHIKA, Y. *et al.* Water use strategy affects avoidance of ozone stress by stomatal closure in Mediterranean trees—a modelling analysis. **Plant, Cell & Environment**, v. 43, n. 3, p. 611-623, 2020.

JENSEN, W. A. **Botanical histochemistry**. WH Freeman, San Francisco, 1962.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. McGraw-Hill Book Company, Inc: London; 530p, 1940.

JUDD, W. S. *et al.* **Plant systematics**. A phylogenetic approach. Massachusetts: Sinauer Associates, 1999.

KALAJI, H. M. *et al.* Chlorophyll fluorescence as a tool for nutrient status identification in rapeseed plants. **Photosynthesis Research** 136 (3):329–43, 2017.

KARDEL, F. *et al.* Assessing urban habitat quality based on specific leaf area and stomatal characteristics of *Plantago lanceolata* L. **Environmental Pollution**, v. 158, n. 3, p. 788-794, 2010.

KING-DÍAZ, Beatriz *et al.* Triterpenes from *Cabralea canjerana* as *in vitro* inhibitors to light reactions of photosynthesis. **American Journal of Plant Sciences**, v. 2014, 2014.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR, 1997. v. 1, 198p.

KAYET, N. *et al.* Avaliação de poeira foliar usando imagens de satélite Hyperion e Landsat para monitoramento ambiental de minas em áreas de mineração de minério de ferro fundido a céu aberto. **Revista Produção Mais Limpa**, v. 218, p. 993-1006, 2019.

LAL, B.; AMBASHT, R. S. Impact of cement dust on the mineral and energy concentration of *Psidium guayava*. **Environmental Pollution**. Series A. Ecological and biological, London, v. 29, p. 241-247, 1982.

LARCHER, W.; DE ASSIS PRADO, C. H. B. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e textos, 2000.

LAU, O. W.; LUK, S. F. Leaves of *Bauhinia blakeana* as indicators of atmospheric pollution in Hong Kong. **Atmospheric Environment**, v. 35, n. 18, p. 3113-3120, 2001.

LIMA JR, E. de C. *et al.* Aspectos fisiológicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 30, p. 33-41, 2006.

LIZIERI, C., KUKI, K. N., AGUIAR, R. The morphophysiological responses of freefloating aquatic macrophytes to a supra-optimal supply of manganese. **Water, Air and Soil Pollution** v.223, p. 2807-2820, 2012.

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

LUQUE, R.; SOUSA, H. C. de.; KRAUS, J. E. Métodos de coloração de Roeser (1972): modificado-e Kropp (1972) visando a substituição do azul de astra por azul de alcião 8GS ou 8GX. **Acta Botanica Brasilica**, v. 10, p. 199-212, 1996.

MADISON, M. Vascular epiphytes: their systematic occurrence and salient features. **Selbyana**, v. 2, n. 1, p. 1-13, 1977.

MOLLER, A. P.; SWADDLE, J. P. **Asymmetry, developmental stability and evolution**. Oxford University Press, UK, 1997.

O'BRIEN, T.P.; FEDER, N.; MCCULLY, M. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue o. **Protoplasma**, v.59, n.2, p.368-73, 1965.

OLIVEIRA, J. P. S.; COSTA, A. C. B.; FERREIRA, E. E. Assimetria flutuante em folíolos de aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi, Anacardiaceae) em espaço público urbano, Arapiraca-AL. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 1, p. 445-459, 2021.

PAL, A. *et al.* Do leaf surface characters play a role in plant resistance to auto-exhaust pollution?. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 197, n. 1, p. 47-55, 2002.

PANES, V. A.; ZAMORA, P. M. Leaf epidermical features of four Philippine plants as indicators of cement dust pollution. **Philippine Journal of Science**, v. 120, n. 3, p. 249-267, 1991.

PELL, S. K. **Molecular systematics of the cashew family (Anacardiaceae)**. Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College, 2004.

PERICAK, A. A. *et al.* Amos et al. Mapping the yearly extent of surface coal mining in Central Appalachia using Landsat and Google Earth Engine. **PloS one**, v. 13, n. 7, p. e0197758, 2018.

PEREIRA, E. G. *et al.* Photosynthetic changes and oxidative stress caused by iron ore dust deposition in the tropical CAM tree *Clusia hilariana*. **Trees**, v. 23, p. 277-285, 2009.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.

PRASAD, M. S. V.; INAMDAR, J.A. Effect of cement kiln dust pollution on black gram (*Vigna mungo* (L.) Hepper). **Proceedings of the Indian Academy of Sciences, Plant Sciences**, v. 100, n. 6, p. 435-443, 1990.

RAGGI, F. A. S. **Uso de *Oeceoclades maculata* (Lindley) Lindley como bioindicadora de metais pesados no ar atmosférico da cidade de Volta Redonda, RJ.** 2020. 80 f. Tese (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2020.

SABBI, L. De B. C.; ÂNGELO, A. C.; BOEGER, M. R. Influência da luminosidade nos aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (Anacardiaceae) implantadas em duas áreas com diferentes graus de sucessão, nas margens do Reservatório Iraí, Paraná, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, v. 65, n. 2, p. 171-181, 2010.

SALVI, JÚNIOR, a. *Schinus terebinthifolia* Raddi: **Estudo anatômico e histoquímico das folhas e investigação do potencial farmacêutico do extrato etanólico e suas frações.** 2009. Tese (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araquarara, 2009.

SHARMA, G. K.; BUTLER, J. Leaf cuticular variations in *Trifolium repens* L. as indicators of environmental pollution. **Environmental Pollution** (1970), v. 5, n. 4, p. 287-293, 1973.

SILVA, L.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botânica Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 183-194, Ago. 2014. 2005.

SINGH, S. N.; RAO, D. N. Growth of wheat plants exposed to cement dust pollution. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 14, p. 241-249, 1980.

SOUZA, G. M. *et al.* De L. Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de plântulas de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, p. 474-485, 2009.

STIRBET, A., and GOVINDJEE. Chlorophyll a fluorescence induction: A personal perspective of the thermal phase, the J–I–P rise. **Photosynthesis Research** 113 (1–3):15–61, 2012.

STRAPASSON, M.; DOS SANTOS, Á. F.; DE SOUZA MEDEIROS, A. C. Fungos Associados às sementes de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolia*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 45, p. 131-135, 2002.

STRASSER, R.J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A. Analysis of the Chlorophyll a Fluorescence Transient. In: Papageorgiou, G.C. and Govindjee, Eds., Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis, **Springer, New York**, 321-362, 2004.

SHARMA, G. K.; CHANDLER, C.; SALEMI, L. Environmental pollution and leaf cuticular variation in kudzu (*Pueraria lobata* Willd.). **Annals of Botany**, v. 45, n. 1, p. 77-80, 1980.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Photosynthesis: physiological and ecological considerations. **Plant Physiol**, v. 9, p. 172-174, 2002.

VERMA, A.; SINGH, S. N. Biochemical and ultrastructural changes in plant foliage exposed to auto-pollution. **Environmental monitoring and assessment**, v. 120, p. 585-602, 2006.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. Botânica-organografia. 8 a impressão. **UFV, Viçosa**. 67p, 2006.

WATMOUGH, S. A.; HUTCHINSON, T. C.; EVANS, R. D. The distribution of ⁶⁷Zn and ²⁰⁷Pb applied to white spruce foliage at ambient concentrations under different pH regimes. **Environmental and Experimental Botany**, v 41, p. 83-92, 1999.

ZHANG, L. *et al.* Changes of photosynthetic behaviors and photoprotection during cell transformation and astaxanthin accumulation in haematococcus pluvialis grown outdoors in tubular photobioreactors. **International Journal of Molecular Sciences** 18 (1):33, 2016.

ZIA-KHAN, S. *et al.* **Effect of dust deposition on stomatal conductance and leaf temperature of cotton in northwest China.** *Water*, v. 7, n. 1, p. 116-131, 2014.