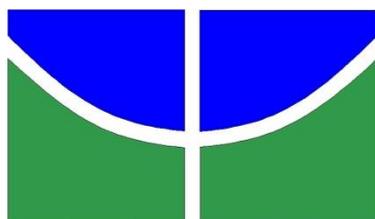


UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**VARIAÇÕES ANATÔMICAS DA MADEIRA DE *Miconia ferruginata* DC. EM UMA
ÁREA COM E SEM OCORRÊNCIA DE QUEIMADAS DO CERRADO S.S.**

ANA PAULA RODRIGUES DE FRANÇA

Brasília - 2023



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

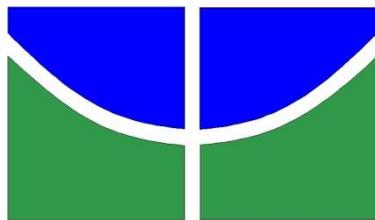
**VARIAÇÕES ANATÔMICAS DA MADEIRA DE *Miconia ferruginata* DC. EM UMA
ÁREA COM E SEM OCORRÊNCIA DE QUEIMADAS DO CERRADO S.S.**

Discente: Ana Paula Rodrigues de França

Orientadora: Júlia Sonsin Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado ao Departamento de Engenharia
Florestal da Universidade de Brasília como parte
das exigências para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Florestal

Brasília – 2023



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

FACULDADE DE TECNOLOGIA - FT

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL – EFL

**VARIAÇÕES ANATÔMICAS DA MADEIRA DE *Miconia ferruginata* DC. EM UMA
ÁREA COM E SEM OCORRÊNCIA DE QUEIMADAS DO CERRADO S.S.**

Estudante: Ana Paula Rodrigues de França

Matrícula: 17/0005780

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Júlia Sonsin Oliveira

Menção: SS

Profa. Dra. Júlia Sonsin Oliveira
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Botânica
Orientadora (BOT)

Profa. Dra. Juscelina Arcanjo dos Santos
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Membro da Banca

Analista Ambiental Me. Elisa Palhares de Souza
Laboratório de Produtos Florestais / Serviço Florestal Brasileiro – LPF / SFB
Membro da Banca

Brasília-DF – 2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

RF815v Rodrigues de França , Ana Paula
VARIAÇÕES ANATÔMICAS DA MADEIRA DE Miconia ferruginata DC.
EM UMA ÁREA COM E SEM OCORRÊNCIA DE QUEIMADAS DO CERRADO
S.S. / Ana Paula Rodrigues de França ; orientador Júlia
Sonsin Oliveira . -- Brasília, 2023.
40 p.

Monografia (Graduação - Engenharia Florestal) --
Universidade de Brasília, 2023.

1. Anatomia da madeira . 2. Cerrado s.s. . 3.
Embolismo. 4. Fogo. 5. Sobrevivência . I. Sonsin Oliveira ,
Júlia , orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

À Professora Júlia que me aceitou como sua orientada, à Dra. Clarissa que me ajudou bastante, principalmente nas análises estatísticas, sem ela as análises estatísticas não estariam prontas.

Agradeço ao Instituto de Botânica por disponibilizar suas instalações e ao Laboratório de Produtos Florestais (LPF) – Serviço Florestal Brasileiro para que pudessem ser adquiridas as macrofotografias.

À minha mãe, pois sem ela nada disso seria possível. Ela foi capaz de fazer de tudo, o possível e tentou o impossível para que eu pudesse chegar onde estou, é tudo por ela.

Aos amigos que fiz durante esse curso, que me ajudaram a chegar ao final e fizeram essa jornada de anos ser como foi e ser inesquecível, todas as risadas, as aulas juntos, estudos antes da prova, trabalhos em grupo, almoços, sorvetes e fofocas. Realmente não teria graça esse curso se eu não tivesse conhecido cada um de vocês: Beatriz Casimiro, Breno Moraes, Cristiana Marques, Gabriel Santos, Luisa Araújo, Matheus Filipe e Nathaly Tacki, vocês são tudo!

RESUMO

O aumento do número de queimadas afeta significativamente a vegetação do Cerrado, mesmo que ela apresente mecanismos de defesas, como aumento da capacidade de rebrota, caules menores, altura reduzida, proteção de gemas, órgãos subterrâneos com rápido crescimento, e maior espessura de casca, que é uma das mais importantes encontradas no bioma. O objetivo desse trabalho foi o de verificar se houve diferenças anatômicas na madeira da espécie *Miconia ferruginata* DC. que foram coletadas em uma área de Cerrado *s.s.* com registro de queima controlada e incêndios ao longo de aproximadamente trinta anos e de outra área sem queimas (designada como controle). Adicionalmente, foi verificada a possibilidade de a espessura da casca ter protegido o câmbio durante a passagem de fogo. Assim, foram coletadas três amostras de madeira do caule principal da área fogo e duas da área controle. Seguindo a metodologia usual para análises anatômicas da madeira, as amostras foram cortadas, fotografadas, medidas e os dados coletados foram analisados estatisticamente no R 4.2.2 e PAST 4.0. As variáveis diâmetro médio de vaso, densidade e área de vaso, frequência e largura de raio foram significativamente maiores na área fogo, entretanto, as variáveis comprimento de vaso e de fibra, e diâmetro da pontuação radiovascular foram significativamente menores. Além disso, observou-se um aumento de 16,9% do diâmetro médio de vaso e de 8,66% na quantidade de vasos solitários, mas houve uma diminuição de 12,43% nos vasos múltiplos de dois e uma diminuição significativa de 21,16% das pontuações radiovasculares nas áreas de fogo quando comparadas com a área controle. Essas modificações, provavelmente, deixaram as árvores danificadas pelo fogo mais suscetíveis à cavitação dos vasos do xilema e a estratégia observada para evitar o embolismo dos vasos condutores foi o aumento do tecido parenquimático dos raios e a diminuição no comprimento dos elementos condutores e das pontuações radiovasculares. Entretanto, mesmo com o aumento das características de vaso, o diâmetro ainda é considerado pequeno ($< 100 \mu\text{m}$) e de média densidade (20-40/mm²). Todas as três amostras apresentam marcas de fogo em dimensão macro ou microscópica, indicando que as altas temperaturas atingidas durante as queimadas causaram lesão estrutural no câmbio vascular das árvores queimadas. Entretanto, a espessura da casca dos indivíduos da área queimada e da área controle apresentaram valores próximos, sugerindo baixa influência do fogo na plasticidade dessas características para essa espécie.

Palavras-Chave: anatomia da madeira, bioma Cerrado *s.s.*, embolismo, fogo, sobrevivência.

ABSTRACT

The increase in the number of fires significantly affects the Cerrado vegetation, even though it has defense mechanisms, such as increased regrowth capacity, smaller stems, reduce height, protection of buttons, underground organs with rapid growth, and greater bark thickness, which is one of the most important mechanisms found in this Biome. The objective of this work was to verify if there were anatomical differences in the wood of the species *Miconia ferruginata* DC. that was collected in a Cerrado *s.s.* area with a record of controlled burning and fires over approximately thirty years and another area without burning (called control). Additionally, the possibility that the bark thickness protected the cambium during the fire passage will be verified. Thus, three wood samples were collected from the main stem of fire area and two from control area. Following the usual methodology for wood anatomical analyzes, the samples were cut, photographed, measured, and the collected data were statistically analyzed in R 4.2.2 and PAST 4.0. The variables mean vessel diameter, vessel density and area, frequency and ray width were significantly higher in the fire area, however, the variables vessel and fiber length, and vessel ray pits diameter were significantly lower. In addition, an increase of 16.9% in mean vessel diameter, and 8.66% in the number of solitary vessels was observed, but there was a 12.43% decrease in multiple vessels of two, and a significant decrease of 21.16% of vessel ray pits at the fire areas when compared to the control. This modification probably made the fire-damage trees more susceptible to cavitation in the xylem vessels, and the strategy observed to avoid embolism of the conducting vessels was the increase in parenchymal tissue (ray) and a decrease in of the size of the vessel length and ray pits. However, even with the increase in vessel characteristics, the diameter is still considered small ($< 100 \mu\text{m}$) and of medium density (20-40/mm²). All three samples showed fire marks in macro or microscopic dimensions, indicating that the high temperatures reached during the burns caused structural damage to the vascular cambium of the burned trees. However, the thickness of the bark of the burned and control area showed similar values, suggesting a low influence of fire on the plasticity of these characteristics for this species.

Keywords: fire, Cerrado *s.s.*, embolism, survival, wood anatomy.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Série histórica de focos por bioma e ano. Fonte: INPE, 2022. 14
- Figura 2. Comparativo de focos de incêndio mensal no Cerrado em 2022. Fonte: INPE, 2022. 14
- Figura 3. Distribuição geográfica da espécie *Miconia ferruginata* DC. (A) América do Sul. Fonte: Global Biodiversity Information Facility (GIBIF) (B) Brasil. Fonte: Flora do Brasil. 16
- Figura 4. *Miconia ferruginata* DC. (A) Tronco. (B) Inflorescência. (C) Folha face adaxial. (D) Folha face abaxial. 17
- Figura 5. Visão dos locais de coleta e coordenadas geográficas referente as amostras. Fonte: Google Earth. 19
- Figura 6. Processo de coleta e de preparo da amostra lixada. (A) Coleta com o perfurador. (B) Amostra recém coletada. (C) Processo de lixamento. (D) Amostra após lixamento. Fonte: Dr.^a Clarissa Fontes. 20
- Figura 7. Análise microscópica da área e diâmetro de vaso, no aumento de 10x com o software imageJ. Barra = 100 μm . 23
- Figura 8. Plano transversal em imagens macroscópica da amostra MF2 (A) e microscópica (B e C), ressaltando a cicatriz e fogo. (A) imagem sem aumento (olho nu). (B e C). Notar que o plano transversal ficou radial devido a cicatriz de fogo (Fonte: Dr.^a Clarissa Fontes). Barra: B-C = 100 μm . 24
- Figura 9. Gráfico de caixa (A) Diâmetro médio de vaso. (B) Densidade de vaso. 25
- Figura 10. Plano transversal das amostras de *M. ferruginata* na parcela fogo (A-C) e controle (D-E). (A) MF2; (B) MF4; (C) MF5; (D) MF5C; (E) MF11C. Barras = 100 μm . 25
- Figura 11. Plano transversal de *Miconia ferruginata* DC. 20x (MF5). Seta aponta para a cicatriz de fogo. Barra = 1000 μm . 26
- Figura 12. Gráfico de caixa (A) Área de vaso. (B) Comprimento de vaso. 27
- Figura 13. Gráfico de caixa. (A) Frequência de raio. (B) Diâmetro da pontoação radiovascular. 28
- Figura 14. Plano tangencial mostrando maior frequência, largura e altura de raios na área de fogo (A), quando comparado com a área controle (B). Barras = 100 μm . 28
- Figura 15. Plano radial mostrando o diâmetro das pontoações radiovasculares da área fogo (A) e área controle (B). Barra = 100 μm . 29
- Figura 16. Gráfico de regressão diâmetro de vasos (D) vs. Diâmetro da pontoação radiovascular (RVP). 31
- Figura 17. Gráfico de caixa. (A) Comprimento de fibra. (B) Largura de raio. 31
- Figura 18. PCA áreas fogo e controle. 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Focos de incêndio do Cerrado por estado de janeiro a dezembro de 2022.	14
Tabela 2. Amostras da espécie <i>Miconia ferruginata</i> DC. (MF) da parcela fogo e controle.	20
Tabela 3. Códigos de coleta da espécie <i>Miconia ferruginata</i> DC. C = circunferência à 30cm do solo (altura de coleta das amostras); H = altura.	21
Tabela 4. Nome das variáveis analisadas por regressão.	24
Tabela 5. Densidade de vasos/mm ² na área controle e na área fogo. M= vasos múltiplos.	27
Tabela 6. Valores da análise de regressão. Pred. = predictors; Est = estimates; D = diâmetro médio dos vasos (µm); VDe/mm ² = densidade média de vasos; IVP = diâmetro médio das pontoações intervasculares (µm); RVP = diâmetro médio das pontoações radiovasculares (µm); R/mm = frequência média de raios; FWT = espessura média da parede da fibra (µm); FLu = espessura média do lume da fibra (µm); CI = intervalo de confiança.	30
Tabela 7. Valores correspondes de cada variável para cada pca. FL = comprimento médio de fibra. FWT = espessura média da parede da fibra. VL = comprimento médio de vaso. VDe = densidade média de vaso. IVP = diâmetro médio da pontoação intervascular. RVP = diâmetro médio da pontoação radiovascular. R/mm = frequência média do raio. RH = altura média de raio. RW = largura média de raio. VeA = área média de vaso. D = diâmetro médio do vaso. VF = fração de vaso.	33
Tabela 8. Espessura de casca das amostras coletadas.	34

SUMÁRIO

1. Introdução	11
2. Revisão Bibliográfica	12
2.1 Cerrado	12
2.2 Fogo	13
2.3 Família Melastomataceae	15
2.4 <i>Miconia ferruginata</i> DC.	15
2.5 Casca, transporte de água na planta e fogo	17
3. Materiais e Métodos	18
3.1 Área de estudo	18
3.2 Coleta e polimento das amostras	19
3.3 Microtomia	21
3.4 Maceração e montagem das lâminas histológicas e semi-permanentes	21
3.5 Macroscopia, microscopia, medições anatômicas e análises estatísticas	22
4. Resultados e Discussão	24
5. Conclusão	34
6. Referências Bibliográficas	35
Anexo I	40

1. INTRODUÇÃO

As savanas do Cerrado são ambientes historicamente propensos ao fogo e as plantas presentes nesse bioma estão mais adaptadas a essas condições do que plantas de outros biomas, porém com variações de ajustes dentro de suas fitofisionomias (Miranda, 2010). É sabido que a presença do fogo afeta de forma significativa ecossistemas em todo o mundo (Bär et al., 2019), mas a ocorrência em grandes proporções vem se tornando uma ameaça à conservação da biodiversidade e na densidade de espécies lenhosas do Cerrado (Hoffmann e Solbrig, 2003; Medeiros e Fiedler, 2004).

O Bioma apresenta fitofisionomias que vão desde formações florestais, savânicas e campestres, são elas Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca, Cerradão, Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, o Palmeiral e a Vereda, Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre (Ribeiro & Walter, 1998). Este, ainda apresenta alta acidez do solo e baixa fertilidade (Klink e Machado, 2005) e com mudanças e adaptações ao regime de fogo para cada fitofisionomia.

Mecanismos de defesa e adaptações utilizados pelas plantas para sobreviverem em áreas propensas ao fogo e com disponibilidade hídrica reduzida, como o Cerrado, são reportados por diferentes autores, por exemplo, aumento da capacidade de rebrota alcançando um estágio reprodutivo mais cedo (Bond e Midgley, 2001, Miranda et al. 2010), com caules menores, altura reduzida (Lawes et al, 2013), capacidade de rebrotamento subterrâneo (Medeiros, 2002), menor diâmetro dos vasos (Lindorf, 1994, Sonsin et al., 2012) e diminuição do seu comprimento (Sperry et al., 2006) para adaptação hidráulica de ambientes mais secos e investimento em espessura da casca (Miranda et al., 2010, Lawes et al., 2012; Pausas, 2015). Sendo a última, considerada um dos principais mecanismos de proteção, principalmente a parte morta da planta, o felema (Vale et al., 2006; 2014). Sem o isolamento suficiente, o câmbio vascular e o floema podem ultrapassar temperaturas críticas para necrose, por volta de 60°C (Bär et al., 2019).

Os incêndios não naturais no Cerrado geralmente ocorrem no final da estação seca, quando a vegetação está em seu estado mais inflamável (De Medeiros, 2002; Durigan e Ratter, 2016), e mesmo que esses incêndios sejam de intensidade baixa e moderada podem, muitas vezes, não apresentar um grande risco para espécies lenhosas adultas (Bär et al., 2019), entretanto, podem posteriormente aumentar a suscetibilidade a ataques externos, causando limitações de nutrientes e água, o que pode acarretar em impactos no funcionamento de toda a árvore, gerando estresse para elas e para o ecossistema como um todo (De Medeiros, 2002; Bär et al., 2019).

Anatomicamente, quando danificada pelo fogo, a planta passa a produzir células de forma anormal com tamanho e quantidade diferentes em comparação a indivíduos que não tiveram contato com o fogo (Mundo et al., 2019), isso pode prejudicar o transporte de água e nutrientes na madeira (Bär et al., 2019; Mundo et al., 2019), e aumentar sua suscetibilidade a cavitação (Michaletz et al., 2012; Bär et al., 2018).

O objetivo desse estudo foi observar as diferenças anatômicas na madeira da espécie *Miconia ferruginata* DC. em uma área de Cerrado s.s. em que houve ocorrência de fogo (queimadas controladas) e comparar com a anatomia de indivíduos de uma área similar de Cerrado s.s sem ocorrência de fogo há pelo menos 50 anos (área controle). Bem como, verificar a ocorrência de diferenças anatômicas na madeira da espécie em ambos os tratamentos que expliquem sua sobrevivência na área de queima, além de testar se a espessura de casca explica a eficiência na sobrevivência dos indivíduos na área queimada.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CERRADO

O Cerrado é o segundo maior Bioma brasileiro, ocupando 21% do território nacional, porém aproximadamente metade de sua extensão territorial original já foi transformada em pastagens plantadas, culturas animais e outros tipos de uso (Klink e Machado, 2005). É uma região reconhecida como um hotspot global de biodiversidade com mais de 10.000 espécies de plantas, das quais 44% são endêmicas e com mais de uma centena de espécies da flora ameaçada de extinção (Klink e Machado, 2005; Simon, 2009; MMA, 2019). Esse desaparecimento de espécies nativas está associado a exploração desenfreada, ocupação e expansão urbana e agropecuária e o uso irracional do fogo (Fiedler, 2004).

O clima dominante é o tropical quente-subúmido com dois períodos bem definidos, um período de estiagem que percorre os meses de abril a setembro e um período chuvoso entre os meses de outubro e março, a média anual de precipitação é de 1500mm, podendo haver variações a depender da localização, e média de temperatura de 21,3 a 27,2°C (EMBRAPA Cerrados, 2012).

O bioma apresenta fitofisionomias que vão desde formações florestais, savânicas e campestres. São elas Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca, Cerradão, Cerrado Sentido Restrito, Parque de Cerrado, o Palmeiral e a Vereda, Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre, sendo que a flora de cada fitofisionomia está adaptada a ela como, por exemplo, predominância de espécies arbóreas nas formações florestais, adaptadas a inundações como é

possível ocorrer em matas de Galeria, o estrato arbóreo e arbustivo-herbáceo característico das formações savânicas ou as espécies exclusivamente herbáceo-arbustivo do campo sujo devido a seu solo raso (Ribeiro e Walter, 1998).

2.2 FOGO

O homem usa o fogo há bastante tempo objetivando, principalmente caça, manejo para agricultura e pecuária, além de limpeza de terreno (Scott, 2000; Bonfim et al., 2003). Todavia, mesmo que o fogo tenha sido relacionado, ao longo do tempo, com as ideias de bênção e renovação (Leite, 2013) e que existam biomas como as savanas que se beneficiam do fogo com suas adaptações específicas (Miranda, 2010), o seu uso frequente vem se tornando, cada vez mais, um sério problema ambiental (Hoffmann e Solbrig, 2003).

É consenso que as queimadas, responsáveis por 75% das contribuições brasileiras de emissões de gases carbônicos para a atmosfera, degradam a qualidade ambiental, no entanto elas continuam sendo executadas muitas vezes em decorrência da ignorância da população, sendo configuradas por uma complexidade nas interações político, cultural, social, ético e ecológico (IBAMA, 2022). Vem caindo, no Cerrado, o número de focos de incêndio quando comparados os anos de 2022 e 2010 (Fig.1), no entanto, o número de focos estando em torno de 50.000, ainda é um valor extremamente alto, além do mais o Cerrado é o segundo Bioma brasileiro com mais focos de incêndio em uma série histórica de 1998 a 2022 (INPE, 2022).

Todos os anos há milhares de focos de incêndios registrados na savana brasileira. De acordo com o INPE (2022), no ano de 2022, até o início de dezembro, o estado que possui o Bioma presente que mais registrou focos de incêndio foi o Maranhão (Tab. 1). Ainda segundo o INPE (2022), setembro foi o mês de 2022 que mais apresentou focos de incêndio (Fig. 2), isso devido ao final da estiagem com a vegetação em seu estágio mais seco e inflamável (Durigan e Ratter, 2016).

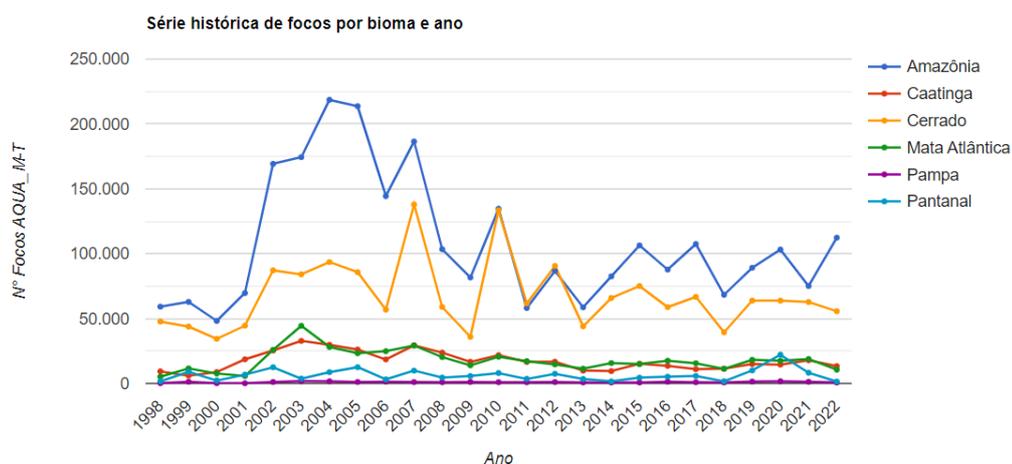


Figura 1. Série histórica de focos por bioma e ano. Fonte: INPE, 2022.

Tabela 1. Focos de Incêndio do Cerrado por estado de janeiro a dezembro de 2022.

Estado	Focos	Porcentagem do Total de Focos
MARANHÃO	352540	24.41%
TOCANTINS	321650	22.27%
MATO GROSSO	205464	14.23%
BAHIA	162021	11.22%
PIAUI	147597	10.22%
GOIÁS	122879	8.51%
MINAS GERAIS	85751	5.94%
MATO GROSSO DO SUL	23027	1.59%
SÃO PAULO	17212	1.19%
DISTRITO FEDERAL	5737	0.40%
PARANÁ	181	0.01%
RONDÔNIA	45	0.00%

Fonte: INPE, 2022

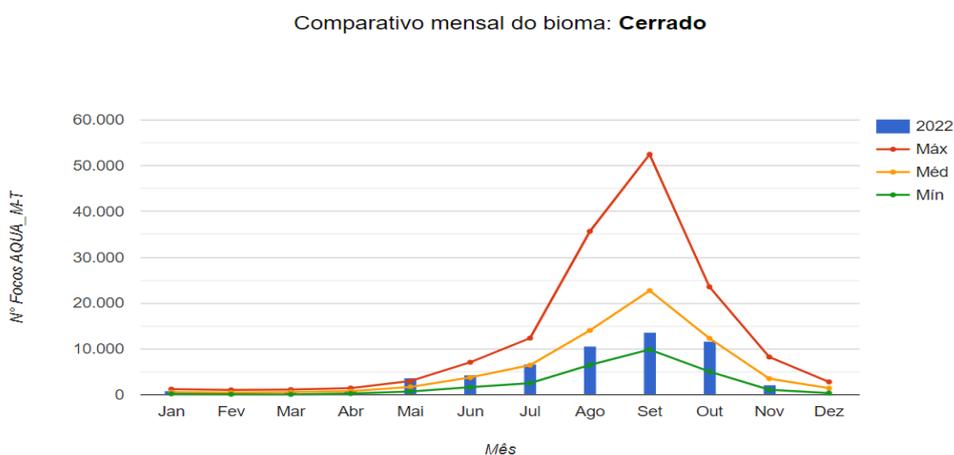


Figura 2. Comparativo de focos de incêndio mensal no Cerrado em 2022. Fonte: INPE, 2022.

2.3 FAMÍLIA MELASTOMATACEAE

A família Melastomataceae possui cerca de 170 gêneros e aproximadamente 4.500 espécies (Renner, 1993; Martins 2009). No Brasil, ela se distribui de norte a sul, com 68 gêneros e mais de 1500 espécies, sendo a sexta maior família de angiospermas do país, possuindo uma variedade diversa de hábitos, sendo encontradas espécies herbáceas, arbustivas, arbóreas e com menor frequência, trepadeiras e epífitas (Romero e Martins, 2002). Nos campos rupestres os gêneros mais comuns encontrados são *Marcetia*, *Microlicia* e *Lavoisiera*, sendo o gênero *Miconia* comum em áreas de Floresta Atlântica (Souza e Lorenzi, 2012).

É facilmente reconhecida pelas folhas opostas simples ou opostas-cruzadas, com pilosidade, geralmente sem estípulas, acródomas (Reis et al., 2005; Goldenberg & Reginato, 2006; Souza e Lorenzi, 2012). São revestidas por células epidérmicas de tamanhos iguais, em ambas as faces, ou maiores na face adaxial (Reis et al., 2005). Flores geralmente falciformes, conectivo bem desenvolvido e apendiculado, ovário súpero ou ínfero com hipanto prolongado além de sua extensão (Souza e Lorenzi, 2012). Suas sementes, em geral, são pequenas, fotoblásticas, com plasticidade de resposta de germinação em relação à luz, são menores que 0,5 mm, os cotilédones foliáceos e quase não possuindo reservas (Carreira & Zaidan 2003; 2007). Fruto cápsula ou baga (Souza e Lorenzi, 2012).

2.4 *Miconia ferruginata* DC.

A espécie *Miconia ferruginata* DC. faz parte do gênero *Miconia* Ruiz & Pav. a qual pertence a tribo Miconieae, sendo, este gênero nativo do país e representado por aproximadamente 250 espécies (Martins et al., 1996; Souza e Lorenzi, 2012), um dos maiores gêneros da família Melastomataceae no Brasil e comuns em áreas florestais e cerrados (Souza e Lorenzi, 2012). A espécie é nativa, porém, não endêmica do Brasil (Fig. 3), localizada em vegetações do tipo campo rupestre e cerrado *lato sensu*, com ocorrência nos domínios Amazônia, Cerrado e Caatinga, nas regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste (FLORA DO BRASIL, 2022).

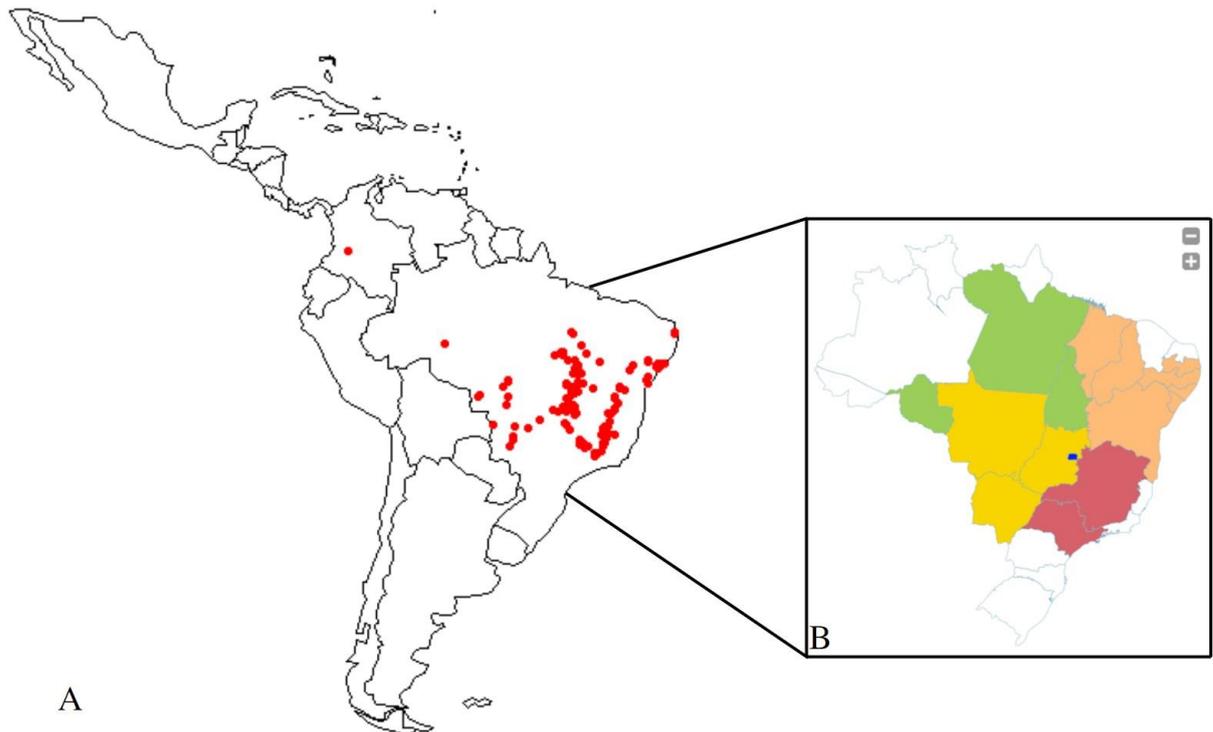


Figura 3. Distribuição geográfica da espécie *Miconia ferruginata* DC. (A) América do Sul. Fonte: Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (B) Brasil. Fonte: Flora do Brasil.

Algumas características da espécie são tronco e ramos robustos, rugosos e estrias bastante evidentes (Fig. 4A), estigmas truncados, inflorescências escorpioides (Fig. 4B), encontradas no período de fevereiro a outubro e frutos de setembro a julho, folhas descolores, laminares elípticas/oblongas, com ápices agudos/arredondados, bases cordadas/arredondadas e margens crenuladas/não ciliadas (Fig. 4 C e D), indumento ferrugíneo recobrimdo toda a planta e baga verde oliva a enegrecida com aproximadamente 50 sementes (DE REZENDE et al., 2013; FLORA DO BRASIL, 2022).



Figura 4. *Miconia ferruginata* DC. (A) Tronco. (B) Inflorescência. (C) Folha face adaxial. (D) Folha face abaxial.

2.5 CASCA, TRANSPORTE DE ÁGUA NA PLANTA E FOGO

A casca tem diversas funções associadas como resistência mecânica (Niklas, 1999), resistência contra insetos e patógenos (Ferrenberg e Mitton, 2014), capacidade de isolamento térmico (Midgley et al., 2011; Bär et al., 2019), aumentando a resistência dos indivíduos após acumulares casca suficiente para evitar sua morte (Hoffmann et al., 2012). A última característica é muito importante em ambientes frequentemente afetados pelo fogo, como cerrado, já que o calor pode afetar a segurança e eficiência hidráulica das árvores (Bär et al., 2017) porque temperaturas acima de 60 °C são capazes de causar necrose cambial (Bär et al., 2019). Isso poderia aumentar a quantidade de vasos embolizados e causar deformação em sua parede devido ao amolecimento de polímeros viscoelásticos da parede celular ocorrendo, então, a interrupção permanente do fluxo do xilema (Michaletz et al., 2012).

O risco de morte da planta é maior após a passagem do fogo (Michaletz et al., 2012; Bär et al., 2019), devido a desidratação que o fogo causa (Midgley et al., 2011). Próximo às lesões,

o transporte de água é prejudicado, diminuindo a condução de água (Sperry et al., 2006; Michaletz et al., 2012; Bär et al., 2017; Mundo et al., 2019).

Não obstante, o fogo pode beneficiar o crescimento das árvores após sua passagem, pois ocorre uma redução na área foliar das árvores melhorando a disponibilidade hídrica nas folhas remanescentes (Bär et al., 2019) aumentando a condutância estomática e as taxas de fotossíntese (Wallin, 2003). Todavia, se o nível de danos for muito grande esse efeito é o oposto acarretando em morte tardia (Bär et al., 2019).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esse projeto está vinculado ao Pós-doutorado da Dra. Clarissa G. Fontes, aprovado pelo CNPq em 2021 (nº 150986/2020-3), intitulado “O efeito do fogo sob a vulnerabilidade hídrica nas espécies do Cerrado”, em desenvolvimento pela Pós-doutoranda Clarissa Gouveia Fontes, sob a supervisão do Dr. Augusto Cesar Franco e colaboração da Dra. Júlia Sonsin Oliveira.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo encontra-se na Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (15° 56'41''S e 47° 53'07''W GRW), uma unidade de conservação de interesse científico situada na região central do Cerrado a 26 km do centro de Brasília (TAKAHASHI et al., 2019), possuindo 1.391,25 ha.

A reserva apresenta uma precipitação média anual de 1475 mm, evapotranspiração potencial de 1632mm, divididos entre período chuvoso (outubro a março) e de estiagem (maio a setembro), a temperatura média anual é 21°C e umidade relativa média de 64%. A insolação média é de 2.397,6 horas, sendo que nos meses de maio a setembro ultrapassa 200 horas e fotoperíodo é no período de 11 às 13 horas (MIRANDA et al., 2010).

Foram feitas coletas de materiais em dois locais distintos dentro da reserva, na parcela 6 do Projeto Fogo, onde ocorreu queima bienal tardia e uma área de controle, na qual não houve ocorrência de incêndios há cerca de 50 anos (MIRANDA et al., 2010). Segundo Miranda et al. (2010) a queima bienal tardia consiste na queima feita no final da estação seca, no fim de setembro, que é, provavelmente, o regime de queima com maior impacto devido ao padrão fenológico da vegetação que apresenta pico de renovação das copas e reprodução durante a primavera.

3.2 COLETA E POLIMENTO DAS AMOSTRAS

Na Reserva Ecológica do IBGE foram amostrados um total de cinco indivíduos da espécie *Miconia ferruginata* DC., identificadas pela Dr.^a Clarissa Gouveia Fontes. Três das amostras estavam localizadas na parcela 6 do Projeto Efeitos do Regime de Fogo sobre a Estrutura de Comunidades de Cerrado em Brasília que foram submetidas ao tratamento de fogo (Fig. 5), com último foco de incêndio no ano de 2011. As outras amostras foram coletadas em área controle sem focos de fogo detectados há pelo menos 50 anos (MIRANDA et al., 2010)

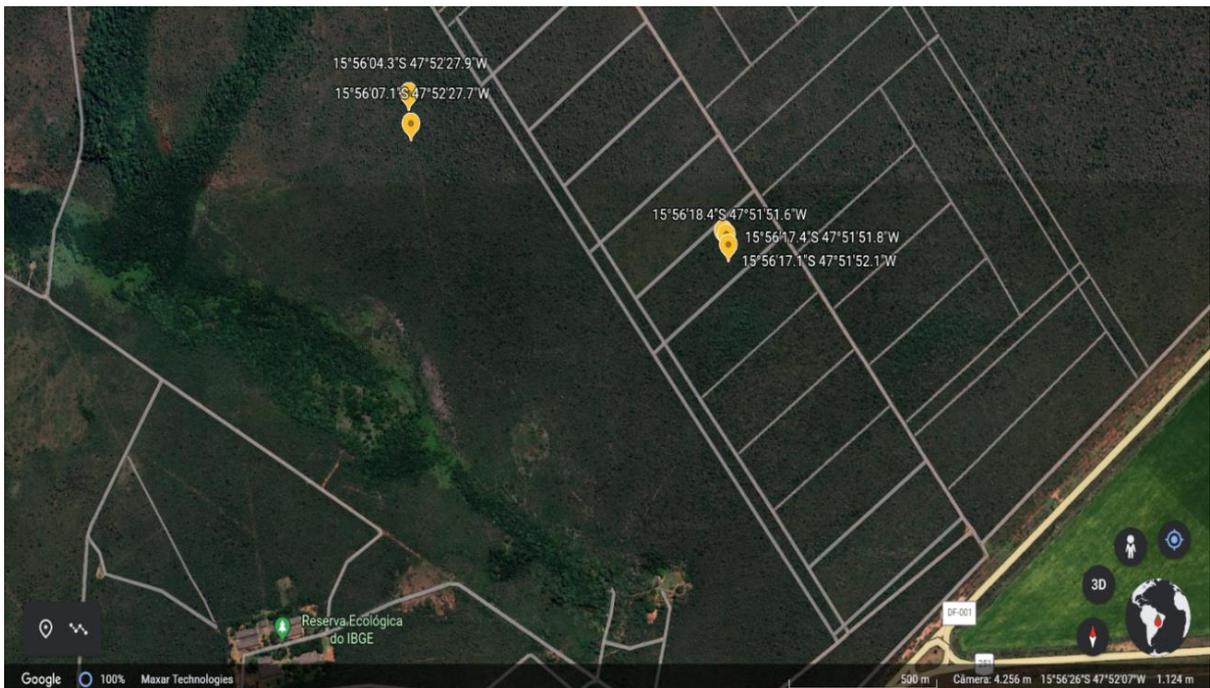


Figura 5. Visão dos locais de coleta e coordenadas geográficas referente as amostras. Fonte: Google Earth.

Todas as amostras foram coletadas pelo método não destrutivo, com o auxílio do Perfurador de Madeira e de Solo Stihl BT 45 (Fig. 6A-B) – abertura externa e interna da broca: 2,8 e 2,1cm respectivamente. Esse método de coleta foi escolhido porque não houve permissão para que as árvores fossem abatidas na Reserva. Com a retirada das baguetas de madeira (Fig. 6B), um orifício é deixado pelo perfurador, esses orifícios foram preenchidos com rolha de champanhe e cera de abelha no intuito de auxiliar o processo cicatrização das árvores a fim de evitar infecções causadas por patógenos e ataques de animais. O comprimento das amostras varia, pois possuem o comprimento do diâmetro dos indivíduos menos a espessura da casca e a largura das amostras são de 2,1cm.



Figura 6. Processo de coleta e de preparo da amostra lixada. (A) Coleta com o perfurador. (B) Amostra recém coletada. (C) Processo de lixamento. (D) Amostra após lixamento. Fonte: Dr.^a Clarissa Fontes.

Cada árvore foi devidamente identificada e marcada sua coordenada geográfica com o GPS Garmin – GPSmap 60Sr. Foram coletados os dados de altura da árvore, que foram calculadas pelo aplicativo Clinômetro Florestal 1.5, espessura da casca e circunferência, medidas com o auxílio de uma fita métrica (Tab. 2-3). As amostras de madeira foram coletadas a 30cm da altura do solo.

Após a coleta em campo as baguetas foram polidas nas lixas grossa (grão 100), fina (grão 600) com o auxílio de uma lixadeira portátil e na lixa d'água (grão 1200) para que a superfície da madeira ficasse visível para obtenção de fotos (Fig. 6C-D).

Tabela 2. Amostras da espécie *Miconia ferruginata* DC. (MF) da parcela fogo e controle.

Amostras parcela fogo	coordenadas
MF2	S 15.93843°; W 047.86432°
MF4	S 15.93817°; W 047.86438°
MF5	S 15.93808°; W 047.86448°
Amostras parcela controle	

MF5C	S 15.93453°; W 047.87442°
MF11C	S 15.93530°; W 047.87436°

Tabela 3. Códigos de coleta da espécie *Miconia ferruginata* DC. C = circunferência à 30cm do solo (altura de coleta das amostras); H = altura da árvore.

Códigos	Tratamento	Data coleta	C (cm)	H (m)	OBS
Parcela Fogo					
MF2			62,5	3,6	Brocada de um dos lados
MF4	Parcela 6	11/08/2021	54,5	3,2	Do lado tem outro indivíduo da mesma espécie
MF5			37,2	2,5	-
Parcela Controle					
MF5C		17/02/2022	44+17+16,2	3,2	3 caules, amostra foi retirada do maior
MF11C		02/12/2022	37,2+26,5	3,4	-

3.3 MICROTOMIA

Com o auxílio de um micrótomo de deslizamento foi utilizado uma navalha de aço com regulagem de aproximadamente 15 micrômetros para a obtenção dos cortes transversal e longitudinais radial e tangencial adequados para cada indivíduo. Para algumas amostras (MF2, MF4, MF5C e MF11C) foi necessário cozimento médio de 16 minutos em glicerina (25%) e água para amolecer até o ponto do qual favorecesse o corte sem que houvesse ruptura dos tecidos (Kraus & Arduim, 1997).

3.4 MACERAÇÃO E MONTAGEM DAS LÂMINAS HISTOLÓGICAS E SEMI-PERMANENTES

Para o macerado foram utilizadas seções do alburno, utilizando-se a metodologia de Franklin (1945) modificado por Kraus & Arduim (1997). O material foi armazenado em uma solução de Safranina Alcoólica (50%), para posterior montagem das lâminas semi-permanentes com glicerina (50%).

As seções de madeira obtidas foram lavadas com água destilada e em seguida com hipoclorito de sódio 50%, lavadas novamente, passadas no álcool 30 e 50%, coradas com Safranina alcoólica + azul de alcian (9:1) (Kraus & Arduim, 1997), retornadas para os álcoois 70, 90 e 100% e foram armazenadas no Acetato de N – Butila para fixação da coloração. As lâminas foram montadas com verniz vitral. Um isopor e um peso foram colocados em cima de

cada lâmina até que o verniz secasse completamente (7 a 15 dias), a fim de evitar bolhas nas lâminas. Depois de prontas, todas as lâminas foram devidamente legendadas com nome da espécie, família e identificação.

3.5 MACROSCOPIA, MICROSCOPIA, MEDIÇÕES ANATÔMICAS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As imagens macroscópicas do plano transversal das amostras foram obtidas em um estereomicroscópio (Olympus SZX7) com câmera digital acoplada (Olympus DP73) no LPF (Laboratório de Produtos Florestais) do Serviço Florestal Brasileiro.

Para obtenção das fotografias das lâminas histológicas e das lâminas semipermanentes foi utilizado o microscópio Olympus® acoplado a uma câmera digital CS 30x e as imagens capturadas pelo software *Analysis get it*. Foram obtidas imagens dos planos transversais (TR), longitudinais tangencial (TG) e radial (RD) e macerado, sendo um total de 30 medições para cada caractere.

Para o plano transversal foram obtidas imagens nos aumentos: 4x para medir a densidade de vasos (VDe/mm^2) e para que pudesse ser feita uma montagem de imagens contínuas para melhor observação das variações no sentido radial; e no aumento de 10x para medir diâmetro máximo e mínimo do elemento de vaso ($VD-\mu m$) e calcular o diâmetro médio dos vasos (D), e área de vaso ($VeA-\mu m^2$) (Fig. 7). Para o plano tangencial foram obtidas imagens no aumento de 10x para medir a frequência de raio (R/mm), largura de raio ($RW-\mu m$) e altura de raio ($RH-\mu m$), sendo que para RH foi necessário fazer a montagem de algumas imagens devido ao tamanho dos raios que foram maiores que 1mm; e no aumento de 40x para que pudessem ser medidas as pontoações intervasculares (IVP). Para o plano radial foram obtidas imagens no aumento de 40x para serem medidas as pontoações radiovasculares (RVP). E por fim, para o macerado foram obtidas imagens no aumento 4x, 10x e 40x para serem medidos os comprimentos de fibra ($FL-\mu m$), comprimento de vasos ($VL-\mu m$), lume da fibra ($FLu-\mu m$), largura da fibra ($FW-\mu m$) e espessura da parede das fibras ($FWT-\mu m$) (IAWA, 1989).

Para as análises macroscópicas foram medidas o diâmetro máximo e mínimo e a área dos elementos de vaso, que foram apenas, visualmente analisadas. No entanto, para este trabalho, as análises microscópicas foram as consideradas para todas as variáveis.

Para ambas as análises macro e microscópicas foi utilizado o *software ImageJ*. Para a análise macroscópica foram utilizadas duas fotografias de cada amostra. A medição relativa aos

vasos foi feita em uma largura de 1mm a partir de um transecto na direção radial para verificar a variação radial dos vasos e para cada vaso foram obtidos o diâmetro máximo e mínimo e a área.

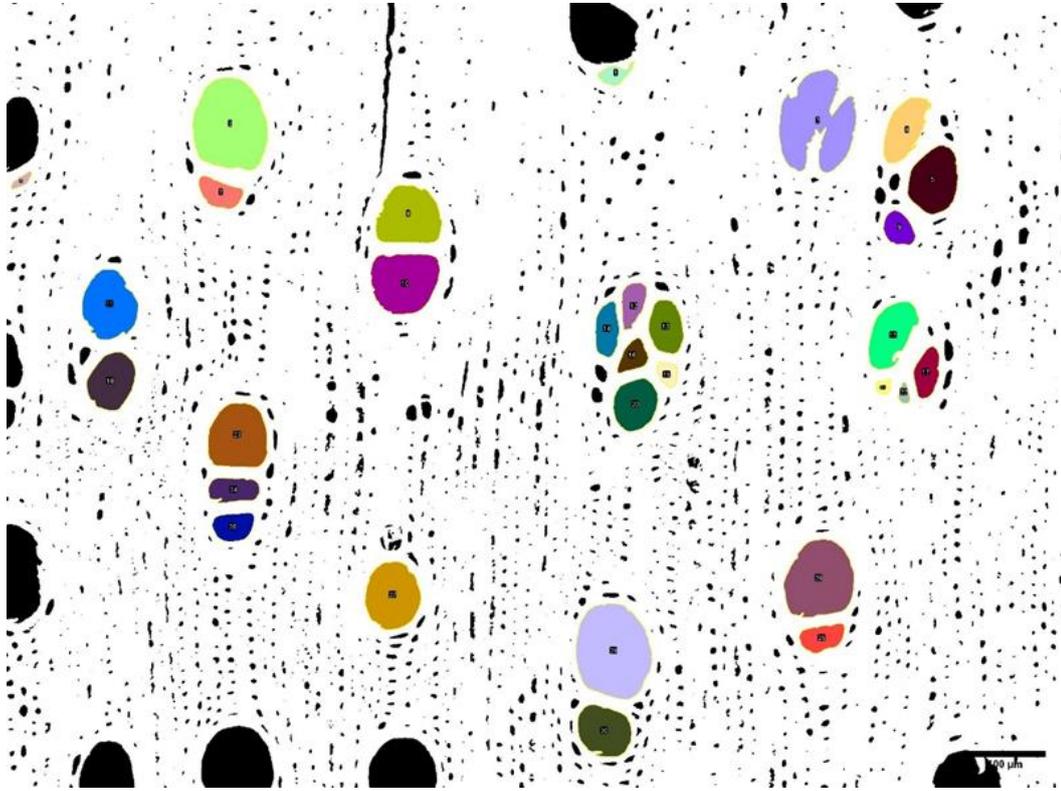


Figura 7. Análise microscópica da área e diâmetro de vaso, no aumento de 10x com o software ImageJ. Barra = 100 μ m.

As análises estatísticas foram feitas no programa R 4.2.2. Para os cálculos anatômicos foram obtidas as variáveis de diâmetro médio do vaso (D), diâmetro hidráulico médio (Dmh), fração de vaso (VF) e razão entre tamanho e densidade de vasos (S) através do pacote dplyr.

Foi testada a normalidade das variáveis de cada área com o teste de Shapiro-Wilk, feita a normalização dos dados necessária com a transformação $\log(10)$ e rodado o teste t de Student para encontrar as variáveis significativamente diferentes ($p < 0,05$). Para ambos os testes foram utilizados o pacote dplyr. Em sequência, com o auxílio do pacote ggplot2, foi gerado gráficos de caixas para as variáveis significativas encontradas.

Para a regressão foram utilizados os pacotes ggplot2 para os gráficos e para a tabela os pacotes sjPlot, sjmisc e sjlabelled para todos os pontos, devido a quantidade limitada de amostras por tratamento, com as variáveis: D vs. RVP; D vs. FLu; D vs. R/mm; D vs. IVP; VDe vs. D; VDe vs. FLu; e VDe vs. FWT (Tab. 4). E a PCA (Análise de Componentes Principais) foi feita no PAST 4.0, utilizando a média de todas as variáveis analisadas.

Tabela 4. Nome das variáveis analisadas por regressão.

Nome	Acrônimo	Unidade
diâmetro médio do vaso vs. diâmetro da pontoação radiovascular	D vs. RPV	μm vs. μm
diâmetro médio do vaso vs. lume da fibra	D vs. FLu	μm vs. μm
diâmetro médio do vaso vs. frequência de raio	D vs. R/mm	μm vs. R/mm
diâmetro médio do vaso vs. diâmetro da pontoação intervascular	D vs. IVP	μm vs. μm
densidade de vaso vs. diâmetro médio do vaso	VDe vs. D	V/mm^2 vs. μm
densidade de vaso vs. lume da fibra	VDe vs. FLu	V/mm^2 vs. μm
densidade de vaso vs. espessura da parede da fibra	VDe vs. FWT	V/mm^2 vs. μm

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as amostras apresentaram cicatrizes de fogo visíveis na macroscopia ou em microscopia. Na amostra MF2 (Fig. 8A) foi possível observar a cicatriz de fogo a olho nu. Foi possível notar uma alteração nos vasos (na microscopia), mostrando uma disposição radial no plano transversal (Fig. 8B; C) e posterior normalização do plano de corte. Assim como relatado por Mundo et al. (2019).

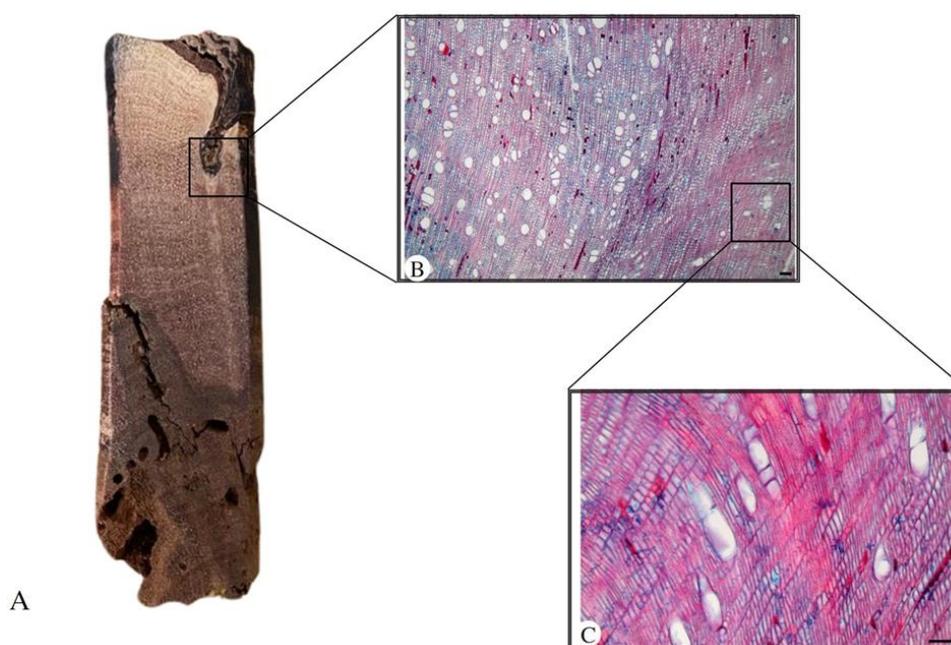


Figura 8. Plano transversal em imagens macroscópica da amostra MF2 (A) e microscópica (B e C), ressaltando a cicatriz e fogo. (A) Imagem sem aumento (olho nu). (B e C). Notar que o plano transversal ficou radial devido a cicatriz de fogo (Fonte: Dr.^a Clarissa Fontes). Barra: B-C = 100 μm .

Quando comparados os dados quantitativos anatômicos entre as amostras coletadas nas parcelas fogo e controle (ANEXO I), foi observado que oito das 12 variáveis mensuradas foram diferentes estatisticamente ($p < 0,05$) (Fig. 9;12;13;17). Para a maior parte das características de vaso ligadas a eficiência e/ou segurança na condução de água (D_mean, VDe, VeA) (Fig. 9AB; 12A), as amostras de fogo apresentaram valores maiores quando comparados com a área controle. Isso não é o esperado, já que para evitar o embolismo, o estreitamento dos vasos serviria para aumentar a segurança hidráulica (Lindorf, 1994; Sperry et al., 2006; Sonsin et al., 2012; Mundo et al., 2019). Além disso, de acordo com Michaletz et al. (2012), o impacto não estrutural mais importante causado pelo fogo é a redução na eficiência hidráulica do xilema devido ao risco de embolia. Logo, o esperado seria uma diminuição nas características de vaso, o que só foi observada na amostra MF5 (Fig. 11) na marca de fogo; notamos também um leve aumento no diâmetro de vasos logo após a marca. Além de um aumento de 16, 9% no diâmetro médio dos vasos de forma geral (Tab. 5).

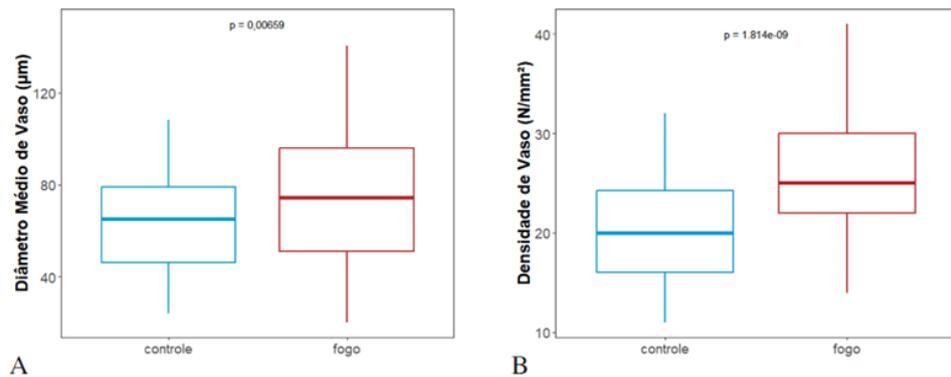


Figura 9. Gráfico de caixa (A) Diâmetro médio de vaso. (B) Densidade de vaso.

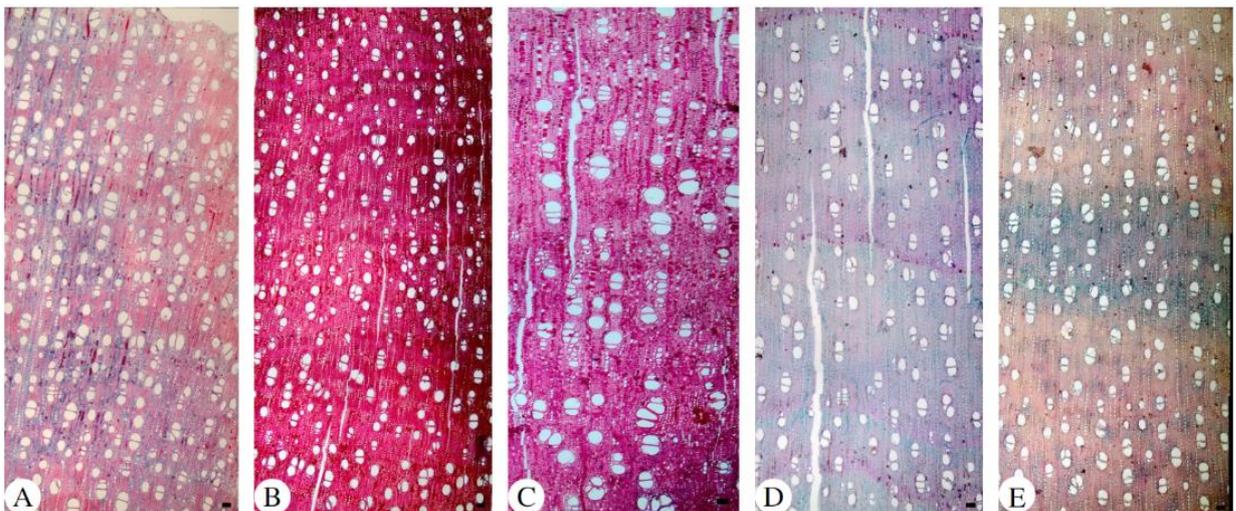


Figura 10. Plano transversal das amostras de *M. ferruginata* na parcela fogo (A-C) e controle (D-E). (A) MF2; (B) MF4; (C) MF5; (D) MF5C; (E) MF11C. Barras = 100 µm.

Em relação a área do vaso, houve um aumento na área fogo (Fig. 10; 12A) diferente do encontrado na literatura (ver Bigio et al., 2010; Mundo et al., 2019). Nesses trabalhos foi observado uma diminuição da área dos vasos analisados após a ocorrência de fogo. Ademais, houve um aumento de 8,66% na quantidade de vasos solitários e uma diminuição de 12,43% de vasos múltiplos de dois (Tab. 5) indicando maior possibilidade de embolismo e dificuldade no reajuste do fluxo de nutrientes entre vasos quando comparadas com as amostras controle; uma vez que vasos múltiplos são mais eficazes caso ocorra embolismo, por eles fornecerem passagem para a seiva do xilema, através das pontoações areoladas entre os vasos, contornando o embolismo (Baas et al., 1983; Carlquist e Hoekman, 1985).

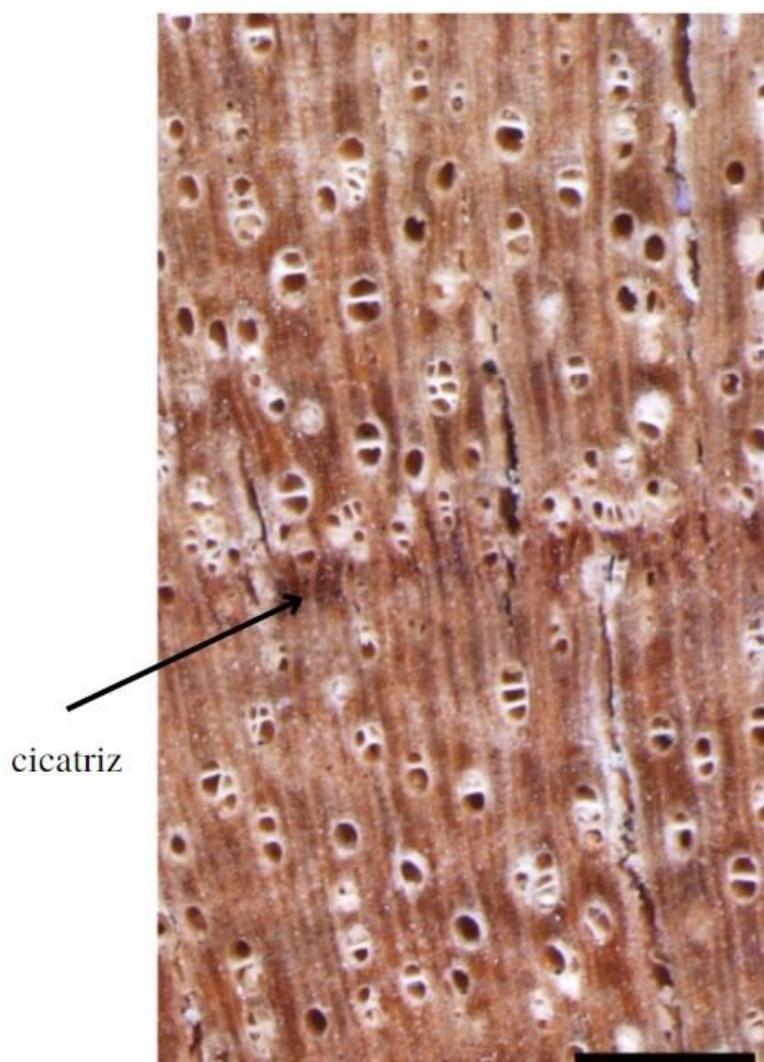


Figura 11. Plano transversal de *Miconia ferruginata* DC. 20x (MF5). Seta aponta para a cicatriz de fogo. Barra = 1000 μ m.

Tabela 5. Densidade de vasos / mm² na área controle e na área fogo. M= vasos múltiplos.

	Solitários	M2	M3	M4	M5	M6
Controle						
MF5C	24.55	52.35	15.88	5.05	1.08	1.08
MF11C	32.59	45.89	12.97	5.70	1.27	1.58
média	28.57	49.12	14.43	5.38	1.17	1.33
Fogo						
MF2	43.73	31.20	12.02	7.67	1.79	3.58
MF4	43.11	40.10	10.53	3.26	2.26	0.75
MF5	24.85	38.76	18.34	10.95	3.25	3.85
média	37.23	36.69	13.63	7.29	2.43	2.73

A diminuição no tamanho dos vasos está associada a lesões causadas por incêndios e outros tipos de danos mecânicos ao câmbio, injúrias causadas por desmoronamentos ou ações humanas (Arbellay, 2014). Todavia, o tamanho dos elementos condutores pode ser considerada uma estratégia contra o embolismo, isso porque espécies que necessitam de mais proteção podem investir menos na formação de vasos maiores e mais eficientes (Sperry et al., 2006). A diminuição no comprimento de vaso foi observada nas amostras fogo e, neste caso, é possível que a diminuição do comprimento dos vasos (Fig. 12B) seja uma estratégia de sobrevivência, assim como observado por Carlquist e Hoekman (1985) que afirmam que essa segurança adicional fornecida pela diminuição reside na capacidade das embolias locais permanecerem nas extremidades dos vasos. Uma vez que, quanto mais longo o conduto, maior a condutividade da parede final, porém mais vulneráveis a cavitação (Sperry et al., 2006).

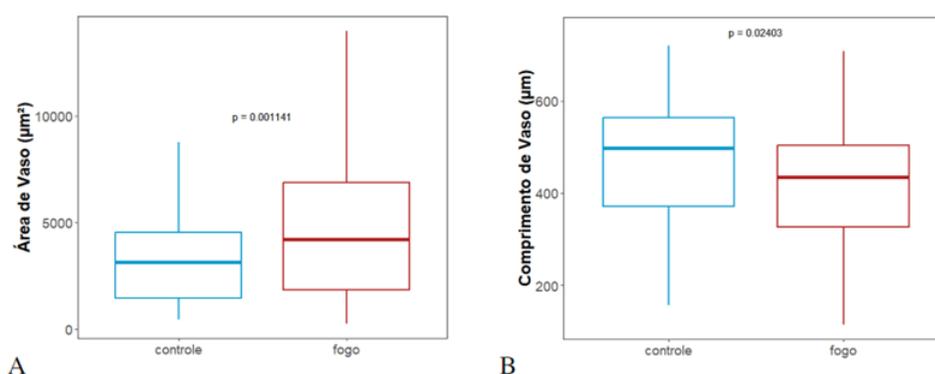


Figura 12. Gráfico de caixa (A) Área de vaso. (B) Comprimento de vaso.

A área fogo apresentou um aumento significativo na frequência e na largura dos raios (Fig. 13A; 14; 17B), mostrando que houve um investimento da planta na produção dessas células. Mundo et al. (2019) também encontrou uma maior frequência de raios após a passagem do fogo para *Nothofagus pumilio* na Patagonia. O mesmo autor relatou que esse aumento na

frequência está associado a danos mecânicos; e de acordo com Shigo (1984) seu aumento facilitaria o fechamento de feridas, além de auxiliar no transporte de nutrientes e armazenamento (Albino et al., 2010).

Ademais, o aumento das células do parênquima (Fig. 13A; 17B) pode estar associado a prevenção e reversão de embolias através de liberação de açúcares nos elementos condutores, mantendo o fluxo de nutrientes e água estável (Sauter et al., 1973).

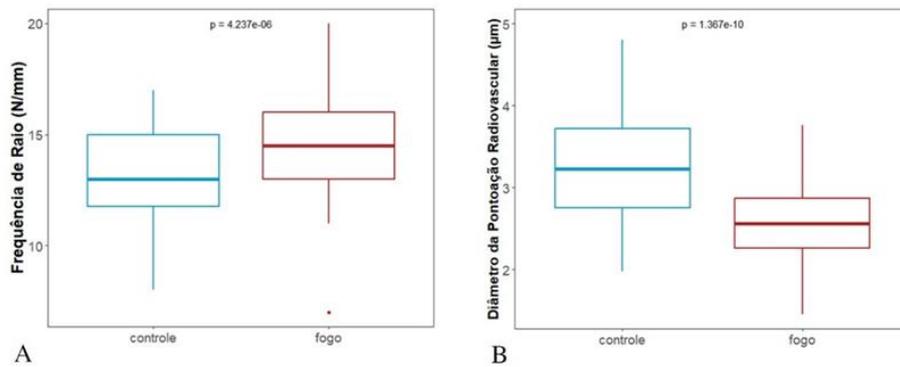


Figura 13. Gráfico de caixa. (A) Frequência de raio. (B) Diâmetro da pontoação radiovascular.

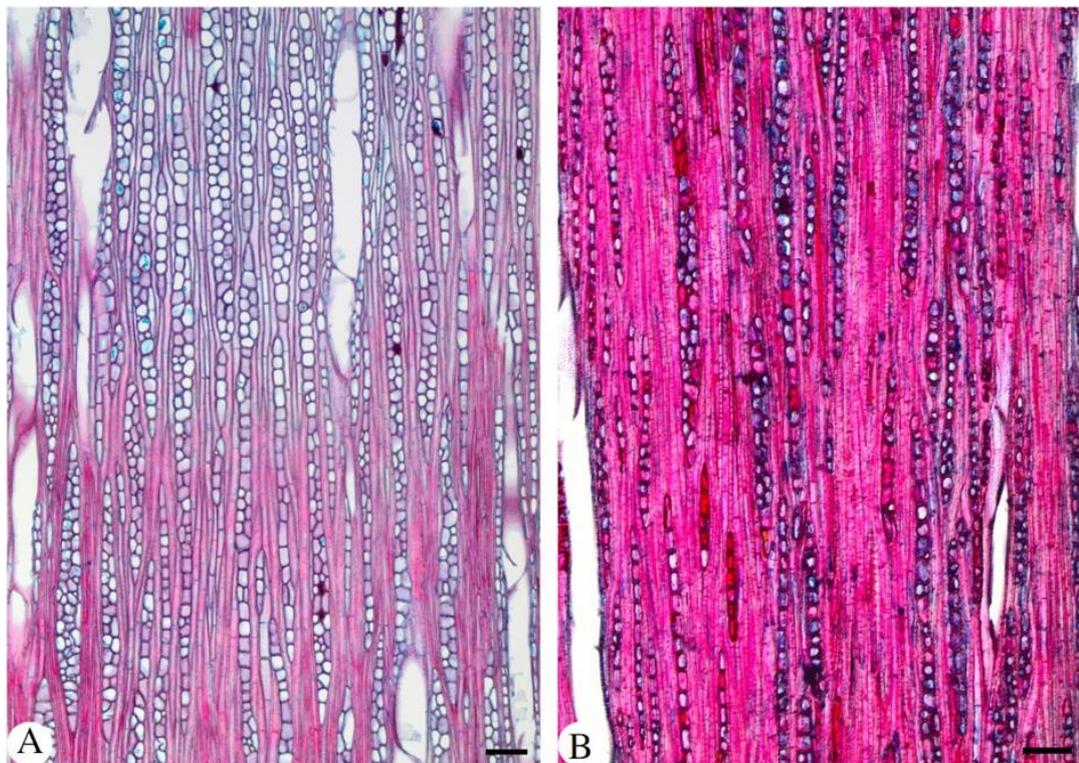


Figura 14. Plano tangencial mostrando maior frequência, largura e altura de raios na área de fogo (A), quando comparado com a área controle (B). Barras = 100 µm.

A relação D vs. RVP feita por regressão (Fig. 16) teve valores marginalmente significativos ($p < 0,05$ para $D \times D$), apresentando R^2 maiores dentre todas as predições feitas, 74,7% (Tab. 6). Com essa análise é possível identificar uma relação parcialmente linear entre diâmetro médio dos vasos e diâmetro das pontoações radiovasculares (Fig. 15). À medida que aumenta uma unidade média no diâmetro dos vasos (D), acrescenta-se o valor negativo (-21,81) em pontoações radiovasculares. É possível ser feita essa análise visual através dos gráficos caixa (Fig. 9A; 13B), ou seja, de acordo com o aumento do diâmetro médio dos vasos, há uma diminuição das pontoações radiovasculares da área fogo.

Tanto o diâmetro das pontoações intervasculares (guarnecidas), quanto as das radiovasculares é considerado conservativo para as espécies (Marcati et al., 2001; Jansen et al., 2004; Luchi et al., 2005). Entretanto, Luchi et al. (2005) constataram maiores médias de pontoações radiovasculares para áreas de plantio de *Xylopia aromatica* em Cerrado. Neste estudo houve variações entre áreas analisadas, assim como encontrado por Luchi et al. (2005). As pontoações radiovasculares foram menores na área fogo em comparação com a área controle (Fig. 13B), sendo entendida como estratégia de fortalecimento da parede da célula, auxiliando na adaptação do fluxo e beneficiando o transporte no sentido radial (Carlquist, 2018).

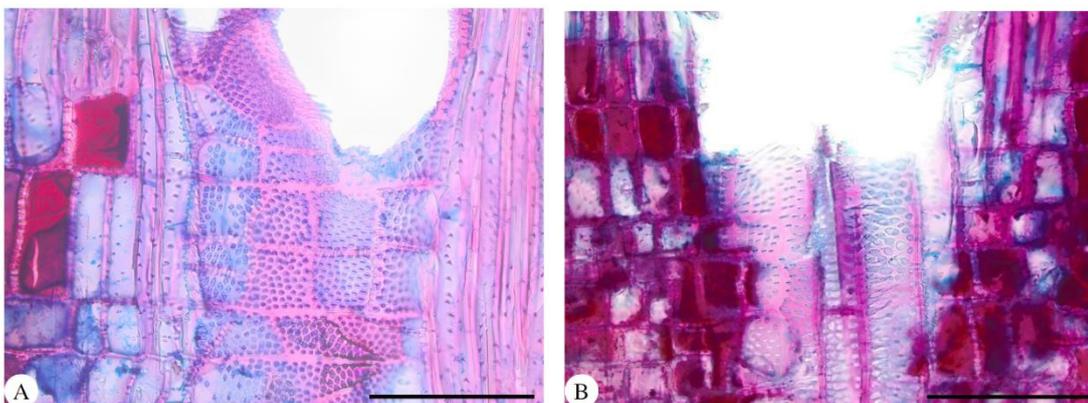


Figura 15. Plano radial mostrando o diâmetro das pontoações radiovasculares da área fogo (A) e área controle (B). Barra = 100 μm .

Tabela 6. Valores da análise de regressão. Pred. = predictors; Est = estimates; D = diâmetro médio dos vasos (μm); VDe/ mm^2 = densidade média de vasos; IVP = diâmetro médio das pontoações intervasculares (μm); RVP = diâmetro médio das pontoações radiovasculares (μm); R/mm = frequência média de raios; FWT = espessura média da parede da fibra (μm); FLu = espessura média do lume da fibra (μm); CI = intervalo de confiança.

	Pred.	intercept	D	IVP	RVP	R/mm	FWT	FLu	Obs.	R ² /R ² adj.
VDe	Est	14.29	0.13						5	0.227/-0.031
	CI	-18.06 – 46.64	-0.32 – 0.58							
	<i>p</i>	0.254	0.417							
D	Est	-18.34		29.76					5	0.603/0.471
	CI	-151.75 – 115.07		-14.59 – 74.12						
	<i>p</i>	0.691		0.122						
D	Est	132.92			-21.81				5	0.747/0.663
	CI	65.77 – 200.07			-45.14 – 1.51					
	<i>p</i>	0.008			0.059					
D	Est	50.50				1.44			5	0.024/-0.301
	CI	-187.22 – 288.22				-15.33 – 18.21				
	<i>p</i>	0.547				0.803				
VDe	Est	56.41					-7.00		5	0.217/-0.044
	CI	-57.85 – 170.68					-31.43 – 17.43			
	<i>p</i>	0.214					0.429			
VDe	Est	4.75						1.74	5	0.091/-0.212
	CI	-105.42 – 114.93						-8.37 – 11.85		
	<i>p</i>	0.899						0.622		
D	Est	-31.86						9.43	5	0.209/-0.055
	CI	-399.51 – 335.79						-24.30 – 43.16		
	<i>p</i>	0.801						0.439		

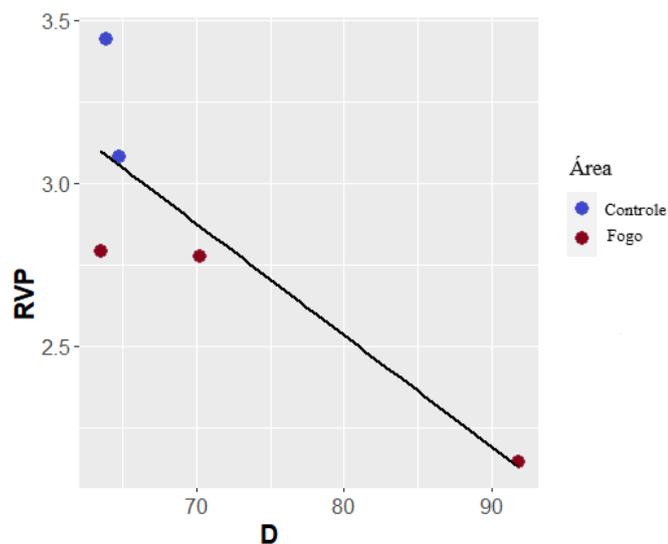


Figura 16. Gráfico de regressão Diâmetro de vasos (D) vs. Diâmetro da pontoação radiovascular (RVP).

Para o trabalho, após os danos causados pelo fogo, foi encontrado um comprimento de fibras menores nessa área em comparação com a área controle (Fig. 17A). Não encontramos discussão sobre as fibras em relação a queimadas. Entretanto, outras células produzidas pelas iniciais fusiformes também foram afetadas, logo, era esperado alguma alteração.

Nas madeiras de *Miconia ferruginata* ocorrem faixas de fibra septadas semelhantes ao parênquima axial, essas são capazes de armazenar açúcares e amidos (Carlquist, 2018). Estas células estariam envolvidas no processo de reversão de embolias (Nardini et al., 2011; Sonsin et al., 2012).

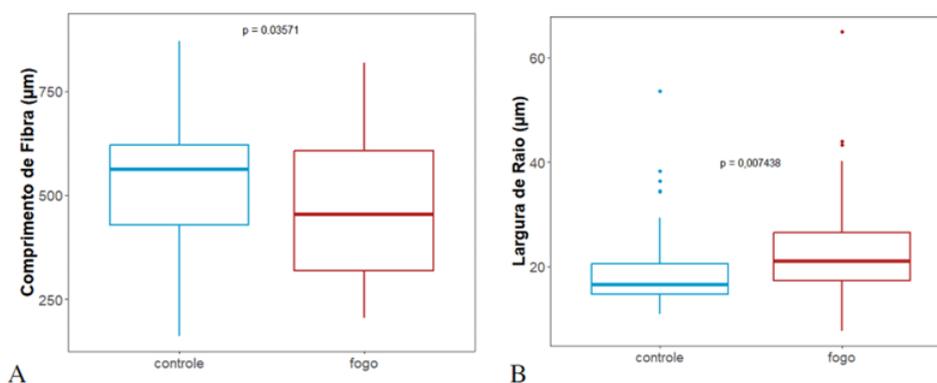


Figura 17. Gráfico de caixa. (A) Comprimento de fibra. (B) Largura de raio.

Para as outras análises feitas, p não foi significativo para nenhum dos preditores (Tab. 6). Foi medido o R^2 para observar a relação dos dados com a linha de regressão. O maior valor foi de 74,7% para D vs. RVP (Fig. 16; Tab. 6). E os demais apresentaram: 60,3% para D vs.

IVP; 22,7% para VDe vs. D; 21,7% para VDe vs. FWT; 20,9% para D vs. FLu; 9,1% para VDe vs. FLu; e 2,4% para D vs. R/mm (Tab. 6).

Para a PCA, os dois eixos juntos explicam 83,62%. A primeira componente da PCA explica 64,41% da variabilidade dos dados e a segunda componente 19,21%. Foram retiradas das análises as variáveis FW e FLu, pois elas são variáveis utilizadas para encontrar FWT. Para a primeira componente da PCA as variáveis que estão positivamente relacionadas são VF, VeA e D e as negativamente relacionadas são RVP, FL e VL. Para a segunda componente da PCA as variáveis positivamente relacionadas são IVP, RH e FWT e as negativamente relacionadas são R/mm, VDe e RW (Tab. 7).

As amostras MF2 e MF4 estão relacionadas com as variáveis VF, VeA, D, IVP e RH, sendo a MF4 a mais influenciada entre as duas, enquanto a amostra MF5 está negativamente relacionada a essas variáveis. A amostra MF11C está positivamente relacionada com as variáveis FWT, VL, RVP FL em relação as demais (Fig. 18).

As variáveis FWT, VL, RVP e FL possuem médias maiores na área controle, enquanto as variáveis IVP, RH, VeA e VF apresentam maiores médias na área fogo (ANEXO I).

A disposição das amostras vista na PCA também foi observada nos gráficos de caixa para VL maior na área controle, assim como RVP e FL, sendo a variável FWT não significativa estatisticamente ($p < 0,05$). Em relação a área fogo (MF2 e MF4), uma disposição semelhante foi observada, em que VeA é maior, mas VF, IVP e RH não foram significativos estatisticamente.

Como todos os indivíduos foram coletados no Cerrado s.s. não é possível ver no gráfico uma separação evidente por tipo de vegetação como observado por Mota et al. (2017) e a amostra MF5 teve uma posição destoante em relação as demais não podendo ser vista uma disposição bem definida entre controle e fogo.

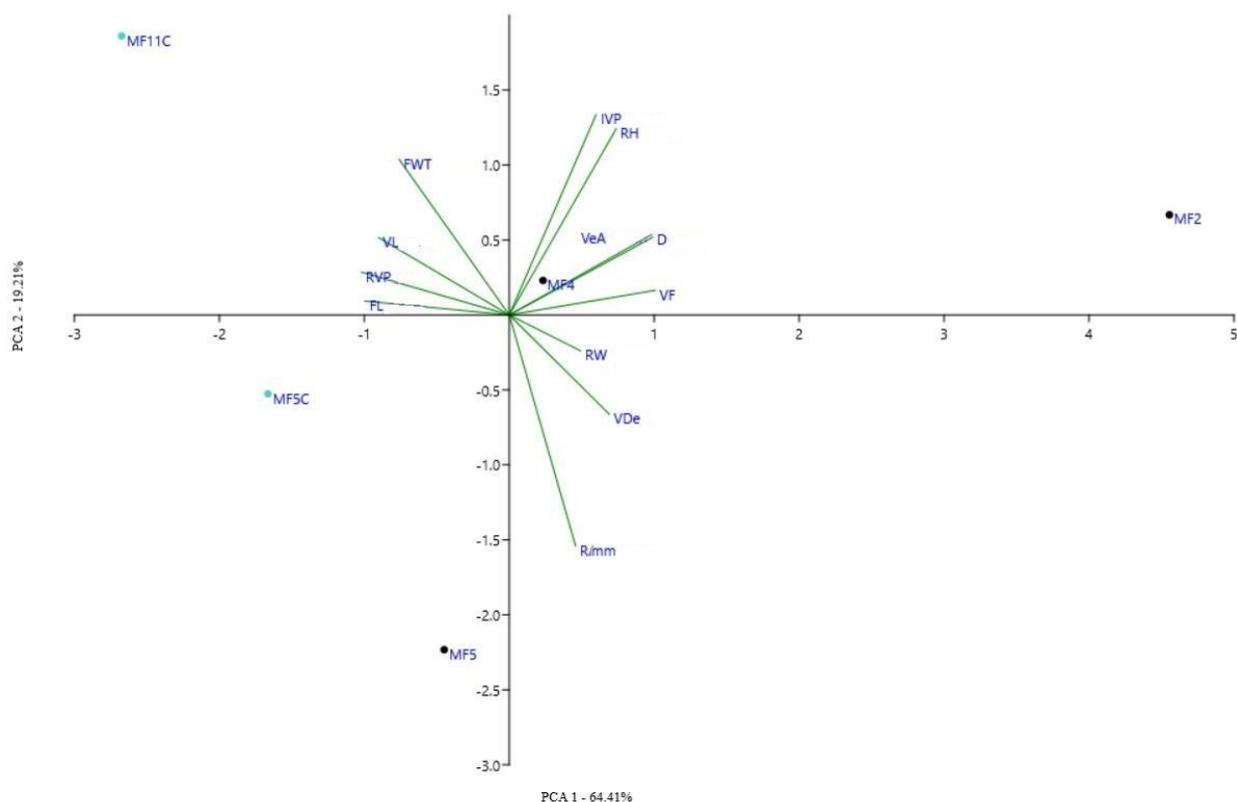


Figura 18. PCA áreas fogo e controle.

Tabela 7. Valores correspondes de cada variável para cada PCA. FL = comprimento médio de fibra. FWT = espessura média da parede da fibra. VL = comprimento médio de vaso. VDe = densidade média de vaso. IVP = diâmetro médio da pontoação intervascular. RVP = diâmetro médio da pontoação radiovascular. R/mm = frequência média do raio. RH = altura média de raio. RW = largura média de raio. VeA = área média de vaso. D = diâmetro médio do vaso. VF = fração de vaso.

	PCA 1	PCA 2
FL (μm)	-0.34737	0.032334
FWT (μm)	-0.26522	0.36235
VL (μm)	-0.31463	0.18016
VDe / mm^2	0.24119	-0.23144
IVP (μm)	0.20867	0.46564
RVP (μm)	-0.35551	0.099572
R/mm	0.15983	-0.53771
RH (μm)	0.2576	0.43339
RW (μm)	0.17195	-0.083559
VeA (μm^2)	0.34535	0.18096
D (μm)	0.34281	0.18687
VF	0.35163	0.057399

Com as características encontradas no Cerrado, a afirmação de Lawes et al. (2013) de que cascas relativamente grossas e caules pequenos são mais eficazes do que espécies altas e cascas finas é justificada. Essa característica citada pelo autor anteriormente é mais evidenciada na fitofisionomia estudada no presente trabalho, o Cerrado *s.s.*, que é caracterizado por plantas lenhosas de menor porte (quando comparadas com as formações florestais), tortuosas, inclinadas e com ramificações, além de possuir cascas grossas (Ribeiro & Walter, 1998). No entanto, para este trabalho as espessuras de casca entre tratamentos foram semelhantes entre si, logo, não se pode inferir se isso pode ser a causa da sobrevivência da espécie ao fogo.

Tabela 8. Espessura de casca das amostras coletadas.

Código	Tratamento	Espessura da Casca (cm)	Média
MF2	Fogo	1,8	1,53
MF4		0,6	
MF5		2,2	
MF5C	Controle	1,8	1,8
MF11C		1,8	

5. CONCLUSÃO

As variáveis comprimento de fibra (FL), diâmetro da pontoação radiovascular (RVP), comprimento de vaso (VL), área de vaso (VeA), densidade de vaso (VDe), diâmetro médio de vaso (D), largura de raio (RW) e frequência de raio (R/mm) foram significativamente diferentes entre área controle e fogo. As variáveis VeA, VDe, D, R/mm e RW apresentaram valores maiores onde o regime de fogo é mais intenso. E as regressões feitas mostram valores marginalmente significativos para os preditores D vs. RVP, apresentando relação linear negativa entre essas variáveis, ou seja, de acordo com o aumento do diâmetro médio dos vasos há uma diminuição no diâmetro das pontoações radiovasculares. Os indivíduos da área fogo podem apresentar maior suscetibilidade ao embolismo devido ao aumento do diâmetro médio dos vasos e aumento de vasos solitários, sendo a diminuição do comprimento dos vasos, das pontoações radiovasculares e o aumento do tecido parenquimático dos raios dos indivíduos que sofreram queima frequente, as estratégias observadas para evitar cavitação dos vasos do xilema.

Ainda, as espessuras de casca dos indivíduos estudados mostram similaridade entre si indicando que não houve diferença plástica significativa entre os indivíduos que passaram pelo regime de fogo e os da área controle.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARBELLAY, E. et al. Changes in tracheid and ray traits in fire scars of North American conifers and their ecophysiological implications. **Annals of Botany**, v. 114, n. 2, p. 223-232, 2014.
- ALBINO, V. C. S. et al. Estudo da interface madeira-adesivo de juntas coladas com resorcinol-formaldeído e madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 509-516, 2010.
- BAAS, P. et al. Some ecological trends in vessel characters. **Iawa Journal**, v. 4, n. 2-3, p. 141-159, 1983.
- BÄR, A. et al. Fire Effects on Tree Physiology. **New Phytologist**, v. 223, n. 4, p. 1728–1741, 2019.
- BÄR, A. et al. Post-fire effects in xylem hydraulics of *Picea abies*, *Pinus sylvestris* and *Fagus sylvatica*. **New Phytologist**, v. 217, n. 4, p. 1484-1493, 2017.
- BIGIO, E. et al. Fire-related features of wood anatomy in a sweet chestnut (*Castanea sativa*) coppice in southern Switzerland. **Trees**, v. 24, n. 4, p. 643-655, 2010.
- BIOMA CERRADO. Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado>>. Acesso em: 29 jun. 2022.
- BOND, W. J.; MIDGLEY, J. J. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. **Trends in ecology & evolution**, v. 16, n. 1, p. 45-51, 2001.
- BONFIM, V. R. et al. Diagnóstico do uso do fogo no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), MG. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 87-94, 2003.
- CARLQUIST, S.; HOEKMAN, D. A. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian flora. **Iawa Journal**, v. 6, n. 4, p. 319-347, 1985.
- CARLQUIST, S. Living cells in wood 3. Overview; functional anatomy of the parenchyma network. **The Botanical Review**, v. 84, p. 242-294, 2018.
- CARREIRA, R. C.; ZAIDAN, L. B. P. Estabelecimento e crescimento inicial de *Miconia albicans* (Sw.) Triana e *Schizocentron elegans* Meissn., sob fotoperíodos controlados. **Hoehnea**, v. 30, n. 2, p. 155-161, 2003.
- CARREIRA, R. A. C.; ZAIDAN, L. B. P. Germinação de sementes de espécies de Melastomataceae de Cerrado sob condições controladas de luz e temperatura. **Hoehnea**, v. 34, n. 3, p. 261-269, 2007.
- CLARKE, P. J. et al. Resprouting as a key functional trait: how buds, protection and resources drive persistence after fire. **New Phytologist**, v. 197, n. 1, p. 19–35, 2012.

- COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.). *Fire in the Tropical Biota - Ecosystem Processes and Global Challenges*. Berlin; Springer Verlag, p. 82-105. (Ecological Studies, v. 8), 1990.
- DE MEDEIROS, M. B. Manejo do fogo em unidades de conservação do cerrado. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer*, v. 10, p. 1-97, 2002.
- DE REZENDE, A. R. et al. Sinopse de *Miconia* seção *Miconia* DC.(Melastomataceae) no estado de Minas Gerais, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 273-287, 2013.
- DURIGAN, G.; RATTER, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. *Journal of Applied Ecology*, v. 53, n. 1, p. 11-15, 2016.
- FERRENBURG, S.; MITTON, J. B. Smooth bark surfaces can defend trees against insect attack: resurrecting a “slippery” hypothesis. **Functional Ecology**, v. 28, n. 4, p. 837–845, 2014.
- FIEDLER, N. C. et al. Efeito de Incêndios Florestais na Estrutura e Composição Florística de uma Área de Cerrado Sensu Stricto na Fazenda Água Limpa – DF. **Journal of Brazilian Forest Science**, v. 28, n. 1, p. 129–138, 2004.
- GÄRTNER, H. Tree roots—methodological review and new development in dating and quantifying erosive processes. **Geomorphology**, v. 86, n. 3-4, p. 243-251, 2007.
- GIGNOUX, J. et al. Alternative fire resistance strategies in savanna trees. **Oecologia**, v. 110, n. 4, p. 576-583, 1997.
- GOLDENBERG, R.; BACCI, L.F.; CADDAH, M.K.; MEIRELLES, J. *Miconia in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB19660>>. Acesso em: 14 fev. 2023
- GOLDENBERG, R.; REGINATO, M. Sinopse da família Melastomataceae na Estação Biológica de Santa Lúcia, Santa Teresa, Espírito Santo. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 20, n. 1, p. 33-58, 2006.
- HOFFMANN, W. A. et al. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. **Ecology Letters**, v. 15, n. 7, p. 759-768, 2012.
- HOFFMANN, W. A.; SOLBRIG, O. T. The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. **Forest ecology and management**, v. 180, n. 1-3, p. 273-286, 2003.

- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS COMMITTEE et al. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bull.**, v. 10, p. 219-332, 1989.
- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). Adamantina, São Paulo. São José dos Campos: INPE, 2014.
- JANSEN, S. et al. Variation in xylem structure from tropics to tundra: evidence from vestured pits. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, n. 23, p. 8833-8837, 2004.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Rio de Janeiro: EDUR. 198p. 1997.
- LAWES, M. J. et al. Costs and benefits of relative bark thickness in relation to fire damage: a savanna/forest contrast. **Journal of Ecology**, v. 101, n. 2, p. 517-524, 2013.
- LEITE, F. F. et al. Grandes incêndios florestais em Portugal Continental como resultado das perturbações nos regimes de fogo no mundo mediterrâneo. 2013. n° especial: 1 - 9, 2013
- LINDORF, H. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. **Iawa Journal**, v. 15, n. 4, p. 361-376, 1994.
- LUCHI, A. E. et al. Anatomia comparada do lenho de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. Em áreas de cerrado e de plantação de *Pinus elliottii* Engelm. **Brazilian Journal of Botany**, v. 28, n. 4, p. 809-820, 2005.
- MARCATI, C. R. et al. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae) de floresta e cerrado. **Brazilian Journal of Botany**, v. 24, n. 3, p. 311-320, 2001.
- MARTINS, A. B. Melastomataceae In: M.G.L. Wanderley, G.J. Shepherd, T.S. Melhem, A.M. Giulietti, S.E. Martins (eds.). Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo. FAPESP, São Paulo, v. 6, pp. 1-103, 2009.
- MARTINS, A. B. et al. O gênero *Miconia* Ruiz & Pav. (Melastomataceae) no Estado de São Paulo. **Acta Botânica Brasílica**, v. 10, n. 2, p. 267-316, 1996.
- MEDEIROS, M. B. de; Fiedler, N. C. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 157-168, 2004.

- MEDEIROS, M. B. de. Efeitos do fogo nos padrões de rebrotamento em plantas lenhosas, em campo sujo. 2002. 120 f., il. Tese (Doutorado em Ecologia) —Universidade de Brasília, Brasília, 2002.
- Miconia ferruginata* DC. in GBIF Secretariat (2022). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2022-12-21.
- MIDGLEY, J. J. et al. How do fires kill plants? The hydraulic death hypothesis and Cape Proteaceae “fire-resisters”. **South African Journal of Botany**, v. 77, n. 2, p. 381–386, 2011.
- MIRANDA, H. S. Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: Resultados do projeto Fogo. Brasília-DF, IBAMA, 2. ed. 144p. 2010.
- MICHALETZ, S. T. et al. Moving beyond the cambium necrosis hypothesis of post-fire tree mortality: cavitation and deformation of xylem in forest fires. **New Phytologist**, v. 194, n. 1, p. 254-263, 2012.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado – PP Cerrado. Brasília, 2009.
- MOTA, G. S. et al. Ecologic features of Wood anatomy of *Casearia sylvestris* SW (Salicaceae) in three Brazilian ecosystems. **Cerne**, 23: 445-453, 2017.
- MUNDO, I. A. et al. Fire damage to cambium affects localized xylem anatomy and hydraulics: The case of *Nothofagus pumilio* in Patagonia. **American Journal of Botany**, v. 106, n. 12, p. 1536-1544, 2019.
- NARDINI, A.; GULLO, M. A. Lo; SALLEO, S. Refilling embolized xylem conduits: is it a matter of phloem unloading? **Plant Science**, v. 180, n. 4, p. 604-611, 2011.
- NIKLAS, K. J. The mechanical role of bark. **American Journal of Botany**, v. 86, n. 4, p. 465–469, abr. 1999.
- PAUSAS, J. G. Bark thickness and fire regime. **Functional Ecology**, v. 29, p. 315-327, 2015.
- REIS, C. dos et al. Anatomia foliar de Melastomataceae do Cerrado do estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Botany**, v. 28, n. 3, p. 451-466, 2005.
- RENNER, S. S. Phylogeny and classification of the Melastomataceae and Memecylaceae. **Nordic Journal of Botany** v. 13, p. 519-540, 1993.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. (eds.). Cerrado: ambiente e flora. Embrapa. Brasília. p. 89-168, 1998.
- RODRÍGUEZ, S. A. et al. Comparación de la gravedad específica y características anatómicas de la madera de dos comunidades vegetales en México. **Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica**, v. 72, n. 2, p. 171-185, 2001.

- ROMERO, R.; MARTINS, A. B. Melastomataceae do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 25, n. 1, p. 19-24, 2002.
- SAUTER, J. J.; ITEN, W.; ZIMMERMANN, M. H. Studies on the release of sugar into the vessels of sugar maple (*Acer saccharum*). **Canadian Journal of Botany**, v. 51, n. 1, p. 1-8, 1973.
- SCOTT, A. C. The Pre-Quaternary history of fire. **Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology**, v. 164, n. 1-4, p. 281-329, 2000.
- SHIGO, A. L. Compartmentalization: a conceptual framework for understanding how trees grow and defend themselves. **Annual Review of Phytopathology**. v. 22, n. 1, p. 189-214, 1984.
- SIMON, M. F. et al. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 48, p. 20359-20364, 2009.
- SONSIN, J. O. et al. A comparison of the wood anatomy of 11 species from two Cerrado habitats (Cerrado *ss* and adjacent gallery forest). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 170, n. 2, p. 257-276, 2012.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III. 3. Ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, p. 435, 2012.
- SPERRY, J. S. et al. Size and function in conifer tracheids and angiosperm vessels. **American Journal of Botany**, v. 93, n. 10, p. 1490-1500, 2006.
- VALE, A. T. et al. Influência das propriedades da casca de *Vochysia thyrsoidea* na transferência de calor para o câmbio. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, n. 13, 2006
- VALE, A. T.; ELIAS, Priscila Salomão. Nível de proteção térmica da casca de quatro espécies lenhosas e a relação da arquitetura da casca com a transferência de calor. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 979-987, 2014.
- TAKAHASHI, F. S. C. et al. Reserva Ecológica do IBGE. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 64, n.1, p. 146-160, 2019.
- WALLIN, K. F. et al. Effects of crown scorch on ponderosa pine resistance to bark beetles in northern Arizona. **Environmental Entomology**, v. 32, n. 3, p. 652-661, 2003.

ANEXO I

Médias e desvios padrão por tratamento. DP = desvio padrão. FL = comprimento de fibra; FWT = espessura da parede da fibra. FW = largura da fibra. FLu = lume da fibra. VL = comprimento de vaso. VDe = densidade de vaso. IVP = diâmetro da pontuação intervascular. RVP = diâmetro da pontuação radiovascular. R/mm = frequência de raio. RH = altura de raio. RW = largura de raio. VeA = área de vaso. D = diâmetro médio do vaso. D4th = diâmetro médio do vaso a quarta potência. D5th = diâmetro médio do vaso a quinta potência. Dmh = diâmetro hidráulico médio. VF = fração de vaso. S = razão entre tamanho e densidade de vasos.

		Tratamento	
		Controle	Fogo
FL (µm)	Média	533	466
	DP	158	167
FWT (µm)	Média	4,82	4,7
	DP	0,81	1,16
FW (µm)	Média	20,30	20,19
	DP	3,14	3,76
FLu (µm)	Média	10,66	11,04
	DP	3,03	4,10
VL (µm)	Média	468	416
	DP	140	131
VDe /mm²	Média	20,28	26,01
	DP	5,06	5,72
IVP (µm)	Média	2,94	3,03
	DP	0,32	0,58
RVP (µm)	Média	3,26	2,57
	DP	0,62	0,53
R/mm	Média	13,08	14,82
	DP	2,16	2,19
RH (µm)	Média	417	478
	DP	249	303
RW (µm)	Média	19,06	22,72
	DP	7,63	8,69
VeA (µm²)	Média	3262	4704
	DP	2059	3261
D (µm)	Média	64,28	75,15
	DP	20,29	27,94
D4th	Média	1,68E+09	5,42E+09
	DP	3,18E+07	7,39E+07
D5th	Média	1,42E+11	5,70E+11
	DP	3,33E+09	9,42E+09
Dmh	Média	84,83	105
	DP	20,29	27,94
VF	Média	6,62E+04	1,22E+05
	DP	4,95E+04	8,96E+04
S	Média	161	181
	DP	126	140