

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora,
o texto completo desta tese será
disponibilizado somente a partir
de 10/12/2026.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA
VEGETAL)

O PAPEL DAS SEMENTES APÓS AS QUEIMADAS EM AMBIENTES SAVÂNICOS DE TRANSIÇÃO E DE FLORESTA

Mariana Aragão de Macedo

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGIA VEGETAL)**

**O PAPEL DAS SEMENTES APÓS AS QUEIMADAS EM AMBIENTES
SAVÂNICOS DE TRANSIÇÃO E DE FLORESTA**

Mariana Aragão de Macedo

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal) .
Orientador: Dr Davi Rodrigo Rossatto.

M141p

Macedo, Mariana Aragão de

O papel das sementes após as queimadas em ambientes savânicos de transição e de floresta / Mariana Aragão de Macedo. -- Rio Claro, 2024

103 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Davi Rodrigo Rossatto

1. Dispersão de sementes. 2. Banco de plântulas em campo. 3. Ecofisiologia vegetal. 4. Germinação. 5. Ecofogo. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: O papel das sementes após as queimadas em ambientes savânicos de transição e de floresta

AUTORA: MARIANA ARAGAO DE MACEDO

ORIENTADOR: DAVI RODRIGO ROSSATTO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal), área: Biologia Vegetal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DAVI RODRIGO ROSSATTO (Participação Virtual)
Departamento de Biologia / UNESP FCAV Jaboticabal



Documento assinado digitalmente

DAVI RODRIGO ROSSATTO
Data: 18/12/2024 09:06:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a TALITA MARQUES ZUPO (Participação Virtual)
Pós-doutoranda do Departamento de Biodiversidade / Instituto Tecnológico Vale - ITV



Documento assinado digitalmente

TALITA MARQUES ZUPO
Data: 12/12/2024 14:36:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. ALEXANDER VICENTE CHRISTIANINI (Participação Virtual)
Departamento de Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Carlos - UFS



Documento assinado digitalmente

ALEXANDER VICENTE CHRISTIANINI
Data: 12/12/2024 18:25:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. RODOLFO CESAR REAL DE ABREU (Participação Virtual)
Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



Documento assinado digitalmente

RODOLFO CESAR REAL DE ABREU
Data: 16/12/2024 13:51:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. WILLIAM ARTHUR HOFFMANN (Participação Virtual)
Department of Plant and Microbial Biology / North Carolina State University

William A.
Hoffmann

Digitally signed by William A. Hoffmann
DN: cn=William A. Hoffmann, c=US, email=wahoffma@ncsu.edu
Date: 2024.12.17 10:58:47 -05'00'

Rio Claro, 10 de dezembro de 2024

Dedicatória

Dedico este trabalho especialmente ao meu sobrinho Dominic e ao meu tio *Tião*.

Dedico a minha família, mãe, pai, irmãos e sobrinha

Agradecimentos

Agradeço à agência financiadora Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo financiamento do meu projeto sobre o processo 142493/2020-1, ao Programa de Pós graduação em Biologia Vegetal Unesp-Rio Claro. Sem essas instituições não seria possível realizar a minha pesquisa. Agradeço a Estação Ecológica de Águas de Santa Bárbara, por permitir a elaboração deste projeto e suporte para a coleta de dados. Ao Marcão, Seninha e outros funcionários da estação que me apoiaram e forneceram ferramentas para o sucesso da coleta de dados. Agradeço também à Professora Giselda Durigan, por permitir que a coleta de dados fosse realizada dentro das áreas experimentais do projeto fogo.

Agradeço ao meu orientador Davi Rodrigo Rossatto por ter me apoiado, me inspirado e fornecido os materiais e ideias necessárias para a realização dessa pesquisa. Agradeço a compreensão, o compartilhamento de ideias, e cuidado.

Agradeço especialmente a Ariadne Cristina De Antonio por ter me auxiliado no desenvolvimento e coleta de dados em campo. Sem a sua ajuda seria improvável eu ter realizado a minha pesquisa. Muito obrigada!

Aos meus amigos de laboratório que levo pra vida. Agradeço por todo apoio, risadas, cervejinhas, cafés, abraços e carinho. Um agradecimento especial a equipe LEVEG, Heloiza Lourenço Zirondi, Gabriela Santos da Silva, Gabriela, Letícia, Felipe, Juliano, por todo apoio dado durante essa trajetória. O trabalho de vocês me inspira, e foi um prazer trabalhar com vocês. Agradeço aos meus colegas de departamento Juliana, Naiara, Flora, Lílían, Rafa, Aline, Júlia e Fulbert pelos cafés, risadas, docinhos e respiros. Aos funcionários da Unesp, sempre observei uma dedicação impar em auxiliar os alunos da forma mais prática possível. Agradeço aos meus alunos também que tiveram acesso tanto com o “eu” professora e o “eu” aluna e essa troca foi transformadora para mim.

Agradeço também, imensamente minha professora de inglês, Carina Santos que se tornou uma companhia maravilhosa, uma força e uma fonte de conhecimento e sorrisos.

Agradeço imensamente a minha família por todo apoio dado durante esse período e pelo interesse e apoio nas minhas pesquisas. Sem o hábito de plantar, colher, acampar, e se indagar não seria possível que eu chegasse tão longe.

Agradeço ao Mateus, pelo apoio dado, carinho compartilhado e vivências ao meu lado.

Agradeço ao Pedro Sudbrack pelo carinho e companheirismo.

Agradeço aos professores que me inspiraram nessa jornada acadêmica, que não desistiram e se manifestaram como mestres. Aos professores que passaram, aos que ficaram e aos que se mantêm ao meu lado, principalmente a professora Heloisa Sinatora Miranda. Agradeço aos professores que nunca vi, mas que me ensinaram de forma encantadora através de suas pesquisas, em especial Professor Coutinho, Professor Warming que me desencadearam o interesse em observar o Cerrado em campo.

"Apreciar o que está ao seu redor, o que você vê, faz parte de um entendimento maior da natureza."

Barbara McClintock

Resumo

Em ambientes neotropicais, as vegetações savânicas e florestais compartilham as mesmas condições edafo climáticas, que com a ausência do fogo permite a formação de ambientes transicionais que compartilham espécies e condições microclimáticas. Esses sistemas podem se manter através da rebrota ou da produção de sementes que auxiliam no processo de expansão e manutenção de suas populações. Compreender o investimento de número de sementes e composição de síndrome de dispersão dessas vegetações é importante para se prever a capacidade de manutenção de áreas savânicas sob o efeito do fogo. No entanto, a dispersão, não garante que essas sementes vão germinar. Por isso, é importante avaliar a densidade do banco de plântulas após evento de fogo. Eventos de queimadas costumam promover mudanças microclimáticas como temperatura e umidade no sistema, isso pode alterar fatores de recrutamento de espécies arbóreas. Portanto, esse estudo possui como objetivos quantificar e caracterizar a quantidade de sementes dispersadas em cada tipo de vegetação (savanas, de transição e floresta), avaliar a densidade do banco de plântulas formado na estação chuvosa e por fim, verificar as restrições impostas após a queimada para o recrutamento de uma espécie arbórea generalista. O experimento foi realizado em três réplicas de savana, de transição e floresta. Para avaliar a dispersão de sementes foram instaladas armadilhas de sementes, para a densidade de plântulas plântulas: plots permanentes e para avaliar o recrutamento de uma espécie arbórea foram instalados berçários onde as sementes foram semeadas e acompanhado sua germinação e desenvolvimento. Como resultados, destacam-se que em áreas queimadas o número de sementes dispersadas em todos os tipos de vegetações são reduzidos significativamente, mesmo em áreas florestais onde as queimadas não tiveram sucesso eficiente na inflamabilidade. Ambientes savânicos possuem um número de sementes significativamente menor do que em áreas de floresta e de transição. O banco de plântulas em áreas queimadas e não queimadas não se diferencia significativamente, apenas quando são consideradas as monocotiledôneas. Espécies arbóreas generalistas possuem uma alta mortalidade em nível de sementes em áreas savânicas, mas uma vez que germinam, se desenvolvem de forma similar aos ambientes florestais e de transição. O consumo de estruturas de reserva como cotilédones é diferente para áreas queimadas e não queimadas.

Palavras-chave: Dispersão; Banco de plântulas; Ecologia do fogo; *Vochisia tucanorum*

Abstract

In neotropical environments, such as savannah and forest vegetation, together with the same soil and climate conditions, which, in the absence of fire, allow the formation of transitional environments that combine species and microclimatic conditions. These systems can be maintained through regrowth or seed production that aids in the process of expansion and maintenance of their situations. Understanding the investment of seed number and composition of the dispersal syndrome of these vegetations is important to predict the maintenance capacity of savannah areas under the effect of fire. However, dispersal does not guarantee that these seeds will germinate. Therefore, it is important to evaluate the density of the seedling bank after a fire event. Fire events usually promote microclimatic changes such as temperature and humidity in the system, which can alter recruitment factors of tree species. Therefore, this study aims to quantify and characterize the number of seeds dispersed in each type of vegetation (savannah, transition, and forest), evaluate the density of the seedling bank formed in the rainy season, and finally, verify the restrictions imposed after the fire for the recruitment of a generalist tree species. The experiment was carried out in three replicates of savannah, transition, and forest. To evaluate the seed dispersion, seed traps were installed, for the density of seedlings in permanent plots. To assess the recruitment of a tree species, nurseries were installed where the seeds were sown and their germination and development monitored. As a result, it is highlighted that in burned areas the number of seeds dispersed in all types of vegetation is significantly reduced, even in forest areas where the fires were not efficiently successful in flammability. Savannah environments have a significantly lower number of seeds than in forest and transition areas. The seedling bank in burned and unburned areas does not differ significantly, except when monocotyledons are considered. Generalist tree species have high seed mortality in savanna areas, but once they germinate, they develop in a similar way to forest and transition environments. The consumption of reserve structures such as cotyledons is different for burned and unburned areas.

Keywords: Dispersal; Seedling bank; Fire ecology; *Vochysia tucanorum*

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL	7
1.1 Objetivo geral	12
1.3 Referências	13
2. Capítulo 1	19
Dispersal Strategies along a gradient of Savanna and Forest vegetation: Fire Impacts and Temporal Variation	19
2.1 Resumo	19
2.2 Abstract	20
2.3 Introduction	21
2.4 Material and Methods	24
2.5. Results	29
2.6 Discussion	33
2.7 Conclusions	36
ACKNOWLEDGEMENTS	37
2.8 References	37
3. Capítulo 2	45
Seedling bank dynamic across savanna forest boundaries	45
3.1 Resumo	45
3.2 Abstract	45
3.3 Introduction	46
3.4 Materials and Methods	49
3.5 Results	52
3.6 Discussion	58
3.7 Conclusions	62
3.8 Acknowledgments	62
3.9 References	63
4. Capítulo 3	68
Effects of Post-fire on Seed Germination and seedling recruitment of a Generalist Savanna Woody Species	68
4.1 Resumo	68
4.2 Abstract	69
4.3 INTRODUCTION	70
4.4 METHODS	73
4.5 RESULTS	76
4.6 DISCUSSION	85

4.7 Conclusions	88
ACKNOWLEDGEMENTS	89
REFERENCES	90
5. Conclusões Gerais	96

1. INTRODUÇÃO GERAL

Na região Neotropical, observam-se fragmentos florestais e savânicos crescendo lado a lado. Esses fragmentos muitas vezes compartilham de mesmas condições de solo e de clima e coexistem em espaços não muito distantes entre si. Dentre os motivos relacionados para que tal padrão ocorra, observam-se os componentes biogeográficos. As vegetações florestais na região são mais antigas e deram origem a flora das vegetações savânicas (Sobral-Souza, Lima-Ribeiro, and Solferini 2015). A origem de vegetações savânicas ocorreu pela influência de secas prolongadas (Sobral-Souza, Lima-Ribeiro, and Solferini 2015), permitindo que espécies mais tolerantes à seca se expandissem, permitindo assim a ocorrência do fogo, gerando pressões seletivas (Simon and Pennington 2012). Além disso, padrões de pluviosidade e temperatura máxima permitiram que a dispersão de espécies seguissem padrões térmicos (Sobral-Souza, Lima-Ribeiro, and Solferini 2015), fazendo com que diversos biomas brasileiros compartilhem espécies congêneras, especialmente em relação ao bioma Cerrado com os Bioma Amazônicos e da Mata Atlântica (Sobral-Souza, Lima-Ribeiro, and Solferini 2015). Ambientes savânicos da América do Sul, como o Cerrado, possuem origem no Mioceno, com o surgimento de espécies associadas ao fogo por volta de 9.8 milhões de anos (Simon et al. 2009), e a manutenção e expansão dessas vegetações depende da frequência de distúrbios como; fogo, estação seca de longa duração (Sobral-Souza, Lima-Ribeiro, and Solferini 2015) e herbivoria (Grime 1979). Um dos principais distúrbios que é discutido para a expansão dessa vegetação é a seca extrema que beneficiou grupos de gramíneas como as Poaceae e Cyperaceae (Clayton 1981). Esses grupos, uma vez dominante tanto em áreas fechadas como abertas (Elliott et al. 2024), auxilia na propagação do fogo (Zanzarini, Andersen, and Fidelis 2022). Além do mais, a formação de ambientes savânicos foi beneficiada por épocas de chuvas intensas, que auxiliou na formação de solos pobres em nutrientes, por meio da lixiviação, ácidos e com compostos tóxicos como o alumínio (Pinheiro and Monteiro 2010).

No entanto, mesmo que esses fatores estejam presentes para a manutenção de vegetações abertas, por fatores históricos e evolutivos, existe a possibilidade de adensamento da vegetação savânica como visto por Bond (2005) e Bond and Keeley (2005). A coexistência dessas vegetações, ambientes florestais e ambientes abertos podem ocorrer nas mesmas regiões (Coutinho 2016) e podem se expandir e se retrair de acordo com a frequência do fogo (Pausas and Bond 2021).

O fogo é um distúrbio comum em ambientes de savana tropical, com suas diferentes frequências que podem modular as estratégias das comunidades vegetais para sobreviver e se reproduzir sob sua ocorrência (Keeley et al. 2011; McLauchlan et al. 2020). Muitas estratégias adotadas pela comunidade vegetal podem ser associadas diretamente ao regime de fogo ou às condições ambientais, como a estação seca ou ambos. Além do tipo de vegetação, ambientes savânicos, por serem ambientes abertos e possuírem domínio de biomassa composta pelo estrato graminoide (L. M. Coutinho, De Vuono, and Lousa 1982) possuem uma maior flamabilidade (Newberry et al. 2020). Em sistemas em que tanto comunidades de ambientes florestais como de comunidades savânicas coexistem (transição savanna-floresta), a efetividade da queimada decresce por conta da estrutura vegetal e principalmente pela quantidade de serapilheira (Newberry et al. 2020). Em ambientes florestais, onde a cobertura de espécies arbórea é cerca de 76% e a biomassa de espécies gramíneas é inexistente, nem sempre há sucesso de ignição (Newberry et al. 2020). Para que um evento de queimada ocorra nessa vegetação, é necessário que essa vegetação esteja fragmentada, ou em situações de seca extrema, onde as condições microclimáticas promovam o ressecamento do combustível, biomassa seca, e assim o fogo se propague dentro da vegetação (Menezes, Cazetta, and Dodonov 2019).

Os indivíduos que compõem essas vegetações podem ter diversos mecanismos para tolerar as situações de estresse impostas pelo fogo, muitas espécies possuem atributos que

protegem os tecidos vasculares contra as altas temperaturas (Hoffmann et al. 2012), outras possuem reservas subterrâneas que permite a rebrota quando o fogo consome a parte aérea (Klimesřová and Klimeř 2007). Mas espécies características de ambientes florestais podem sofrer injúrias em seus tecidos vasculares o que promove uma alta mortalidade (Massi, Eugênio, and Franco 2017; Hoffmann et al. 2009) e liberação de carbono para a atmosfera (Pellegrini, Franco, and Hoffmann 2016).

Após a passagem do fogo, em ambientes savânicos, muitas espécies que perderam a parte aérea podem rebrotar (Clarke et al. 2013), florescer (L. Zironi, Ooi, and Fidelis 2021), aumentar a produção de sementes (Fontenele and Miranda 2022), assim como aumentar a probabilidade de germinação (Zironi, Silveira, and Fidelis 2019). Já em ambientes de transição entre savana e floresta, esse sistema pode apresentar um conjunto de fatores associados aos ambientes florestais e ambientes savânicos por sua composição de espécies compartilhadas (Dias Cabacinha et al. 2021), tipo de combustível (Newberry et al. 2020) e estratégias de persistência (Hoffmann et al. 2009). Em ambientes florestais, mesmo que a eficiência de queima seja baixa (Newberry et al. 2020), quando os eventos de queima ocorrem, há uma mudança na estrutura da vegetação (Balch et al. 2008) pela mortalidade de espécies arbóreas (Knox and Clarke 2012), assim como microclima (Wolf et al. 2021).

Nessas diferentes vegetações, especialmente após o fogo, a expansão de suas populações vai depender da efetividade de dispersão de sementes, ou seja, quantidade de sementes, distância de dispersão (que vai depender da síndrome de dispersão) e qualidade do ambiente em que essas sementes serão depositadas (Beckman and Rogers 2013). Após as queimadas, onde a biomassa é consumida pelo fogo e ocorre a abertura tanto de clareiras na copa e no solo (L. M. Coutinho 1977), a dispersão e a deposição de sementes no solo pode ser beneficiada (Augspurger and Franson 1987; Hubbell 1979). Esses eventos por um lado podem beneficiar estratégias de dispersão de sementes para os indivíduos que sobreviveram e

investiram seus recursos em reprodução. Pois o aumento de clareiras, aumenta a probabilidade de dispersão pela velocidade do vento (Augspurger and Franson 1987), ou deposição de semente no solo exposto (L. M. Coutinho 1977) e deposição de sementes pela fauna (Weiher and Keddy 1995; Orrock et al. 2006). Por outro lado, a perda de biomassa aérea pode prejudicar no investimento de sementes viáveis disponíveis no sistema (Fontenele and Miranda 2022).

A efetividade de dispersão de sementes vai depender do tipo de dispersão e quantidade de sementes dispersas (Schupp, Jordano, and Gómez 2010). A distância de dispersão é influenciada por fatores como estrutura da vegetação, massa de sementes e síndrome de dispersão (Ronce et al. 2005). Após a dispersão de sementes nesses sistemas é importante observar a dinâmica de recrutamento através da densidade do banco de plântulas nessas vegetações. Pois, o recrutamento via sementes, em sistemas com queimas frequentes, também é uma estratégia de resiliência para aumentar o número de indivíduos e de espécies, especialmente para ecossistemas savânicos (da Silva Rocha et al. 2022; Galíndez et al. 2013; Bond and Midgley 2003). O investimento em reprodução sexuada ocorre porque, geralmente, após eventos de queima, há aumento de indivíduos floridos (L. Zironi et al. 2021), aumento do número de frutos abertos (Cirne and Miranda 2008; L. M. Coutinho 1977) e para algumas sementes de dormência física as altas temperaturas quebram o tegumento (Zironi et al. 2019; Ribeiro et al. 2013; Daibes et al. 2019) ou mesmo afetam as taxas de germinação, pela exposição à fumaça, que pode acelerar o início da germinação (Keeley et al. 2011; Zironi et al. 2019; Sanchez et al. 2022). Para a germinação, as sementes precisam de condições específicas no campo, como temperatura (Kolb et al. 2016) e umidade. A temperatura pode influenciar o teor de umidade, sincronização da germinação e dependendo do tipo de semente a temperatura pode aumentar o tempo de viabilidade ou quebrar a dormência (Probert 2000). Entender a correlação entre fatores microambientais, como a temperatura e bancos de plântulas

na vegetação neotropical pode ser uma chave para compreender os efeitos do manejo do fogo associados a sazonalidade no recrutamento de plântulas em diferentes vegetações.

Estudos com banco de plântulas são restritos a um conjunto de espécies, para entender o sucesso na taxa de recrutamento e dinâmica populacional (Hoffmann 1999, 1996; Abella, Gentilcore, and Chiquoine 2021) ou associada ao banco de sementes no solo (Dairel and Fidelis 2024). No entanto, compreender a formação e a densidade do banco de plântulas em vegetações savânicas, transição de savana-floresta e floresta, é fundamental para compreender o papel do fogo no recrutamento de novos indivíduos após eventos de queima, independente da população estudada. A composição taxonômica do banco de plântulas pode ser uma característica importante para se avaliar a capacidade de recomposição das vegetações savânicas, de transição e floresta. A formação do banco de plântulas vai depender de microsítios seguros que garantem não só a germinação mas o recrutamento (Schupp 1995).

Microsítios seguros podem estar relacionados à disponibilidade de recursos e à ausência de competição (Schupp 1995). Em sementes de espécies florestais, cerca de 67,7% germinam em condições de luz obrigatoriamente e 21,5% em condições de luz ou sombra, facilitando o processo de expansão dessas espécies em ambientes de savana adequados para estabelecimento (Souza et al. 2015). Quando as sementes são depositadas no solo, as condições de microclima devem ser favoráveis à germinação, como a presença de luz através de aberturas na vegetação e água (Souza et al. 2015). Após a semente ser depositada no solo, deve ocorrer a germinação e o enraizamento para garantir que suas raízes não fiquem expostas ao sol, e também permitir que as plântulas se estabeleçam (Silva and Castro 1989). Além disso, a passagem do fogo pode, ao consumir a vegetação, aumentar a disponibilidade de luz e nutrientes do solo (Pivello and Coutinho 1996; Setterfield 2002). Uma vez que a semente germinada possa desenvolver suas estruturas essenciais (expansão dos cotilédones e folhas verdadeiras) de modo a formar

um indivíduo maior, que aumenta a probabilidade de sobrevivência até o estabelecimento completo (Garwood 1996; Kitajima and Augspurger 1992).

Portanto, é importante avaliar não somente a germinação, mas também o desempenho das plântulas após os primeiros dias de germinação. O desempenho dessas plântulas em ambientes de savana, transição e floresta não queimados e queimados pode ser avaliado por meio de análises morfológicas (Garwood 1996). Dessa forma, é possível entender com maior precisão os possíveis efeitos prolongados que queimadas frequentes têm sobre o recrutamento de espécies arbóreas, suas estratégias de persistência após o fogo e a dinâmica do recrutamento de plântulas em ambientes com e sem queima associada a espécies arbóreas de ambientes florestais e de savana.

1.1 Objetivo geral

Compreender o potencial dispersivo e germinativo, através de análises de banco de plântulas e de recrutamento, em vegetações ao longo de gradiente savana-transição-floresta sujeitas a queima e sua ausência

1.2 Objetivos específicos

- 1- investigar o potencial de dispersão e os tipos de dispersão (zoocórica, anemocórica e autocoria) nos três tipos de vegetação em ambientes com queima e sem queima;
- 2- Compreender a dinâmica de recrutamento de plântulas nos três tipos de vegetação, associado ao grupo taxonômico das monocotiledôneas e dicotiledôneas em ambientes com queima e sem queima, durante a estação chuvosa;
- 3- Observar o potencial de recrutamento de uma espécie arbórea generalista em três tipos de vegetação, em áreas queimadas e não queimadas.

Esta tese está organizada em três capítulos: o capítulo 1 apresenta o potencial de produção e dispersão de cada vegetação associado a síndrome de dispersão em ambientes queimados e não queimados; no capítulo 2 a dinâmica do banco de plântulas em resposta a cada vegetação e cada tratamento (queimado e não queimado) é apresentada; por fim, o capítulo 3, apresenta a capacidade de germinação e recrutamento de uma espécie generalista nas três vegetações associada aos tratamentos queimados e não queimados.

1.3 Referências

- Abella, Scott R., Dominic M. Gentilcore, and Lindsay P. Chiquoine. 2021. “Resilience and Alternative Stable States after Desert Wildfires.” *Ecological Monographs* 91 (1). <https://doi.org/10.1002/ecm.1432>.
- Augspurger, Carol K., and Susan E. Franson. 1987. “Wind Dispersal of Artificial Fruits Varying in Mass, Area, and Morphology.” *Ecology* 68 (1): 27–42.
- Balch, Jennifer K., Daniel C. Nepstad, Paulo M. Brando, Lisa M. Curran, Osvaldo Portela, Osvaldo De CARVALHO Jr, and Paul Lefebvre. 2008. “Negative Fire Feedback in a Transitional Forest of Southeastern Amazonia.” *Global Change Biology* 14 (10): 2276–87.
- Beckman, Noelle G., and Haldre S. Rogers. 2013. “Consequences of Seed Dispersal for Plant Recruitment in Tropical Forests: Interactions within the Seedscape.” *Biotropica* 45 (6): 666–81.
- Bond, William J. 2005. “Large Parts of the World Are Brown or Black: A Different View on the ‘Green World’ Hypothesis.” *Journal of Vegetation Science: Official Organ of the International Association for Vegetation Science* 16 (3): 261.
- Bond, William J., and Jon E. Keeley. 2005. “Fire as a Global ‘Herbivore’: The Ecology and Evolution of Flammable Ecosystems.” *Trends in Ecology & Evolution* 20 (7): 387–94.
- Bond, William J., and Jeremy J. Midgley. 2003. “The Evolutionary Ecology of Sprouting in Woody Plants.” *International Journal of Plant Sciences* 164 (S3): S103–14.
- Cirne, Paulo, and Heloisa Sinátora Miranda. 2008. “Effects of Prescribed Fires on the Survival and Release of Seeds of *Kielmeyera Coriacea* (Spr.) Mart. (Clusiaceae) in Savannas of Central Brazil.” *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 20 (3): 197–204.
- Clarke, P. J., M. J. Lawes, J. J. Midgley, B. B. Lamont, F. Ojeda, G. E. Burrows, N. J. Enright, and K. J. E. Knox. 2013. “Resprouting as a Key Functional Trait: How Buds,

Protection and Resources Drive Persistence after Fire.” *The New Phytologist* 197 (1): 19–35.

Clayton, W. D. 1981. “Evolution and Distribution of Grasses.” *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Missouri Botanical Garden 68 (1): 5.

Coutinho, Leopoldo Magno 2016. *Biomass brasileiros*. Oficina de Textos.

Coutinho, Leopoldo Magno. 1977. “Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. ii - as queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo-subarbustivo / ecological aspects of fire in the Cerrado. II - Fire and seed dispersion in some anemochoric species of the herbaceous layer.” *Boletim de Botânica Da Universidade de São Paulo* 5:57–63.

Coutinho, Leopoldo Magno, Y. S. De Vuono, and J. S. Lousa. 1982. “Aspectos Ecológicos Do Fogo No Cerrado: IV. A época Da Queimada E a Produtividade Primária Líquida Epigéia Do Estrato Herbáceo Subarbustivo.” *Revista Brasileira de Botânica* 5:37–41.

Dias Cabacinha, Christian, Kelly Marianne Guimarães Pereira, Natielle Gomes Cordeiro, Rúbia Santos Fonseca, and Carlos Alberto Araújo Júnior. 2021. “Tree Component Analysis in a Savanna-Forest Ecotone Area of Minas Gerais State, Brazil.” *Scientia Agraria Paranaensis*, December, 405–13.

Elliott, Tammy L., Daniel Spalink, Isabel Larridon, Alexandre Rizzo Zuntini, Marcial Escudero, Jan Hackel, Russell L. Barrett, et al. 2024. “Global Analysis of Poales Diversification - Parallel Evolution in Space and Time into Open and Closed Habitats.” *The New Phytologist* 242 (2): 727–43.

Fontenele, Hudson G. V., and Heloisa S. Miranda. 2022. “Seed Ecology of Post-Fire Flowering Species from the Cerrado.” *Seed Science Research* 32 (4): 222–29.

Galíndez, Guadalupe, Pablo Ortega-Baes, Ana L. Scopel, and Michael J. Hutchings. 2013. “The Dynamics of Three Shrub Species in a Fire-Prone Temperate Savanna: The Interplay between the Seed Bank, Seed Rain and Fire Regime.” *Plant Ecology* 214 (1): 75–86.

Garwood, Nancy. 1996. “Functional Morphology of Tropical Tree Seedlings.” In *The Ecology of Tropical Forest Tree Seedlings*, edited by M. D. Swaine, 59–129. Parthenon Publishing Group.

Grime, J. P. 1979. “Primary Strategies in Plants.” *Transactions of the Botanical Society of Edinburgh* 43 (2): 151–60.

Hoffmann, William A. 1996. “The Effects of Fire and Cover on Seedling Establishment in a Neotropical Savanna.” *The Journal of Ecology* 84 (3): 383–93.

———. 1999. “Fire and Population Dynamics of Woody Plants in a Neotropical Savanna: Matrix Model Projections.” *Ecology* 80 (4): 1354–69.

Hoffmann, William A., Ryan Adasme, M. Haridasan, Marina T. de Carvalho, Erika L. Geiger, Mireia A. B. Pereira, Sybil G. Gotsch, and Augusto C. Franco. 2009. “Tree

Topkill, Not Mortality, Governs the Dynamics of Savanna-Forest Boundaries under Frequent Fire in Central Brazil.” *Ecology* 90 (5): 1326–37.

Hoffmann, William A., Erika L. Geiger, Sybil G. Gotsch, Davi R. Rossatto, Lucas C. R. Silva, On Lee Lau, M. Haridasan, and Augusto C. Franco. 2012. “Ecological Thresholds at the Savanna-Forest Boundary: How Plant Traits, Resources and Fire Govern the Distribution of Tropical Biomes.” *Ecology Letters*. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01789.x>.

Hubbell, S. P. 1979. “Tree Dispersion, Abundance, and Diversity in a Tropical Dry Forest: That Tropical Trees Are Clumped, Not Spaced, Alters Conceptions of the Organization and Dynamics.” *Science* (New York, N.Y.) 203 (4387): 1299–1309.

Keeley, Jon E., Juli G. Pausas, Philip W. Rundel, William J. Bond, and Ross A. Bradstock. 2011. “Fire as an Evolutionary Pressure Shaping Plant Traits.” *Trends in Plant Science* 16 (8): 406–11.

Kitajima, K., and C. Augspurger. 1992. “The Importance of Cotyledon Functional Morphology and Patterns of Seed Reserve Utilization for the Physiological Ecology of Neotropical Tree Seedlings.” .

Klimesřová, Jitka, and Leosř Klimeř. 2007. “Bud Banks and Their Role in Vegetative Regeneration – A Literature Review and Proposal for Simple Classification and Assessment.” *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 8 (3): 115–29.

Knox, K. J. E., and P. J. Clarke. 2012. “Fire Severity, Feedback Effects and Resilience to Alternative Community States in Forest Assemblages.” *Forest Ecology and Management*, Australian rainforests: islands of green in a land of fire Ocean shores to desert dunes: the native vegetation of New South Wales and the ACT Hurstville, N.S.W Survey Methods for Nature Conservation An Interim Biogeographic Regionalisation for Australia: a Framework for Establishing the National System of Reserves, Version 4.0, 265 (February):47–54.

L. Zirondi, Heloiza, Mark K. J. Ooi, and Alessandra Fidelis. 2021. “Fire-triggered Flowering Is the Dominant Post-fire Strategy in a Tropical Savanna.” *Journal of Vegetation Science: Official Organ of the International Association for Vegetation Science* 32 (2). <https://doi.org/10.1111/jvs.12995>.

Massi, K. G., C. U. O. Eugênio, and A. C. Franco. 2017. “Post-Fire Reproduction of Herbs at a Savanna-Gallery Forest Boundary in Distrito Federal, Brazil.” *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia* 77 (4): 876–86.

McLauchlan, Kendra K., Philip E. Higuera, Jessica Miesel, Brendan M. Rogers, Jennifer Schweitzer, Jacquelyn K. Shuman, Alan J. Tepley, et al. 2020. “Fire as a Fundamental Ecological Process: Research Advances and Frontiers.” *The Journal of Ecology* 108 (5): 2047–69.

Menezes, Gustavo Souza Cruz, Eliana Cazetta, and Pavel Dodonov. 2019. “Vegetation Structure across Fire Edges in a Neotropical Rain Forest.” *Forest Ecology and Management* 453 (117587): 117587.

- Newberry, Brooklynn M., Collin R. Power, Rodolfo C. R. Abreu, Giselda Durigan, Davi R. Rossatto, and William A. Hoffmann. 2020. "Flammability Thresholds or Flammability Gradients? Determinants of Fire across Savanna-Forest Transitions." *The New Phytologist* 228 (3): 910–21.
- Pausas, Juli G., and William J. Bond. 2021. "Alternative Biome States Challenge the Modelling of Species' Niche Shifts under Climate Change." *The Journal of Ecology* 109 (12): 3962–71.
- Pellegrini, Adam F. A., Augusto C. Franco, and William A. Hoffmann. 2016. "Shifts in Functional Traits Elevate Risk of Fire-Driven Tree Dieback in Tropical Savanna and Forest Biomes." *Global Change Biology* 22 (3): 1235–43.
- Pilon, Natashi A. L., Mário G. B. Cava, William A. Hoffmann, Rodolfo C. R. Abreu, Alessandra Fidelis, and Giselda Durigan. 2021. "The Diversity of Post-fire Regeneration Strategies in the Cerrado Ground Layer." *The Journal of Ecology* 109 (1): 154–66.
- Pinheiro, M. H. O., and R. Monteiro. 2010. "Contribution to the Discussions on the Origin of the Cerrado Biome: Brazilian Savanna." *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia* 70 (1): 95–102.
- Pivello, Vânia Regina, and Leopoldo Magno Coutinho. 1996. "A Qualitative Successional Model to Assist in the Management of Brazilian Cerrados." *Forest Ecology and Management* 87 (1-3): 127–38.
- Probert, R. J. 2000. "The Role of Temperature in the Regulation of Seed Dormancy and Germination." In *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, 261–92. UK: CABI Publishing.
- Ribeiro, L. C., M. Pedrosa, and F. Borghetti. 2013. "Heat Shock Effects on Seed Germination of Five Brazilian Savanna Species." *Plant Biology* 15 (1): 152–57.
- Ronce, Ophélie, Stéphanie Brachet, Isabelle Olivieri, Pierre-Henri Gouyon, and Jean Clobert. 2005. "Plastic Changes in Seed Dispersal along Ecological Succession: Theoretical Predictions from an Evolutionary Model." *The Journal of Ecology* 93 (2): 431–40.
- Rosbakh, Sergey, Angelino Carta, Eduardo Fernández-Pascual, Shyam S. Phartyal, Roberta L. C. Dayrell, Evisio Mattana, Arne Saatkamp, Filip Vandeloos, Jerry Baskin, and Carol Baskin. 2023. "Global Seed Dormancy Patterns Are Driven by Macroclimate but Not Fire Regime." *The New Phytologist* 240 (2): 555–64.
- Schupp, Eugene W. 1995. "Seed-seedling Conflicts, Habitat Choice, and Patterns of Plant Recruitment." *American Journal of Botany* 82 (3): 399–409.
- Schupp, Eugene W., Pedro Jordano, and José María Gómez. 2010. "Seed Dispersal Effectiveness Revisited: A Conceptual Review." *The New Phytologist* 188 (2): 333–53.
- Setterfield, S. A. 2002. "Seedling Establishment in an Australian Tropical Savanna: Effects of Seed Supply, Soil Disturbance and Fire: Seedling Establishment in Australian

Savanna.” *The Journal of Applied Ecology* 39 (6): 949–59.

Silva, Juan F., and Fernando Castro. 1989. “Fire, Growth and Survivorship in a Neotropical Savanna Grass *Andropogon Semiberbis* in Venezuela.” *Journal of Tropical Ecology* 5 (4): 387–400.

Silva Rocha, Janaine Isabela da, Gustavo Souza Cruz Menezes, Eliana Cazetta, Pavel Dodonov, and Daniela Custódio Talora. 2022. “Seed Rain across Fire-Created Edges in a Neotropical Rainforest.” *Plant Ecology* 223 (3): 247–61.

Sobral-Souza, Thadeu, Matheus S. Lima-Ribeiro, and Vera Nisaka Solferini. 2015. “Biogeography of Neotropical Rainforests: Past Connections between Amazon and Atlantic Forest Detected by Ecological Niche Modeling.” *Evolutionary Ecology* 29 (5): 643–55.

Souza, P. A. D., L. A. P. Nunes, G. L. Peixoto, and S. V. Martins. 2015. “Regrowth in Post-Fire Area in a Fragment of Semideciduous Seasonal Forest in Viçosa-MG.” *Científica* 43 (October):407–12.

Weiher, Evan, and Paul A. Keddy. 1995. “Assembly Rules, Null Models, and Trait Dispersion: New Questions from Old Patterns.” *Oikos* (Copenhagen, Denmark) 74 (1): 159.

Wolf, Kyra D., Philip E. Higuera, Kimberley T. Davis, and Solomon Z. Dobrowski. 2021. “Wildfire Impacts on Forest Microclimate Vary with Biophysical Context.” *Ecosphere* (Washington, D.C) 12 (5). <https://doi.org/10.1002/ecs2.3467>.

Zanzarini, Vagner, Alan N. Andersen, and Alessandra Fidelis. 2022. “Flammability in Tropical Savannas: Variation among Growth Forms and Seasons in Cerrado.” *Biotropica* 54 (4): 979–87.

Zirondi, Heloiza L., Fernando A. O. Silveira, and Alessandra Fidelis. 2019. “Fire Effects on Seed Germination: Heat Shock and Smoke on Permeable vs Impermeable Seed Coats.” *Flora* 253 (April):98–106.

5. Conclusões Gerais

A dispersão de unidades dispersivas é afetada pelo tipo de vegetação, presença ou ausência de distúrbio e tempo. Ambientes savânicos possuem o menor número de unidades dispersivas/m² em relação aos ambientes de transição e ambientes florestais, o que favorece a dispersão de espécies florestais em ambientes savânicos. Isso pode estar associada a estratégia de rebrota que é dominante nos ambientes savânicos. O maior número de unidades dispersivas encontradas são do tipo de dispersão zoocórica, seguidas por anemocóricas e por fim autocóricas. Esses resultados podem estar associados a eficiência de dispersão e composição da vegetação. A dispersão autocórica teve uma resposta positiva em relação às queimadas no ambiente de transição. Após a dispersão de sementes é importante observar a efetividade de deposição de sementes no sistema.

Para o banco de plântulas, este estudo destaca que distúrbios como o fogo nem sempre reduzem o número de plântulas na vegetação de savana aberta. Na verdade, o fogo desempenha um papel crucial na manutenção desses sistemas abertos e aumenta o recrutamento de espécies gramíneas. O crescimento e o acúmulo de biomassa dessas espécies criam um ciclo de feedback positivo que aumenta a eficiência da combustão em incêndios futuros. No entanto, nenhuma diferença significativa na densidade total de plântulas foi encontrada entre áreas queimadas e não queimadas, exceto quando se consideram grupos de monocotiledôneas. Em savanas queimadas, a densidade de plântulas monocotiledôneas foi cerca de duas vezes maior do que em áreas não queimadas, um padrão não observado em outros sistemas. Eventos de queimadas parecem estimular o recrutamento de espécies que se reproduzem via sementes.

Quando se observa a capacidade de recrutamento de uma espécie lenhosa generalista (*V. tucanorum*) observou-se que esta é limitada em sua germinação na vegetação de savana, independentemente do tratamento. Espécies arbóreas generalistas têm alta eficiência de expansão de suas populações ao longo dos gradientes de floresta e transição savana-floresta.

Os eventos de germinação diminuem drasticamente quando essas sementes são dispersas na vegetação de savana. Os fatores que podem estar associados a essa diminuição na germinação e desenvolvimento estão associados à baixa disponibilidade de água no sistema (umidade). Esse resultado é semelhante a outras vegetações, mas a germinação foi maior na transição floresta-savana e na vegetação florestal. Uma vez que a germinação ocorre, o desenvolvimento é limitado e depende da nutrição do armazenamento de cotilédones. Em ambientes queimados, o uso da reserva energética dos cotilédones é mais lento do que em áreas não queimadas, mostrando que o ambiente também seleciona estratégias de uso de recursos em plântulas de *V. tucanorum*.