



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

INFLUÊNCIA DO FOGO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DO CERRADO

LETÍCIA CORRÊA GUEDES

Brasília-DF, 11 de Dezembro de 2023

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

INFLUÊNCIA DO FOGO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DO CERRADO.

LETÍCIA CORRÊA GUEDES

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.

Orientadora: Prof^a Rosana de Carvalho Cristo Martins.

Brasília-DF, 11 de Dezembro de 2023



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Florestal – EFL

INFLUÊNCIA DO FOGO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DO CERRADO.

Estudante: Letícia Corrêa Guedes

Matrícula: 160012104

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Rosana de Carvalho Cristo Martins

Menção: SS

Prof. Dra. Rosana de Carvalho Cristo Martins
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientadora

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Membro

Prof. Dr. Ildeu Soares Martins
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Membro

Brasília-DF, 11 de Dezembro de 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

CORRÊA GUEDES, LETÍCIA
INFLUÊNCIA DO FOGO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DO CERRADO
26 p., 210 x 297mm (EFL/FT/UnB, Engenheira, Engenharia Florestal, 2023).
Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.
Departamento de Engenharia Florestal

1. Fogo no Cerrado	2. Viabilidade das sementes
3. Ecossistema savânico	4. Germinação de sementes
I. EFL/FT/UnB	II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GUEDES, L.C. (2023). **INFLUÊNCIA DO FOGO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DO CERRADO**. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 26 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR(A): Letícia Corrêa Guedes

TÍTULO: *Influência do fogo na germinação de sementes do Cerrado*.

GRAU: Engenharia Florestal ANO: 2023.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Projeto Final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Projeto Final de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho de conclusão de curso primeiramente a Deus por ter me abençoado e me fortalecido todos esses anos de curso para conseguir chegar até aqui.

Dedico também a minha filha, Maria Liz, pois é por ela todos os meus esforços e é por ela que a cada dia procuro ser melhor.

Dedico aos meus pais, Neomar Guedes de Oliveira e Alaides Luiza Corrêa de Oliveira que se esforçaram e batalharam tanto para que pudessem nos proporcionar o acesso ao Ensino superior, sem eles nada disso teria sido possível.

Dedico a minha irmã, Patrícia Corrêa Guedes de Souza, que me ajudou em todos os momentos que precisei durante a graduação. Sem sua ajuda nada disso seria possível.

Dedico aos amigos que fiz durante essa trajetória, e mesmo com os caminhos se desviando para direções diferentes, sempre estarão marcados em meu coração, Ruth, Flávia, Yasmin, Ellen, Lilian entre outros.

Dedico a mim mesma, que por inúmeras vezes duvidei da minha capacidade e não confiei em mim. Finalmente, consegui!

A UnB estará sempre marcada na minha história, pois foi por meio dela que conheci um dos homens mais importantes para mim, Lucas, que hoje além de ser o pai da minha filha, é também meu noivo e companheiro de vida.

“É justo que muito custe o que muito vale”
(Santa Teresa de Jesus)

RESUMO

O Cerrado, um dos principais biomas brasileiros, é frequentemente afetado pelo fogo, seja por ocorrências naturais ou atividades humanas. Nos últimos anos o aumento na ocorrência (frequência, intensidade e abrangência) de incêndios no Cerrado tem afetado a viabilidade e germinação das sementes de espécies nativas deste bioma. No presente estudo, buscou-se analisar a influência do fogo na germinação e viabilidade de sementes de espécies arbóreas do Cerrado a partir de revisão da literatura científica disponível nas plataformas Periódico CAPES, Scielo e Google Acadêmico, incluindo artigos científicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado, publicações completas em canais de congresso, capítulo de livros e trabalhos de conclusão de curso. Com base nos estudos encontrados, observou-se que o fogo pode acarretar benefícios às plantas principalmente na sua reprodução e quebra de dormência, porém, a maior parte dos registros verificados nas publicações científicas, indicam uma redução drástica da viabilidade e a germinação das sementes de árvores nativas do Cerrado. O presente estudo apresenta uma contribuição importante para a compreensão dos efeitos do fogo na germinação e viabilidade de sementes florestais, que poderá ser aplicada como referência para a conservação e recuperação de áreas degradadas com espécies nativas, além de contribuir com plantios florestais com espécies nativas do Cerrado.

Palavras-Chaves: Fogo no cerrado, viabilidade das sementes, ecossistema savânico.

ABSTRACT

The Cerrado, one of Brazil's main biomes, is frequently affected by fire, whether due to natural occurrences or human activities. In recent years, the increase in the occurrence (frequency, intensity and scope) of fires in the Cerrado has affected the viability and germination of seeds of species native to this biome. This study sought to analyze the influence of fire on the germination and viability of seeds of Cerrado tree species by reviewing the scientific literature available on the CAPES, Scielo and Google Scholar platforms, including scientific articles, master's dissertations, doctoral theses, full publications in congress channels, book chapters and course completion papers. Based on the studies found, it was observed that fire can bring benefits to plants, especially in terms of reproduction and breaking dormancy, but most of the records found in scientific publications indicate a drastic reduction in the viability and germination of seeds from native Cerrado trees. This study makes an important contribution to understanding the effects of fire on the germination and viability of forest seeds, which can be applied as a reference for the conservation and recovery of degraded areas with native species, as well as contributing to forest plantations with native Cerrado species.

Keywords: Fire in the cerrado, seed viability, savanna ecosystem.

SUMÁRIO

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	10
3. METODOLOGIA	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	12
4.1 Características do Fogo no Cerrado	12
4.2 Efeitos do Fogo nas Sementes	15
4.2.1 Viabilidade	15
4.2.2 Superação de Dormência	17
4.3 Efeitos Indiretos do Fogo nas Sementes	19
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
6. OPORTUNIDADE DE ESTUDOS FUTUROS	21
7. REFERÊNCIAS:	22

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é um dos seis biomas brasileiros. Além de constituir-se de grande diversidade biológica, possui também grande importância para a manutenção de vários ecossistemas. Noutra giro, destaca-se ainda sua importância em abastecer oito das doze bacias hidrográficas existentes no país, sendo considerado um verdadeiro berço das águas. Além disso, o Cerrado é a segunda maior formação vegetal do Brasil e está localizada na porção central do país, predominantemente no Planalto Central (RIBEIRO; WALTER, 1998).

Com uma extensão que ultrapassa os 2 milhões de quilômetros quadrados, o Cerrado ocupa a posição de segundo maior conjunto de vegetação na América do Sul (NASCIMENTO, 2001). O bioma é considerado um *hotspot* mundial (MYERS *et al.*, 2010), devido a sua alta biodiversidade e endemismo, já que mais de 4 mil espécies são endêmicas, dentre as mais de 12 mil espécies já catalogadas (FORZZA *et al.*, 2012), atrelado ao alto grau de ameaça e degradação, onde cerca de metade de sua cobertura original já foi perdida por conta de ocupação desordenada, expansão urbana e agropecuária, exploração irracional e uso indiscriminado do fogo (SANO *et al.*, 2010).

No contexto histórico do Cerrado, um fator que sempre esteve presente é o fogo (COUTINHO, 1976). A relação do fogo com este bioma é estreita e muitas vezes determinante para a estrutura da vegetação. O fogo pode exercer influência sobre os nutrientes do solo, matéria orgânica, microrganismos, umidade do solo, produção primária, dentre outros (COUTO *et al.*, 2006)

A influência do fogo também é perceptível nos demais ecossistemas savânicos do mundo. Lehmann *et al.* (2014) fizeram uma análise da abundância de árvores em mais de dois mil locais na África, Austrália e América do Sul e notaram características comuns entre as áreas na forma como a umidade e o fogo regulavam a abundância de árvores. Estudos sugerem que a presença do fogo pode influenciar processos fenológicos como: a abertura de frutos deiscentes (CIRNE; MIRANDA, 2008; PALERMO, 2011), produção de flores (FELFILI *et al.*, 1999; BENEZAR; PESSONI, 2006; FRANÇOSO *et al.*, 2014), estimular a deciduidade foliar (FELFILI *et al.*, 1999), afetar a viabilidade de sementes (LANDIM; HAY, 1996; PALERMO, 2011; RIBEIRO *et al.*, 2012), dentre outros processos.

A paisagem do bioma Cerrado é composta principalmente por duas partes diferentes: uma área com árvores e arbustos e outra com plantas herbáceas e subarbustos. Esta segunda parte, que inclui as plantas de menor porte, têm mais que o dobro de espécies em comparação com as

árvores e arbustos encontrados na região (ZAIDAN, 2008). A variedade de funções desempenhadas pelas plantas herbáceas e de pequeno porte parece não ser impactada por incêndios frequentes; entretanto, a ocorrência regular de queimadas reduz a diversidade de funções exercidas pelas espécies arbóreas (SILVA, 2011). A maior parte da variedade evolutiva presente no Cerrado parece ser preservada mesmo quando os incêndios ocorrem anualmente (SILVA, 2011).

Um dos grandes problemas ao associar fogo e Cerrado está na relação da capacidade das sementes suportarem as altas temperaturas e continuarem vivas, após longas queimadas. A tolerância dos propágulos a altas temperaturas é também uma característica importante para garantir o fornecimento de sementes após o fogo (ANDRADE, 2017). Sabe-se que o fogo produz influência na germinação de sementes, porém, ainda há muitas discussões sobre seus benefícios e malefícios (SANTANA *et al.*, 2019). Existem muitas incertezas sobre a influência do fogo na reprodução e germinação das espécies de plantas no Cerrado.

Muitos trabalhos vêm sendo realizados testando grupos específicos de plantas e em ambientes específicos. Todos esses trabalhos são de grande relevância para esclarecer aos poucos as complexas relações que compõem a temática do fogo no Cerrado. Contudo, há uma escassez de trabalhos de revisão bibliográfica que reúnam e consolidem as diferentes literaturas sobre esta temática. Neste sentido, a presente pesquisa buscou sintetizar e facilitar as informações sobre os efeitos do fogo na germinação de algumas sementes florestais do bioma Cerrado, visando contribuir com a disseminação das informações e a identificação de lacunas no conhecimento acerca da influência do fogo na germinação de espécies arbóreas no Cerrado.

2. OBJETIVOS

Buscou-se no presente estudo analisar a influência do fogo na germinação de sementes do Cerrado e apresentar o máximo de informações possível a partir de dados secundários, com o intuito de facilitar a compreensão e a pesquisa sobre o tema e propor mais pesquisas em áreas com deficiência de resultados.

3. METODOLOGIA

Os formatos dos trabalhos utilizados como base desta revisão contemplam artigos científicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado, publicações completas em canais de congresso e capítulo de livros e trabalhos de conclusão de curso, que podem ser encontrados no Periódico CAPES, Scielo e Google Acadêmico, por meio das palavras-chave: “germinação sementes; fogo Cerrado”. Sempre que possível, priorizou-se a utilização de trabalhos publicados nos últimos 10 anos, com exceção daqueles já consagrados e de conceitos históricos.

Os periódicos Capes, Scielo e Google Acadêmico desempenham papéis de grande importância no mundo acadêmico, proporcionando acesso a uma vasta gama de informações científicas, pesquisas e conhecimentos. Cada plataforma tem suas próprias características e funções distintas que beneficiam estudantes, pesquisadores e profissionais das mais diversas áreas do conhecimento.

A Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) é uma fundação do Ministério da Educação no Brasil, responsável por avaliar, fomentar e promover a pós-graduação *stricto sensu* no país. Ela oferece acesso a uma série de periódicos científicos de alta qualidade por meio de seu Portal de Periódicos. Essa plataforma é um recurso valioso para estudantes e pesquisadores, disponibilizando milhares de periódicos, revistas, livros, bases de dados, patentes e outros materiais científicos de várias partes do mundo. As funções principais do Portal Capes incluem acesso a conteúdo de alta qualidade para pesquisa acadêmica, suporte ao ensino superior e à produção científica.

A Scientific Electronic Library Online (Scielo) é uma biblioteca eletrônica online que abrange uma ampla seleção de periódicos científicos de acesso aberto, principalmente de países latino-americanos e do Caribe. Seu objetivo é democratizar o acesso à informação científica, contribuindo para o desenvolvimento e a visibilidade da produção científica dessas regiões. A Scielo disponibiliza artigos, resumos, teses e outros documentos científicos, permitindo que pesquisadores e interessados acessem e utilizem informações relevantes para estudos, pesquisas e trabalhos acadêmicos.

Por sua vez, o Google Acadêmico é uma ferramenta de pesquisa amplamente utilizada por estudantes, pesquisadores e profissionais em todo o mundo. Ele indexa uma grande variedade de fontes acadêmicas, incluindo artigos revisados por pares, teses, livros, resumos e citações de diversas disciplinas e áreas do conhecimento. O Google Acadêmico facilita a busca por trabalhos acadêmicos, permitindo aos usuários encontrar rapidamente informações relevantes,

além de oferecer recursos para acompanhar citações, métricas de impacto e descobrir trabalhos relacionados.

Essas plataformas desempenham funções essenciais ao facilitar o acesso a informações acadêmicas, contribuindo para o avanço da pesquisa, do conhecimento e para o desenvolvimento acadêmico em todo o mundo. Cada uma oferece recursos distintos que complementam e enriquecem o processo de busca e utilização de informações científicas, promovendo a disseminação do conhecimento e impulsionando a produção científica.

No presente estudo utilizou-se também uma revisão narrativa, a qual é uma modalidade de revisão literária onde a busca por estudos não necessariamente abrange todas as fontes de informações disponíveis. A escolha dos estudos e a interpretação das informações podem ser influenciadas pela subjetividade dos autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Características do Fogo no Cerrado

O fogo é um evento natural que tem sido observado no Cerrado por milênios. Ele desempenha múltiplos papéis, por exemplo: como instrumento cultural em cerimônias, recurso social para cozinhar alimentos, fornecer luz e calor em residências, e como um meio de influência política para gerenciar aspectos econômicos e sociais (BERTIER *et al.*, 2020). Durante o curso da história humana, o uso do fogo remonta aos períodos mais remotos (NASCIMENTO, 2001). No Cerrado, a presença deste fenômeno traz diversas modificações na paisagem e na estrutura da vegetação (CIRNE; MIRANDA, 2008; PALERMO, 2011).

No contexto histórico, os incêndios no Cerrado ocorriam com longos intervalos de tempo, devido a praticamente não haver influência humana, sendo a grande maioria dos incêndios de causa natural, resultantes de raios que não são seguidos por chuvas (FRANÇA *et al.*, 2007). Com as crescentes ações antrópicas, as queimadas têm se tornado mais frequentes e mais severas a cada ano. Segundo dados disponíveis no site do Programa Queimadas do INPE, só no ano de 2022 foram detectados quase 57 mil focos de queimadas no bioma Cerrado (INPE, 2023). De fato, nas vastas propriedades rurais do Cerrado, a disposição de grandes áreas de terra destinadas à produção agropecuária contribuiu para o aumento do desmatamento, além de que o uso comum das queimadas, por ser economicamente viável, tornou-se uma prática difundida há muitos anos (NASCIMENTO, 2001).

No Brasil, especialmente no bioma do Cerrado, a abordagem preponderante é a proibição do uso do fogo em Unidades de Conservação (UCs), com a exceção da criação de aceiros negros (SCHMIDT, 2016). No entanto, a proibição absoluta do uso do fogo pode resultar em efeitos adversos em certas situações, devido ao acúmulo de matéria orgânica que se torna um potencial material combustível, podendo desencadear incêndios de grandes proporções; o que consequentemente provoca impactos ambientais mais severos. Nas áreas de vegetação mais densa, como o cerradão e as matas ao longo dos rios, a acumulação de matéria orgânica, que resulta na formação de camadas húmicas e biomassa, pode causar efeitos catastróficos semelhantes aos observados em qualquer floresta (NASCIMENTO, 2001).

O fogo tem sido um elemento coexistente no Cerrado por muitos milênios, e sua exclusão direta não deve ser considerada nas estratégias de gestão dessa paisagem, conforme concluíram Ribeiro e Walter (2010). Portanto, é recomendável evitar a formação de extensas áreas não queimadas por longos períodos, com o uso de queimadas controladas ou a gestão das queimadas naturais, como mencionado por Silva (2011).

O uso do fogo controlado pode ser benéfico para estimular a germinação das sementes encontradas na superfície do solo e na camada de material orgânico em decomposição, semelhante ao processo observado em bracatingais (*Mimosa scabrella*) e outras plantas típicas do Cerrado. Além disso, sob circunstâncias específicas, o fogo tem o potencial de melhorar as características físicas do solo ao queimar os depósitos de matéria orgânica em decomposição, proporcionando uma melhor aeração e aquecimento do solo (SCHUMACHER, 2018). Tradicionalmente, no Brasil, o fogo é empregado para a preparação do solo e para revitalizar pastagens. Infelizmente, frequentemente resulta em incêndios que afetam vastas áreas (NASCIMENTO, 2001).

A ocorrência frequente de incêndios no Cerrado tem o efeito de diminuir a variedade de funções desempenhadas pelas comunidades de árvores no bioma, afetando, assim, algumas das suas funções ecológicas (SILVA, 2011). Durante a estação seca, a vegetação passa por um período de estresse no qual a umidade e a vitalidade da cobertura vegetal diminuem consideravelmente, resultando em um aumento significativo da sua capacidade de pegar fogo (COUTO *et al.*, 2006).

Os incêndios causados de forma natural, como por exemplo, por raios, costumam ser menos severos, já que ocorrem em ambientes com níveis de umidade mais elevados (COUTO *et al.*, 2006). Para estes incêndios a vegetação já possui uma certa adaptabilidade, devido a frequente ocorrência durante milhares de anos. O problema maior está quando esses fenômenos são

causados pelo homem, de forma indiscriminada. A intensidade e o impacto do fogo variam conforme a interação entre diversos fatores, como: a força, o tempo e a quantidade de material inflamável (sejam materiais vivos ou mortos), o método de combustão, a oxidação, o tipo de vegetação, as condições climáticas, a inclinação do terreno, a topografia, a estrutura do solo, seu teor de umidade e matéria orgânica, o período desde o último incêndio e a extensão da área queimada (COUTO *et al.*, 2006).

As queimadas de baixa intensidade possuem baixa velocidade de propagação da frente de fogo (SCHMIDT *et al.*, 2016). À medida que o fogo se propaga, ocorre um significativo aumento nas temperaturas do ar ao redor da área afetada (MIRANDA *et al.*, 2002). Os efeitos das altas temperaturas já foram analisados em alguns estudos que investigaram se este fenômeno, causado pelo fogo, traz impactos negativos ou positivos sobre a germinação das sementes (BOUCHARDET *et al.*, 2015; FICHINO *et al.*, 2012; RAFAEL *et al.*, 2018; SANTANA, 2019).

Segundo Coutinho (1977), o fogo no Cerrado se configura como uma das características primordiais desse bioma. De acordo com seus estudos, identificou-se a presença de adaptações a ocorrência do fogo em algumas espécies do estrato herbáceo-subarbuscivo do Cerrado brasileiro. São elas: *Anemopaegma arvensis*, *Gomphrena macrocephala*, *Jacaranda decurrens*, e *Neutonia nummularia*.

Durante os incêndios que ocorrem no Cerrado, cerca de 94% do material que serve como combustível é composto pela vegetação presente na camada herbácea (MIRANDA *et al.*, 2002), o que permite inferir que as formações campestres e savânicas estão mais vulneráveis à ocorrência de incêndios mais intensos. Levando em conta os tipos de vegetação, aquelas com características florestais são menos propensas a serem afetados por incêndios naturais quando comparados às savanas e áreas de campo, como afirma Ribeiro; Walter (2010) nesse trecho: “Considerando as diferentes formações do bioma, as fitofisionomias florestais estão menos sujeitas aos incêndios naturais do que as savanas e os campos. entre as formações florestais, as Matas de Galeria representam a vegetação menos adaptada ao fogo, seguindo a Mata Ciliar e as Matas Secas e, por fim, o Cerradão. Sendo assim, enquanto a flora das savanas apresenta inúmeras espécies com características morfológicas adaptadas ao fogo (espécies pirofíticas), a flora das florestas é muito menos adaptada” (RIBEIRO; WALTER, 2010, p.69).

Na estação seca, em cenários naturais, devido à acumulação de materiais inflamáveis, os incêndios se alastram de forma mais livre e abrangente pelas savanas e campos, enquanto enfrentam maiores obstáculos ao adentrar as áreas florestais (MIRANDA, 2010). Contudo, é importante que seja levado em consideração a intensidade das mudanças climáticas, que estão

causando aumentos na temperatura e redução na umidade do ar, de modo que está se tornando cada vez mais frequente que os incêndios atinjam inclusive as vegetações florestais.

O fogo pode ocasionar mudanças nas características visíveis na composição e no funcionamento das plantas encontradas no Cerrado (SILVA, 2011). Ao planejar a utilização do fogo para a gestão de áreas de Cerrado, é crucial considerar não apenas a capacidade de resistência dos organismos adultos ao fogo, mas também os efeitos que essa prática pode ter sobre o ciclo reprodutivo desses indivíduos (BOUCHARDET, 2015).

4.2 Efeitos do Fogo nas Sementes

4.2.1 Viabilidade

As queimadas que ocorrem no Cerrado geram diversas alterações no bioma. Essas consequências variam de acordo com as características do incêndio. A temperatura desempenha um papel crucial, influenciando nos índices de germinação, no desenvolvimento vigoroso das plântulas e na viabilidade das sementes (GODOI, 2019). As temperaturas elevadas decorrentes do fogo têm o potencial de acelerar o processo de germinação de certas sementes; porém, também podem resultar na morte delas. Este resultado está relacionado com a capacidade de tolerância das sementes a temperaturas elevadas (OLIVEIRA; BARRETO, 2013).

As diferenças entre a queima em chamas e a queima em brasas são muito importantes para pesquisas que investigam os impactos ecológicos do fogo. A queima em chamas resulta majoritariamente na morte das plantas, ao passo que a queima em brasa danifica as sementes sobre o solo (TORRES, 2020).

Santana et al. (2019) avaliaram a influência do fogo na germinação de três espécies do bioma Cerrado: *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, *enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong e *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. Segundo a pesquisa, o fogo resultou em um alto percentual de deterioração nas sementes avaliadas, o que não apenas impossibilitou sua germinação durante o período de teste, mas também poderia levar a uma significativa degradação do banco de sementes em uma área de Cerrado após o incêndio. Na análise feita foi possível perceber que em todos os testes as temperaturas ultrapassaram os 450°C durante os incêndios. Essa temperatura tem o potencial de iniciar tanto o processo de quebra por água (hidrólise) quanto à decomposição pelo calor (pirólise) das sementes.

A pesquisa revelou que o fogo causou um grau de deterioração de 91,25% pela sua incidência direta nas sementes de *Byrsonima crassifolia*. As sementes de *Anadenanthera peregrina* foram as que apresentaram maior interferência negativa do fogo, por conter baixo teor de água no interior das sementes, o que as tornaram inférteis ou inviáveis (SANTANA *et al.*,2019).Tal resultado coincide com os obtidos por Jacconi (2019), onde as sementes de *Calolisianthus speciosus*, *Dyckia gracilescens* e *Polygala sp.* também apresentaram diminuição na viabilidade a 100°C, em relação ao controle. A espécie *Lessingianthus buddleiifolius* demonstrou diminuição em sua viabilidade com o aumento da temperatura.

Esses resultados não seguiram a mesma linha no estudo realizado por Andrade (2017), já que de acordo com suas análises, as sementes de espécies florestais e de savana resistiram, em sua maioria, ao tratamento de 100°C 1 min, mostrando que elas podem ser tolerantes ao fogo sob essa condição. No entanto, uma observação interessante foi obtida em seus testes, já que na condição mais quente (200°C), a mortalidade das sementes foi negativamente relacionada com a massa de sementes, mostrando que sementes com maior massa apresentaram menor mortalidade, ao passo que as sementes com menor massa apresentaram maior mortalidade. Dessa forma, é possível inferir que não apenas a composição da semente interfere na resistência e capacidade de manter-se viável em condições de incêndios, mas também o tamanho das sementes interfere nessas propriedades.

Esse padrão se repete em sementes de espécies diversas que toleram bem até 100°C por um curto período, mas perdem consideravelmente sua viabilidade quando expostas por mais tempo ou quando expostas a maiores temperaturas, como é relatado neste trecho de Bouchardet (2015):

“A exposição das sementes a altas temperaturas não estimulou a germinação das sementes das espécies estudadas. Ao contrário, a exposição resultou em efeito negativo na germinação das sementes de *D. miscolobium* e de *P. reticulata*. Independentemente do tamanho, sementes de *P. reticulata* não germinaram quando expostas a temperaturas superiores a 100 °C, e somente as sementes grandes de *D. miscolobium* germinaram a 150 °C, porém com redução no número de sementes germinadas. Portanto, a germinação das sementes das duas espécies estudadas pode ser significativamente reduzida após a ocorrência de um incêndio, uma vez que, tanto na superfície do solo quanto na zona de chamas, as temperaturas são superiores às utilizadas neste trabalho (BOUCHARDET, 2015, p.702).”

Assim, o fogo tem a capacidade de afetar a viabilidade das sementes dependendo da intensidade, duração e temperatura a que as sementes são expostas. Em alguns casos, o fogo

pode estimular a germinação de certas sementes por meio de processos como a quebra de dormência, especialmente em espécies adaptadas a esse tipo de estímulo. Entretanto, temperaturas muito altas e exposição por longos períodos podem danificar ou destruir as sementes, reduzindo sua viabilidade e capacidade de germinação.

Palermo (2011) examinou como o fogo afetou a viabilidade das sementes de *Qualea parviflora*. Seu estudo revelou que o fogo teve um impacto negativo na habilidade das sementes de germinarem, independentemente da posição dos frutos na copa da árvore, inclusive nos frutos que não se abriram após a queimada. Os resultados indicam que as sementes que resistiram às altas temperaturas precisam estar localizadas nos frutos acima de 1 metro de altura, já que nenhuma semente coletada abaixo dessa altura foi capaz de germinar. Enquanto para as sementes coletadas acima de 1 metro a taxa de germinação foi em torno de 17%, a taxa de germinação foi de aproximadamente 90% na ausência de incêndios.

4.2.2 Superação de Dormência

A impermeabilidade do tegumento das sementes à água e ao oxigênio é uma forma recorrente de dormência, frequentemente observada em espécies de maior porte, de maneira especial aquelas pertencentes à família Fabaceae. Essa condição de dormência pode ser superada por meio da escarificação, que ocasiona a ruptura e fragilização do revestimento, facilitando a entrada de água e oxigênio; esse evento desencadeia o início do processo de germinação (ZAIDAN, 2008).

Além das dimensões da semente, a característica de ter um tegumento impermeável é crucial para as sementes presentes no banco de sementes do solo, já que essa é uma limitação comum para a capacidade de germinação imediata após um incêndio (SOARES, 2013). Mudanças bruscas nas temperaturas causando choques térmicos têm sido identificadas como um dos principais elementos que contribuem para a quebra da dormência e o aumento da taxa de germinação das sementes em ecossistemas propensos ao fogo em todo o mundo (ANDRADE, 2017).

Zironi (2015) analisou o efeito da temperatura e da fumaça na viabilidade, dormência e germinação de sementes de *Mimosa pteridifolia* Benth. *Harpalyce brasiliiana* Benth, *Tibouchina cardinalis* (Bonpl.) Cogn. e *Comolia sertularia* Triana. Em suas análises foi constatado que as altas temperaturas quebraram a dormência de apenas uma das espécies estudadas de Fabaceae, a *Harpalyce brasiliiana*. A dormência foi quebrada quando as sementes

foram expostas a temperaturas de 60°C e 100°C. As sementes de *Mimosa pteridifolia* apresentaram uma queda na germinação a partir de 100°C. De acordo com os resultados encontrados neste trabalho, todas as espécies estudadas mostraram uma significativa queda na germinação a 200°C.

No estudo realizado por Rafael *et al.* (2018) testou-se a resposta das sementes de *Ormosia arborea* submetidas ao tratamento térmico. As sementes não escarificadas não germinaram durante o tempo avaliado. Contudo, ao combinar o choque térmico com a escarificação química, observou-se que a temperatura de 90°C aumentou significativamente a germinação, em comparação com o grupo de controle. Posteriormente, a combinação do tratamento térmico com a escarificação química resultou em danos nos embriões das sementes expostas a temperaturas iguais ou superiores a 120°C. A aplicação de altas temperaturas, chegando a 150°C, não conseguiu quebrar a dormência física das sementes de *O. arborea*. Entretanto, a combinação entre o tratamento térmico e a escarificação química sugere que o aquecimento pode ter começado a criar pequenas aberturas na casca das sementes, e esse efeito parece ter se intensificado à medida que a temperatura aumentou.

O estudo de Santana *et al.* (2019) avaliou as sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong e constatou que as sementes que não passaram por um processo específico de superação de dormência não obtiveram sucesso na germinação, tampouco nas testemunhas. Dessa forma, os resultados dos testes foram negativos, uma vez que as deteriorações das sementes por altas temperaturas impediram a germinação. Nesta espécie, foi observado um aumento significativo dos danos causados nas sementes submetidas à influência do fogo em comparação com o grupo controle. Um total de 33,7% das sementes tratadas com o fogo apresentou deterioração, enquanto apenas 1,25% das sementes do grupo controle mostraram sinais de deterioração.

Já nas espécies de campo sujo: *Bernardia hirsutissima* (Baill.) Müll.Arg., *Calolisianthus speciosus* (Cham. &Schltdl.) Gilg, *Croton gracilescens* Mil.Arg., *Dyckia brasiliiana* L.B.Sm., *Eriosema congestum* Benth., *Lessingianthus buddleiifolius* (Mart. ex DC.) H.Rob., *Mimosa clausenii* Benth. e *Polygala* sp, analisadas no estudo de Jacconi (2019), todas as espécies, com exceção da *Calolisianthus speciosus*, foram consideradas resistentes à passagem do fogo e exposição a altas temperaturas. A exposição ao choque de temperatura levou à superação da dormência física de pelo menos duas espécies de Fabaceae. O mesmo resultado foi encontrado por Oliveira; Barreto (2013) ao avaliarem sementes de *Dalbergia nigra*, que também apresentou resistência à passagem do fogo e teve sua dormência quebrada

quando exposta a temperaturas de 60°C por 4 minutos; porém, a 100°C nenhuma semente germinou.

A relação entre a duração e a intensidade da exposição das sementes a temperaturas elevadas auxilia na compreensão do nível de resistência das sementes diante de uma potencial exposição ao fogo (OLIVEIRA; BARRETO, 2013). Esses estudos mostram que nem sempre a passagem do fogo será benéfica em relação à quebra de dormência, além de que, dependendo das condições como: tempo de exposição ao calor, temperatura e tamanho das sementes, o fogo pode inclusive diminuir significativamente a viabilidade das sementes, impedindo sua germinação.

4.3 Efeitos Indiretos do Fogo nas Sementes

O fogo não afeta as sementes somente de forma direta, mas também causa modificações de forma indireta, por meio da temperatura no solo, efeito da fumaça, abertura de frutos, dentre outros aspectos. O fogo pode ser essencial para algumas estratégias reprodutivas, como por exemplo, induzir a floração (ZIRONDI, 2019). Além da temperatura, a fumaça e os resíduos gerados pelo fogo também podem contribuir para a germinação de algumas espécies vegetais (NOVAES, 2015).

A presença de fumaça e os materiais resultantes da queima podem igualmente estimular o crescimento de certas plantas ao promover sua germinação. De acordo com Martins (2023), para além das consequências na germinação, a fumaça dos incêndios pode exercer influência também na fase inicial de crescimento das plântulas. No entanto, é importante observar que nem todas as plantas respondem positivamente à exposição à fumaça ou aos resíduos de incêndios. Algumas espécies podem ser prejudicadas ou até mesmo destruídas pelo fogo (SOARES, 2013).

Conforme a pesquisa feita por Martins (2023), a fumaça influenciou na germinação de apenas três das 37 espécies estudadas: *Comanthera Bisulcatae hyptisremota* apresentaram aumento da porcentagem de germinação quando expostas à fumaça, enquanto *Eriope glandulosa* teve a porcentagem de germinação diminuída. Já no estudo de Zironi (2015), a fumaça não estimulou a germinação de nenhuma das espécies por ele estudadas. As plantas analisadas não demonstraram reação ao tratamento com fumaça, não apresentando diferenças estatisticamente significativas entre o grupo controle e o grupo submetido ao tratamento em termos de concentração.

O efeito da fumaça sobre as sementes ainda é um aspecto pouco estudado, além da complexidade da composição química da fumaça, as condições de estresse durante a germinação podem levar a diversas alterações metabólicas, desencadeando a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (BASTOS, 2023). A relação entre o fogo e a germinação de plantas é altamente específica e varia conforme as características individuais de cada espécie. De acordo com Martins (2023), é essencial examinar como os traços funcionais se relacionam com a presença de fumaça para entender melhor como ocorre o processo de regeneração do Cerrado após os incêndios.

Os experimentos realizados por Soares (2013) com duas espécies, *Sesbania virgata* e *Guazuma ulmifolia*, revelaram que o estresse provocado pelos tratamentos de calor e fogo dificultou o crescimento normal de algumas plântulas, o que, quando ocorre na natureza, pode impactar na capacidade de recrutamento e estabelecimento dessas espécies em ambientes pós-incêndio. Este estudo revelou um aumento na ocorrência de plântulas com características anormais devido ao estresse causado pelas altas temperaturas e pelo fogo.

A temperatura do ar também é outro fator capaz de influenciar positivamente ou prejudicar a germinação das sementes. Bouchardet *et al.* (2015) avaliaram a influência do ar quente sobre as sementes de *Dalbergia miscolobium*, *Plathymenia reticulata*, ambas da família Fabaceae. A exposição das sementes ao ar quente resultou em redução significativa na germinação das sementes de *D. miscolobium* e de *P. reticulata*.

Como já destacado anteriormente, o fogo tem o potencial de influenciar processos fenológicos das plantas, como por exemplo, induzindo a abertura de frutos e liberando sementes (CIRNE; MIRANDA, 2008; PALERMO, 2011). De acordo com a pesquisa conduzida por Palermo (2011), antes da queima, cerca de 5% do total inicial de frutos estava aberto; mas essa proporção aumentou para 33% na semana seguinte ao incêndio. Enquanto isso, na área controle, a porcentagem de frutos abertos passou de 6% para 18% durante o mesmo período. Apesar do fogo ter incentivado a abertura dos frutos, algumas sementes foram perdidas devido aos danos causados diretamente aos frutos. Isso ocorreu porque o fogo interrompeu o processo natural de abertura de alguns frutos, impossibilitando a dispersão das sementes (PALERMO, 2011).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fogo é um fenômeno fortemente presente no Cerrado. Ele é um elemento fundamental para o ecossistema deste bioma; entretanto, seus malefícios e benefícios parecem estar diretamente ligados à frequência intensidade e duração em que o mesmo ocorre. Ao se realizar esta breve revisão nesta temática foi possível concluir que a gestão controlada do fogo pode ser vantajosa para as espécies de plantas do Cerrado.

Apesar das incertezas, parece haver uma tendência de que a presença equilibrada do fogo pode acarretar benefícios às plantas em inúmeros aspectos, sobretudo na sua reprodução e melhora na viabilidade de germinação. Em contrapartida, os efeitos sobre as sementes variam de acordo com diversos fatores como severidade, duração e tamanho das sementes. A grande frequência atrelada a alta intensidade e longa duração das queimadas podem trazer prejuízos irreversíveis para as sementes, podendo reduzir drasticamente a viabilidade e/ou qualidade das plântulas. Muitas espécies do Cerrado desenvolveram adaptações que lhes conferem resistência ao fogo, mas, a maior parte dos estudos apontou que o fogo foi prejudicial para as sementes submetidas a temperaturas acima de 100 °C.

6. OPORTUNIDADES DE ESTUDOS FUTUROS

É importante salientar que o tema apresentado nesse estudo é de grande importância para a sociedade e para o meio acadêmico em geral, principalmente considerando as mudanças climáticas e potenciais prejuízos a flora e germinação de sementes do Cerrado. As pesquisas relacionadas ao tema deste trabalho têm avançado. Porém é crucial ressaltar que ainda existe uma quantidade significativa de informações a serem esclarecidas a respeito dos impactos do fogo na germinação das sementes, em especial os efeitos indiretos.

Logo, sugere-se que sejam feitos estudos mais aprofundados com relação aos efeitos do fogo a longo prazo e os efeitos da duração do fogo sob as sementes do Cerrado. Além disso, estudos sobre os efeitos derivados da fumaça, das cinzas e até mesmo sobre a qualidade das plântulas provenientes de sementes germinadas após exposição a altas temperaturas são muito escassos no meio acadêmico, e por este motivo é de grande importância que sejam realizados estudos mais aprofundados neste contexto.

7. REFERÊNCIAS:

ANDRADE, L. F. D. **O papel do fogo na germinação das sementes de leguminosas do Cerrado**. 2017.p.142. Tese (Doutorado)- Programa de pós-graduação em Ciências Biológicas, UNESP, Rio Claro SP, 2017.

BENEZAR, R. M. C. PESSONI, L. A. **Biologia floral e sistema reprodutivo de *Byrsonima Cocolobifolia* (Kunth) em uma savana amazônica**. *Acta Amazônica*. v. 36(2). p. 159-168.2006.

BOUCHARDET, D.A *et al.* **Efeito de altas temperaturas na germinação de sementes de *Plathymeniareticulata*Benth. e *Dalbergiamiscolobium*Benth.** *RevistaÁrvore*, v. 39, p. 697-705, 2015.

CIRNE, P.; MIRANDA, H. S. **Effects of prescribed fires on the survival and release of seeds of *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart. (Clusiaceae) in savannas of Central Brazil**. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. v. 20(3). p. 197 – 204.2008.

COUTINHO, L. M. **Contribuição ao conhecimento do papel ecológico das queimadas na floração de espécies do Cerrado**. Tese de Livre Docência. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.1976.

COUTINHO, L. M. **“Aspectos ecológicos do fogo no Cerrado II - as queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo-subarbustivo/ Ecological aspectsoffire in the Cerrado II - Fireandseeddispersion in some anemochoricspeciesoftheherbaceouslayer.”** *Boletim de Botânica Da Universidade de São Paulo*, vol. 5, 1977, pp. 57–63. *JSTOR*, <http://www.jstor.org/stable/42871365>. Accessed 9 Nov. 2023.

COUTO, E. G. *et al* **Estudo sobre o impacto do fogo na disponibilidade de nutrientes, no banco de sementes e na biota de solos da RPPN SESC Pantanal**. 2ª Ed. Rio de Janeiro. p.56, 2006.

FELFILI, J. M. *et al.* **Estudo fenológico de *Stryphnodendron Adstringens* (Mart.) Coville no Cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil.** Revista Brasileira de Botânica. v. 22(1). p. 85-90.1999.

FIEDLER, N.C.;MERLO, A.M.; MEDEIROS, M.B. **Ocorrência de incêndios florestais no parque da Chapada dos Veadeiros, Goiás.**Ciência Florestal, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 153-161.2006.

FORZZA, R. C. *et al.* **New Brazilian floristic list highlights conservation challenges.** BioScience, v. 62, n. 1, p. 39–45, 2012.

FRANÇA, H.*et al.* **O fogo no Parque Nacional das Emas.** Série Biodiversidade, v. 27. p.140.MMA. 2007.

FRANÇOSO, R. *et al.* **Fenologia e produção de frutos de *Caryocar brasiliense* Cambess. e *Enterolobium gummiferum* (Mart.) J.F. Macbr. em diferentes regimes de queima.** Revista Árvore, Viçosa, MG. v. 38(4). p. 579-590.2014.

INPE, **Focos de Queimadas e Incêndios. Programa Queimadas do INPE.** Disponível em <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/dados-abertos/#da-focos> Acesso em 19 de novembro de 2023.

JACCONI, L. L. **Efeitos do fogo nos atributos de germinação de espécies de campo sujo de cerrado.**2019. Trabalho de Conclusão de Curso – UNESP. Rio Claro, 2019. p.32.

LANDIM, M. F.; HAY, J. D. **Impacto do fogo sobre alguns aspectos da biologia reprodutiva de *Kielmeyera coriacea* Mart.** Revista Brasileira de Botânica. v. 56(1). p. 127-134.1996.

LEHMANN, *et al.* **Savanna Vegetation-Fire-Climate Relationships Differ Among Continents.**Science. v. 343, Ed. 6170. p. 548-552.2014.

MARTINS, Raquel Gasparini. **O efeito da fumaça aerossol na germinação e no desenvolvimento de plântulas de espécies do Cerrado**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Rio Claro, SP. p.60.

Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado**. 2010. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/florestas/control-e-preven%C3%A7%C3%A3o-do-desmatamento/plano-de-a%C3%A7%C3%A3o-para-Cerrado-%E2%80%93-ppCerrado>> Acessado em 9 de novembro de 2023.

MIRANDA, Heloisa S.; BUSTAMANTE, Mercedes MC; MIRANDA, Antonio C. The firefactor. In: **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. Columbia University Press.p. 51-68.2002.

MYERS, N; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. Nature, v. 468, n. 7326, p. 895, 2010.

NASCIMENTO, Itaborai Velasco. **Cerrado: o fogo como agente ecológico**. Territorium, n. 8, p. 25-35, 2001.

OLIVEIRA, Sarah C.C.; BARRETO, Graziella R. **Choque térmico e seu efeito na germinação de sementes de *DalbergiaNigra***. 64º Congresso Nacional de Botânica. 2013. Belo Horizonte.

PALERMO, A. C. **Efeitos do fogo na sobrevivência de sementes e na produção de frutos de *Qualeparviflora* Mart. (Vochysiaceae)**. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. P.65.

RAFAEL, Mateus Willian Medeiros *et al.* **O papel de altas temperaturas na superação de dormência de sementes de *Ormosiaarborea* (Vell.) Harms (Fabaceae)**. Cadernos deAgroecologia, v. 13, n. 2, p. 5-5, 2018.

RIBEIRO, J. F.;WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. In:Cerrado Ambiente e Flora. S. M. Sano; S. P. de Almeida, (editores). EMBRAPA-CPAC. Planaltina, DF. p. 89-168.1998.

RIBEIRO, L. C. Pedrosa, M. BORGHETTI, F. **Heat shock effects on seed germination of five Brazilian savanna species**. Plant Biology. v. 15. p. 152 – 157.2012.

SANO, E. E. *et al.* **Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil**. Environmental Monitoring and Assessment, v. 166, n. 1–4, p. 113–124, 2010.

SANTANA, Thiago Franco *et al.* **Influência do fogo na germinação de três espécies do bioma Cerrado**. Biodiversidade, v. 18, n. 1, 2019.

SCHUMACHER, Mauro Valdir e DICK, Grasielle. **Incêndios Florestais**. 3º ed. rev. Santa Maria, RS: UFSM, CCR, Departamento de Ciências Florestais, 2018. 153.:il.; 30cm.

SOARES, V. C. **O efeito do fogo na germinação de sementes e formação de plântulas de duas espécies pioneiras de floresta ripária**. 2013. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal)-Fundação Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS. P.75.

SOUCHIE, F. F. **Rebrota de indivíduos lenhosos em área de Cerrado sentido restrito como resposta ao fogo**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Publicação PPG/EFL. DM. 250/2015, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 54 p. 2015.

TORRES, F. T. P. *et al.* **Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais**. Viçosa, MG.Os Editores, 2020.

ZIRONDI, H. L. **O fogo quebra a dormência e aumenta a germinação de espécies de cerrado?**. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) UNESP, Rio Claro.p.29. 2015.