

**GABRIEL SCHMIDT TEIXEIRA MOTTA**

**EFEITO DA FUMAÇA E DO ARMAZENAMENTO NA RESPOSTA  
GERMINATIVA DO ESTRATO HERBÁCEO-ARBUSTIVO DO CERRADO**

**ASSIS**

**2021**

**GABRIEL SCHMIDT TEIXEIRA MOTTA**

**EFEITO DA FUMAÇA E DO ARMAZENAMENTO NA RESPOSTA  
GERMINATIVA DO ESTRATO HERBÁCEO-ARBUSTIVO DO CERRADO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Letras de Assis – UNESP – Universidade Estadual Paulista para a obtenção do título de Mestre em Biociências (Área de Conhecimento: Caracterização e Aplicação da Diversidade Biológica).

Orientadora: Profa. Dra. Rosana Marta Kolb

**ASSIS**

**2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Ana Cláudia Inocente Garcia - CRB 8/6887

M921e Motta, Gabriel Schmidt Teixeira  
Efeito da fumaça e do armazenamento na resposta germinativa do estrato herbáceo-arbustivo do cerrado / Gabriel Schmidt Teixeira Motta. Assis, 2021.  
66 f. : il.

Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, Assis  
Orientadora: Profa. Dra. Rosana Marta Kolb

1. Savana. 2. Fogo. 3. Ervas. 4. Germinação de sementes. 5. Dormência em plantas. I. Título.

CDD 577.4



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Assis



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** EFEITO DA FUMAÇA E DO ARMAZENAMENTO NA RESPOSTA GERMINATIVA DO ESTRATO HERBÁCEO-ARBUSTIVO DO CERRADO

**AUTOR:** GABRIEL SCHMIDT TEIXEIRA MOTTA

**ORIENTADORA:** ROSANA MARTA KOLB

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em BIOCÊNCIAS, área: Caracterização e Aplicação da Diversidade Biológica pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ROSANA MARTA KOLB (Participação Virtual)  
Departamento de Ciências Biológicas / UNESP/Assis

Profa. Dra. ALESSANDRA TOMASELLI FIDELIS (Participação Virtual)  
Instituto de Biociências / UNESP/Rio Claro

Profa. Dra. NATASHI APARECIDA LIMA PILON (Participação Virtual)  
Indaiatuba/SP

Assis, 11 de março de 2021

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço à Profa. Dra. Rosana Kolb, por ter me aceito em seu laboratório, pela sua excelente orientação, pela sua paciência e por seus ensinamentos.

Aos amigos e funcionários do LAFEP, pela companhia de laboratório, pela amizade, pela ajuda na estatística, pela ajuda nas triagens e nas coletas de sementes: Daniel, Gisele, Jonathan, Letícia, Luiz, Rafael, Raphael e Pedro.

À Dra. Alessandra Fidelis, à Dra. Natashi A. Pilon e ao Dr. Jonathan W. F. Ribeiro, pelas contribuições, críticas e sugestões durante o Exame de Qualificação e a defesa.

À Dra. Natashi A. Pilon e à Dra. Alessandra Fidelis pela ajuda nas identificações das espécies e envio de sementes.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro, processo nº 2019/09903-0.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES), código de financiamento 001.

À minha família, que também fez parte desse trabalho, em especial minha avó Amélia, meus pais Cibele e Elias e minha namorada Caren.

Muito obrigado!!

MOTTA, Gabriel Schmidt Teixeira. **Efeito da fumaça e do armazenamento na resposta germinativa do estrato herbáceo-arbustivo do Cerrado**. 2021. 66 f. Dissertação (Mestrado em Biociências). – Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Assis, 2021.

## **RESUMO**

O fogo é um importante fator seletivo nas savanas, moldando estratégias evolutivas em plantas que lá ocorrem. Na savana brasileira, o fogo é capaz de estimular a germinação de sementes, através da elevação de temperatura e da fumaça. O armazenamento das sementes também pode produzir um aumento na germinação, devido ao alívio da dormência. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da fumaça na germinação de 45 espécies do estrato herbáceo-arbustivo do Cerrado, além de avaliar o efeito do armazenamento das sementes, bem como o efeito do armazenamento seguido de tratamento com fumaça na germinação de seis espécies das famílias Asteraceae, Cyperaceae e Poaceae. A porcentagem de germinação foi aumentada pela fumaça em 14 espécies avaliadas, contudo, houve redução da germinação em quatro espécies, todas na concentração de fumaça de 5%. O tempo médio de germinação (TMG) foi diminuído pela fumaça em cinco espécies, enquanto em outras duas houve aumento do TMG. O armazenamento aumentou a germinação de quatro espécies avaliadas, além de reduzir o TMG de duas. A combinação do armazenamento com fumaça beneficiou três espécies e reduziu o TMG de duas. Concluímos que a fumaça é capaz de estimular a germinação em um grupo de espécies, assim como o armazenamento, e que quando combinado com a fumaça pode potencializar os resultados de alívio de dormência. Assim, a resposta positiva ou negativa à fumaça na germinação reforça o papel do fogo como um importante fator ecológico para o Cerrado. Assim, o armazenamento de sementes para algumas espécies pode ser um passo importante para aumentar o sucesso germinativo de áreas em processo de restauração por semeadura.

**Palavras-chave:** Savana, Fogo, Ervas, Armazenamento de sementes, Alívio de dormência

MOTTA, Gabriel Schmidt Teixeira. **Effect of smoke and storage on the germinative response of the herbaceous-shrub stratum of the Cerrado.** 2021. 66 f. Dissertation (Master's degree in Biosciences). - Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Assis, 2021.

## **ABSTRACT**

Fire is an important selective factor in savannas, shaping evolutionary strategies in plants that occur there. In the Brazilian savanna, fire can stimulate seed germination, by raising temperature and smoke. Seed storage can also produce an increase in germination, due to dormancy alleviation. This study aimed to evaluate the effect of smoke on the germination of 45 species of the Cerrado herbaceous-shrub stratum, in addition to evaluating the effect of seed storage, as well as the effect of storage followed by smoke treatment on the germination of six species of the Asteraceae, Cyperaceae and Poaceae families. Smoke increased germination in 14 species evaluated; however, there was a reduction in germination in four species, all at a smoke concentration of 5%. In addition, smoke decreased the mean germination time (MGT) in five species, while in two others there was an increase in MGT. The storage increased the germination of four species evaluated, reducing the MGT of two of them. The combination of storage and smoke benefited three species and reduced MGT of two species. We conclude that smoke can stimulate germination in a group of species, as well as storage, and that when combined with smoke it can enhance the results of dormancy alleviation. Thus, the positive or negative response to smoke in germination reinforces the role of fire as an important ecological factor for the Cerrado. In addition, the storage of seeds for some species can be an important step to increase the germination success of areas during the restoration process by sowing.

**Keyword:** Savanna, Fire, Herbs, Seed storage, Dormancy alleviation

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	8
REFERÊNCIAS.....	15
<b>Capítulo 1 - Efeito da fumaça e do armazenamento na germinação de plantas do estrato herbáceo-arbustivo do Cerrado.....</b>	<b>24</b>
1 Introdução.....	26
2 Materiais e Métodos.....	28
3 Resultados.....	31
4 Discussão.....	43
5 Agradecimentos.....	45
6 Referências.....	46
7 Material suplementar.....	52
CONCLUSÃO GERAL.....	64
APÊNDICE.....	65



## INTRODUÇÃO GERAL

### Fitofisionomias campestres e savânicas tropicais

Os biomas tropicais gramíneos ou *Tropical Grassy Biomes* (TGBs) fornecem serviços ecossistêmicos essenciais e influenciam a atmosfera da Terra, sendo caracterizados por vegetação com cobertura de copas inferior a 80%, além de uma cobertura contínua de gramíneas C4 e de espécies intolerantes à sombra, com prevalência de fogo (PARR et al., 2014). Os TGBs são comuns nas regiões dos trópicos, e nos subtropicais úmidos sua vegetação compreende formações campestres, savânicas, e até mesmo formações florestais (SCHOLES & ARCHER, 1997).

As vegetações campestres e savânicas podem ser equivocadamente classificadas como áreas degradadas (PARR et al., 2014); o conceito de “*old growth*” introduzido por VELDMAN et al. (2015) para os TGBs, tem o propósito de destacar a importância ecológica dessas vegetações, e demonstrar que se tratam de vegetações primárias, as quais tiveram sua origem a milhares de anos atrás.

As vegetações campestres podem ser encontradas em ambientes áridos, rochosos ou úmidos e possuem uma camada contínua de gramíneas (GIBSON, 2009; BROWN & MAKINGS, 2014), por outro lado, vegetações savânicas apresentam uma camada de gramíneas C4 com a presença de arbustos, subarbustos e árvores esparsas (PENNINGTON & RATTER, 2006; PENNINGTON et al., 2018), ambas vegetações possuem alta biodiversidade de plantas (VELDMAN et al., 2015).

Incêndios e herbivoria são fatores fundamentais nas vegetações abertas, principalmente em ambientes com altos índices de precipitação e solo fértil, características que seriam suficientes para o desenvolvimento de uma floresta (BOND & KELLEY, 2005). As gramíneas possuem vantagens na resposta ao fogo e herbivoria, pois não possuem caules lenhosos e sistemas complexos de raízes, conseqüentemente são capazes de responder rapidamente a esses distúrbios, e suprimir o recrutamento de mudas de plantas lenhosas, que necessitam de tempo para se desenvolver e são sensíveis ao fogo (BOND, 2008).

A exclusão do fogo ou de herbívoros pode transformar rapidamente as vegetações abertas em florestas, o que está diretamente relacionado com a perda de diversidade de plantas herbáceas (VELDMAN et al., 2015). E o fechamento do dossel é uma barreira para a colonização de gramíneas C4, pois sua fisiologia as impede de dominar ambientes de baixa luminosidade (SAGE, 2004). Por sua vez, isso diminui a inflamabilidade do ambiente, uma vez que as gramíneas são a principal fonte de combustível para o fogo (BECKAGE et al., 2009; LEHMANN et al., 2011).

Espécies vegetais campestres e de savanas possuem estratégias adaptativas para sobreviver e prosperar após queimadas naturais, como por exemplo, presença de órgãos subterrâneos contendo reservas, capacidade de rebrota e reprodução logo após a passagem do fogo (OLIVEIRA & MARQUIS, 2002; PARR et al., 2014; VELDMAN et al., 2014; PILON et al., 2021). Também os frutos de algumas espécies podem ter sua deiscência promovida pelo fogo, propiciando a dispersão das sementes (COUTINHO, 1977); e estas apresentam boa tolerância ao fogo (KEELEY et al., 2005; SCOTT & BECKEN,

2010). Além disso, o choque térmico associado ao tempo de exposição ao calor pode quebrar a dormência de sementes (RIBEIRO et al., 2012), enquanto a fumaça pode ser um estimulante da germinação (MERRIT et al., 2007, THOMPSON & OOI, 2010).

### **O Cerrado: caracterização e ameaças**

Localizado na região Neotropical, o Cerrado é considerado a savana tropical com a maior biodiversidade do mundo, e um *hot spot* mundial (MYERS et al., 2000), sendo formado por um mosaico vegetacional com diversas fitofisionomias (COUTINHO, 2006). Entre elas, há as formações campestres (campo limpo e campo rupestre); no campo limpo as gramíneas predominam e a presença de arbustos é insignificante (COUTINHO, 1990), já o campo rupestre é encontrado em altitudes superiores a 700m, e possui tipos vegetacionais similares ao campo sujo e ao campo limpo, com diferença na composição florística e no substrato rochoso (RIBEIRO & WALTER, 2008). No Cerrado também são encontradas fitofisionomias savânicas, como o campo sujo, que se caracteriza pela presença contínua de gramíneas, com arbustos e subarbustos esparsos, o campo cerrado, caracterizado por uma camada de gramíneas, arbustos e subarbustos mais bem representados, e o cerrado *stricto sensu*, caracterizado pela presença de um estrato herbáceo-arbustivo bem definido, com árvores esparsas, sem formação de dossel (COUTINHO, 1990).

Caracterizado por ter inverno seco e verão chuvoso, com média anual de precipitação de 1.500 mm (EITEN, 1972), estima-se que aproximadamente

60,5% do Cerrado ainda possui cobertura vegetal natural (SANO et al., 2010). Apresenta solos com altos níveis de alumínio e pobre em nutrientes, como o nitrogênio e o enxofre, o que está relacionado com a dinâmica do fogo, já que são elementos voláteis (COLE, 1987; SOLBRIG et al., 1996; RIBEIRO & WALTER, 2008).

No Cerrado, o fogo apresenta uma importante função ecológica e evolutiva, sendo sua vegetação fortemente influenciada por sua presença ou ausência (COUTINHO 1990; FURLEY, 1999; MIRANDA et al., 2009; COSTA, et al., 2017). O fogo pode se iniciar de forma natural, através de raios, porém a ação antrópica tem se tornado a principal responsável pelo regime do fogo (RAMOS-NETO & PIVELLO, 2000; VAN WILGEN et al., 2000). O fogo no Cerrado pode ser caracterizado como sendo de superfície, pois tem um tempo de duração curto, consumindo somente a camada herbácea (MIRANDA et al., 2009). O principal combustível do fogo é proveniente da biomassa seca de gramíneas (NEWBERRY et al., 2020). Quando ocorre de forma natural, as maiores intensidades do fogo ocorrem no início da estação chuvosa, e o mesmo é controlado pelas chuvas subsequentes (RAMOS-NETO & PIVELLO, 2000). A ocorrência do fogo depende da disponibilidade de combustível e fatores climáticos, como baixa umidade do ar e altas temperaturas, que irão influenciar diretamente na velocidade e intensidade do fogo (COUTINHO, 1990; SOLBRIG et al., 1996; SCHMIDT et al., 2016).

Assim como ocorre em diversas savanas, o Cerrado também sofre com alterações no regime de fogo, que podem levar ao adensamento florestal (DURIGAN & RATTER, 2005; PINHEIRO & DURIGAN, 2009), além de sofrer com a invasão de gramíneas exóticas, que alteram a dinâmica do fogo

(PIVELLO et al., 1999), e com a expansão da agricultura (KLINK & MACHADO, 2005). A falta de interesse público na manutenção das savanas dificulta e ameaça a conservação desses ambientes, e isso se deve em parte ao equívoco de considerá-las como ecossistemas de origem antrópica, originados a partir da degradação de florestas tropicais, além da negligência da relevância de espécies não arbóreas. A ausência de manejo do fogo, agricultura e urbanização são fatores responsáveis pelas transformações na estrutura e na composição vegetal das savanas (VAN WILGEN et al., 2000; GIBSON, 2009; PARR et al., 2014; VELDMAN et al., 2014; BUISSON et al., 2019).

### **O papel do fogo e do armazenamento na germinação de espécies savânicas e campestres**

As altas temperaturas associadas ao fogo, quando presentes por um curto período de tempo, podem estimular a germinação (READ et al., 2000; BOND & KEELEY, 2005; CLARKE & FRENCH, 2005). A espécie *Syngonanthus nitens* (capim dourado), erva típica do Cerrado, mostrou-se adaptada ao choque térmico, com suas sementes resistindo a temperaturas de 200°C por um minuto (FICHINO et al., 2012).

No Cerrado, estudos vêm demonstrando que a fumaça também pode ser um dos fatores relacionados ao fogo capaz de beneficiar a germinação de espécies de campo sujo (RAMOS et al., 2019; ZIRONDI et al., 2019<sup>a</sup>) e de campo rupestre (FERNANDES et al., 2021; ZIRONDI et al., 2019<sup>b</sup>). No entanto, alguns estudos mostraram que a fumaça não interfere diretamente na germinação, porém não descartam o efeito benéfico do fogo para essas

fitofisionomias (LE STRADIC et al., 2015; FICHINO et al., 2016; GORGONE-BARBOSA, 2020).

Em outros locais do mundo, espécies de vegetações inflamáveis apresentaram resultados positivos na germinação, como as da bacia do Mediterrâneo, sendo estimuladas por fumaça (MOREIRA et al., 2010) ou seus compostos isolados (ÇATAV et al., 2014). A fumaça também estimulou a germinação de gramíneas na Austrália (CLARKE & FRENCH, 2005), o banco de sementes de espécies dos Fynbos na África do Sul (BROWN, 1993), e de arbustos do Chaparral nos Estados Unidos (KING & MENGES, 2018).

A fumaça possui diversos compostos orgânicos e inorgânicos, que podem estimular a germinação (KEELEY & PAUSAS, 2018), como o dióxido de nitrogênio (KEELEY & FOTHERINGHAM, 1997), as cianoidrinas (FLEMATTI et al., 2011; ÇATAV et al., 2018), e a carriquina (FLEMATTI et al., 2004; KEELEY & PAUSAS 2018; ZHOU et al., 2018), que é um butenolídeo relacionado estruturalmente com reguladores de crescimento vegetal (NELSON et al., 2009).

A carriquina é um dos compostos mais conhecidos da fumaça (FLEMATTI et al., 2004). No entanto, BRADSHAW et al. (2011) sugeriram que a carriquina não está diretamente relacionada com a germinação em ambientes inflamáveis, uma vez que o estímulo na germinação por este composto está presente em diversos clados de eudicotiledôneas e monocotiledôneas, sendo, provavelmente, uma característica que surgiu no início da evolução das Angiospermas. Porém, tal hipótese não impede que haja uma adaptação para espécies de ambiente pós-fogo, pois existem espécies que germinam apenas em resposta a fumaça (KEELEY et al., 2011; LAMONT & HE, 2017). A fumaça

utilizada experimentalmente, pode ser preparada através da queima de biomassa vegetal coletada na área de estudo (JAGER et al., 1996), porém essa fumaça pode ser substituída por fumaça líquida comercial, e apresentar resultados positivos (KEELEY et al., 2005), além de propiciar maior reprodutibilidade a esse tipo de estudo.

A dormência fisiológica não profunda de sementes pode ser aliviada com o armazenamento em algumas famílias, como Asteraceae e Poaceae (BASKIN & BASKIN, 2020); espécies de Cyperaceae também demonstraram melhoras na germinação após armazenamento (LARSON, 1997). A melhora na germinação com períodos de armazenamento pode estar relacionada com diversos fatores, como aumento na produção de etileno (KETRING & PATTE, 1985), ruptura do endosperma (LEUBNER-METZGER, 2003), redução na sensibilidade ao ácido abscísico (RODRÍGUEZ et al., 2018), e até mudanças bioquímicas e biomoleculares (HOLDSWORTH et al., 2008; BAZIN et al., 2011). No entanto, as sementes armazenadas também podem entrar em dormência secundária (CONNER & CONNER, 1988; LI et al., 2006), e dependendo do período de armazenamento pode haver diminuição da viabilidade e morte das sementes (BASKIN & BASKIN, 2020).

Estudos vêm demonstrando o efeito benéfico do armazenamento de sementes para a germinação de espécies de ambientes inflamáveis. O armazenamento foi capaz de aumentar a germinação em espécies herbáceas da Austrália (CLARKE et al., 2000) e em espécies nativas do Cerrado (CARMONA et al., 1998; AIRES et al., 2014; KOLB et al., 2016). Por outro lado, o armazenamento também pode diminuir a germinação e a viabilidade de sementes (DAIREL & FIDELIS, 2020).

O armazenamento pode tornar as sementes mais sensíveis aos compostos presentes na fumaça (BAKER et al., 2005<sup>a</sup>). Sementes de espécies herbáceas que ocorrem em ambientes inflamáveis da Austrália, que foram armazenadas e posteriormente expostas à fumaça, apresentaram resultados germinativos positivos à fumaça (ROCHE, et al., 1997; BAKER et al., 2005<sup>b</sup>; DOWNES et al., 2015).

Com o intuito de contribuir com os estudos que avaliam o efeito do fogo e do armazenamento na germinação de espécies do Cerrado, e dessa forma ajudar na manutenção de ecossistemas inflamáveis, iremos abordar aqui, o efeito da fumaça na germinação de 45 espécies do estrato herbáceo-arbustivo, pertencentes a diferentes famílias, e o efeito do armazenamento em seis espécies pertencentes à Asteraceae, Cyperaceae e Poaceae. Para tal, foram testadas as seguintes hipóteses: (i) a fumaça estimula a germinação, ao menos em parte das espécies de Cerrado, (ii) o armazenamento é benéfico para a germinação, e (iii) a combinação de armazenamento com exposição subsequente à fumaça potencializa o efeito de estímulo à germinação.

## REFERÊNCIAS

AIRES, S. S.; SATO, M. N.; MIRANDA, H. S. **Seed characterization and direct sowing of native grass species as a management tool**. Grass and Forage Science. 69.3: 470-478. 2014.

BAKER, K. S. et al. **Dormancy release in Australian fire ephemeral seeds during burial increases germination response to smoke water or heat**. Seed Science Research. 15.4:339. 2005a.

BAKER, K. S. et al. **The changing window of conditions that promotes germination of two fire ephemerals, *Actinotus leucocephalus* (Apiaceae)**



and *Tersonia cyathiflora* (Gyrostemonaceae). *Annals of Botany*. 96.7: 1225-1236. 2005b.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Breaking seed dormancy during dry storage: a useful tool or major problem for successful restoration via direct seeding?** *Plants*. 9.5: 636. 2020.

BAZIN, J. et al. **Targeted mRNA oxidation regulates sunflower seed dormancy alleviation during dry after-ripening.** *The Plant Cell*. 23. 6: 2196-2208. 2011.

BECKAGE, B. et al. **Vegetation, fire, and feedbacks: a disturbance-mediated model of savannas.** *The American Naturalist*. 174.6: 805-818. 2009.

BOND, W. J. **What limits trees in C4 grasslands and savannas?** *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 39: 641-659. 2008.

BOND, W. J.; KEELEY, J. E. **Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems.** *Trends in Ecology and Evolution*. 20.7: 387-394. 2005.

BRADSHAW, S. D. et al. **Little evidence for fire-adapted plant traits in Mediterranean climate regions.** *Trends in plant Science*. 16.2: 69-76. 2011.

BROWN, D. E; MAKINGS, E. **A guide to North American grasslands.** *Desert Plants*. 29: 1-160. 2014.

BROWN, N. A. C. **Promotion of germination of fynbos seeds by plant-derived smoke.** *New Phytologist*. 123.3: 575-583.1993.

BUISSON, E. et al. **Resilience and restoration of tropical and subtropical grasslands, savannas, and grassy woodlands.** *Biological Reviews*. 94.2: 590-609. 2019.

CARMONA, R. et al. **Fatores que afetam a germinação de sementes de gramíneas nativas do cerrado.** *Revista Brasileira de Sementes*. 20.1:16-22. 1998.

ÇATAV, Ş. S. et al. **Effect of fire-derived chemicals on germination and seedling growth in Mediterranean plant species.** *Basic and Applied Ecology*. 30: 65-75. 2018

ÇATAV, Ş. S. et al. **Smoke-enhanced seed germination in Mediterranean Lamiaceae**. Seed Science Research. 24. 3: 257. 2014.

CLARKE, P. J.; DAVISON, E. A.; FULLOON, L. **Germination and dormancy of grassy woodland and forest species: effects of smoke, heat, darkness and cold**. Australian Journal of Botany. 48.6: 687-699. 2000.

CLARKE, S.; FRENCH, K. **Germination response to heat and smoke of 22 Poaceae species from grassy woodlands**. Australian Journal of Botany. 53.5: 445-454. 2005.

COLE, M. M. **The savannas**. Progress in physical geography. Earth and Environment. 11.3: 334-355. 1987.

CONNER, A. J.; CONNER, L. N. **Germination and dormancy of *Arthropodium cirratum* seeds**. New Zealand Natural Science. 15: 3-10. 1988.

COSTA, M. B.; MENEZES, L. F. T.; NASCIMENTO, M. T. **Post-fire regeneration in seasonally dry tropical forest fragments in southeastern Brazil**. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 89.4: 2687-2695. 2017.

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**. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo. 57-63. 1977.

COUTINHO, L. M. **Fire in the ecology of the Brazilian cerrado**. In: Fire in the tropical biota. Springer, Berlin. 82-105. 1990.

COUTINHO, L. M. **O conceito de bioma**. Acta Botanica Brasílica. 20.1: 13-23. 2006.

DAIREL, M.; FIDELIS, A. **How does fire affect germination of grasses in the Cerrado?** Seed Science Research. 30.4: 275-283. 2020.

DOWNES, K. S. et al. **Fire-related cues and the germination of eight *Conostylis* (Haemodoraceae) taxa, when freshly collected, after burial and after laboratory storage**. Seed Science Research. 25.3: 286–298. 2015.

DURIGAN, G. RATTER, J. A. **The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation.** Journal of Applied Ecology. 53.1: 11-15. 2016.

EITEN, G. **The cerrado vegetation of Brazil.** The Botanical Review. 38.2: 201-341. 1972.

FERNANDES, A. F.; OKI, Y.; FERNANDES, G. W.; MOREIRA, B. **The effect of fire on seed germination of campo rupestre species in the South American Cerrado.** Plant Ecology. 222: 45-55. 2021.

FICHINO, B. S. et al. **Does fire trigger seed germination in the Neotropical Savannas? Experimental tests with six Cerrado species.** Biotropica. 48.2: 181-187. 2016.

FICHINO, B.; FIDELIS, A.; SCHMIDT, I.; PIVELLO, V. **Efeitos de altas temperaturas na germinação de sementes de capim-dourado (*Syngonanthus nitens* (Bong.) Ruhland, Eriocaulaceae): implicações para o manejo.** Acta Botanica Brasilica. 26.2. 508-511. 2012.

FLEMATTI, G. R. et al. **A compound from smoke that promotes seed germination.** Science. 305. 5686: 977-977. 2004.

FLEMATTI, G. R. et al. **Burning vegetation produces cyanohydrins that liberate cyanide and stimulate seed germination.** Nature Communications. 2.1: 1-6. 2011.

FURLEY, P. A. **The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados.** Global Ecology and Biogeography. 8.3-4: 223-241. 1999.

GIBSON, D. J. **Grasses and grassland ecology.** New York: Oxford University Press. 21-81. 2009.

GORGONE-BARBOSA, E. et al. **Fire cues and germination of invasive and native grasses in the Cerrado.** Acta Botanica Brasilica. 34.1: 185-191. 2020.

HOLDSWORTH, M.J.; BENTSINK, L.; SOPPE, W. J. **Molecular networks regulating Arabidopsis seed maturation, after-ripening, dormancy and germination.** New Phytologist. 179.1: 33-54. 2008.

JAGER, A. K.; LIGHT, M. E.; VAN STADEN, J. **Effects of source of plant material and temperature on the production of smoke extracts that promote germination of light-sensitive lettuce seeds.** *Environmental and Experimental Botany*. 36.4: 421-429. 1996.

KEELEY, J. E. et al. **Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits.** *Trends in Plant Science*. 16. 8: 406-411. 2011.

KEELEY, J. E. et al. **Seed germination of Sierra Nevada postfire chaparral species.** *Madrono*. 52.3: 175-181. 2005.

KEELEY, J. E.; FOTHERINGHAM, C. J. **Trace gas emissions and smoke-induced seed germination.** *Science*. 276.5316: 1248-1250. 1997.

KEELEY, J. E.; PAUSAS, J. G. **Evolution of 'smoke' induced seed germination in pyroendemic plants.** *South African Journal of Botany*. 115: 251-255. 2018.

KETRING, D. L.; PATTEE, H. E. **Ethylene and lipoxygenase in relation to afterripening of dormant NC-13 peanut seeds.** *Peanut Science*. 12.1: 45-49. 1985.

KING, R. A.; MENGES, E. S. **Effects of heat and smoke on the germination of six Florida scrub species.** *South African Journal of Botany*. 115: 223-230. 2018.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **A conservação do Cerrado brasileiro.** *Megadiversidade*. 1.1: 147-155. 2005.

KOLB, R. M. et al. **Factors influencing seed germination in Cerrado grasses.** *Acta Botanica Brasilica*. 30.1: 87-92. 2016.

LARSON, J. L. **Factors influencing germination of six wetland Cyperaceae.** *Field Station Bulletin*. 30.1: 1-9. 1997.

LAMONT, B. B.; HE, T. **Fire-proneness as a prerequisite for the evolution of fire-adapted traits.** *Trends in Plant Science*. 22.4: 278-288. 2017.

LE STRADIC, S. et al. **Diversity of germination strategies and seed dormancy in herbaceous species of campo rupestre grasslands.** *Austral Ecology*. 40.5: 537-546. 2015

LEHMANN, C. E. R. et al. **Deciphering the distribution of the savanna biome**. *New Phytologist*. 191.1: 197-209. 2011.

LEUBNER-METZGER, G. **Seed after-ripening and over-expression of class I  $\beta$ -1, 3-glucanase confer maternal effects on tobacco testa rupture and dormancy release**. *Planta*. 215.6: 959-968. 2002.

LI, X. H. et al. **Seed germination characteristics of annual species in temperate semi-arid region**. *Acta Ecologica Sinica*. 26.4: 1194-1199. 2006.

MERRITT, D. J. et al. **Seed dormancy and germination stimulation syndromes for Australian temperate species**. *Australian Journal of Botany*. 55.3: 336-344. 2007.

MIRANDA, H.S. et al. **Fires in the Cerrado, the Brazilian savanna**. In: COCHRANE, M.A. **Tropical fire ecology: climate change, land use and ecosystem dynamics**. New York: Springer-Praxis. 427-450. 2009.

MOREIRA, B. et al. **Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterranean Basin flora**. *Annals of Botany*. 105.4: 627-635. 2010.

MYERS, N. et al. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. *Nature*. 403.6772: 853-858. 2000.

NELSON, D, C. et al. **Karrikins discovered in smoke trigger *Arabidopsis* seed germination by a mechanism requiring gibberellic acid synthesis and light**. *Plant Physiology*. 149.2: 863-873, 2009.

NEWBERRY, B. M. et al. **Flammability thresholds or flammability gradients? Determinants of fire across savanna–forest transitions**. *New Phytologist*. 228: 910-921. 2020.

OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna**. New York: Columbia University Press. 52-70. 2002.

PARR, C. L. et al. **Tropical grassy biomes: misunderstood, neglected, and under threat**. *Trends in Ecology & Evolution*. 29.4: 205-213. 2014.

PILON, N. A. L. et al. **The diversity of post-fire regeneration strategies in the cerrado ground layer.** *Journal of Ecology*. 109.1: 154-166. 2021.

PINHEIRO, E. S.; DURIGAN, G. **Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil.** *Brazilian Journal of Botany*. 32.3: 441-454. 2009.

PIVELLO, V. R. et al. **Abundance and distribution of native and alien grasses in a “Cerrado” (Brazilian Savanna) Biological Reserve 1.** *Biotropica*. 31.1: 71-82. 1999.

PENNINGTON, R. T.; RATTER, J. A. **Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation.** New York: CRC press. 25-78. 2006.

PENNINGTON, R. T.; LEHMANN, C. E.; ROWLAND, L. M. **Tropical savannas and dry forests.** *Current Biology*. 28.9: 541-545. 2018.

RAMOS, D. M. et al. **Fire cues trigger germination and stimulate seedling growth of grass species from Brazilian savannas.** *American Journal of Botany*. 106.9: 1190-1201. 2019.

RAMOS-NETO, M, B.; PIVELLO, V, R. **Lightning fires in a Brazilian savanna National Park: rethinking management strategies.** *Environmental Management*. 26.6: 675-684. 2000.

READ, T. R. et al. **Smoke and heat effects on soil seed bank germination for the re-establishment of a native forest community in New South Wales.** *Austral Ecology*. 25.1: 48-57. 2000.

RIBEIRO J. F.; WALTER B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO S. M.; ALMEIDA S. P.; RIBEIRO J. F. **Cerrado: ecologia e flora.** Brasília: Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica. 151-199. 2008.

RIBEIRO, M. N. et al. **Fogo e dinâmica da comunidade lenhosa em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, Mato Grosso.** *Acta Botanica Brasilica*. 26.1: 203-217.2012.

ROCHE, S.; DIXON, K. W.; PATE, J. S. **Seed ageing and smoke: partner cues in the amelioration of seed dormancy in selected Australian native species**. Australian Journal of Botany. 45.5: 783-815. 1997.

RODRÍGUEZ, M. V. et al. **Effect of storage temperature on dormancy release of sunflower (*Helianthus annuus*) achenes**. Seed Science Research. 28.2: 101. 2018.

SAGE, R. F. **The evolution of C4 photosynthesis**. New Phytologist. 161.2; 341-370. 2004.

SANO, E. E. et al. **Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil**. Environmental Monitoring and Assessment. 166.1: 113-124. 2010.

SCHMIDT, I. B. et al. **Implementação do programa piloto de manejo integrado do fogo em três unidades de conservação do Cerrado**. Biodiversidade Brasileira-BioBrasil. 2:55-70. 2016.

SCHOLES, R. J.; ARCHER, S. R. **Tree-grass interactions in savannas**. Annual Review of Ecology and Systematics. 28.1: 517-544. 1997.

SCOTT, D.; BECKEN, S. **Adapting to climate change and climate policy: Progress, problems and potentials**. Journal of Sustainable Tourism. 18.3: 283-295. 2010.

SOLBRIG, O. J.; MEDINA, E.; SILVA, J. F. Determinants of tropical savannas. In: SOLBRIG, O. J.; MEDINA, E.; SILVA, J. F. **Biodiversity and Savanna Ecosystems Processes**. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag. 31-41. 1996.

THOMPSON, K.; OOI, M. K. J. **To germinate or not to germinate: more than just a question of dormancy**. Seed Science Research. 20.4: 209-211. 2010.

VAN WILGEN, B. W. et al. **A fire history of the savanna ecosystems in the Kruger National Park, South Africa, between 1941 and 1996**. South African Journal of Science. 96.4: 167-178. 2000.

VELDMAN, J. W. et al. **Fire frequency, agricultural history and the multivariate control of pine savanna understory plant diversity**. Journal of Vegetation Science. 25.6: 1438-1449. 2014.

VELDMAN, J. W. et al. **Toward an old-growth concept for grasslands, savannas, and woodlands.** *Frontiers in Ecology and the Environment*. 13.3: 154-162. 2015.

ZHOU, J. et al. **Effects of smoke-water and smoke-isolated karrikinolide on tanshinones production in *Salvia miltiorrhiza* hairy roots.** *South African Journal of Botany*. 119: 265-270. 2018

ZIRONDI, H. L. et al. **Heat and smoke affect the germination of flammable resprouters: *Vellozia* species in the Cerrado.** *Folia Geobotanica*. 54.1: 65-72. 2019<sup>b</sup>.

ZIRONDI, H. L.; SILVEIRA, F. A.; FIDELIS, A. **Fire effects on seed germination: Heat shock and smoke on permeable vs impermeable seed coats.** *Flora*. 253: 98-106. 2019<sup>a</sup>.



## CAPÍTULO 1

**Efeito da fumaça e do armazenamento na germinação de plantas do estrato  
herbáceo-arbustivo do Cerrado\***

Gabriel Schmidt Teixeira Motta<sup>1</sup>; Rosana Marta Kolb<sup>1</sup>

1. Programa de Pós-Graduação em Biociências, Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciência e Letras de Assis, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Av. Dom Antônio, 2100, 19806-900, Assis, São Paulo, Brasil.

\* Artigo elaborado segundo as normas da revista Flora

**Resumo**

O Cerrado é adaptado ao fogo e possui estações seca e chuvosa bem definidas; assim, plantas podem apresentar sementes com dormência, propiciando sua germinação em épocas favoráveis. Neste sentido, o armazenamento de suas sementes pode ser benéfico, para promover alívio da dormência. Além disso, a fumaça oriunda do fogo possui compostos capazes de estimular a germinação. Sendo assim, avaliamos o efeito da fumaça na germinação de 45 espécies do estrato herbáceo-arbustivo de formações campestres e savânicas do Cerrado, bem como o efeito do armazenamento e do armazenamento seguido de exposição à fumaça na germinação de seis espécies das famílias Asteraceae, Cyperaceae e Poaceae. A fumaça aumentou a germinação em 14 espécies, enquanto o tempo médio de germinação (TMG) foi reduzido em cinco espécies. O armazenamento estimulou a germinação de quatro espécies, e quando combinado com fumaça, a germinação foi potencializada em três espécies, sendo que duas apresentaram redução do TMG em ambas as situações. Nós concluímos que a fumaça é capaz de estimular a germinação de parte das espécies, que o armazenamento pode melhorar a germinação, e que quando combinado com fumaça pode ter maior efeito estimulante. Assim, a fumaça é um fator ecológico importante em ecossistemas campestres e savânicos do Cerrado, podendo auxiliar no manejo e restauração de ambientes inflamáveis, além disso, o processo de restauração por semeadura pode ter maior sucesso com sementes armazenadas e tratadas com fumaça.

**Palavras-chave:** Savana, Fogo, Ervas, Armazenamento de sementes, Alívio de dormência

## 1 Introdução

O Cerrado (savana brasileira) é um ambiente inflamável, onde o fogo apresenta importante papel ecológico e evolutivo (Miranda et al., 2009; Simon et al., 2009; Parr et al., 2014; Costa et al., 2017). O fogo por meio da temperatura é capaz de quebrar a dormência física de sementes, devido à ruptura do tegumento (Baskin et al., 2000; Moreira et al., 2010), e estimular a germinação através da fumaça (Merrit et al., 2007; Thompsom & Ooi, 2010). Diferentes estratégias germinativas pós-fogo podem ser observadas no Cerrado, como a resistência de sementes a altas temperaturas (Fichino et al., 2016), germinação estimulada por fumaça (Zirondi et al., 2019<sup>a</sup>), e quebra de dormência física e estímulo da germinação como resposta ao choque térmico seguido de exposição à fumaça (Zirondi et al., 2019<sup>b</sup>). A fumaça possui muitos compostos químicos, dentre eles, a carriquina é um dos mais estudados, sendo um dos responsáveis pelo estímulo da germinação em sementes (Flematti et al., 2011; Zhou et al., 2018; Keeley & Pausas, 2018).

Ao redor do mundo, ambientes inflamáveis podem apresentar espécies vegetais nas quais a fumaça apresenta influência positiva na germinação, como já relatado para espécies da bacia do Mediterrâneo (Moreira et al., 2010; Çatav et al., 2014), para diversos ambientes na Austrália (Dixon et al., 1995; Tieu, 2001; Clarke & French, 2005), para espécies do Chaparral na Flórida (King & Menges, 2018), e nos Fynbos na África do Sul (Brown, 1993). A maior parte dos estudos relacionados ao efeito da fumaça na germinação no Cerrado avaliou espécies do campo rupestre (Zirondi et al., 2019<sup>a</sup>; Fernandes et al., 2021) e espécies do campo sujo (Ramos et al., 2019; Zirondi et al., 2019<sup>b</sup>), onde a fumaça se mostrou benéfica para a germinação. No entanto, outros estudos mostraram um efeito neutro da fumaça sobre a germinação, mas não descartaram o efeito benéfico do fogo para esses ambientes (Le Stradic et al., 2015; Fichino et al., 2016; Gorgone-Barbosa et al., 2020).

Além de ser reconhecido pela ocorrência natural de fogo, o Cerrado caracteriza-se por apresentar estações secas e chuvosas bem definidas. Em ambientes sazonais, a dormência de sementes representa uma estratégia evolutiva, permitindo que a germinação ocorra em condições favoráveis (Baskin & Baskin, 2014), no entanto, para a comunidade do campo rupestre a sazonalidade não está relacionada com a dormência (Dayrell et al., 2017). O armazenamento das sementes é um fator que contribui para aliviar a dormência fisiológica não profunda, pois durante o período de armazenamento pode ocorrer à maturação das sementes (Larson, 1997; Baskin & Baskin, 2020). Já em sementes com dormência física aliviada, a combinação de armazenamento com fumaça pode estimular a germinação, como demonstrado para espécies herbáceas australianas que ocorrem em ambientes inflamáveis (Roche et al., 1997; Baker et al., 2005; Downes et al., 2015). No Cerrado, sabe-se pouco sobre o efeito do armazenamento na germinação de espécies, principalmente as do estrato herbáceo-arbustivo. Algumas apresentam aumento na germinação, no entanto, outras espécies apresentam declínio (Carmona et al., 1998; Kolb et al., 2016; Dairel & Fidelis, 2020), o que pode ser um fator limitante para a regeneração por meio do banco de sementes (Dairel & Fidelis, 2020).

O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da fumaça na germinação de 45 espécies do estrato herbáceo-arbustivo do Cerrado, pertencentes a diferentes famílias, bem como o efeito do armazenamento, e do armazenamento seguido de fumaça em seis espécies pertencentes à Asteraceae, Cyperaceae e Poaceae. Nossas hipóteses são que a fumaça estimula a germinação, ao menos em parte das espécies de Cerrado, assim como o armazenamento; e que a combinação do armazenamento das sementes seguido de tratamento com fumaça potencializará os efeitos benéficos para a germinação.

## 2 Materiais e Métodos

### 2.1 Coleta de diásporos (doravante chamados de sementes)

Foram coletadas sementes de 45 espécies pertencentes a 12 famílias; sendo as espécies típicas de formações campestres e savânicas do domínio Cerrado (Tabela S1). As coletas foram realizadas na Estação Ecológica de Santa Bárbara (22°46'- 33'S, 49°10'- 27'W), Estação Ecológica de Assis (22°33'- 20'S, 50°24'- 48'W), Estação Ecológica de Itirapina (22°11'- 22°15'S, 47°51'- 48°00'W) e Reserva Natural Serra do Tombador (13°35'- 38'S, 47°45'- 51'W). Foram coletadas sementes em áreas de campo úmido, vegetação campestre que ocorre em solo alagado, devido ao afloramento do lençol freático (Coutinho, 2006), em campo sujo, composto por vegetação herbácea contínua com presença esparsa de arbustos e subarbustos, e em cerrado *stricto sensu*, o qual possui estrato herbáceo contínuo com a presença de arbustos, subarbustos e árvores esparsas (Ribeiro et al., 2012). As sementes foram coletadas de no mínimo 10 indivíduos, e armazenadas em envelopes de papel pardo em temperatura ambiente, variando entre 20 e 30°C.

### 2.2 Métodos

As sementes foram triadas em laboratório, e somente as cheias foram utilizadas para os experimentos. Contudo, sementes muito pequenas ou com embrião frágil foram triadas apenas para remoção de sementes mal formadas ou com sinais de predação. Após o término dos experimentos, com a dissecação dessas sementes, observou-se que algumas estavam vazias e, portanto, não apresentavam embrião; estas foram excluídas dos cálculos de germinação, resultando no decréscimo do número de sementes em alguns tratamentos.

Sementes não escarificadas foram colocadas em placas de Petri (com 9 cm de diâmetro) ou caixas tipo gerbox (10x10 cm) forradas com papel filtro, contendo as

soluções de fumaça ou água destilada. Estas foram incubadas durante 24 horas, em câmaras de germinação, com temperatura contínua de 27°C, e no escuro (lâmpadas desligadas e recipientes envoltos em dois sacos pretos para evitar exposição acidental à luz). Após as 24 horas, o papel filtro dos tratamentos contendo soluções de fumaça era trocado e adicionado água destilada; a partir de então os germinadores foram ajustados para fotoperíodo de 12 horas, com manutenção de temperatura constante de 27°C (Le Stradic et al., 2015; Fichino et al., 2016).

Os experimentos foram monitorados diariamente durante 30 dias ou até a estabilização do processo germinativo (quando não houve germinação por 10 dias consecutivos). Para cada dia de observação as sementes foram contadas, e as germinadas foram retiradas; foi considerada germinada a semente com protrusão radicular e/ou dos cotilédones.

### **2.2.1 Experimento com fumaça**

Foram utilizadas duas concentrações de fumaça líquida (2,5 e 5%), obtidas a partir de diluições em água destilada da fumaça comercial aquosa, marca Regen 2000® (Grayson, Austrália). Para cada espécie foram utilizadas quatro réplicas por tratamento, exceto *Mandevilla pohliana* em que foram utilizadas três réplicas para o tratamento controle e quatro réplicas para fumaça 2,5%. Sempre que havia número suficiente de sementes, as réplicas continham 25 sementes (o número exato de sementes utilizado por réplica em cada espécie pode ser consultado na Tabela S1). Foram realizados três tratamentos: Controle (com água destilada), Fumaça 2,5% e Fumaça 5%. Para sementes pequenas foram utilizados 3 mL de água destilada ou solução de fumaça aquosa por réplica, enquanto para sementes maiores foram utilizados 5 mL por réplica.

### **2.2.2 Experimento com armazenamento e armazenamento seguido de fumaça**

Os experimentos para avaliar o efeito do armazenamento e armazenamento seguido de fumaça foram realizados para espécies que apresentavam quantidade suficiente de sementes, com 2 a 2,5 meses de tempo de guarda pós-coleta, sendo elas: *Lepidaploa chamissonis* (Asteraceae), *Rhynchospora albiceps*, *R. albobracteata*, *Rhynchospora exaltata* (todas Cyperaceae), *Ctenium polystachyum* e *Schizachyrium microstachyum* (ambas Poaceae). As sementes permaneceram armazenadas por mais 3,5 a 4 meses (6 meses ao todo), em envelope de papel sem a presença de luz. Para a primeira espécie foram montadas três réplicas com 15 sementes cada, enquanto que para as outras cinco foram quatro réplicas com 25 sementes. Para avaliar o efeito do armazenamento, as réplicas receberam água destilada, e para avaliar o efeito da fumaça pós-armazenamento, as réplicas receberam fumaça aquosa (2,5 ou 5%), seguindo o mesmo procedimento citado anteriormente.

### **2.2.3 Viabilidade e dormência das sementes**

Após 30 dias ou estabilização do processo germinativo, realizou-se o teste de viabilidade com tetrazólio. Este foi realizado para as sementes que não germinaram na presença de água destilada (tratamento controle), sendo utilizada solução de 1% de cloreto de 2,3,5-trifenil-2H-tetrazólio. Para o teste, as sementes foram incubadas no escuro a 27°C por 72 horas. Após este período, as sementes foram dissecadas com auxílio de um bisturi e um estereomicroscópio, e classificadas em viáveis (quando o seu embrião corou em rosa) ou não germináveis (quando o embrião não se corou). As sementes cujos embriões foram contaminados por fungo foram contabilizadas como fungadas (Tabela 1).

Com base nas sementes do tratamento controle, consideramos sementes com dormência (D) aquelas onde menos de 30% das sementes viáveis germinaram em 4 semanas. Foram consideradas não dormentes (N.D) aquelas que germinaram mais de

70% das sementes viáveis em quatro semanas (Dayrell et al., 2017). A classificação de D e N.D foi considerada inconclusiva para as espécies que apresentaram viabilidade de suas sementes inferior a 10% (Dayrell et al., 2017) ou para aquelas que apresentaram germinação de sementes viáveis entre 30 e 70%.

### **2.3 Análise dos dados**

Para avaliar o efeito das variáveis foram utilizados Modelos Lineares Generalizados (GLM). Para comparar a porcentagem de germinação foi utilizada estrutura do erro binomial e função de ligação logit, para o TMG foi utilizada estrutura do erro gama e função logit inversa, seguidos de teste *post hoc* (teste de Tukey). Os tratamentos foram utilizados como fator aleatório, e as espécies como fator fixo.

Para TMG os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias foram checados através dos testes Shapiro-Wilk e Bartlett. Para 7 espécies os pressupostos não foram atendidos, e os dados foram transformados em Log, para essas espécies o GLM foi realizado utilizando família Gaussian, as espécies com dados transformados e o valor de  $p$  pode ser consultado nas Tabelas S2e S3. Os testes foram feitos através do software R versão 3.6.3 usando pacote lme4, cada teste foi realizado separado por espécie (R Core Team, 2020; Bates et al., 2015).

## **3 Resultados**

### **3.1 Germinação na ausência de fumaça e viabilidade de sementes**

Considerando a germinação das sementes sem o efeito do armazenamento, 15 espécies apresentaram germinação maior do que 51%, 15 apresentaram germinação entre 16 e 42%, e 15 delas germinação abaixo de 10% (Tabela 1). Dentre as espécies com germinação abaixo de 10%, cinco apresentaram proporção significativa (de 42 a 96%) de sementes com embriões viáveis que não germinaram na presença de água,



sendo todas da família Cyperaceae (Tabela 1). Quatro espécies dessa família apresentaram alta proporção de sementes com embriões inviáveis (55 a 95%), juntamente com outras sete espécies de diferentes famílias, sendo quatro de Poaceae (50 a pouco mais de 92% de sementes com embriões inviáveis).

Tabela 1 – Proporção de sementes germinadas e não germinadas (classificadas em sementes com embriões viáveis, embriões inviáveis e sementes fungadas) de espécies herbáceo-arbustivas de diferentes tipos vegetacionais de Cerrado no tratamento controle (ausência de fumaça). C.Ú: campo úmido; C.S: campo sujo e S: savana. Embriões viáveis: que coraram com tetrazólio; Embriões inviáveis: que não coraram com o tetrazólio. N.D: espécies consideradas não dormentes; D: espécies consideradas dormentes; I: espécies consideradas inconclusivas quanto à dormência.

Espécie	Tipo de vegetação	Dormência	Germinadas (%)	Sementes não germinadas		
				Embriões viáveis (%)	Embriões inviáveis (%)	Fungadas (%)
<b>APOCYNACEAE</b>						
<i>Mandevilla pohliana</i>	S	N.D	96,7	0	0	3,3
<b>ASTERACEAE</b>						
<i>Aldama grandiflora</i>	S	N.D	59	0	0	41
<i>Calea triantha</i>	S	I	19,3	12,9	25,8	42
<i>Chromolaena laevigata</i>	S	I	6,5	8,6	83,9	1
<i>Chromolaena maximilianii</i>	S	N.D	100	0	0	0
<i>Chromolaena squalida</i>	S	N.D	25	4,6	50	20,4
<i>Chrysolaena obovata</i>	S	I	17,1	13,7	63,2	6
<i>Elephantopus biflorus</i>	S	N.D	100	0	0	0
<i>Eremanthus</i> sp	S	I	16	9	0	75
<i>Lepidaploa chamissonis</i>	S	N.D	55	3,3	30	11,7
<b><i>L. chamissonis</i> (6 meses)</b>	<b>S</b>	<b>-</b>	<b>66</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>32</b>
<i>Lessingianthus grandiflorus</i>	S	I	34	24	42	0
<i>Pterocaulon angustifolium</i>	S	N.D	79,9	0,8	7,9	11,4
<i>Pterocaulon rugosum</i>	S	N.D	88,7	0	7,2	4,1
<b>CYPERACEAE</b>						
<i>Bulbostylis fimbriata</i>	S	D	1	12	60	27
<i>Bulbostylis junciformis</i>	S	D	0	14	85	1

## Sementes não germinadas

Espécie	Tipo de vegetação	Dormência	Germinadas (%)	Embriões viáveis (%)	Embriões inviáveis (%)	Fungadas (%)
<i>Cyperus odoratus</i>	C.Ú	D	0	96	4	0
<i>Fimbristylis dichotoma</i>	S	D	0	68,6	29,3	2,1
<i>Lagenocarpus rigius</i>	C.Ú	D	2,0	42,3	55,7	0
<i>Rhynchospora albiceps</i>	C.Ú	D	7,3	88,6	4,1	0
<b><i>R. albiceps</i> (6 meses)</b>	<b>C.Ú</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>57,6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<i>Rhynchospora albobracteata</i>	S	D	2	92	6	0
<b><i>R. albobracteata</i> (6 meses)</b>	<b>S</b>	<b>-</b>	<b>27,5</b>	<b>48</b>	<b>18,6</b>	<b>5,9</b>
<i>Rhynchospora exaltata</i>	S	I	3	2	95	0
<b><i>R. exaltata</i> (6 meses)</b>	<b>S</b>	<b>-</b>	<b>9,1</b>	<b>50,5</b>	<b>40,4</b>	<b>0</b>
<b>GENTIANACEAE</b>						
<i>Chelonanthus alatus</i>	C.Ú	I	5,0	1,0	81,9	12,1
<b>FABACEAE</b>						
<i>Bauhinia dumosa</i>	C.S	N.D	87,8	4,8	0	7,4
<i>Stylosanthes gracilis</i>	C.Ú	D	3	9,9	57,4	29,7
<b>ERIOCAULACEAE</b>						
<i>Syngonanthus helminthorrhizus</i>	C.Ú	N.D	73	0	27	0
<b>LAMIACEAE</b>						
<i>Gymnea interrupta</i>	S	N.D	42,2	1,4	2,9	53,5
<i>Hyptis campestris</i>	S	N.D	25,2	4,1	9,1	61,6
<b>MALPIGHIACEAE</b>						
<i>Banisteriopsis campestris</i>	S	I	21,4	41,8	36,8	0
<b>MELASTOMATACEAE</b>						
<i>Acisanthera alsinaefolia</i>	C.Ú	N.D	32	1	67	0
<i>Chaetogastra gracilis</i>	C.Ú	I	51,4	29,5	16,1	3
<b>POACEAE</b>						
<i>Aristida megapotamica</i>	S	N.D	40	5	55	0
<i>Aristida riparia</i>	C.S	I	26	12,5	61,5	0
<i>Ctenium polystachyum</i>	C.S	N.D	57,8	22,7	2	17,5
<b><i>C. polystachyum</i> (6 meses)</b>	<b>C.S</b>	<b>-</b>	<b>84,1</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>4,9</b>
<i>Eustachys distichophylla</i>	S	N.D	99	0	1	0
<i>Paspalum hyalinum</i>	C.Ú	D	3	10,4	77,6	9
<i>Paspalum lachneum</i>	S	N.D	33,4	2,7	58,4	5,5
<i>Paspalum pectinatum</i>	C.S	N.D	64	9	27	0
<i>Saccharum villosum</i>	C.Ú	N.D	24,8	2	62,3	10,9
<i>Schizachyrium microstachyum</i>	S	D	4,2	38,3	50	7,5

Espécie	Tipo de vegetação	Dormência	Germinadas (%)	Sementes não germinadas		
				Embriões viáveis (%)	Embriões inviáveis (%)	Fungadas (%)
<i>S. microstachyum</i> (6 meses)	S	-	24,7	37,1	28,8	9,2
<i>Steinchisma hians</i>	C.Ú	N.D	16,6	4	1	78,4
<i>Trachypogon spicatus</i>	S	I	2,1	5,2	91,6	1,1
<i>Tristachya leiostachya</i>	S	I	3	4,4	92,6	0
<b>VELLOZIACEAE</b>						
<i>Vellozia</i> sp*	C.S	N.D	94	0	6	0
<b>XYRIDACEAE</b>						
<i>Xyris jupicai</i>	C.Ú	N.D	57,7	15,2	27,1	0
<i>Xyris paradisiaca</i>	C.S	I	23,9	53,2	20,1	2,8

### 3.2 Efeito da fumaça na germinação

O efeito da fumaça foi neutro na germinação para a maior parte das espécies, enquanto que para 14 espécies a fumaça foi benéfica (quatro espécies apresentaram estímulo apenas em concentração de 2,5%, cinco apenas em concentração de 5%, e o restante apresentou estímulo independente da concentração utilizada) (Tabela 2). Quatro espécies mostraram redução significativa na porcentagem de germinação, todas na maior concentração (5%) (Tabela 2).

A fumaça interferiu no TMG de germinação de sete espécies, cinco tiveram uma diminuição e duas tiveram aumento; todas as espécies da família Poaceae que foram afetadas tiveram diminuição no TMG (Tabela 2).

Ao menos uma espécie representante de cada tipo de vegetação foi estimulada (Tabelas 1 e 2), e a fumaça foi capaz de estimular as sementes de três espécies que apresentavam dormência, sendo elas: *B. fimbriata*, *R. albiceps* e *R. albobracteata* (todas da família Cyperaceae e todas na concentração de 5%).

Três espécies da família Poaceae e uma da família Xyridaceae se destacaram quando tratadas com fumaça, *C. polystachyum*, *S. villosum*, *T. spicatus* e *X. paradisiaca*, apresentando tanto estímulo em sua germinação quanto diminuição no TMG (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) de porcentagem de germinação e tempo médio de germinação (TMG) para espécies herbáceo-arbustivas do Cerrado. Letras que diferem entre si representam diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ). -: ausência de tratamento (número insuficiente de sementes), \*: cálculo feito a partir de uma réplica, #: sem cálculo devido ausência de germinação, Inconclusivo: ausência de germinação no(s) tratamento(s) ou germinação em apenas uma réplica.

Espécie	Efeito da fumaça na %G	Germinação (%)			Efeito da fumaça no TMG	TMG (dias)		
		Controle (Fumaça 0%)	Fumaça 2,5%	Fumaça 5%		Controle (Fumaça 0%)	Fumaça 2,5%	Fumaça 5%
<b>APOCYNACEAE</b>								
<i>Mandevilla pohliana</i>	Neutro	97 $\pm$ 6 <sup>a</sup>	95 $\pm$ 6 <sup>a</sup>	-	Neutro	16 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	16 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	-
<b>ASTERACEAE</b>								
<i>Aldama grandiflora</i>	Estímulo	60 $\pm$ 9 <sup>a</sup>	89 $\pm$ 19 <sup>b</sup>	61 $\pm$ 40 <sup>a</sup>	Neutro	3 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	3 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	2 $\pm$ 1 <sup>a</sup>
<i>Calea triantha</i>	Neutro	24 $\pm$ 24 <sup>a</sup>	-	49 $\pm$ 36 <sup>a</sup>	Neutro	21 $\pm$ 9 <sup>a</sup>	-	23 $\pm$ 1 <sup>a</sup>
<i>Chromolaena laevigata</i>	Estímulo	7 $\pm$ 5 <sup>a</sup>	30 $\pm$ 12 <sup>b</sup>	38 $\pm$ 8 <sup>b</sup>	Neutro	19 $\pm$ 5 <sup>a</sup>	17 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	19 $\pm$ 3 <sup>a</sup>
<i>Chromolaena maximiliani</i>	Neutro	100 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	95 $\pm$ 7 <sup>a</sup>	97 $\pm$ 7 <sup>a</sup>	Neutro	2 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	2 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	2 $\pm$ 0 <sup>a</sup>
<i>Chromolaena squalida</i>	Estímulo	25 $\pm$ 6 <sup>a</sup>	37 $\pm$ 9 <sup>a</sup>	54 $\pm$ 14 <sup>b</sup>	Neutro	5 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	4 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	4 $\pm$ 1 <sup>a</sup>
<i>Chrysolaena obovata</i>	Estímulo	16 $\pm$ 9 <sup>a</sup>	30 $\pm$ 4 <sup>b</sup>	22 $\pm$ 8 <sup>a</sup>	Neutro	10 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	10 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	9 $\pm$ 2 <sup>a</sup>
<i>Elephantopus biflorus</i>	Neutro	100 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	99 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	99 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	Aumento	6 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	7 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	8 $\pm$ 1 <sup>b</sup>

Espécie	Efeito da fumaça na %G	Germinação (%)			Efeito da fumaça no TMG	TMG (dias)		
		Controle (Fumaça 0%)	Fumaça 2,5%	Fumaça 5%		Controle (Fumaça 0%)	Fumaça 2,5%	Fumaça 5%
		<i>Eremanthus</i> sp	Estímulo	15 ± 7 <sup>a</sup>		53 ± 33 <sup>b</sup>	27 ± 27 <sup>a</sup>	Neutro
<i>Lepidaploa chamissonis</i>	Neutro	55 ± 9 <sup>a</sup>	62 ± 15 <sup>a</sup>	52 ± 13 <sup>a</sup>	Neutro	4 ± 0 <sup>a</sup>	4 ± 0 <sup>a</sup>	4 ± 1 <sup>a</sup>
<i>Lessingianthus grandiflorus</i>	Neutro	34 ± 14 <sup>a</sup>	18 ± 8 <sup>a</sup>	36 ± 6 <sup>a</sup>	Neutro	8 ± 1 <sup>a</sup>	8 ± 1 <sup>a</sup>	7 ± 1 <sup>a</sup>
<i>Pterocaulon angustifolium</i>	Neutro	80 ± 8 <sup>a</sup>	70 ± 8 <sup>a</sup>	78 ± 3 <sup>a</sup>	Neutro	17 ± 5 <sup>a</sup>	18 ± 2 <sup>a</sup>	22 ± 2 <sup>a</sup>
<i>Pterocaulon rugosum</i>	Neutro	89 ± 6 <sup>a</sup>	83 ± 5 <sup>a</sup>	86 ± 8 <sup>a</sup>	Diminuição	4 ± 1 <sup>a</sup>	3 ± 1 <sup>a</sup>	2 ± 1 <sup>b</sup>
<b>CYPERACEAE</b>								
<i>Bulbostylis fimbriata</i>	Estímulo	1 ± 2 <sup>a</sup>	6 ± 2 <sup>a</sup>	20 ± 20 <sup>b</sup>	Inconclusivo	14*	11 ± 4	12 ± 4
<i>Bulbostylis junciformis</i>	Neutro	0 ± 0	1 ± 2	1 ± 2	Inconclusivo	#	25*	20*
<i>Cyperus odoratus</i>	Neutro	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	Inconclusivo	#	#	#
<i>Fimbristylis dichotoma</i>	Neutro	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	Inconclusivo	#	#	#
<i>Lagenocarpus rigius</i>	Neutro	2 ± 4 <sup>a</sup>	1 ± 2 <sup>a</sup>	2 ± 5 <sup>a</sup>	Inconclusivo	2*	2*	21*
<i>Rhynchospora albiceps</i>	Estímulo	7 ± 7 <sup>a</sup>	13 ± 5 <sup>a</sup>	26 ± 10 <sup>b</sup>	Neutro	13 ± 4 <sup>a</sup>	11 ± 3 <sup>a</sup>	12 ± 1 <sup>a</sup>
<i>Rhynchospora albobracteata</i>	Estímulo	4 ± 3 <sup>a</sup>	6 ± 2 <sup>a</sup>	13 ± 5 <sup>b</sup>	Neutro	13 ± 3 <sup>a</sup>	12 ± 2 <sup>a</sup>	14 ± 4 <sup>a</sup>
<i>Rhynchospora exaltata</i>	Neutro	3 ± 4 <sup>a</sup>	1 ± 2 <sup>a</sup>	1 ± 2 <sup>a</sup>	Inconclusivo	24 ± 7	24*	31*
<b>GENTIANACEAE</b>								
<i>Chelonanthus alatus</i>	Neutro	5 ± 6 <sup>a</sup>	4 ± 3 <sup>a</sup>	2 ± 3 <sup>a</sup>	Neutro	11 ± 2 <sup>a</sup>	11 ± 2 <sup>a</sup>	13 ± 2 <sup>a</sup>

Espécie	Efeito da fumaça na %G	Germinação (%)			Efeito da fumaça no TMG	TMG (dias)		
		Controle (Fumaça 0%)	Fumaça 2,5%	Fumaça 5%		Controle (Fumaça 0%)	Fumaça 2,5%	Fumaça 5%
<b>FABACEAE</b>								
<i>Bauhinia dumosa</i>	Neutro	88 ± 13 <sup>a</sup>	97 ± 5 <sup>a</sup>	85 ± 10 <sup>a</sup>	Neutro	8 ± 2 <sup>a</sup>	11 ± 2 <sup>a</sup>	7 ± 1 <sup>a</sup>
<i>Stylosanthes gracilis</i>	Neutro	3 ± 4 <sup>a</sup>	4 ± 3 <sup>a</sup>	2 ± 5 <sup>a</sup>	Inconclusivo	8 ± 2	8 ± 2	20*
<b>ERIOCAULACEAE</b>								
<i>Syngonanthus helminthorrhizus</i>	Inibição	73 ± 14 <sup>a</sup>	77 ± 4 <sup>a</sup>	55 ± 37 <sup>b</sup>	Neutro	8 ± 1 <sup>a</sup>	7 ± 1 <sup>a</sup>	9 ± 2 <sup>a</sup>
<b>LAMIACEAE</b>								
<i>Gymneia interrupta</i>	Estímulo	44 ± 16 <sup>a</sup>	60 ± 3 <sup>b</sup>	48 ± 23 <sup>a</sup>	Neutro	10 ± 1 <sup>a</sup>	10 ± 2 <sup>a</sup>	10 ± 1 <sup>a</sup>
<i>Hyptis campestris</i>	Neutro	24 ± 13 <sup>a</sup>	27 ± 5 <sup>a</sup>	32 ± 10 <sup>a</sup>	Neutro	13 ± 2 <sup>a</sup>	12 ± 2 <sup>a</sup>	13 ± 1 <sup>a</sup>
<b>MALPIGHIACEAE</b>								
<i>Banisteriopsis campestris</i>	Neutro	22 ± 21 <sup>a</sup>	15 ± 5 <sup>a</sup>	16 ± 3 <sup>a</sup>	Neutro	15 ± 3 <sup>a</sup>	15 ± 1 <sup>a</sup>	18 ± 3 <sup>a</sup>
<b>MELASTOMATACEAE</b>								
<i>Acisanthera alsinaefolia</i>	Inibição	32 ± 9 <sup>a</sup>	42 ± 9 <sup>a</sup>	15 ± 11 <sup>b</sup>	Aumento	11 ± 3 <sup>a</sup>	13 ± 2 <sup>a</sup>	14 ± 2 <sup>b</sup>
<i>Chaetogastra gracilis</i>	Neutro	52 ± 3 <sup>a</sup>	62 ± 16 <sup>a</sup>	50 ± 20 <sup>a</sup>	Neutro	18 ± 1 <sup>a</sup>	15 ± 3 <sup>a</sup>	14 ± 2 <sup>a</sup>
<b>POACEAE</b>								
<i>Aristida megapotamica</i>	Neutro	38 ± 14 <sup>a</sup>	54 ± 17 <sup>a</sup>	54 ± 4 <sup>a</sup>	Neutro	9 ± 2 <sup>a</sup>	9 ± 4 <sup>a</sup>	6 ± 0 <sup>a</sup>
<i>Aristida riparia</i>	Estímulo	27 ± 24 <sup>a</sup>	63 ± 17 <sup>b</sup>	62 ± 15 <sup>b</sup>	Neutro	22 ± 4 <sup>a</sup>	20 ± 2 <sup>a</sup>	19 ± 1 <sup>a</sup>

Espécie	Efeito da fumaça na %G	Germinação (%)			Efeito da fumaça no TMG	TMG (dias)		
		Controle (Fumaça 0%)	Fumaça 2,5%	Fumaça 5%		Controle (Fumaça 0%)	Fumaça 2,5%	Fumaça 5%
		<i>Ctenium polystachyum</i>	Estímulo	58 ± 7 <sup>a</sup>		63 ± 3 <sup>a</sup>	77 ± 8 <sup>b</sup>	Diminuição
<i>Eustachys distichophylla</i>	Neutro	99 ± 2 <sup>a</sup>	95 ± 2 <sup>a</sup>	99 ± 2 <sup>a</sup>	Neutro	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>
<i>Paspalum hyalinum</i>	Neutro	3 ± 5 <sup>a</sup>	2 ± 3 <sup>a</sup>	9 ± 11 <sup>a</sup>	Inconclusivo	7*	7*	12 ± 1
<i>Paspalum lachneum</i>	Inibição	34 ± 3 <sup>a</sup>	-	10 ± 7 <sup>b</sup>	Neutro	2 ± 0 <sup>a</sup>	-	2 ± 1 <sup>a</sup>
<i>Paspalum pectinatum</i>	Inibição	64 ± 10 <sup>a</sup>	48 ± 17 <sup>a</sup>	27 ± 8 <sup>b</sup>	Neutro	12 ± 3 <sup>a</sup>	11 ± 2 <sup>a</sup>	11 ± 0 <sup>a</sup>
<i>Saccharum villosum</i>	Estímulo	25 ± 9 <sup>a</sup>	40 ± 18 <sup>b</sup>	56 ± 10 <sup>b</sup>	Diminuição	6 ± 2 <sup>a</sup>	3 ± 0 <sup>b</sup>	4 ± 0 <sup>b</sup>
<i>Schizachyrium microstachyum</i>	Neutro	4 ± 3 <sup>a</sup>	1 ± 2 <sup>a</sup>	2 ± 2 <sup>a</sup>	Neutro	25 ± 7 <sup>a</sup>	21 ± 9 <sup>a</sup>	21 ± 10 <sup>a</sup>
<i>Steinchisma hians</i>	Neutro	16 ± 9 <sup>a</sup>	24 ± 5 <sup>a</sup>	24 ± 6 <sup>a</sup>	Neutro	7 ± 1 <sup>a</sup>	6 ± 2 <sup>a</sup>	6 ± 1 <sup>a</sup>
<i>Trachypogon spicatus</i>	Estímulo	2 ± 3 <sup>a</sup>	11 ± 9 <sup>b</sup>	12 ± 6 <sup>b</sup>	Diminuição	17 ± 5 <sup>a</sup>	12 ± 1 <sup>a</sup>	9 ± 3 <sup>b</sup>
<i>Tristachya leiostachya</i>	Neutro	3 ± 5 <sup>a</sup>	4 ± 5 <sup>a</sup>	3 ± 3 <sup>a</sup>	Inconclusivo	7*	5 ± 0	12 ± 4
<b>VELLOZIACEAE</b>								
<i>Vellozia</i> sp	Neutro	91 ± 9 <sup>a</sup>	100 ± 0 <sup>a</sup>	-	Neutro	4 ± 0 <sup>a</sup>	4 ± 0 <sup>a</sup>	-
<b>XYRIDACEAE</b>								
<i>Xyris jupicai</i>	Neutro	60 ± 6 <sup>a</sup>	58 ± 10 <sup>a</sup>	58 ± 6 <sup>a</sup>	Neutro	22 ± 3 <sup>a</sup>	22 ± 2 <sup>a</sup>	21 ± 3 <sup>a</sup>
<i>Xyris paradisiaca</i>	Estímulo	23 ± 8 <sup>a</sup>	75 ± 3 <sup>b</sup>	79 ± 4 <sup>b</sup>	Diminuição	17 ± 4 <sup>a</sup>	7 ± 1 <sup>b</sup>	7,0 ± 1 <sup>b</sup>



### 3.3 Efeito do armazenamento na germinação

O armazenamento das sementes aumentou a porcentagem de germinação para quatro espécies avaliadas *R. albiceps*, *R. albobracteata*, *C. polystachyum* e *S. microstachyum*; para as outras duas espécies *L. chamissonis* e *R. exaltata* o armazenamento não interferiu na germinação (Tabela 3). Contudo, para *R. exaltata* houve aumento da viabilidade entre as sementes armazenadas não germinadas (Tabela 1). O armazenamento também propiciou redução do TMG para as duas espécies da família Poaceae *C. polystachyum* e *S. microstachyum* (Tabela 3). Ao menos para duas espécies *R. albiceps* e *R. albobracteata*, o armazenamento foi capaz de aliviar a dormência das sementes, para *S. microstachyum* o alívio na dormência se torna inconclusivo.

O efeito do armazenamento sobre a porcentagem de germinação foi potencializado quando combinado com fumaça para *R. albobracteata*, *C. polystachyum* e *S. microstachyum*, além disso para as duas espécies da família Poaceae essa combinação também diminuiu o TMG (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) de porcentagem de germinação e tempo médio de germinação (TMG) para espécies herbáceo-arbustivas do Cerrado. Em negrito dados obtidos após armazenamento das sementes. A: efeito do armazenamento; A+F: efeito do armazenamento seguido de fumaça. Letras minúsculas comparam os tratamentos de fumaça com o controle e letras maiúsculas comparam os tratamentos em uma mesma coluna (pós-armazenamento). Letras que diferem entre si representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). X: ausência de efeito,  $\checkmark$ : estímulo da germinação ou redução do TMG, -: ausência de tratamento (número insuficiente de sementes).

Espécie	Germinação (%)						TMG (dias)			
	A	A+F	Controle	Fumaça	Fumaça	A	A+F	Controle	Fumaça	Fumaça
			(Fumaça 0%)	2,5%	5%			(Fumaça 0%)	2,5%	5%
ASTERACEAE										
<i>Lepidaploa chamissonis</i>			55 $\pm$ 9 <sup>aA</sup>	-	52 $\pm$ 13 <sup>aA</sup>			4 $\pm$ 0 <sup>aA</sup>	-	4 $\pm$ 1 <sup>aA</sup>
<b><i>L. chamissonis</i> (6 meses)</b>	X	X	<b>65 <math>\pm</math> 10<sup>aA</sup></b>	-	<b>55 <math>\pm</math> 11<sup>aA</sup></b>	X	X	<b>3 <math>\pm</math> 1<sup>aA</sup></b>	-	<b>3 <math>\pm</math> 1<sup>aA</sup></b>
CYPERACEAE										
<i>Rhynchospora albiceps</i>			7 $\pm$ 7 <sup>aA</sup>	-	26 $\pm$ 10 <sup>bA</sup>			13 $\pm$ 4 <sup>aA</sup>	-	12 $\pm$ 1 <sup>aA</sup>
<b><i>R. albiceps</i> (6 meses)</b>	$\checkmark$	X	<b>32 <math>\pm</math> 4<sup>aB</sup></b>	-	<b>38 <math>\pm</math> 4<sup>aA</sup></b>	X	X	<b>13 <math>\pm</math> 2<sup>aA</sup></b>	-	<b>12 <math>\pm</math> 2<sup>aA</sup></b>
<i>Rhynchospora albobracteata</i>			4 $\pm$ 3 <sup>aA</sup>	6 $\pm$ 2 <sup>aA</sup>	13 $\pm$ 5 <sup>bA</sup>			13 $\pm$ 3 <sup>aA</sup>	12 $\pm$ 2 <sup>aA</sup>	14 $\pm$ 4 <sup>aA</sup>
<b><i>R. albobracteata</i> (6 meses)</b>	$\checkmark$	$\checkmark$	<b>27 <math>\pm</math> 23<sup>aB</sup></b>	<b>42 <math>\pm</math> 41<sup>bB</sup></b>	<b>44 <math>\pm</math> 10<sup>bB</sup></b>	X	X	<b>14 <math>\pm</math> 2<sup>aA</sup></b>	<b>22 <math>\pm</math> 21<sup>aA</sup></b>	<b>13 <math>\pm</math> 1<sup>aA</sup></b>

Espécie	Germinação (%)						TMG (dias)			
	A	A+F	Controle	Fumaça	Fumaça	A	A+F	Controle	Fumaça	Fumaça
			(Fumaça 0%)	2,5%	5%			(Fumaça 0%)	2,5%	5%
<i>Rhynchospora exaltata</i>			3 ± 4 <sup>aA</sup>	1 ± 2 <sup>aA</sup>	1 ± 2 <sup>aA</sup>			24 ± 7 <sup>A</sup>	24 <sup>*A</sup>	31 <sup>*A</sup>
<b><i>R. exaltata</i> (6 meses)</b>	X	X	<b>9 ± 10<sup>aA</sup></b>	<b>6 ± 2<sup>aA</sup></b>	<b>7 ± 4<sup>aA</sup></b>	X	X	<b>18 ± 6<sup>aA</sup></b>	<b>18 ± 7<sup>aA</sup></b>	<b>22 ± 4<sup>aA</sup></b>
POACEAE										
<i>Ctenium polystachyum</i>			58 ± 7 <sup>aA</sup>	-	77 ± 8 <sup>bA</sup>			22 ± 3 <sup>aA</sup>	-	4 ± 0 <sup>bA</sup>
<b><i>C. polystachyum</i> (6 meses)</b>	✓	✓	<b>84 ± 5<sup>aB</sup></b>	-	<b>98 ± 3<sup>bB</sup></b>	✓	✓	<b>3 ± 1<sup>aB</sup></b>	-	<b>1 ± 0<sup>bB</sup></b>
<i>Schizachyrium microstachyum</i>			4 ± 3 <sup>aA</sup>	1 ± 2 <sup>aA</sup>	-			25 ± 7 <sup>aA</sup>	21 ± 9 <sup>aA</sup>	-
<b><i>S. microstachyum</i> (6 meses)</b>	✓	✓	<b>25 ± 9<sup>aB</sup></b>	<b>50 ± 7<sup>bB</sup></b>	-	✓	✓	<b>11 ± 3<sup>aB</sup></b>	<b>8 ± 2<sup>bB</sup></b>	-

## Discussão

Conforme esperávamos, a fumaça foi capaz de estimular a germinação de 31% das espécies do estrato herbáceo-arbustivo do Cerrado. Estudos vêm demonstrando que a fumaça possui muitos compostos biologicamente ativos, sendo a carriquina um dos mais estudados, sendo reconhecida por estimular a germinação de sementes (Flematti et al., 2004; Çatav et al., 2018).

A germinação de sementes é uma etapa fundamental no processo de regeneração da comunidade vegetal, e dependente de fatores ecológicos e evolutivos (Baskin & Baskin, 2014). Apesar das espécies de Cerrado serem consideradas adaptadas a ambientes inflamáveis e beneficiadas pelo fogo, parte considerável das espécies não foi responsiva à fumaça, além de inibir a germinação de algumas das espécies avaliadas. Contudo, a fumaça é apenas um dos fatores relacionados ao fogo, outros fatores como choque térmico (Zirondi et al., 2019<sup>b</sup>), maior disponibilidade de luz (Ramos et al., 2019) e flutuações na temperatura (Kolb et al., 2016) pós-fogo também podem favorecer a germinação das espécies de Cerrado, propiciando assim a persistência das diversas espécies com diversos nichos de germinação em resposta ao fogo (Grubb, 1977).

A maior parte das espécies avaliada não mostrou alterações no TMG, mas em algumas houve redução, enquanto em outras houve aumento de TMG quando as sementes foram tratadas com fumaça. A diminuição do TMG das sementes permite a rápida colonização do ambiente após a passagem do fogo, quando existe alta disponibilidade de nutrientes, e pode representar uma vantagem competitiva, (Miles, 1974; Fernandes et al. 2021).

O efeito do armazenamento sobre a germinação de sementes foi benéfico para a maioria das espécies avaliadas. Tendo em vista que a dormência de sementes está

presente na família Poaceae em espécies do Cerrado (Dayrell et al., 2017), pode se dizer que houve alívio de dormência pós-armazenamento para *Schizachyrium microstachyum*, já que houve aumento na porcentagem de sementes germinadas. A capacidade de persistir em dormência é um fator positivo para espécies do Cerrado, onde as sementes são dispersas e permanecem no solo até que haja uma condição favorável para a germinação. A dormência fisiológica é comum para a família Cyperaceae (Leck & Schütz, 2005), e apesar de não ter havido aumento da porcentagem de germinação para *R. exaltata* pós-armazenamento, os dados indicam que houve alívio de dormência, pois houve aumento de viabilidade entre sementes não germinadas (classificadas como inviáveis antes do armazenamento), de modo que o tetrazólio foi capaz de corar as sementes (Ooi et al., 2004). Alterações na viabilidade de sementes pós-armazenamento já foram relatadas para espécies do Cerrado (Dairel & Fidelis, 2020).

A fumaça foi capaz de potencializar o efeito benéfico do armazenamento para espécies da família Poaceae, essa combinação dobrou as porcentagens germinativas de *S. microstachyum* e potencializou os resultados de *C. polystachyum*; o TMG diminuiu para ambas as espécies. O armazenamento pode tornar as sementes mais sensíveis aos compostos presentes na fumaça, e esse fenômeno já havia sido observado para espécies de ambientes inflamáveis da Austrália (Roche et al., 1997; Baker et al., 2005; Downes, et al., 2015).

Poucos estudos avaliaram o efeito de diferentes concentrações de fumaça sobre a germinação. Aqui, encontramos que a concentração que estimula ou inibe a germinação é espécie-específica, corroborando estudos como os realizados por Perez-Fernández & Rodríguez-Echeverría (2003), Moreira et al. (2010) e Çatav et al. (2014), além disso, altas concentrações ou longos períodos de exposição à fumaça podem ser tóxicos e trazer efeitos negativos para a germinação (Dixon et al., 1995; Fichino et al., 2016).

Tendo em vista que a germinação de sementes é um componente essencial na restauração de ecossistemas e que os padrões germinativos definem a estrutura da comunidade de plantas, estudos que visam entender as características de germinação podem melhorar os resultados obtidos, principalmente em ambientes altamente degradados em que não existe mais uma fonte de dispersão de sementes (Jiménez-Alfaro et al., 2016). Neste contexto, o presente estudo indica que uso de fumaça, armazenamento e a combinação destes tratamentos devem ser considerados no manejo e restauração de ambientes inflamáveis, principalmente nos projetos que utilizam o método de semeadura direta.

Nós concluímos que parte das espécies de importantes famílias do estrato herbáceo-arbustivo do Cerrado é beneficiada no processo germinativo quando suas sementes são expostas à fumaça, que o armazenamento foi benéfico para a maioria das espécies avaliadas, aliviando a dormência para espécies da família Cyperaceae e Poaceae, e por último, que o armazenamento com posterior exposição à fumaça potencializa a germinação de espécies de gramíneas.

## **5 Agradecimentos**

Os autores agradecem à Dra. Natashi A. L. Pilon e à Dra. Giselda Durigan pelas identificações das espécies, à Dra. Alessandra Fidelis pela identificação e envio de sementes das espécies *Aldama grandiflora*, *Aristida riparia*, *Bauhinia dumosa*, *Chromolaena maximilianii*, *Eremanthus* sp, *Paspalum pectinatum*, *Vellozia* sp e *Xyris paradisiaca*, e William Moore, da Grayson Australia pela doação da fumaça líquida comercial. Essa pesquisa recebeu apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - 2019/09903-0 e da Coordenação de

Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) código de financiamento 001.

## 6 Referências

- Baker, K.S., Steadman K.J., Plumer J.A., Merrit D.J., Dixon K.W., 2005. The changing window of conditions that promotes germination of two fire ephemerals, *Actinotus leucocephalus* (Apiaceae) and *Tersonia cyathiflora* (Gyrostemonaceae). *Ann. Bot.* 96, 1225-1236. <https://doi.org/10.1093/aob/mci274>.
- Baskin, J.M., Baskin, C.C., Li, X., 2000. Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biol.* 15, 139-152. <https://doi.org/10.1046/j.1442-1984.2000.00034.x>.
- Baskin, C.C., Baskin J.M., 2014. *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Elsevier Science.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M., 2020. Breaking seed dormancy during dry storage: A useful tool or major problem for successful restoration via direct seeding? *Plants* 9, 636. <https://doi.org/10.3390/plants9050636>.
- Bates D., Mächler M., Bolker B., Walker S., 2015. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *J. Stat. Softw.* 67, 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>.
- Brown, N.A.C., 1993. Promotion of germination of fynbos seeds by plant-derived smoke. *New Phytol.* 123, 575-583. <https://doi.org/10.1111/j.1469-81-37.1993.tb03770.x>.
- Carmona, R., Martins, C.R., Fávero, A.P., 1998. Fatores que afetam a germinação de sementes de gramíneas nativas do cerrado. *Rev. Bras. Sementes* 20, 16-22. <https://doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v20n1p16-22>.
- Çatav, S.S., Küçükakyüz, K., Akbas, K., Tavsanoğlu, C., 2014. Smoke-enhanced seed germination in Mediterranean Lamiaceae. *Seed Sci. Res.* 24, 257. <https://doi.org/10.1017/S0960258514000142>.

- Çatav, Ş.S., Küçükakyüz, K., Tavşanoğlu, Ç., Pausas, J.G., 2018. Effect of fire-derived chemicals on germination and seedling growth in Mediterranean plant species. *Basic Appl. Ecol.* 30, 65-75. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.05.005>.
- Clarke, S., French, K., 2005. Germination response to heat and smoke of 22 Poaceae species from grassy woodlands. *Aust. J. Bot.* 53, 445-454. <https://doi.org/10.1071/BT04017>.
- Costa, M.B., Menezes, L.F.T., Nascimento, M.T., 2017. Post-fire regeneration in seasonally dry tropical forest fragments in southeastern Brazil. *An. Acad. Bras. Ciênc.* 89, 2687-2695. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160728>.
- Coutinho, L.M., 2006. O conceito de bioma. *Acta Bot. Bras.* 20, 13-23. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100002>.
- Dairel, M., Fidelis, A., 2020. How does fire affect germination of grasses in the Cerrado? *Seed Sci. Res.* 30, 275-283. <https://doi.org/10.1017/S0960258520000094>.
- Dayrell, R.L., Garcia, Q.S., Negreiros, D., Baskin, C., Baskin, J.M., Silveira, F. A. O., 2017. Phylogeny strongly drives seed dormancy and quality in a climatically buffered hotspot for plant endemism. *Ann. Bot.* 119, 267-277. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw163>.
- Dixon, K.W., Roche, S., Pate, J.S., 1995. The promotive effect of smoke derived from burnt native vegetation on seed germination of Western Australian plants. *Oecologia* 101, 185-192.
- Downes, K.S., Light, M.E., Posta, M., van Staden J., 2015. Fire-related cues and the germination of eight *Conostylis* (Haemodoraceae) taxa, when freshly collected, after burial and after laboratory storage. *Seed Sci. Res.* 25, 286–298. <https://doi.org/10.1017/S0960258515000227>.
- Fernandes, A.F., Oki, Y., Fernandes, G.W., Moreira, B., 2021. The effect of fire on seed germination of campo rupestre species in the South American Cerrado. *Plant Ecol.* 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11258-020-01086-1>.



- Fichino, B.S., Dombroski, J.R., Pivello, V.R., Fidelis, A., 2016. Does fire trigger seed germination in the Neotropical Savannas? Experimental tests with six Cerrado species. *Biotropica* 48, 181-187. <https://doi.org/10.1111/btp.12276>.
- Flematti, G.R., Ghisalberti, E.L., Dixon, K.W., Trengove, R.D., 2004. A compound from smoke that promotes seed germination. *Science* 305, 977-977. <https://science.sciencemag.org/content/305/5686/977>.
- Flematti, G.R., Scaffidi, A., Dixon, K.W., Smith, S. M., Ghisalberti, E.L., 2011. Production of the seed germination stimulant karrikinolide from combustion of simple carbohydrates. *J. Agric. Food Chem.* 59, 1195-1198. <https://doi.org/10.1021/jf1041728>.
- Gorgone-Barbosa, E., Daibes, L.F., Novaes, R.B., Pivello, V.R., Fidelis, A., 2020. Fire cues and germination of invasive and native grasses in the Cerrado. *Acta Bot. Bras.* 34, 185-191. <https://doi.org/10.1590/0102-33062019abb0337>.
- Grubb, P.J., 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biol. Rev.* 52, 107-145.
- Jiménez-Alfaro, B., Silveira, F.A.O., Fidelis, A., Poschlod, P., Commander, L.E., 2016. Seed germination traits can contribute better to plant community ecology. *J. Veg. Sci.* 27, 637-645. <https://doi.org/10.1111/jvs.12375>
- Keeley, J.E., Pausas, J.G. 2018. Evolution of 'smoke' induced seed germination in pyroendemic plants. *S. Afr. J. Bot.* 115, 251-255. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.07.012>.
- King, R.A., Menges, E.S., 2018. Effects of heat and smoke on the germination of six Florida scrub species. *S. Afr. J. Bot.* 115, 223-230. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.03.009>.
- Kolb, R.M., Pilon, N.A.L., Durigan, G., 2016. Factors influencing seed germination in Cerrado grasses. *Acta Bot. Bras.* 30, 87-92. <https://doi.org/10.1590/0102-33062015abb0199>.
- Larson, J.L., 1997. Factors influencing germination of six wetland Cyperaceae. *Field Stn. Bull.* 30, 1-9.

- Le Stradic, S., Silveira, F.A., Buisson, E., Cazelles, K., Carvalho, V., Fernandes, G. W., 2015. Diversity of germination strategies and seed dormancy in herbaceous species of campo rupestre grasslands. *Austral Ecol.* 40, 537-546. <https://doi.org/10.1111/aec.12221>.
- Leck, M.A., Schütz, W., 2005. Regeneration of Cyperaceae, with particular reference to seed ecology and seed banks. *Perspect. Ecol. Evol. Syst.* 7, 95-133. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2005.05.001>.
- Merritt, D.J., Turner, S.R., Clarke, S., Dixon, K.W., 2007. Seed dormancy and germination stimulation syndromes for Australian temperate species. *Aust. J. Bot.* 55, 336-344. <https://doi.org/10.1071/BT06106>.
- Miles, J., 1974. Effects of experimental interference with stand structure on establishment of seedlings in *Callunetum*. *J. Ecol.* 62, 675-687. <https://doi.org/10.2307/2258948>
- Miranda, H.S., Sato, M.N., Neto, W.N., Aires, F.S., 2009. Fires in the Cerrado, the Brazilian savanna. In: Cochrane, M.A. (ed). *Tropical Fire Ecology: Climate Change, Land Use and Ecosystem Dynamics*. Springer-Praxis, pp. 427-450
- Moreira, B., Tormo, J., Estrelles, E., Pausas, J.G., 2010. Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterranean Basin flora. *Ann. Bot.* 105, 627-635. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq017>.
- Ooi, M., Auld, T., Whelan, R.J., 2004. Comparison of the cut and tetrazolium tests for assessing seed viability: a study using Australian native *Leucopogon* species. *Ecol. Manag. Restor.* 5, 141-143. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-8903.2004.00201e.x>.
- Parr, C.L., Lehmann, C.E., Bond, W.J., Hoffmann, W.A., Andersen, A.N., 2014. Tropical grassy biomes: misunderstood, neglected, and under threat. *Trends Ecol. Evol.* 29, 205-213. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.02.004>.

- Pérez-Fernández, M. A., Rodríguez-Echeverría, S., 2003. Effect of smoke, charred wood, and nitrogenous compounds on seed germination of ten species from woodland in central-western Spain. *J. Chem. Ecol.* 29, 237-251.
- R Core Team., 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>.
- Ramos, D.M., Valls, J.F., Borghetti, F., Ooi, M.K., 2019. Fire cues trigger germination and stimulate seedling growth of grass species from Brazilian savannas. *Am. J. Bot.* 106, 1190-1201. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1345>.
- Ribeiro, M.N., Sanchez, M., Pedroni, F., Peixoto, K.D.S., 2012. Fogo e dinâmica da comunidade lenhosa em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, Mato Grosso. *Acta Bot. Bras.* 26, 203-217. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062012000100020>.
- Roche, S., Dixon., K.W., Pate, J.S., 1997. Seed ageing and smoke: Partner cues in the amelioration of seed dormancy in selected Australian native species. *Aust. J. Bot.* 45, 783-815. <https://doi.org/10.1071/BT96099>.
- Simon, M.F., Grether, R., de Queiroz, L.P., Skema, C., Pennington, R.T., Hughes, C. E., 2009. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106, 20359-20364. <https://doi.org/10.1073/pnas.0903410106>.
- Thompson, K., Ooi, M.K.J., 2010. To germinate or not to germinate: more than just a question of dormancy. *Seed Sci. Res.* 20, 209-211. <https://doi.org/10.1017/S0960258510000267>.
- Tieu, A., Dixon, K.W., Meney, K.A., Sivasithamparam, K., 2001. The interaction of heat and smoke in the release of seed dormancy in seven species from southwestern Western Australia. *Ann. Bot.* 88, 259-265. <https://doi.org/10.1006/anbo.2001.1451>.

Zhou, J., Ran, Z., Xu, Z., Liu, Q., Huang, M., Fang, L., Guo, L., 2018. Effects of smoke-water and smoke-isolated karrikinolide on tanshinones production in *Salvia miltiorrhiza* hairy roots. S. Afr. J. Bot. 119, 265-270. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.09.005>.

Zirondi, H.L., de Pinho J.H., Daibes, L.F., Fidelis, A., 2019<sup>a</sup>. Heat and smoke affect the germination of flammable resprouters: *Vellozia* species in the Cerrado. Folia Geobot. 54, 65-72. <https://doi.org/10.1007/s12224-019-09337-4>.

Zirondi, H.L., Silveira, F.A., Fidelis, A., 2019<sup>b</sup>. Fire effects on seed germination: Heat shock and smoke on permeable vs impermeable seed coats. Flora 253, 98-106. <https://doi.org/10.1007/s12224-019-09337-4>.

## 7 Material suplementar

Tabela S1 – Dados sobre as espécies de Cerrado, sobre a coleta de sementes (local e data de coleta), tempo de armazenamento das sementes até início dos experimentos, e número de sementes utilizadas por réplica. EEcA: Estação Ecológica de Assis, município de Assis, SP; EEI: Estação Ecológica de Itirapina, município de Itirapina, SP; EEcSB: Estação Ecológica de Santa Bárbara, município de Águas de Santa Bárbara, SP, município de Diamantina, MG; RNST: Reserva Natural Serra do Tombador, município de Cavalcante, GO.

Espécie	Forma de vida	Local	Data	Meses para início dos testes	Número de sementes por réplica
<b>Apocynaceae</b>					
<i>Mandevilla pohliana</i> (Stadelm.) A.H.Gentry	Subarbusto	EEcSB	Set. 2018	2	11
<b>Asteraceae</b>					
<i>Aldama grandiflora</i> (Gardner) E.E.Schill. & Panero	Erva	RNST	Out. 2019	5	8
<i>Calea triantha</i> (Vell.) Pruski	Arbusto	EEcSB	Jan. 2020	1,5	10
<i>Chromolaena laevigata</i> (Lam.) R.M.King & H.Rob.	Arbusto	EEcSB	Mar. 2020	0,5	22
<i>Chromolaena maximilianii</i> (Schrad. ex DC.) R.M.King & H.Rob.	Arbusto	EEI	Mai. 2020	2	17
<i>Chromolaena squalida</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	Arbusto	EEcSB	Jan. 2020	1	16
<i>Chrysolaena obovata</i> (Less.) Dematt.	Erva	EEcSB	Jan. 2020	3,5	25
<i>Elephantopus biflorus</i> (Less.) Sch.Bip.	Erva	EEcSB	Mar. 2019	1	16
<i>Eremanthus</i> sp Less.	Arbusto	RNST	Out. 2019	5	13
<i>Lepidaploa chamissonis</i> (Less.) H.Rob	Subarbusto	EEcSB	Mar. 2019	2	15
<i>Lessingianthus grandiflorus</i> (Less.) H.Rob	Subarbusto	EEcSB	Jan. 2020	1	25
<i>Pterocaulon angustifolium</i> DC.	Erva	EEcSB	Jan. 2020	1,5	25

Espécie	Forma de vida	Local	Data	Meses para início dos testes	Número de sementes por réplica
<i>Pterocaulon rugosum</i> (Vahl) Malme	Subarbusto	EEcSB	Mar. 2019	2	21
<b>Cyperaceae</b>					
<i>Bulbostylis fimbriata</i> (Nees) C.B.Clarke	Erva	EEcSB	Fev. 2020	3,5	25
<i>Bulbostylis junciformis</i> (Kunth) C.B.Clarke	Erva	EEcSB	Fev. 2020	2,5	25
<i>Cyperus odoratus</i> L.	Erva	EEcSB	Mar. 2020	2	25
<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl	Erva	EEcSB	Fev. 2020	2,5	25
<i>Lagenocarpus rigidus</i> Ness	Erva	EEcSB	Mar. 2020	2,5	22
<i>Rhynchospora albiceps</i> Kunth	Erva	EEcSB	Dez. 2018	2	23
<i>Rhynchospora exaltata</i> Kunth	Erva	EEcSB	Mar. 2020	2	25
<i>Rhynchospora albobracteata</i> A.C.Araújo	Erva	EEcSB	Mar. 2020	2,5	25
<b>Gentianaceae</b>					
<i>Chelonanthus alatus</i> (Aubl.) Pulle	Erva	EEcSB	Mar. 2019	1	25
<b>Fabaceae</b>					
<i>Bauhinia dumosa</i> Benth	Arbusto	RNST	Out. 2019	5	11
<i>Stylosanthes gracilis</i> Kunth	Subarbusto	EEcSB	Mar. 2020	3	25
<b>Eriocaulaceae</b>					
<i>Syngonanthus helminthorrhizus</i> (Mart. ex Körn.) Ruhland	Erva	EEcSB	Mar. 2020	2,5	25
<b>Lamiaceae</b>					
<i>Gymneia interrupta</i> (Pohl ex Benth.) Harley & J.F.B.Pastore	Erva	EEcSB	Set. 2018	2,5	15
<i>Hyptis campestris</i> Harley & J.F.B.Pastore	Erva	EEcSB	Fev. 2020	2	27
<b>Malpighiaceae</b>					
<i>Banisteriopsis campestris</i>	Arbusto	EEcSB	Mar. 2020	1,5	24

Espécie	Forma de vida	Local	Data	Meses para início dos testes	Número de sementes por réplica
(A.Juss.) Little					
<b>Melastomataceae</b>					
<i>Acisanthera alsinaefolia</i> (Mart. & Schrank ex DC.) Triana	Subarbusto	EEcA	Jan. 2020	2	25
<i>Chaetogastra gracilis</i> (Bonpl.) DC.	Subarbusto	EEcSB	Mar. 2020	2	25
<b>Poaceae</b>					
<i>Aristida megapotamica</i> Spreng.	Erva	EEcSB	Mar. 2020	3	12
<i>Aristida riparia</i> Trin.	Erva	RNST	Set-Out. 2018	3	21
<i>Ctenium polystachyum</i> Balansa	Erva	EEcSB	Mar. 2019	2	25
<i>Eustachys distichophylla</i> (Lag.) Ness	Erva	EEcSB	Set. 2018	2	25
<i>Paspalum hyalinum</i> Ness ex Trin.	Erva	EEcSB	Mar. 2019	3	15
<i>Paspalum lachneum</i> Steud.	Erva	EEcSB	Mar. 2020	2	20
<i>Paspalum pectinatum</i> Ness ex Trin.	Erva	RNST	Set-Out. 2018	3	20
<i>Saccharum villosum</i> Steud.	Erva	EEcSB	Mar. 2020	3	25
<i>Schizachyrium microstachyum</i> (Desv. ex Ham.) Roseng., B.R.Arrill. & Izag.	Erva	EEcSB	Set. 2018	2	25
<i>Steinchisma hians</i> (Elliott) Nash	Erva	EEcSB	Mar. 2020	3	25
<i>Trachypogon spicatus</i> (L.f.) Kuntze	Erva	EEcSB	Mar. 2020	3	25
<i>Tristachya leiostachya</i> Ness	Erva	EEcSB	Mar. 2020	2	19
<b>Velloziaceae</b>					
<i>Vellozia</i> sp Vand.	Arbusto	RNST	Set-Out. 2018	2	10

---

Espécie	Forma de vida	Local	Data	Meses para início dos testes	Número de sementes por réplica
<b>Xyridaceae</b>					
<i>Xyris jupicai</i> Rich.	Erva	EEcA	Jan. 2020	2	24
<i>Xyris paradisiaca</i> Wand.	Erva	RNST	Out. 2018	4	25

---



Tabela S2 – Parâmetros estimados pelo modelo de GLM para porcentagem de germinação e tempo médio de germinação das espécies avaliadas nos tratamentos controle, fumaça 2,5% e fumaça 5%. \*: Dados transformados em LOG para TMG. Valores de P significativos (< 0,05) estão destacados em negrito.

Espécie	Tratamento	Porcentagem de Germinação			Tempo Médio de Germinação		
		Estimate	SEM	P-Value	Estimate	SEM	P-Value
<i>Mandevilla pohliana</i>	Controle	3,401	1,017	< 0,001	0,3598581	0,0048983	< 0,001
	Fumaça 2,5%	19,671	10071,195	0,99844	0,3598581	0,0064859	0,908
	Fumaça 5%	-	-	-	-	-	-
<i>Aldama grandiflora</i>	Controle	0,3677	0,4336	0,396	0,31250	0,03789	< 0,001
	Fumaça 2,5%	2,2713	1,1223	< <b>0,05</b>	0,02731	0,05597	0,642960
	Fumaça 5%	0,1713	0,6436	0,790	0,03769	0,05690	0,532301
<i>Calea triantha</i> *	Controle	-1,4271	0,4546	< 0,001	2,9539	0,2094	< 0,001
	Fumaça 2,5%	-	-	-	-	-	-
	Fumaça 5%	0,9163	0,5831	0,11608	0,1586	0,2962	0,612
<i>Chromolaena laevigata</i>	Controle	-2,6741	0,4221	< 0,001	0,052632	0,006540	< 0,001
	Fumaça 2,5%	1,8017	0,4783	< <b>0,001</b>	0,007916	0,009232	0,416
	Fumaça 5%	2,1864	0,4736	< <b>0,001</b>	-0,001338	0,008558	0,880
<i>Chromolaena maximilianii</i>	Controle	3,2055	0,5889	< 0,001	0,48106	0,05544	< 0,001
	Fumaça 2,5%	0,5441	0,9266	0,557	0,16667	0,09299	0,107
	Fumaça 5%	0,3499	0,9280	0,706	0,09336	0,08635	0,308
<i>Chromolaena squalida</i>	Controle	-1,0986	0,2887	< 0,001	0,20067	0,02606	< 0,001
	Fumaça 2,5%	0,5878	0,3994	0,141110	0,03532	0,04024	0,403
	Fumaça 5%	1,2577	0,3837	< <b>0,001</b>	0,03890	0,04059	0,363
<i>Chrysoleaena obovata</i>	Controle	-2,398	1,044	< 0,05	0,12500	0,03959	< 0,05
	Fumaça 2,5%	1,533	1,126	< <b>0,05</b>	0,12242	0,05570	0,0793
	Fumaça 5%	2,883	1,137	0,1735	0,02500	0,04816	0,6259

Espécie	Tratamento	Porcentagem de Germinação			Tempo Médio de Germinação		
		Estimate	SEM	P-Value	Estimate	SEM	P-Value
<i>Elephantopus biflorus</i>	Controle	22,69	5908,41	0,997	0,151068	0,006506	< 0,001
	Fumaça 2,5%	-18,23	5908,41	0,998	-0,018115	0,008667	0,0662
	Fumaça 5%	-18,22	5908,41	0,998	-0,023142	0,008525	< <b>0,05</b>
<i>Eremanthus sp</i>	Controle	-1,65292	0,36385	< 0,001	0,20000	0,02238	< 0,001
	Fumaça 2,5%	1,31645	0,49666	< <b>0,05</b>	-0,01763	0,03029	0,575
	Fumaça 5%	0,04349	0,53140	0,93478	-0,02734	0,02957	0,379
<i>Lepidaploa chamissonis</i>	Controle	0,20067	0,25950	0,439	0,228158	0,009524	< 0,001
	Fumaça 2,5%	0,28484	0,36694	0,438	0,020851	0,014098	0,173
	Fumaça 5%	-0,04652	0,41293	0,910	0,018756	0,014033	0,214
<b><i>L. chamissonis</i> (6 meses)</b>	Controle	0,6650	0,2900	< 0,05	0,30227	0,03478	< 0,001
	Fumaça 2,5%	-	-	-	-	-	-
	Fumaça 5%	-0,3873	0,3930	0,3243	0,04221	0,05273	0,453916
<i>Lessingianthus grandiflorus</i>	Controle	20,71	9514,24	0,998	0,27273	0,04303	< 0,001
	Fumaça 2,5%	-21,11	9514,24	0,998	-0,07273	0,05784	0,26418
	Fumaça 5%	-20,01	9514,24	0,998	-0,03896	0,05668	0,52242
<i>Pterocaulon angustifolium</i>	Controle	1,3754	0,2334	< 0,001	0,059251	0,005193	< 0,001
	Fumaça 2,5%	-0,5609	0,3178	0,0776	-0,003089	0,007155	0,676
	Fumaça 5%	-0,1056	0,3251	0,7453	-0,013869	0,006541	0,063
<i>Pterocaulon rugosum</i>	Controle	2,1518	0,3341	< 0,001	0,25676	0,03398	< 0,001
	Fumaça 2,5%	-0,4055	0,4358	0,352	0,08792	0,05689	0,157
	Fumaça 5%	-0,3365	0,4412	0,446	0,19363	0,06862	< <b>0,05</b>
<i>Bulbostylis fimbriata</i>	Controle	-4,595	1,005	< 0,001	D.I	D.I	D.I
	Fumaça 2,5%	1,844	1,090	0,0907	D.I	D.I	D.I
	Fumaça 5%	2,271	1,064	< <b>0,05</b>	D.I	D.I	D.I
<i>Bulbostylis junciformis</i>	Controle	-22,96	5876,46	0,997	D.I	D.I	D.I
	Fumaça 2,5%	18,36	5876,46	0,998	D.I	D.I	D.I
	Fumaça 5%	18,36	5876,46	0,998	D.I	D.I	D.I

Espécie	Tratamento	Porcentagem de Germinação			Tempo Médio de Germinação		
		Estimate	SEM	P-Value	Estimate	SEM	P-Value
<i>Cyperus odoratus</i>	Controle	D.I	D.I	D.I	D.I	D.I	D.I
	Fumaça 2,5%	D.I	D.I	D.I	D.I	D.I	D.I
	Fumaça 5%	D.I	D.I	D.I	D.I	D.I	D.I
<i>Fimbristylis dichotoma</i>	Controle	D.I	D.I	D.I	D.I	D.I	D.I
	Fumaça 2,5%	D.I	D.I	D.I	D.I	D.I	D.I
	Fumaça 5%	D.I	D.I	D.I	D.I	D.I	D.I
<i>Lagenocarpus rigius</i>	Controle	-3,88156	0,71436	< 0,001	D.I	D.I	D.I
	Fumaça 2,5%	0,02083	1,01036	0,984	D.I	D.I	D.I
	Fumaça 5%	0,09737	1,01078	0,923	D.I	D.I	D.I
<i>Rhynchospora albiceps*</i>	Controle	-2,5427	0,3925	< 0,001	2,46469	0,12570	< 0,001
	Fumaça 2,5%	0,6303	0,4923	0,20043	-0,12455	0,17776	0,501
	Fumaça 5%	1,4701	0,4536	< <b>0,001</b>	-0,02256	0,17776	0,902
<b><i>R. albiceps</i> (6 meses)</b>	Controle	-0,7390	0,2149	< 0,001	0,077994	0,006281	< 0,001
	Fumaça 2,5%	-	-	-	-	-	-
	Fumaça 5%	0,2555	0,2998	0,393999	0,005469	0,009199	0,574
<i>Rhynchospora albobracteata</i>	Controle	-3,8918	0,7143	< 0,001	0,078431	0,008703	< 0,001
	Fumaça 2,5%	1,1192	0,8290	0,17700	0,004043	0,012630	0,756
	Fumaça 5%	2,0650	0,7701	< <b>0,05</b>	-0,007320	0,011748	0,549
<b><i>R. albobracteata</i> (6 meses)</b>	Controle	-0,9719	0,2219	< 0,001	2,60903	0,23173	< 0,001
	Fumaça 2,5%	0,6726	0,2995	< <b>0,05</b>	0,21912	0,32772	0,521
	Fumaça 5%	0,7307	0,2997	< <b>0,05</b>	-0,04177	0,32772	0,901
<i>Rhynchospora exaltata</i>	Controle	-3,4761	0,5862	< 0,001	D,I	D,I	D,I
	Fumaça 2,5%	-1,1190	1,1635	0,336	D,I	D,I	D,I
	Fumaça 5%	-1,1190	1,1635	0,336	D,I	D,I	D,I
<b><i>R. exaltata</i> (6 meses)</b>	Controle	-2,3026	0,3496	< 0,001	2,83611	0,17331	< 0,001
	Fumaça 2,5%	-0,4490	0,5473	0,412	-0,03931	0,24510	0,876

Espécie	Tratamento	Porcentagem de Germinação			Tempo Médio de Germinação		
		Estimate	SEM	P-Value	Estimate	SEM	P-Value
	Fumaça 5%	-0,2841	0,5252	0,589	0,26586	0,24510	0,306
<i>Chelonanthus alatus</i>	Controle	-2,9339	0,4590	< 0,001	0,092308	0,011993	< 0,001
	Fumaça 2,5%	-0,2546	0,6863	0,711	-0,004072	0,015213	0,80218
	Fumaça 5%	-0,9163	0,8493	0,281	-0,012308	0,015870	0,48133
<i>Bauhinia dumosa</i>	Controle	1,9741	0,4773	< 0,001	0,11962	0,01222	< 0,001
	Fumaça 2,5%	1,6635	1,1199	0,137	-0,03023	0,01525	0,0788
	Fumaça 5%	0,1950	0,7116	0,784	0,02024	0,01879	0,3096
<i>Stylosanthes gracilis*</i>	Controle	-3,4864	0,5861	< 0,001	0,12500	0,02237	< 0,05
	Fumaça 2,5%	0,3083	0,7771	0,692	-0,00500	0,02843	0,8716
	Fumaça 5%	-0,0202	0,8288	0,981	-0,07582	0,02560	0,0595
<i>Syngonanthus helminthorrhizus</i>	Controle	0,9946	0,2252	< 0,001	2,12078	0,06600	< 0,001
	Fumaça 2,5%	0,2218	0,3236	0,49320	-0,05161	0,09334	0,595
	Fumaça 5%	-0,8085	0,3039	< <b>0,05</b>	0,14713	0,10082	0,183
<i>Gymneia interrupta</i>	Controle	-0,3124	0,2403	0,1935	0,1011074	0,0084025	< 0,001
	Fumaça 2,5%	0,6968	0,3320	< <b>0,05</b>	0,0004491	0,0119093	0,971
	Fumaça 5%	0,1011	0,3331	0,7616	-0,070456	0,0114764	0,554
<i>Hyptis campestris</i>	Controle	-1,08519	0,23133	< 0,001	0,0781759	0,0043184	< 0,001
	Fumaça 2,5%	0,08061	0,32567	0,805	0,0052340	0,0063149	0,429
	Fumaça 5%	0,33320	0,31321	0,287	-0,008026	0,0060758	0,898
<i>Banisteriopsis campestris</i>	Controle	-1,2528	0,2417	< 0,001	0,067002	0,005136	< 0,001
	Fumaça 2,5%	-0,4580	0,3703	0,216	-0,002067	0,007152	0,779
	Fumaça 5%	-0,2513	0,3554	0,480	-0,012006	0,006644	0,104
<i>Acisanthera alsinaefolia*</i>	Controle	-0,7538	0,2144	< 0,001	0,085760	0,005488	7,9100
	Fumaça 2,5%	0,4100	0,2996	0,171202	-0,010466	0,007304	0,186
	Fumaça 5%	-0,9690	0,3529	< <b>0,05</b>	-0,016596	0,007051	< <b>0,05</b>
<i>Chaetogastra gracilis</i>	Controle	0,05716	0,19526	0,770	0,056964	0,004834	< 0,001

Espécie	Tratamento	Porcentagem de Germinação			Tempo Médio de Germinação		
		Estimate	SEM	P-Value	Estimate	SEM	P-Value
<i>Aristida megapotamica</i> *	Fumaça 2,5%	0,42835	0,28020	0,126	0,011621	0,007566	0,159
	Fumaça 5%	-0,05716	0,27675	0,836	0,012978	0,007655	0,124
	Controle	-0,4055	0,3227	0,209	2,1691	0,1581	< 0,001
	Fumaça 2,5%	0,5680	0,4615	0,218	-0,0886	0,2236	0,7012
	Fumaça 5%	0,5390	0,4879	0,269	-0,4192	0,2236	0,0936
	Controle	-0,9163	0,2523	< 0,01	0,047606	0,003354	< 0,001
<i>Aristida riparia</i>	Fumaça 2,5%	1,1959	0,3468	< <b>0,01</b>	0,001564	0,004822	0,753
	Fumaça 5%	1,3437	0,3445	< <b>0,01</b>	0,003857	0,004939	0,455
	Controle	0,3118	0,2055	0,12930	3,08644	0,09944	< 0,01
<i>Ctenium polystachyum</i> *	Fumaça 2,5%	0,2318	0,2935	0,42962	-1,62505	0,14063	< <b>0,01</b>
	Fumaça 5%	0,9875	0,3207	< <b>0,05</b>	-1,83883	0,14063	< <b>0,01</b>
	Controle	1,6701	0,2725	< 0,01	0,35156	0,03607	< 0,01
<i>C. polystachyum</i> (6 meses)	Fumaça 2,5%	-	-	-	-	-	-
	Fumaça 5%	2,2218	0,7645	< <b>0,05</b>	0,38895	0,08411	< <b>0,05</b>
<i>Eustachys distichophylla</i>	Controle	2,794	7,162	1	0,477612	0,015315	< 0,01
	Fumaça 2,5%	-2,478	7,162	1	-0,010013	0,021432	0,651
	Fumaça 5%	9,697	1,013	1	-0,001421	0,021626	0,949
<i>Paspalum hyalinum</i>	Controle	-3,4812	0,7179	< 0,01	D.I	D.I	D.I
	Fumaça 2,5%	-0,4700	1,2388	0,704	D.I	D.I	D.I
	Fumaça 5%	1,0833	0,8565	0,206	D.I	D.I	D.I
<i>Paspalum lachneum</i>	Controle	-0,6931	0,2500	< 0,05	0,51064	0,06748	< 0,001
	Fumaça 2,5%	-	-	-	-	-	-
	Fumaça 5%	-1,5506	0,4696	< <b>0,001</b>	-0,14329	0,08772	0,163297
<i>Paspalum pectinatum</i> *	Controle	0,6190	0,2344	< 0,001	2,49264	0,05624	< 0,001
	Fumaça 2,5%	-0,5190	0,3241	0,10938	-0,04157	0,07954	0,614
	Fumaça 5%	-1,6521	0,3457	< <b>0,001</b>	-0,12345	0,07954	0,155

Espécie	Tratamento	Porcentagem de Germinação			Tempo Médio de Germinação		
		Estimate	SEM	P-Value	Estimate	SEM	P-Value
<i>Saccharum villosum</i>	Controle	-1,0986	0,2309	< 0,001	1,70439	0,09643	< 0,001
	Fumaça 2,5%	0,7100	0,3087	< <b>0,05</b>	-0,49740	0,13638	< <b>0,05</b>
	Fumaça 5%	1,3218	0,3070	< <b>0,05</b>	-0,31375	0,13638	< <b>0,05</b>
<i>Schizachyrium microstachyum</i>	Controle	-3,1135	0,5110	< 0,001	0,040000	0,007220	< 0,05
	Fumaça 2,5%	-1,4298	1,1277	0,205	0,003478	0,012021	0,78669
	Fumaça 5%	-0,7577	0,8784	0,388	0,007619	0,012765	0,58273
<i>S. microstachyum (6 meses)</i>	Controle	-1,0266	0,2379	< 0,001	0,022037	0,015933	0,18354
	Fumaça 2,5%	0,8241	0,3061	< <b>0,05</b>	0,064090	0,021129	< <b>0,05</b>
	Fumaça 5%	-	-	-	-	-	-
<i>Steinchisma hians</i>	Controle	-1,6094	0,2657	< 0,001	0,14656	0,01703	< 0,001
	Fumaça 2,5%	0,5978	0,3454	0,0835	0,01405	0,02527	0,592
	Fumaça 5%	0,5553	0,3595	0,1224	0,01365	0,02523	0,602
<i>Trachypogon spicatus</i>	Controle	-3,8286	0,7148	< 0,001	0,060606	0,009056	< 0,001
	Fumaça 2,5%	1,7492	0,7830	< <b>0,05</b>	0,020148	0,013381	0,18287
	Fumaça 5%	1,8709	0,7784	< <b>0,05</b>	0,046061	0,014457	< <b>0,05</b>
<i>Tristachya leiostachya</i>	Controle	-3,4965	0,7177	< 0,001	D.I	D.I	D.I
	Fumaça 2,5%	0,3185	0,9286	0,732	D.I	D.I	D.I
	Fumaça 5%	-0,1144	1,0142	0,910	D.I	D.I	D.I
<i>Vellozia sp</i>	Controle	2,7300	0,5959	< 0,001	2,5000	2,266	< 0,001
	Fumaça 2,5%	-	-	-	-	-	-
	Fumaça 5%	19,3133	5471,687	0,997	3,9250	3,205	0,267
<i>Xyris jupicai</i>	Controle	0,42199	0,20345	< 0,05	0,045819	0,002900	< 0,001
	Fumaça 2,5%	-0,08885	0,28516	0,7554	0,000104	0,004106	0,98
	Fumaça 5%	-0,09531	0,28375	0,7370	0,002032	0,004193	0,64
<i>Xyris paradisiaca</i>	Controle	-1,1607	0,2247	< 0,001	2,81441	0,07383	< 0,001
	Fumaça 2,5%	2,2594	0,3257	< <b>0,05</b>	-0,87561	0,10441	< <b>0,001</b>

Espécie	Tratamento	Porcentagem de Germinação			Tempo Médio de Germinação		
		Estimate	SEM	P-Value	Estimate	SEM	P-Value
	Fumaça 5%	2,4796	0,3250	< <b>0,05</b>	-0,87657	0,10441	< <b>0,001</b>

-: ausência de tratamento (número insuficiente de sementes), D.I: dados insuficientes.

Tabela S3 – Parâmetros estimados pelo modelo de GLM para porcentagem de germinação e tempo médio de germinação, comparando sementes que ficaram guardadas por 2 a 2,5 meses e após armazenamento adicional de 3,5 a 4 meses (6 meses ao todo), expostas aos tratamentos controle, fumaça 2,5% e fumaça 5%. Valores de P significativos (< 0,05) estão destacados em negrito.

Espécie	Tratamento	Tempo de armazenamento (meses)	Porcentagem de Germinação			Tempo Médio de Germinação		
			Estimate	SEM	P-Value	Estimate	SEM	P-Value
<i>Lepidaploa chamissonis</i>	Controle	Dois	0,6650	0,2900	< 0,001	0,30227	0,02581	< 0,001
		Seis	-0,4643	0,3892	0,2329	-0,07411	-2,291	0,0618
	Fumaça 5%	Dois	0,9808	0,3385	< 0,001	0,34448	0,03089	< 0,001
		Seis	-0,8267	0,4666	0,07647	-0,09757	0,03801	0,0625
<i>Rhynchospora albiceps</i>	Controle	Dois	-0,7390	0,2149	< 0,001	0,077994	0,008852	< 0,001
		Seis	-1,8038	0,2149	< <b>0,001</b>	0,004480	0,012883	0,73914
	Fumaça 5%	Dois	0,9808	0,3385	< 0,001	0,083464	0,005900	< 0,001
		Seis	-0,8267	0,4666	0,07647	0,003367	0,008513	0,706
<i>Rhynchospora albobracteata</i>	Controle	Dois e meio	-0,9719	0,2219	< 0,001	0,072948	0,006321	< 0,001
		Seis	-2,9200	0,7480	< <b>0,001</b>	0,005483	0,009281	0,576
	Fumaça 2,5%	Dois e meio	-2,7726	0,4208	< 0,001	2,8281	0,2857	< 0,001
		Seis	2,4733	0,4665	< <b>0,001</b>	-0,3492	0,4041	0,421
	Fumaça 5%	Dois e meio	-0,9719	0,2219	< 0,001	0,076471	0,007426	< 0,001
		Seis	-0,8550	0,3635	< <b>0,05</b>	-0,005359	0,010140	0,616
<i>Rhynchospora exaltata</i>	Controle	Dois	-2,3026	0,3496	< 0,001	D.I	D.I	D.I
		Seis	-1,1735	0,6825	0,0856	D.I	D.I	D.I

Espécie	Tratamento	Tempo de armazenamento (meses)	Porcentagem de Germinação			Tempo Médio de Germinação			
			Estimate	SEM	P-Value	Estimate	SEM	P-Value	
<i>Ctenium polystachyum</i>	Fumaça 2,5%	Dois	-4,595	1,005	< 0,001	D.I	D.I	D.I	
		Seis	1,844	1,090	0,0907	D.I	D.I	D.I	
	Fumaça 5%	Dois	-2,5867	0,3919	< 0,001	D.I	D.I	D.I	
		Seis	-2,0084	1,0787	0,0626	D.I	D.I	D.I	
	Controle	Dois	Dois	-2,7726	0,4208	< 0,001	1,02752	0,09176	< 0,001
			Seis	2,4733	0,4665	< <b>0,001</b>	2,05892	0,12977	< <b>0,001</b>
		Fumaça 5%	Dois	3,8918	0,7143	< 0,001	0,74051	0,05936	< 0,001
			Seis	-2,5925	0,7555	< <b>0,001</b>	-0,45526	0,06361	< <b>0,001</b>
<i>Schizachyrium microstachyum</i>	Controle	Dois	-1.0266	0.2379	< 0,001	0.08796	0.01118	< 0,001	
		Seis	-2.0869	0.5636	< <b>0,001</b>	-0.04796	0.01263	< <b>0,05</b>	
	Fumaça 2,5%	Dois	-0.2025	0.1925	0.293	0.13001	0.01259	< 0,001	
		Seis	-4.3408	1.0236	< <b>0,001</b>	-0.08653	0.01393	< <b>0,05</b>	

-: ausência de tratamento (número insuficiente de sementes), D.I: dados insuficientes.



## CONCLUSÃO GERAL

Os resultados revelam que o uso da fumaça e do armazenamento pode ser benéfico no processo germinativo de espécies do estrato herbáceo-arbustivo do Cerrado, no entanto, diante da grande diversidade de espécies, e das diferentes respostas germinativas apresentadas, são necessários mais estudos para compreender melhor a estratégia reprodutiva dessas formas de vida frente ao fogo, bem como os mecanismos de alívio de dormência em sementes armazenadas.

Os dados obtidos indicam que:

- (i) A fumaça pode ser benéfica para o processo germinativo, no entanto, algumas espécies podem apresentar inibição da germinação, e aumento do TMG;
- (ii) O armazenamento pode aumentar as porcentagens germinativas em plantas de Cerrado, aliviando a dormência em espécies de Cyperaceae e Poaceae;
- (iii) A combinação do armazenamento com posterior tratamento com fumaça pode potencializar as porcentagens germinativas de espécies de Poaceae.

## **APÊNDICE**

Normas para elaboração do manuscrito (Flora, INSS eletrônico): 0367-2530.

### **Article structure**

#### **Subdivision - numbered sections**

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

#### **Introduction**

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

#### **Material and methods**

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

#### **Theory/calculation**

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In

contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

## **Results**

Results should be clear and concise.

## **Discussion**

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them.

A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

## **Conclusions**

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

## **Appendices**

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc.

Formulae and equations in appendices should be given separate numbering:

Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on.

Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.