
ECOLOGIA

JESSIKA DA SILVA NUNES

**RESISTÊNCIA AO FOGO E ATRIBUTOS
FUNCIONAIS EM SEMENTES DE
LEGUMINOSAS DE CAMPO SUJO**



Rio Claro
2016

JESSIKA DA SILVA NUNES

RESISTÊNCIA AO FOGO E ATRIBUTOS FUNCIONAIS EM
SEMENTES DE LEGUMINOSAS DE CAMPO SUJO

Orientador: Profa. Dra. Alessandra Fidelis

Co-orientador: MSc. L. Felipe Daibes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de
Rio Claro, para obtenção do grau de Ecóloga.

Rio Claro
2016

581.5 Nunes, Jessika da Silva
N972r Resistência ao fogo e atributos funcionais em sementes de
 leguminosas de campo sujo / Jessika da Silva Nunes. - Rio
 Claro, 2016
 29 f. : il., gráfs., tabs., fots., mapas

 Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) -
 Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de
 Rio Claro
 Orientadora: Alessandra Fidelis
 Coorientador: L. Felipe Daibes

 1. Ecologia vegetal. 2. Cerrado. 3. Dormência Física. 4.
 Fabaceae. 5. Germinação. 6. Choque térmico. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

Dedico este trabalho a todos que de alguma forma tornaram possível minha trajetória até aqui.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente devo dizer que por mais que tente não vou conseguir expressar aqui o quanto sou grata a cada uma das pessoas que irei citar.

Agradeço a Deus que me deu forças para sempre seguir em frente.

Família é a base de tudo e sem eles eu não chegaria até aqui, agradeço a minha Família por todo apoio, especialmente meu pai Benedito que sempre fez de tudo para ajudar a realizar meu sonho de entrar na universidade pública, que sempre me incentivou com palavras de apoio e por todas as mensagens de bom dia que tornam meus dias muito melhores, a minha mãe Genílsa que além de sempre me apoiar em tudo, com seu extinto maternal sabia sempre o momento certo de me ligar ou enviar uma mensagem que fizesse eu me sentir melhor, mesmo nos dias mais difíceis. As minhas irmãs lindas por estarem sempre comigo me apoiando e ao meu noivo por sempre me ouvir nos momentos de crises, por não desistir de mim, por me apoiar e estar sempre a postos para me abraçar e fazer eu me sentir melhor, obrigada meu amor por estar sempre ao meu lado. Agradeço também a todos os meus tios pelo incentivo.

Dizem que quem tem amigos tem tudo, tenho que agradecer a Deus por ter colocado tantas pessoas maravilhosas em minha vida, obrigada a turma de ecologia 2013 por todos os momentos juntos. É impossível falar de amigos e não citar as pessoas que tornaram tudo especial, obrigada Bel por todos os momentos juntos, por todas as palavras de apoio, por ser a melhor colega de quarto que eu poderia encontrar na universidade, obrigada por todas as risadas e noites indo dormir tarde de tanto conversar. Dendê e Tamara, sem vocês esses anos no curso não seriam o mesmo, obrigada por estarem sempre ao meu lado, pelas muitas conversas e risadas, pelas gordices, por serem o melhor grupo sempre para fazer trabalhos, vocês são mais que especiais para mim, e obrigada a todas vocês pela ajuda para que esse trabalho se tornasse possível, especialmente a Dendê que me auxiliou em praticamente todos os experimentos. Joyce, a melhor “assessora” que eu poderia ter encontrado, por mais que você tenha chegado esse ano, já se tornou mais que especial. Obrigada por tudo.

Agradeço a todas as pessoas da Moradia Estudantil da Unesp de Rio Claro, que me receberam quando cheguei aqui e tornaram possível esse lugar, pois sem ele provavelmente não estaria universidade.

Agradeço a todos que trabalham na biblioteca, por estarem sempre dispostos a nos ajudar, tirar nossas dúvidas e sempre com um sorriso no rosto.

Agradeço a todos os professores, que de alguma maneira fizeram parte da minha formação, em especial a professora Rosa Maria Feiteiro Cavalari por ter sido uma excelente orientadora no meu primeiro ano, além de uma ótima professora.

Agradeço também a todos do laboratório de Ecologia Vegetal (Leveg), que de alguma maneira me auxiliaram no meu projeto e estiveram ao meu lado, em especial ao Pajé, Gaga, Helô, Naty, Talita, Mari, Gabi, Pri e Vagner (Tintim), o melhor padecoço que eu poderia ter. Obrigada ao meu co-orientador Luís por toda ajuda e paciência que teve comigo, por estar sempre presente para o que eu precisasse, com certeza você terá muito sucesso na sua vida, não consigo pensar em um co-orientador melhor, e obrigada a minha orientadora Alessandra Fidelis por ser presente em tudo, por realmente dar sentido à palavra orientadora, obrigada por me proporcionar oportunidades que jamais pensaria que teria, e por guiar meus caminhos não só na pesquisa mas também na ética científica.

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento dos projetos FAPESP (2015/06743-0), e FAPESP (2015/11176-8), e também a Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza financiamento do projeto (0153_PR).

Enfim agradeço a todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram a chegar até aqui.

“Abra os seus braços
Vá de encontro ao redentor.
Deixe para trás o que ficou
e busque o amor.
Basta um sorriso e o dia vence a noite,
a vida vence a morte,
a fé vence a dor
é só você acreditar.
Olhe a sua volta e terá tantas razões pra sonhar.”
(SÁ, FARO, FELTRIN, 2006)

Resumo

O fogo influencia a vegetação do Cerrado, afetando a dinâmica das comunidades vegetais. Espécies da família Fabaceae são frequentes nessas áreas, apresentando sementes com tegumento impermeável. Esta impermeabilidade do tegumento é denominada dormência física, e fatores como choques térmicos relacionados ao fogo são reconhecidos por quebrar tal dormência em ecossistemas inflamáveis da Austrália e de clima mediterrâneo. Além disso, para que as populações destas espécies persistam no local com influência de queimas recorrentes, as sementes devem resistir às altas temperaturas. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo estudar a germinação e os atributos funcionais em sementes de leguminosas de campo sujo (8 espécies: 2 subarbustos, 3 arbustos, 3 árvores) em relação ao fogo. Por estarem presentes em um ambiente com frequente influência do fogo, levantamos a hipótese que as sementes resistiriam às altas temperaturas e teriam atributos semelhantes entre si, de forma que o distúrbio agiria como filtro ambiental. Para análise do efeito de altas temperaturas foram utilizadas 5 réplicas de 20 sementes/tratamento. Os seguintes tratamentos foram aplicados: 100°C por 1 e 3 minutos e 200°C por 1 minuto, além de um controle, que não foi exposto ao choque térmico. Após os tratamentos, as sementes foram colocadas para germinar em câmara de germinação (27°C, 12h de luz) durante 30 dias, com contagens regulares da germinação e teste de viabilidade (tetrazólio) ao final do experimento. Além disso, mensuramos atributos funcionais das sementes (20 sementes/indivíduo, de 3-5 indivíduos), como o peso seco (mg), forma (mm), permeabilidade (% da população que ganha peso após 24, 48 e 72h de embebição em água), teor de água (% de água) e germinabilidade (% germinação). Como resultados obtivemos que todas as sementes resistiram ao choque térmico de 100°C 1', e duas das espécies apresentaram quebra de dormência quando expostas ao tratamento de 100°C 3' (*Senna cana* e *Mimosa kalunga*). *S. cana* teve quebra da dormência também quando exposta a 200°C. Por outro lado, seis espécies tiveram alguma redução na sua germinação e/ou viabilidade nos tratamentos considerados mais severos, de 100°C 3' e 200°C. Todas as espécies apresentaram atributos semelhantes entre si, com valores da forma que as classificavam como arredondadas (<0,2) e valores de peso seco $\leq 0,05$ g, apresentando também baixo teor de água (<10%). Duas espécies foram consideradas permeáveis: *M. kalunga* e *Mimosa* sp. Nova 1. Sementes que resistem a 100°C 1' podem sobreviver à passagem do fogo quando localizadas no banco de sementes sob o solo. Esta resistência aos choques térmicos, aliada à quebra de parte significativa da dormência em algumas espécies, pode auxiliar na persistência das sementes no sistema pós-fogo. A avaliação dos atributos auxilia a compreender as estratégias adotadas pelas sementes para sobreviver no ambiente, pois sementes pequenas, arredondadas, podem se enterrar mais facilmente no banco de sementes, evitando o contato direto das sementes com o fogo, já que a maioria das espécies não resistiu aos tratamentos considerados mais severos. Com isso, os resultados deste trabalho auxiliam a entender melhor a influência do fogo na seleção de atributos de plantas em ambientes inflamáveis, especialmente nas savanas Neotropicais.

Palavras chave: Cerrado, dormência física, Fabaceae, germinação, choque térmico.

Abstract

Fire influences the Cerrado vegetation, affecting the dynamics of plant communities. Fabaceae species are common in these areas, showing seeds with impermeable coats. The impermeability of seed coat is called physical dormancy and factors such as fire-related heat shocks have been recognized to break it in some flammable ecosystems from Australia and the mediterranean. Moreover, for the persistence of those populations at sites influenced by recurrent fires, the seeds should be resistant to high temperatures. Therefore, this study aims to evaluate seed germination and seed traits of legumes from Cerrado open savannas (*campo sujo*) (8 species: 2 subshrubs, 3 shrubs, 3 trees) in relation to fire. Since the study species occur in an environment with frequent influence of fire, we hypothesized that the seeds would resist the exposure to high temperatures, and would have similar traits, so disturbance acts as an environmental filtering. To analyse the effect of high temperatures we used 5 replicates of 20 seeds/treatment. The following treatments were applied: 100°C for 1 and for 3 minutes, and 200°C for 1 minute, and a control, which was not exposed to any heat shock. After the treatments, the seeds were put to germinate in a germination chamber (27°C, 12h of light) for 30 days, with regular counting of germination, and a viability test (tetrazolium) was performed by the end of the experiment. The results show that all seeds survived the heat shock of 100°C 1', and two species exhibit break of physical dormancy when exposed to the treatment of 100°C 3' (*Senna cana* and *Mimosa kalunga*). *S. cana* had also dormancy breaking when exposed to 200°C. On the other hand, six species had some reduction in germination and/or viability in the treatments considered more severe, 100°C 3' and 200°C. All species had similar traits, with values that classified them as round-shaped (<0.2), and seed mass values ≤ 0.05 g, showing also low water content ($<10\%$). Two species were considered permeable *M. kalunga* and *Mimosa* sp. 1. Seeds that resist 100°C 1' can survive fire passage when located in the underground seed bank. This resistance to heat shocks, coupled with the break of a significant portion of physical dormancy in some species, can help in the persistence of seeds in the post-fire system. The evaluation of traits helps to understand the strategies of the seeds to survive in the environment, because round and small-seeded species may be buried easier in the seed bank, preventing direct contact of the seeds with fire, since most species did not resist the treatments considered to be more severe. Thus, the results of this work could assist in a better understanding of the influence of fire on plant traits in flammable environments, particularly in the Neotropical savannas.

Keywords: Cerrado, physical dormancy, Fabaceae, germination, heat shock.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	MATERIAL E MÉTODOS	12
	a. Área de estudo, coleta e armazenamento das sementes	12
	b. Mensuração dos atributos de germinação e sementes	15
	c. Análise dos dados	16
4	DISCUSSÃO	20
5	CONCLUSÃO	23
	REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

Diversos atributos de plantas podem ser utilizados em estudos ecológicos, avaliando respostas da vegetação a diversos fatores ambientais (LAVOREL; GARNIER, 2002). Atributos de sementes e germinação, por exemplo, podem ser utilizados para auxiliar no entendimento da distribuição das espécies e suas respostas a mudanças climáticas ou distúrbios (MOLES et al., 2007). Além disso, tais atributos podem indicar o tipo de ambiente e explicar as estratégias de regeneração e estabelecimento das plantas (WEIHER et al., 1999; KEELEY et al., 2011), devendo também ser aplicados na análise de comunidades vegetais (JIMÉNEZ-ALFARO et al., 2016). Tamanho e forma das sementes, além da presença de dormência e porcentagem de germinação, são algumas das possíveis maneiras de verificar a influência do ambiente nas espécies (CORNELISSEN et al., 2003; PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013; JIMÉNEZ-ALFARO et al., 2016).

O peso e a forma das sementes são bastante utilizados em estudos globais (e.g. MOLES et al., 2005; MOLES et al., 2014), sendo os atributos de sementes mais avaliados em escala de comunidade (JIMÉNEZ-ALFARO et al., 2016). Estes atributos de fácil mensuração, também conhecidos como 'soft traits' (VIOLLE et al., 2007), são reconhecidos por prever outras características das sementes, como sua longevidade no solo, por exemplo (THOMPSON; BAND; HODGSON, 1993). Além disso, tais atributos também podem ser utilizados para prever características das sementes e plântulas, como sua capacidade de sobrevivência ao fogo (HOFFMANN, 2000; RIBEIRO et al. 2015).

Um importante atributo avaliado em ecossistemas inflamáveis é a estimulação da germinação e/ou a quebra da dormência em sementes impermeáveis (i.e., que apresentam dormência física) pelas altas temperaturas do fogo (e.g. AULD; O'CONNELL, 1991; KEELEY; FOTHERINGHAM, 1998, MOREIRA et al., 2010). Os atributos da germinação de espécies de diferentes famílias tendem a convergir entre os diferentes ambientes inflamáveis, mesmo entre continentes e em famílias que não são próximas filogeneticamente (KEELEY; BOND, 1997). A maioria das espécies de Fabaceae apresentam dormência física (BASKIN; BASKIN; LI, 2000), muitas vezes quebrada pela exposição a temperaturas $>80^{\circ}\text{C}$ (AULD; O'CONNELL, 1991). Portanto, o fogo pode agir como um filtro ambiental e sementes com atributos

semelhantes devem ter sido selecionadas em tais ambientes (KEELEY et al., 2011). Este mecanismo pode ser considerado uma adaptação evolutiva ao fogo em diversos ecossistemas (KEELEY et al., 2011), especificamente quando tal quebra ocorre exclusivamente em temperaturas mais altas do que aquelas registradas na superfície do solo (MOREIRA & PAUSAS, 2012; OOI et al., 2014), ou sob outras condições só obtidas a partir da passagem do fogo, como a presença de compostos químicos da fumaça (MOREIRA et al. 2010; KEELEY & PAUSAS, 2016).

Em muitos casos, porém, a germinação não é dependente de fatores relacionados ao fogo, mas a resistência das sementes às altas temperaturas pode ser um importante atributo para a persistência de populações de plantas em ambientes inflamáveis (PAUSAS et al., 2004; FICHINO et al. 2016; FIDELIS et al. 2016). Espécies do Chaco e do Cerrado, por exemplo, não são estimuladas pelos choques térmicos, mas resistem a temperaturas $>120^{\circ}\text{C}$ (JAUREGUIBERRY; DÍAZ 2015; RIBEIRO et al. 2015; FICHINO et al., 2016). Em espécies arbóreas, o peso da semente pode ser reconhecido como preditor da resistência das sementes aos choques térmicos tanto no Cerrado como em ambiente florestal (RIBEIRO et al., 2015), porém pouco se sabe sobre essas relações entre atributos nas espécies de campo sujo, levando em consideração seus diferentes hábitos.

O Cerrado é considerado um *hotspot* de biodiversidade (MYERS et al., 2000), apresentando um mosaico de diversas fisionomias, como campo limpo, campo sujo, cerrado *sensu stricto* e cerradão (COUTINHO, 1977; OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002). Apesar disso, uma grande parte desta área já foi perdida devido aos avanços da frente agrícola nas últimas décadas (KLINK; MACHADO, 2005). O fogo é um importante fator ecológico e evolutivo no Cerrado, especialmente em suas fisionomias abertas, como o campo sujo, ocorrendo naturalmente (raios) ou por meio antrópico (queimadas) (COUTINHO, 1990, MIRANDA et al., 2009). O fogo está presente no Cerrado há mais de quatro milhões de anos (SIMON et al., 2009) e acredita-se que este distúrbio teve um papel no desenvolvimento de uma vegetação pirofítica (COUTINHO, 1990, SIMON et al., 2009). Quando o fogo é suprimido, ou sua frequência muda drasticamente, isso afeta a dinâmica e estrutura do Cerrado, levando a um aumento da cobertura de espécies arbóreas, por isso estudos sobre as respostas da vegetação ao fogo são de extrema importância para a conservação do Cerrado em suas diferentes fisionomias (DURIGAN; RATTER, 2016; FIDELIS; PIVELLO, 2011).

Assim sendo, este estudo tem como objetivo principal estudar a germinação e os atributos funcionais em sementes de leguminosas de campo sujo em relação ao fogo, avaliando os efeitos de choques térmicos na germinação e mensurando atributos funcionais das sementes (peso, forma, permeabilidade, teor de água). Para isso respondemos às seguintes perguntas: (1) As sementes das espécies estudadas terão a dormência física quebrada e/ou resistirão às altas temperaturas (100° e 200°C)? (2) Como se classificam os atributos funcionais das sementes, tendo em vista que as espécies estão em um mesmo ambiente, mas possuem diferentes hábitos (subarbustos x arbustos x árvores)?

Por estarem em um ambiente no qual o distúrbio é frequente (COUTINHO, 1990), temos a hipótese de que as sementes tenham atributos semelhantes (convergentes) entre si (KEELEY; BOND, 1997). As sementes não necessariamente apresentarão quebra da dormência física, porém espera-se que sejam resistentes aos choques térmicos aplicados em laboratório (JAUREGUIBERRY; DÍAZ, 2015; FICHINO et al., 2016). Sugere-se também que as sementes do Cerrado são mais resistentes à dessecação (RIBEIRO & BORGHETTI, 2014) e, por isso, devem ter um baixo conteúdo de água. Ainda, elas devem ter formato arredondado e tamanho pequeno, tendo em vista que tais características podem auxiliá-las a ser mais facilmente enterradas no solo (CORNELISSEN et al., 2003), até que tenham condições propícias para germinar, com o início da estação chuvosa, podendo também ficar protegidas do fogo quando inseridas no banco de sementes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

a. Área de estudo, coleta e armazenamento das sementes

A coleta das sementes foi feita na Reserva Natural Serra do Tombador - RNST (Goiás, 47°44'-53'W e 13° 35'-43'S, altitude 800m, Figura 1). A RNST possui uma área de 8.730 ha. A precipitação anual varia de 1.500 a 1.750 mm, com temperaturas médias de 18 a 25°C. A vegetação é composta por diversas fisionomias de Cerrado, como campo limpo, campo sujo (predominante) e cerrado *sensu stricto* (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2011). O campo sujo apresenta um estrato herbáceo dominante e rico em espécies graminóides, além de arbustos e subarbustos esparsos e poucas espécies arbóreas (COUTINHO, 1978).

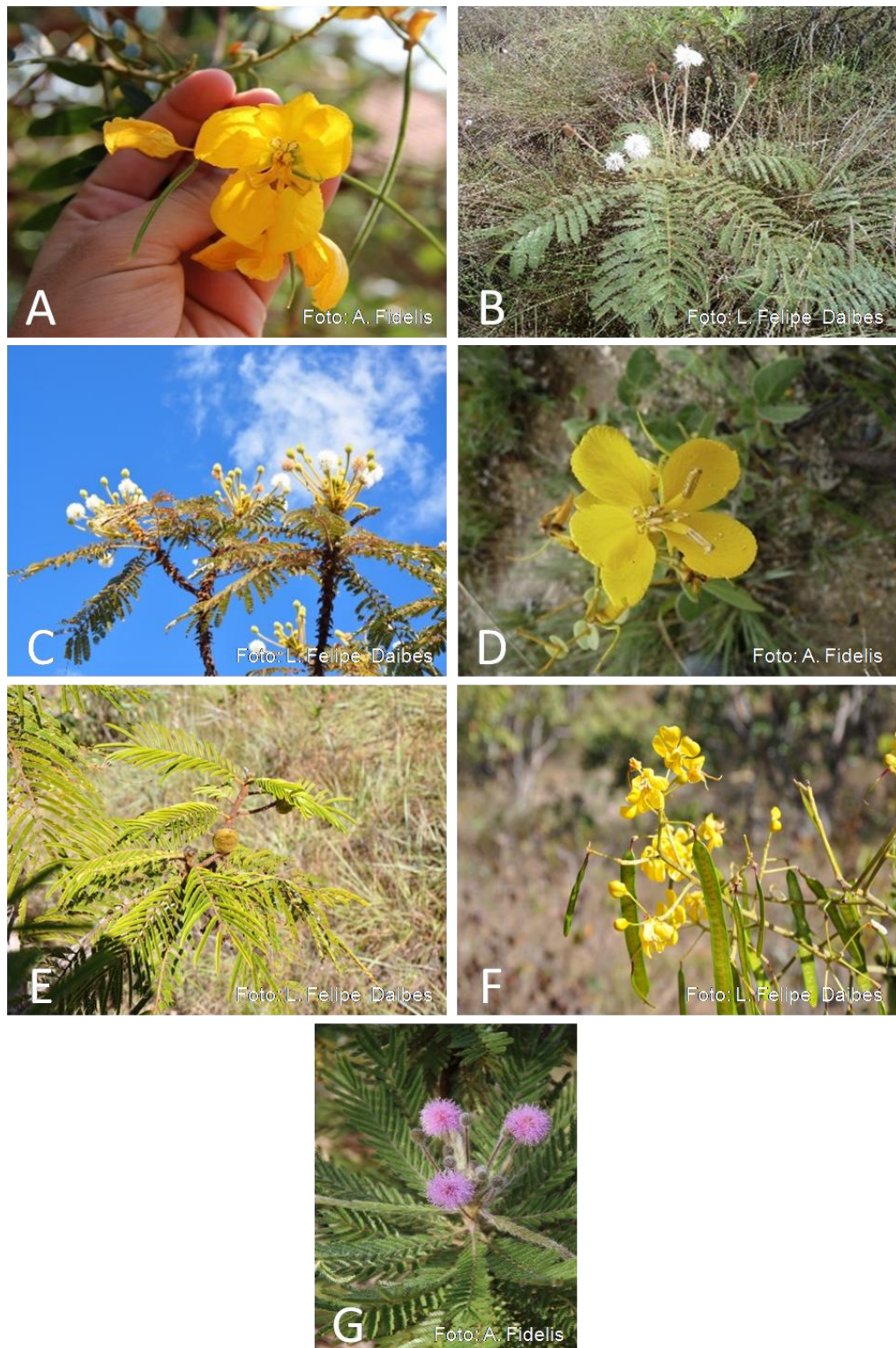
Para os experimentos de germinação, foram coletadas sementes de oito espécies (Figura 2). As sementes utilizadas para medir os atributos de sementes foram coletadas separadamente por indivíduo (Tabela 1), seguindo os protocolos de coleta de atributos (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). Em campo, as sementes foram armazenadas em saco de papel, e estes colocados em saco ziplock® para evitar perda de água das sementes. Após a coleta, as sementes foram armazenadas em geladeira, a 5°C. Testes de germinação com sementes escarificadas (ver abaixo) demonstraram que as mesmas mantêm viabilidade alta (ver Resultados), germinando rapidamente após a escarificação, não havendo, portanto, indução de dormência secundária pelo armazenamento.

Figura 1- Mapa da localização da Reserva Natural Serra do Tombador (RNST), em Goiás, Brasil, onde foram coletadas as sementes para realização deste estudo.



Fonte: Fundação Grupo Boticário

Figura 2- Foto de algumas das espécies que foram utilizadas para fazer os experimentos. A) *Senna cana*, B) *Mimosa* sp. Nova 2, C) *Mimosa* sp. Nova 1, D) *Senna corifolia*, E) *Mimosa clausenii*, F) *Senna silvestris*, G) *Mimosa kalunga*.



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Tabela 1- Espécie, subfamília e hábito das plantas coletadas na Reserva Natural Serra do Tombador (RNST), em Goiás utilizadas no projeto. O hábito está descrito de acordo com Sano, Almeida e Ribeiro (2008), exceto para *Mimosa* sp. Nova 1 e *Mimosa* sp. Nova 2, que estão em processo de descrição botânica pelos pesquisadores Dr. MF Simon (EMBRAPA-CENARGEN) e Dr. LM Borges (UFSCar).

Espécies	Subfamília	Hábito	Mês/Ano de coleta	No. de Indivíduos
<i>Mimosa</i> sp. Nova 1	Mimosoideae	Arvoreta	Out/2014	5
<i>Mimosa</i> sp. Nova 2	Mimosoideae	Subarbusto	Jul/2014	5
<i>Mimosa clausenii</i> Benth.	Mimosoideae	Arbusto	Out/2014	5
<i>Mimosa kalunga</i> Marc.F.Simon & C.E.Hughes	Mimosoideae	Arbusto	Out/2014	5
<i>Senna corifolia</i> (Benth.) H.S.Irwin & Barneby	Caesalpinioideae	Arbusto	Out/2014	4
<i>Senna cana</i> (Benth.) H.S.Irwin & Barneby	Caesalpinioideae	Arvoreta	Out/2014	8
<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S.Irwin & Barneby	Caesalpinioideae	Árvore	Out/2014	8
<i>Chamaecrista ochrosperma</i> (H.S.Irwin & Barneby) H.S.Irwin	Caesalpinioideae	Subarbusto	Out/2014	7

Fonte: Elaborada pela autora (2016).

b. Mensuração dos atributos de germinação e sementes

Os seguintes atributos foram medidos, seguindo adequação feita em protocolos de coletas de atributos de plantas (CORNELISSEN et al., 2003; PÉREZ-HARGUINDEGUY et al. 2013):

a) germinabilidade e resistência ao fogo

As sementes das espécies estudadas foram colocadas em mufla pré-aquecida a 100°C (por 1' e 3') e a 200°C (1'), além de um controle (sementes não expostas a qualquer tratamento). Foram utilizadas 20 sementes/réplica, em um total de 5 réplicas/tratamento. As réplicas foram expostas separadamente ao choque térmico, para garantir a independência entre as mesmas. Após os tratamentos, as sementes foram colocadas para germinar em câmara de germinação a 27°C, com fotoperíodo de 12 horas, sendo contabilizada a germinação (a partir do surgimento da raiz primária e/ou cotilédones) três vezes por semana, durante um mês. As sementes que não germinaram ao final do experimento foram submetidas à escarificação com lixa no. 150 e deixadas para germinar por mais sete dias. As sementes que mesmo após escarificação não germinaram, foram submetidas ao teste de tetrazólio para verificação da sua viabilidade (solução-tampão 1%, pH7, de cloreto de 2,3,5-trifeniltetrazólio). A viabilidade da semente foi a soma das germinadas com as viáveis ao final do experimento. As sementes foram consideradas resistentes se a porcentagem de sementes viáveis a 100°C e 200°C não fosse diferente estatisticamente do controle. A porcentagem de germinação das sementes no controle foi considerada a germinabilidade inicial da espécie.

b) forma

Foram medidas a largura, comprimento e espessura (mm) de pelo menos 20 sementes/indivíduo/espécie com um paquímetro de alta precisão (0,02mm) e cada medida foi dividida pela maior das três medições para cada semente. Finalmente foi calculada a variância para cada semente. Para cada indivíduo, foi feita a média das variâncias e depois, a média por espécie. O valor pode variar entre 0 e 1: quanto menor o valor, a semente apresenta um formato mais arredondado (THOMPSON; BAND; HODGSON, 1993).

c) peso seco (g) e teor de água (%)

As sementes (20 sementes/indivíduo/espécie) foram pesadas individualmente em balança de precisão (0,1mg) e depois foram colocadas para secar em estufa a 80°C por 48 horas, sendo pesadas novamente ao final da secagem. O teor de água foi calculado subtraindo-se o peso fresco do peso seco após 48hs. As sementes com valores de peso seco entre 0 e 0,1g foram classificadas como pequenas (KHURANA; SAGAR; SINGH, 2006).

d) permeabilidade (%)

Foram pesadas individualmente 100 sementes de cada espécie, e após pesagem, as sementes foram deixadas embebendo em água destilada. As sementes foram secas em papel toalha e pesadas novamente após. Calculou-se a porcentagem de aumento de peso inicial e foram consideradas permeáveis as sementes que aumentarem >20% do seu peso inicial (MOREIRA et al., 2010). Portanto, a proporção das sementes com aumento de peso foi calculada para cada espécie. Devido à falta de sementes não foi possível realizar medir a permeabilidade de 3 espécies (*Mimosa* sp. Nova 2, *Senna corifolia* e *Chamaecrista ochrosperma*).

c. Análise dos dados

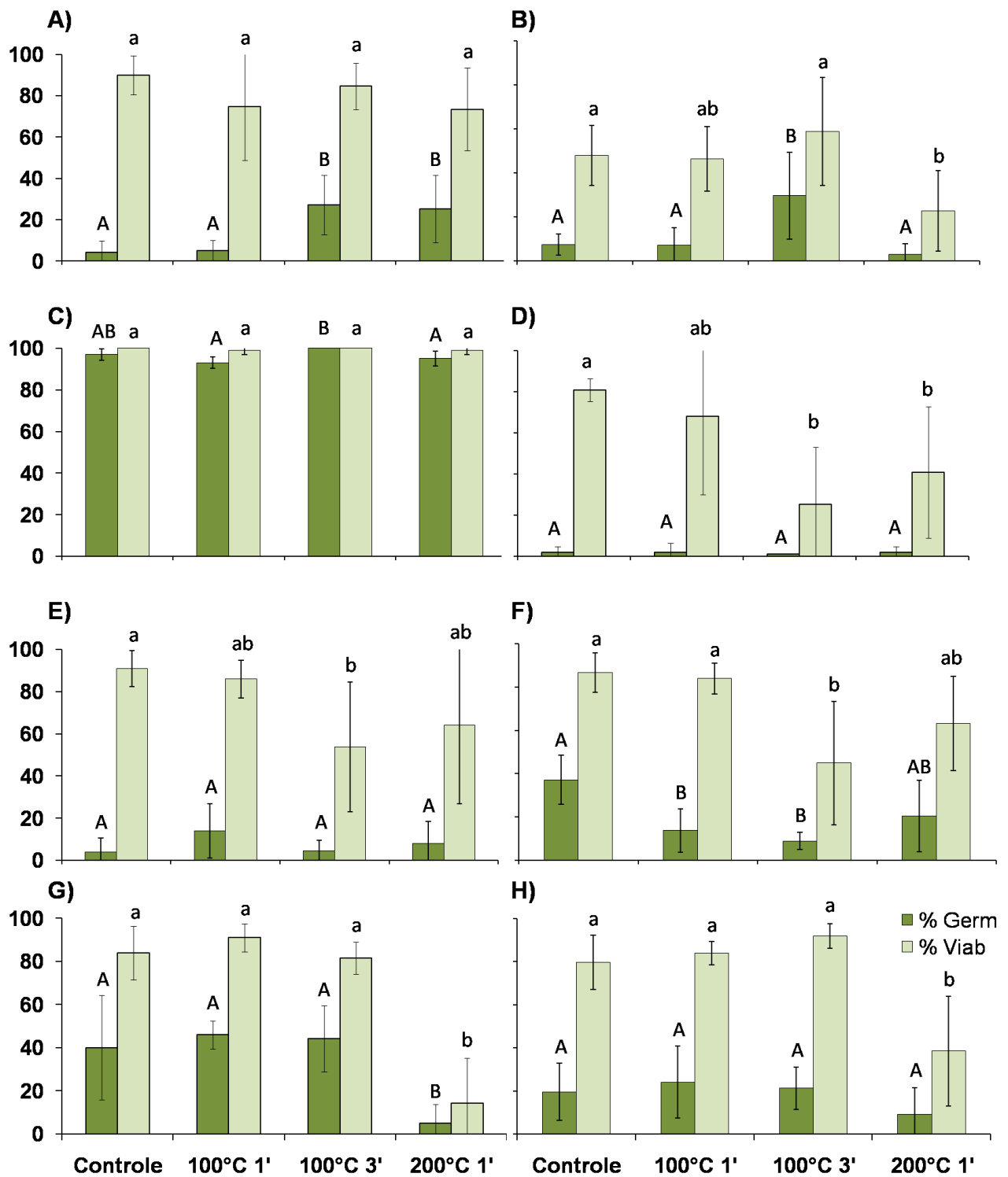
As diferenças entre os tratamentos de choque térmico aplicados foi avaliada separadamente para as variáveis viabilidade e germinação de cada espécie. Para tal, foi utilizada de análise de variância (ANOVA) de um fator (fator: tratamento), por meio de teste de aleatorização, utilizando distância Euclidiana e 10000 iterações (MULTIV, PILLAR, 2006).

3 Resultados

As sementes de todas as espécies resistiram ao choque térmico de 100°C 1'. As sementes de *Senna cana* aumentaram a porcentagem de germinação quando expostas a 100°C 3' e 200°C ($p=0,02$ e $p=0,04$, respectivamente, Figura 2A). Já as sementes de *Mimosa kalunga* também tiveram sua dormência quebrada a 100°C 3' ($p=0,008$, Figura 2B) e sua viabilidade reduzida no tratamento de 200°C ($p=0,04$). As sementes de *Mimosa* sp. Nova 1 resistiram ($p>0,05$, Figura 2C) e germinaram em todos tratamentos,). Por outro lado, as sementes de *Senna corifolia*, *Mimosa* sp. Nova 2 e *Chamaecrista ochrosperma* tiveram sua germinação e viabilidade reduzidas significativamente nos tratamentos de 100°C 3' e 200°C ($p\leq 0,05$, Figura 2D a F). A germinação e viabilidade de *Senna silvestris* foi reduzida de forma significativa quando as sementes foram expostas a 200°C ($p=0,007$ e $p=0,008$, respectivamente, Figura 2G) e *Mimosa clausenii* teve sua viabilidade afetada pelo tratamento de 200°C ($p=0,007$, Figura 2H).

Os valores da forma das sementes foram próximos de zero em todas as espécies, demonstrando que as mesmas possuem um formato mais arredondado (Tabela 2). O peso seco variou entre $0,051\pm 0,005$ g (*Mimosa* sp. Nova 1) e $0,011\pm 0,001$ g (*S. cana*). O teor de água foi baixo, entre 5 a 6,7% e apenas duas espécies apresentam mais de 50% de sementes permeáveis na população: *M. kalunga* (60%) e *Mimosa* sp. Nova 1 (56%, Tabela 2).

Figura 3- Porcentagem de sementes germinadas e viabilidade das sementes após o choque térmico de 100°C 1', 100°C 3' e 200°C nas sementes de leguminosas. A) *Senna cana*, B) *Mimosa Kalunga*, C) *Mimosa* sp. Nova 1, D) *Senna corifolia*, E) *Mimosa* sp. Nova 2, F) *Chamaecrista ochrosperma*, G) *Senna silvestris* e H) *Mimosa clausenii* de campo sujo. Letras minúsculas diferentes significam diferenças significativas entre porcentagem de germinação, enquanto letras maiúsculas distintas significam diferenças entre porcentagem de viabilidade ($p \leq 0,05$).



Fonte: Elaborada pela autora (2016).

Tabela 2- Atributos de sementes mensurados das espécies de leguminosa estudadas em área de campo sujo: forma da semente, peso seco (g, média±desvio padrão), teor de água, (% , média±desvio padrão, e permeabilidade (% das sementes com aumento de >20% do peso inicial)

Espécie	Forma da semente	Peso seco	Teor de água	Permeabilidade
<i>Mimosa clausenii</i>	0,12±0,01	0,031±0,004	5,47±0,96	15
<i>Mimosa kalunga</i>	0,05±0,01	0,017±0,002	6,76±0,60	60
<i>Mimosa</i> sp. Nova 1	0,17±0,01	0,051±0,005	6,25±0,90	56
<i>Mimosa</i> sp. Nova 2	0,09±0,01	0,031±0,002	5,67±1,13	-
<i>Senna cana</i>	0,05±0,01	0,011±0,001	6,19±0,54	14
<i>Senna corifolia</i>	0,13±0,01	0,027±0,004	5,09±0,93	-
<i>Senna silvestris</i>	0,13±0,02	0,012±0,002	6,42±1,38	14
<i>Chamaecrista ochrosperma</i>	0,10±0,01	0,013±0,001	5,74±2,02	-

Fonte: Elaborada pela autora (2016).

4 Discussão

Ao contrário do sugerido para as sementes do Cerrado (RIBEIRO et al., 2015; FICHINO et al., 2016), nós encontramos uma parte significativa de quebra da dormência física em duas espécies do estudo. Entretanto, este aumento não parece ser um mecanismo específico de quebra da dormência, pois ele é de cerca 20% a mais em relação ao controle, enquanto o restante da população das sementes permanece dormente após o choque térmico. Assim, outros fatores indiretos do fogo, como o aumento da amplitude térmica diária pós-distúrbio, podem influenciar positivamente a quebra da dormência física e germinação de sementes de leguminosas, conforme sugerido para outros ecossistemas inflamáveis (SANTANA et al., 2010).

Ainda assim, as sementes de todas as espécies de leguminosas estudadas resistem à passagem do fogo, pois não houve diminuição da viabilidade das mesmas quando expostas a 100°C durante um minuto. Tal atributo pode ser considerado importante para a persistência dos propágulos frente ao distúrbio (JAUREGUIBERRY & DÍAZ, 2015). Desta forma, as leguminosas de campo sujo sobrevivem à passagem do fogo, mas nem todas têm a sua dormência quebrada pelas altas temperaturas (FICHINO et al., 2016). Entretanto, seis das espécies do estudo tiveram a viabilidade de suas sementes diminuída sob os tratamentos considerados mais severos (100°C 3' e/ou 200°C), demonstrando que parte das sementes pode morrer quando expostas na superfície do solo. Vale ressaltar que as sementes não ficam expostas por um longo período a altas temperaturas em seu ambiente natural, pois o fogo no Cerrado é caracterizado por ser rápido, durando de 1 a 3 minutos (MIRANDA et al., 1993; FURLEY, 1999), e as temperaturas sob solo, onde fica o banco de sementes, geralmente são baixas, não ultrapassando os 55°C a 1cm abaixo da superfície (MIRANDA et al., 1993). Desta forma, os resultados de Fichino et al. (2016) e Le Stradic et al. (2015) corroboram os nossos, indicando que as sementes de leguminosas de campo sujo são resistentes ao fogo, se protegidas no banco de sementes. Um padrão semelhante foi observado para espécies dos campos sulinos, incluindo Fabaceae, cujas sementes resistem a 80°C sem apresentar, porém, quebra da dormência física (SILVEIRA; OVERBECK, 2013; FIDELIS et al., 2016). A resistência a altas temperaturas pode ser um importante atributo para persistência da

população no sistema, uma vez que as espécies estudadas geralmente dispersam seus propágulos na estação seca (Rissi, 2016), quando o fogo antropogênico é mais recorrente (RAMOS NETO; PIVELLO, 2000; MIRANDA et al., 2009). No Chaco, localizado na parte central da Argentina, a vegetação é caracterizada pelo ambiente sazonalmente seco e a presença de um regime de fogo. Neste tipo de vegetação, Jaureguiberry e Díaz (2015), verificaram que sementes de diversas espécies, entre elas Fabaceae, resistiram a choques de temperaturas acima de 120°C e apenas quatro sobreviveram a 180°C. Auld e O'Connell (1991) demonstram em seu estudo que espécies de Fabaceae do sudeste da Austrália tiveram a germinação estimulada por choques térmicos, mas a maioria delas não sobreviveu a temperaturas acima dos 150°C.

Quando as sementes resistem aos choques térmicos há a possibilidade de, após a passagem do fogo, surgirem clareiras na vegetação, encontrando assim um ambiente com baixa competição para germinação (OOI et al., 2014). Desta forma sugere-se que as espécies do Cerrado teriam sua estratégia de colonização via semente vinculada à ocupação dessas clareiras, semelhante a sementes de leguminosas da Austrália, que em muitos casos têm a dormência quebrada pelas flutuações térmicas no solo após o fogo (SANTANA et al., 2010). Por outro lado, mesmo sem a participação do fogo, estas clareiras podem levar as sementes a colonizar espaços abertos na vegetação, independente do distúrbio (SANTANA et al. 2013; DAIBES et al., dados não publicados).

Os atributos das sementes podem ser considerados preditores do seu estabelecimento e persistência no meio ambiente (LAVOREL; GARNIER, 2002). O peso da semente é um desses importantes atributos, podendo refletir a tolerância das sementes e plântulas aos choques térmicos em ambiente de Cerrado e floresta (HOFFMANN, 2000; RIBEIRO et al., 2015), por exemplo. Ribeiro et al. (2015) afirmam que quanto maior o tamanho das sementes, maior sua resistência aos choques térmicos. Em nosso estudo, porém, todas as espécies apresentaram valores de peso seco $\geq 0,05$, sendo classificadas como sementes pequenas (KHURANA; SAGAR; SINGH, 2006). Isto pode explicar porque a maioria das sementes estudadas não resistiu aos tratamentos de 100°C 3' e 200°C. Estes tamanhos pequenos, por outro lado, auxiliam no enterramento das sementes no banco de sementes do solo, o que ajuda na sobrevivência e germinação das sementes no ambiente frente ao distúrbio (JIMÉNEZ-ALFARO et al., 2016; VIOLLE et al., 2007).

Já a forma da semente, auxilia a compreender as estratégias de regeneração adotadas pela espécie no ambiente em que ela vive. Todas as sementes estudadas apresentaram valores referentes à forma próximos a zero, ou seja, um formato mais arredondado (CORNELISSEN et al., 2003). Sementes pequenas e com formato arredondado tendem a ficar enterradas mais profundamente no solo e viver mais tempo no banco de sementes (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2015). Por outro lado, esses padrões são conhecidos em vegetações temperadas (THOMPSON; BAND; HODGSON, 1993) e não foram testados no Cerrado onde, por outro lado, os bancos de sementes são sugeridos de serem transientes (SALAZAR et al., 2011; ANDRADE & MIRANDA, 2014).

O teor de água em todas as espécies estudadas foi também muito baixo, entre 5 e 6%, sendo este um importante atributo a ser estudado, pois as sementes estão sujeitas a diversos estresses no ambiente sazonal, como a dessecação, por exemplo. Ribeiro e Borghetti (2014) compararam a tolerância à dessecação entre sementes de floresta e de Cerrado, e concluindo que sementes de Cerrado eram mais resistentes. Quando as sementes vivem em um ambiente sazonal, como o Cerrado, a tolerância a esse tipo de estresse é de extrema importância, auxiliando no fitness da espécie.

Duas espécies apresentaram mais de 50% das suas sementes com tegumento permeável, *Mimosa* sp. Nova 1 e *M. kalunga*. Nesta última, porém, é importante ressaltar que as sementes apresentaram uma baixa viabilidade (como demonstrada no experimento de choque térmico, Figura 2B), de forma que a maioria das sementes embebidas durante o teste de permeabilidade provavelmente estavam mortas devido a predação por besouros (família Bruchidae, observação pessoal), que muitas vezes ocasionam danos não percebidos nas sementes durante a triagem. Os dados de permeabilidade das sementes auxiliam no entendimento das estratégias de colonização das espécies, pois apresentar uma fração de sementes permeáveis pode garantir a rápida germinação, enquanto a porcentagem de sementes dormentes pode ser considerada uma estratégia de “*bet-hedging*”, na qual as sementes distribuem a possibilidade de estabelecimento ao longo do tempo e espaço, distribuindo as estratégias de germinação em diferentes condições (BASKIN; BASKIN, 1999; VENABLE, 2007).

Mimosa sp. Nova 1 possui sementes relativamente maiores do que as outras espécies, e não apresentou dormência física. Embora sua permeabilidade seja de 56% (Tabela 2), sua germinabilidade é de quase 100% (Figura 2C), o que nos leva a concluir que as sementes são permeáveis, ainda que algumas demorem mais do que

três dias para iniciar o processo de embebição. Dessa forma, sua estratégia de germinação parece ser diferente das demais, pois sementes grandes tendem a germinar em clareiras maiores, nas quais a taxa dessecação do solo e amplitude térmica são maiores, e apresentam maior taxa de crescimento da radícula em direção a uma profundidade maior do solo (PEARSON et al. 2002). Sementes pequenas tendem a germinar em locais com uma taxa de umidade maior como pequenas clareiras na vegetação para diminuir o risco de mortalidade (DAWS et al., 2008; PEARSON et al., 2002). Esta mortalidade deve ser diminuída também pelo fato destas sementes pequenas mais facilmente se incorporarem ao banco de sementes (THOMPSON; BAND; HODGSON, 1993).

5 Conclusão

As espécies de leguminosas de campo sujo são tolerantes à passagem do fogo, corroborando com nossa hipótese, desde que expostas a uma condição não severa,

ou protegidas no banco de sementes sob o solo. Ainda, todas as sementes apresentaram um formato arredondado e baixo teor de água, corroborando também a hipótese de que apresentariam atributos semelhantes entre si, independente do hábito.

Os resultados desse trabalho são importantes para auxiliar no conhecimento do sistema inflamável que é o Cerrado, e compreender melhor as estratégias adotadas pelas espécies ali presentes para persistirem e colonizarem este sistema. O tamanho pequeno, a resistência das sementes aos choques térmicos, bem como a quebra de parte significativa da dormência em algumas espécies, pode auxiliar na regeneração via sementes no sistema pós-fogo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. A. Z; MIRANDA, H. S. The dynamics of the soil seed bank after a fire event in a woody savanna in central Brazil. **Plant Ecology**, Netherlands, v. 215, n. 10, p. 1199-1209, 2014.

AOSA, SCST. **Tetrazolium testing handbook**. Ithaca: Association of Official Seed Analysts, 2005.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. et al. Underground systems of Asteraceae species from the Brazilian Cerrado 1. **The Journal of the Torrey Botanical Society**, United States, v. 135, n. 1, p. 103-113, 2008.

AULD, T. D; O'CONNELL, M. A. Predicting patterns of post-fire germination in 35 Eastern Australian Fabaceae. **Australian Journal of Ecology**, United Kingdom, v.16, p. 53 – 70, 1991.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. **Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination**. Academic Press: California, 1998.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. LI, X. Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. **Plant Species Biology**, Australia, V. 15, p. 139-152, 2000.

CORNELISSEN, J. H. C., et al. A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian journal of Botany**, United Kingdom v. 51, n. 4, p. 335-380, 2003.

COUTINHO, L. M. O cerradão e a ecologia do fogo. **Ciência hoje**, São Paulo, v. 12, n. 68, 1990.

COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. II- As queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies enemocóricas do estrato herbáceo-subarbustivo. **Bol. Botânica. Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 5, p. 57-64, 1977.

COUTINHO,, L. M. O Conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.1, p.17- 23. 1978.

DALLING, J. W.; HUBBELL, S. P. Seed size, growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment success for pioneer species. **Journal of Ecology**, United Kingdom, v. 90, n. 3, p. 557-568, 2002.

DAWS, M. I. et al. Germination responses to water potential in neotropical pioneers suggest large-seeded species take more risks. **Annals of Botany**, United Kingdom, v. 102, n. 6, p. 945-951, 2008.

DURIGAN, G; RATTER, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, United Kingdom, v. 53, n. 1, p. 11-15, 2016.

FICHINO, B. S. et al. Does Fire Trigger Seed Germination in the Neotropical Savannas? Experimental Tests with Six Cerrado Species. **Biotropica**, United States, v.48, n.2, p.181-187, 2016.

FIDELIS, A.; DAIBES, L. F.; MARTINS, A. R. To resist or to germinate? The effect of fire on legume seeds in Brazilian subtropical grasslands. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 30, n. 1, p. 147-151, 2016.

FIDELIS, A; PIVELLO, V.R. Deve-se usar o fogo como instrumento de manejo no Cerrado e nos Campos Sulinos? **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, n. 2, p.12-25, 2011.

FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO. **Plano de Manejo da Reserva Natural Serra do Tombador**. Supervisão: Gustavo Adolfo Gatti. 2011.

FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO À NATUREZA. **A imensidão do cerrado**. 2016. Disponível em:<<http://diretodareserva.tumblr.com/post/64771713295/a-imensid%C3%A3o-do-cerrado>> Acesso em: 17 ago. 2016.

FURLEY, P. A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**, United Kingdom, v. 8, n. 3-4, p. 223-241, 1999.

GUREVITCH, J. SCHEINER, S. FOX, G. **Ecologia Vegetal**. 2 ed. Artmed: Porto Alegre, 2009.

HOFFMANN, W. A. Post-Establishment Seedling Success in the Brazilian Cerrado: A Comparison of Savanna and Forest Species. **Biotropica**, United States, v. 32, n. 1, p. 62-69, 2000.

JIMÉNEZ-ALFARO, B. et al. Seed germination traits can contribute better to plant community ecology. **Journal of Vegetation Science**, United Kingdom, p. 1-9, 2016.

JAUREGUIBERRY, P; DÍAZ, S. Post-burning regeneration of the Chaco seasonally dry forest: germination response of dominant species to experimental heat shock. **Oecologia**, Germany, v. 177, n. 3, p. 689-699, 2015.

KEELEY, J. E; BOND, W. J. Convergent seed germination in South African fynbos and Californian chaparral. **Plant Ecology**, Netherlands, v.133, p.153–167, 1997.

KEELEY, J. E; FOTHERINGHAM, C. J. Smoke-Induced Seed Germination in California chaparral smoke-induced seed germination in California chaparral. **Ecology**. United States, v. 79, n.7, p. 2320-2336, 1998.

KEELEY et al. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. **Trends in plant Science**, United Kingdom, v. 16, n. 8, 2011.

KHURANA, E.; SAGAR, R.; SINGH, J. S. Seed size: a key trait determining species distribution and diversity of dry tropical forest in northern India. **Acta Oecologica**, France, v. 29, n. 2, p. 196–204, 2006.

KLINK, C. A; MACHADO, R. B. A conservação do cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, 2005.

LAVOREL, S; GARNIER, E. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. **Functional Ecology**, United Kingdom , v.16, p.545–556, 2002.

LE STRADIC, S. et al. Diversity of germination strategies and seed dormancy in herbaceous species of campo rupestre grasslands. **Austral Ecology**, Australia, v. 40, n. 5, p. 537-546, 2015.

MIRANDA, A. C. et al. Soil and air temperatures during prescribed cerated fires in Central Brazil. **Journal of tropical ecology**, United Kingdom, v. 9, n. 3, p. 313-320, 1993.

MIRANDA, H. S. et al. **Fires in the cerrado, the Brazilian savanna**. In: Tropical Fire Ecology. Springer Berlin Heidelberg: United Kingdom, 2009. p. 427-450.

MOLES, A. T. et al. A brief history of seed size. **Science**, United States, v.307, p.576–580, 2005.

MOLES, A.T., et al. Global patterns in seed size. **Global Ecology and Biogeography**, United Kingdom, v.16, n.1, p.109-116, 2007.

MOLES, A. T. et al. Which is a better predictor of plant traits: temperature or precipitation?. **Journal of Vegetation Science**, United Kingdom, v. 25, n. 5, p. 1167-1180, 2014.

MOREIRA, B. J. et al. Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterran Basin flora. **Annals of Botany**, United Kingdom, v.105, p. 627-635, 2010.

MOREIRA, B; PAUSAS, J. G. Tanned or burned: the role of fire in shaping physical seed dormancy. **PLoS One**, United States, v. 7, n. 12, p. e51523, 2012.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, United Kingdom, v. 403, p. 853- 858, 2000.

OLIVEIRA-FILHO; A. T. RATTER, J. A. The Plant Community: Composition, Dynamics, and Life History: Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. In: OLIVEIRA, P. S. MARQUIS, R. J. (Org.) **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical Savanna**, New York: Columbia University Press. p.91-120, 2002.

PAULA, S.; PAUSAS, J. G. Burning seeds: germinative response to heat treatments in relation to resprouting ability. **Journal of Ecology**, United Kingdom, v. 96, n. 3, p. 543-552, 2008.

PAUSAS J. G. et al. Plant functional traits in relation to fire in crown-fire ecosystems. **Ecology**, United States, v.85, p.1085–1100, 2004.

PÉREZ-HARGUINDEGUY N. et al. New handbook for standardized measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, United Kingdom, v.61, p.167-234, 2013.

PILLAR, V. P. **Multivariate exploratory analysis, randomization testing and bootstrap resampling, version 2.4. 2**. Porto Alegre: Departamento de Ecologia UFRGS, 2006.

RAMOS-NETO, M. B.; PIVELLO, V. R. Lightning fires in a Brazilian savanna National Park: rethinking management strategies. **Environmental management**, United States, v. 26, n. 6, p. 675-684, 2000.

RIBEIRO, L. C.; BORGHETTI, F. Comparative effects of desiccation, heat shock and high temperatures on seed germination of savanna and forest tree species. **Austral Ecology**, Australia, v. 39, n. 3, p. 267-278, 2014.

RIBEIRO, L. C. et al. The importance of seed mass for the tolerance to heat shocks of savanna and forest tree species. **Journal of Vegetation Science**, United Kingdom, v. 26, n. 6, p.1102-1111, 2015.

RISSI, M. N. Efeito da época da queima na dinâmica de campo sujo de Cerrado. 2016. Dissertação (Doutorado em Biologia Vegetal). 128 f. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.

SÁ, G.; FARO, E.; FELTRIN, R. **Aurora**. Intérprete: Rosa de Saron, Belo Horizonte: Som livre, 2013. 1 CD.

SALAZAR, A. et al. Timing of seed dispersal and dormancy, rather than persistent soil seed-banks, control seedling recruitment of woody plants in Neotropical savannas. **Seed Science Research**, United Kingdom, v. 21, n. 02, p. 103-116, 2011.

SANO, S. M; ALMEIDA, S. P; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa, v. 2, 2008.

SANTANA, Victor M. et al. Effects of soil temperature regimes after fire on seed dormancy and germination in six Australian Fabaceae species. **Australian Journal of Botany**, Australia, v. 58, n. 7, p. 539-545, 2010.

SILVEIRA, F. S; OVERBECK, G. E. Influência de temperaturas elevadas na germinação de quatro leguminosas de um mosaico de floresta-campo no Sul do Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 331-335, 2013.

SIMON, M.F. et al. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. **Proceedings of the National Academy of Science**, United States, v.106, n. 48, p. 20359–20364, 2009.

SIMON, M. F.; PENNINGTON, T. Evidence for adaptation to fire regimes in the tropical savannas of the Brazilian Cerrado. **International Journal of Plant Sciences**, United States, v. 173, n. 6, p. 711-723, 2012.

THOMPSON, K. B., BAND, S. R. HODGSON, J. G. Seed size and shape predict seed persistence in the soil. **Functional Ecology**, United Kingdom, v. 7, p. 236-241, 1993.

VENABLE, D. L. Bet hedging in a guild of desert annuals. **Ecology**, United States, v. 88, n. 5, p. 1086-1090, 2007.

VIOLLE C. et al. Let the concept of trait be functional! **Oikos**, United Kingdom, v.16, p.882–892, 2007.

WEIHER, E. et al. Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology. **Journal of vegetation science**, United Kingdom, v. 10, n. 5, p. 609-620, 1999.