UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS - RIO CLARO

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

HELOIZA LOURENÇO ZIRONDI

O FOGO QUEBRA A DORMÊNCIA E AUMENTA A GERMINAÇÃO DE ESPÉCIES DE CERRADO?

Rio Claro
2015

HELOIZA LOURENÇO ZIRONDI

O FOGO QUEBRA A DORMÊNCIA E AUMENTA A GERMINAÇÃO DE ESPÉCIES DE CERRADO?

Orientador: Profa Dra Alessandra Fidelis

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 Bacharela em Ciências Biológicas.

Rio Claro
2015

581.5264 Zirondi, Heloiza Lourenço
Z81f O fogo quebra a dormência e aumenta a germinação de espécies de cerrado? / Heloiza Lourenço Zirondi. - Rio Claro, 2015
27 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Alessandra Fidelis

1. Cerrados. 2. Fumaça. 3. Melastomataceae. 4. Fabaceae. 5. Fogo. I. Título.

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

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que me deu forças para alcançar meu objetivo.

Aos meus pais, Miriam e Eliel, pelos ensinamentos, amor e incentivo que me trouxeram até aqui, e aos meu irmãos Beatriz e Leandro por estarem sempre ao meu lado.

Aos meus familiares e amigos que sempre estiveram ao meu lado me aconselhando, apoiando e fazendo rir, deixando assim o caminho mais leve.

A minha professora, Alessandra Fidelis, por dar sentido a palavra orientadora, ao me ensinar, corrigir e guiar no caminho da ciência e acima de tudo pela sua amizade.

Aos amigos do Leveg pelo suporte, orientação e ajuda dedicados a mim e a este trabalho.

Aos amigos do CBN-11, que se mostraram verdadeiros irmãos durante toda a graduação.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento dos projetos FAPESP 2012/24240-8, FAPESP 2015/06743-0 e o projeto CNPq 455183/2014-7 os quais fazem parte desta pesquisa. E a esta universidade pela oportunidade.

Enfim, a todos aqueles que humildemente fizeram parte da minha vida nesta caminhada.

“Não julgues nada pela pequenez dos começos. Uma vez fizeram-me notar que não se distinguem pelo tamanho as sementes que darão ervas anuais das que vão produzir árvores centenárias.”

(ESCRIVÁ, 1939)

RESUMO

O fogo é um processo natural integrado nas funções de diversos ecossistemas. Ele é um importante fator ecológico no Cerrado, responsável por alterações na dinâmica, estrutura e composição das comunidades vegetais. Assim sendo, o fogo influencia processos importantes das comunidades, como a germinação, rebrote e o estabelecimento das plantas, sendo portanto, importante entender os seus efeitos nas respostas da vegetação. O estudo avaliou o efeito do fogo na germinação de sementes de duas espécies de Fabaceae (*Mimosa pteridifolia* Benth e *Harpalyce brasiliana* Benth., sementes impermeáveis) e duas espécies de Melastomataceae (*Tibouchina cardinalis* (Bonpl.) Cogn. e *Comolia sertularia* Triana; sementes permeáveis) de campo sujo e campo rupestre. Tem-se como hipótese principal que as sementes impermeáveis teriam suas dormências quebradas após exposição a altas temperaturas, enquanto que as sementes com tegumento permeável seriam estimuladas após a exposição a fumaça. Para testar a hipótese do trabalho foram realizados os seguintes tratamentos: exposição a altas temperaturas (durante 1') - 60°, 100° e 200ºC e uso de soluções líquidas de fumaça na concentração 1:1 (embebidas por 24 hs). Cada tratamento foi formado por 5 réplicas (com 20 sementes/réplica para cada espécie). Adicionalmente aos tratamentos já mencionados, dois controles foram utilizados: sem exposição a temperatura e embebidos em água destilada por 24 hs. Depois dos tratamentos, as sementes foram colocadas para germinar em câmaras de germinação (27ºC, 12/12 hs luz) durante 60 dias. A germinação foi observada a cada três dias. Para se verificar se houve diferença estatística entre os tratamentos foram realizadas análises de variância de um (temperatura, fumaça) e dois fatores (temperatura e fumaça), aplicados a testes de aleatorização (distância Euclidiana entre unidades amostrais, 10000 iterações). Os resultados mostraram que somente *Harpalyce brasiliana* teve sua dormência quebrada pelas altas temperaturas, porém todas as espécies estudadas mostraram ser resistentes à passagem do fogo, havendo uma queda da germinação apenas a partir de 100ºC. Em relação a solução de fumaça nenhuma das espécies teve sua germinação aumentada pela mesma. Essas informações são relevantes para um maior entendimento da germinação de espécies do Cerrado, mais ainda é necessário mais experimentos a fim de contribuir para o manejo e restauração da comunidade vegetal neste tipo de vegetação.

Palavras-chave: Fogo. Cerrado. Fabaceae. Melastomataceae. Fumaça.

ABSTRACT

Fire is one of the most important factors affecting plant communities in Brazilian tropical savannas (Cerrado), but less is understood about the regeneration strategies and fire-related germination cues. Thus, this study aimed to evaluate the effects of fire on the breaking of dormancy and stimulating germination of seeds of Fabaceae (hard-seeded coat and physically dormant) and Melastomataceae (soft-seeded coat and physiologically dormant). We hypothesized that seeds of Fabaceae (*Mimosa pteridifolia* Benth and *Harpalyce brasiliana* Benth.) would have their dormancy broken after the exposure to high temperatures, while the seeds of Melastomataceae (*Comolia sertularia* and *Tibouchina cardinalis)* would have their germination enhanced after the smoke treatments. Therefore, we exposed seeds (5 replicates/20 seeds/species) to different heat shock treatments (60°, 100°and 200°C) during 1' of exposition. We also prepared smoke solutions and soaked seeds (5 replicates/20 seeds/species) for 24hs into solutions 1:1 concentration. Seeds of control for heat shock were not exposed to high temperatures and for smoke experiments they were soaked in distilled water for 24 hs. After the treatments, the seeds were germinated in a growth chamber (27 ° C, 12/12 hours light) for 60 days. Germination was observed every three days. To see if there were statistically significant differences between treatments were performed variance analyzes of one (temperature, smoke) and two factors (temperature and smoke), applied to randomization tests (Euclidean distance between sampling units, 10,000 iterations). The results showed that only *Harpalyce brasiliana* had the dormancy broken by high temperatures, but all species studied were shown to be resistant to the passage of fire, with a decrease on germination percentage at 100 ° C. Regarding the smoke solution either species had its germination increased by the same. These are relevant information for a greater understanding of the germination of the Cerrado species, but it is still necessary more experiments in order to contribute to the management and restoration of plant community in this type of vegetation.

Key words: Fire. Cerrado. Fabaceae. Melastomataceae. Smoke.

Sumário

1 INTRODUÇÃO 7
3 MATERIAL E MÉTODOS 11
3.1 Área de Estudo 11
3.2 Teste de permeabilidade 11
3.3 Protocolo de determinação da viabilidade das sementes 13
3.4 Experimentos de choque de temperatura 13
3.5 Experimentos de fumaça 13
3.6 Germinação e observações 14
4 RESULTADOS 15
4.1 Protocolo para avaliação de viabilidade das sementes 15
4.2 Experimentos de choque de temperatura 15
4.3 Experimentos de fumaça 16
5 DISCUSSÃO 18
6 CONCLUSÃO 22
REFERÊNCIAS 23

1 INTRODUÇÃO

O fogo é um processo natural integrado nas funções de diversos ecossistemas, podendo ser benéfico ou destrutivo dependendo das mudanças que ele causa no ambiente após a sua passagem. Muitos ecossistemas parecem totalmente destruídos pelo fogo mas, após tempo suficiente, retornam mais vigorosos do que antes, enquanto outros são radicalmente alterados (COCHRANE; RYAN, 2009).

O fogo age como uma força seletiva, que altera as condições do habitat e consequentemente, afeta os processos vitais dos organismos (WHELAN, 1995). Algumas plantas possuem ciclos de vida anuais crescendo e se desenvolvendo durante os meses chuvosos e sobrevivendo às queimadas da estação seca na forma de sementes (COUTINHO, 1990). Tal distúrbio pode provocar mudança na hierarquia de competição, assim como mudanças na estrutura e dinâmica de populações e comunidades vegetais, na disponibilidade de substrato e na diversidade de espécies (BOND; VAN WILGEN, 1996; WHELAN, 1995).

A influência do fogo na vegetação depende de vários fatores como o clima, a intensidade, a temperatura e o tempo de duração do mesmo, além das transformações químicas que ele proporciona no solo (BOND; VAN WILGEN, 1996; WHELAN, 1995). Muitas plantas possuem atributos relacionados ao fogo, como por exemplo, a proteção dos meristemas, localizados geralmente na altura do solo (protegidos ou não por estruturas como bainhas foliares) ou abaixo dele (GIGNOUX et al., 1997). Elas também apresentam mecanismos reprodutivos ligados e influenciados pelo fogo, como a estimulação da floração (MUNHOZ; FELFILI, 2007), abertura de frutos liberando as sementes e até a quebra da dormência de sementes após a passagem do fogo (BOND; VAN WILGEN, 1996; KEELEY et al., 2011; WHELAN, 1995). Finalmente, o fogo remove a serapilheira de maneira eficiente, abrindo novos espaços na vegetação e permitindo desta maneira, que espécies se estabeleçam onde espécies dominantes serviam como barreira (FIDELIS et al., 2012; HOFFMANN, 1996).

Vários ecossistemas do mundo são influenciados pelo fogo (BOND et al., 2005). Podemos encontrar no Brasil alguns tipos de vegetação que também são afetados pelo fogo, como o Cerrado, sendo sua vegetação considerada pirofítica (COUTINHO, 1990). O Cerrado abrange diversas fisionomias que vão desde o

campo limpo (formação campestre) até o cerradão (formação florestal), além das formações savânicas (campo sujo, campo cerrado e cerrado *sensu stricto*) (COUTINHO, 1978). O campo sujo se caracteriza pelo domínio do estrato herbáceo com arbustos e subarbustos esparsos (COUTINHO, 1978). O solo pode ser raso com eventuais e pequenos afloramentos rochosos ou profundos e de baixa fertilidade (SANO; ALMEIDA, 1998). E estas fisionomias formam um gradiente de áreas mais frequentemente queimadas (campo limpo e sujo) e áreas com menor frequência ou ausência de fogo (cerrado *sensu stricto* e cerradão, FURLEY 1999).

Os campos rupestres também são afetados pelo fogo e fazem parte do domínio do Cerrado. São conhecidos pelo seus altos níveis de biodiversidade e endemismo (GIULIETTI et al.,1997). Em geral, os campos rupestres são compostos por mosaicos de arbustos e árvores (EITEN, 1972), ocorrendo em áreas acima de 900 m de altitude, onde prevalecem afloramentos quartzíticos rochosos, com solos rasos, ácidos, pobres em nutrientes e excessivamente drenados (RIBEIRO; FERNANDES, 2000).

Plantas sob influência do fogo apresentam adaptações morfológicas e fisiológicas. Além disso, o fogo afeta os processos ecológicos, pois queimadas periódicas estimulam o rebrote, a ciclagem dos nutrientes, a frutificação e o estabelecimento de plântulas de diversas espécies (COUTINHO, 1982, 1990; PIVELLO; COUTINHO, 1982). Assim sendo, devido o fogo ser um fator presente no Cerrado há pelo menos 4 milhões de anos (SIMON et al., 2009), faz-se necessário entender sua influência e importância na dinâmica e estrutura da vegetação, utilizando desta forma, as respostas para auxiliar na elaboração de planos de manejo mais eficazes para a conservação da comunidade vegetal.

Em ambientes onde o fogo é um distúrbio constante, a germinação pós-fogo pode ser desencadeada por diferentes mecanismos, sendo o calor e a fumaça os principais (KEELEY; FOTHERINGHAM, 2000; VAN STADEN et al., 2000). O choque térmico pode tanto provocar a germinação, acelerando o processo em espécies com sementes com revestimento permeável à água, assim como através da ruptura da testa (quebra da dormência), permitindo a absorção de água, em espécies com sementes impermeáveis (BASKIN; BASKIN, 1998). Auld e O'Connell (1991) observaram que a germinação de espécies de Fabaceae aumentou após a exposição das sementes a temperaturas entre 80-100°C. A germinação de

sementes de Myrtaceae também responderam positivamente após terem sido expostas a altas temperaturas (AULD; OOI, 2009).

Porém o efeito do fogo não se dá apenas através do efeito das altas temperaturas. A fumaça e seus componentes químicos também são responsáveis por mudanças no ambiente após a passagem do fogo (LIGHT et al., 2009). A fumaça produzida durante o fogo pode estimular a não só a germinação, mas também o crescimento de plântulas (LIGHT et al., 2009). A germinação estimulada por fumaça foi atribuída à presença de moléculas de butenolídeo (karrikins; por exemplo KAR1, 3-metil-2H-furo [2,3-c] piran-2-ona), uma família estruturalmente relacionada aos reguladores de crescimento de plantas (FLEMATTI et al., 2004)

Estudos sobre a germinação de sementes são de grande valia para a compreensão das etapas do estabelecimento de uma comunidade vegetal, bem como de sua sobrevivência e regeneração natural (VÁZQUEZ-YANES; OROZCO-SEGOVIA, 1993). Silveira et al. (2012) sugeriram que há um período crítico para o estabelecimento das espécies em áreas de Cerrado durante a transição entre estação chuvosa-seca, sendo que a dormência encontrada em certas espécies poderia ser uma estratégia importante para evitar a germinação em épocas pouco favoráveis para o estabelecimento e sobrevivência de plântulas. Desta forma, em tipos de vegetação onde a sazonalidade e distúrbios como o fogo têm um papel importante, estudos sobre os diferentes tipos de dormência e fatores que quebrem tal dormência e estimulem a germinação são de extrema importância para um melhor entendimento da dinâmica da comunidade vegetal.

A dormência física está presente em pelo menos 15 famílias botânicas e em 13 delas, ela é causada pela impermeabilidade do tegumento (dormência física, BASKIN et al., 2000). Geralmente, esta impermeabilidade se dá através do arranjo de células paliçádicas no tegumento, que impedem a passagem da água (BASKIN et al., 2000), até que fatores como exposição à altas temperaturas, flutuações de temperaturas, seca, e até mesmo a passagem pelo trato animal provoquem alguma ruptura neste tecido, causando então a passagem da água até o embrião (BASKIN; BASKIN, 1998).

Enquanto a dormência está relacionada com características da semente (MERRIT et al., 2007), a germinação é determinada por mudanças no ambiente que cumpram os requisitos para a germinação (THOMPSON et al., 2010), podendo ser afetada pela fumaça, nitratos e luz (MERRIT et al., 2007).

Vários estudos já mostraram os efeitos positivos da fumaça na germinação de espécies através do uso de extratos aquosos de fumaça (JÄGER et al., 1996). Provavelmente, o butenolídeo, obtido a partir da combustão de celulose, é responsável por aumentar a germinação de uma grande variedade de espécies de plantas (FLEMATTI et al., 2004; LIGHT et al., 2009).

Mais recentemente, Moreira et al., (2010) evidenciaram em seu trabalho que as altas temperaturas e a fumaça influenciaram a germinação de espécies de diferentes famílias em vegetação Mediterrânea. Enquanto que as espécies com dormência física (Cistaceae e Fabaceae) tiveram sua dormência quebrada pelas altas temperaturas, a germinação de espécies com tegumento permeável (Ericaceae, Lamiaceae e Primulaceae) foram estimuladas a germinar pelo tratamento de fumaça.

Portanto, este trabalho pretende avaliar o efeito da passagem do fogo, através dos estudos de choques de temperatura e fumaça na quebra de dormência e estímulo da germinação em espécies arbustivas de Cerrado (de campo sujo e campo rupestre). Desta maneira, pretende-se contribuir para um melhor entendimento dos processos envolvidos nas primeiras etapas da regeneração da vegetação (germinação e estabelecimento da planta) após a passagem do fogo. Para isso visamos responder a seguinte questão: O fogo afeta a germinação de sementes de plantas do Cerrado? E testar as hipóteses de que: (i) plantas com sementes de tegumento impermeável (Fabaceae) terão a dormência quebrada pelas altas temperaturas e (ii) as sementes que possuem o tegumento permeável (Melastomataceae) terão um aumento na germinação após a exposição à fumaça.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

As sementes foram coletadas a partir de vários indivíduos pertencentes a diferentes populações selecionados em áreas de campo rupestre na Reserva Particular Vellozia, Serra do Cipó (19 º 17 S e 43 ° 33 W), no sul do Serra do Espinhaço, em Minas Gerais, sudeste do Brasil e em áreas de campo sujo na Reserva Natural Serra do Tombador (RNST, 13° 35-38’ S e 47° 45’-51’ W) Cavalcante, Goiás, centro-oeste do Brasil.

O campo rupestre é conhecido pelo seus altos níveis de biodiversidade e endemismo (GIULIETTI et al., 1997). Eles ocorrem em áreas acima de 900 m de altitude, onde prevalecem afloramentos quartzíticos rochosos. Seus solos são rasos, ácidos, pobres em nutrientes e excessivamente drenados (RIBEIRO; FERNANDES, 2000). O clima é caracterizado por invernos secos e verões chuvosos com uma precipitação média anual de 1500 mm e uma média temperatura de 17,4-19,8°C (MADEIRA; FERNANDES, 1999).

O campo sujo é caracterizado pela presença de plantas herbáceas e de árvores e arbustos isolados ao longo da paisagem (COUTINHO, 1978). A Reserva Natural da Serra do Tombador é a maior RPPN de Cerrado do Brasil, com aproximadamente 8900 ha. O clima é tropical, com precipitação anual média entre 1300 e 1500 mm e temperaturas médias máximas entre 26 e 36 °C e mínimas entre 8 e 14°C. Na RPNN podem ser encontrados diversas fisionomias de Cerrado, dentre elas campo limpo e cerrado sensu stricto (ECA, 2009).

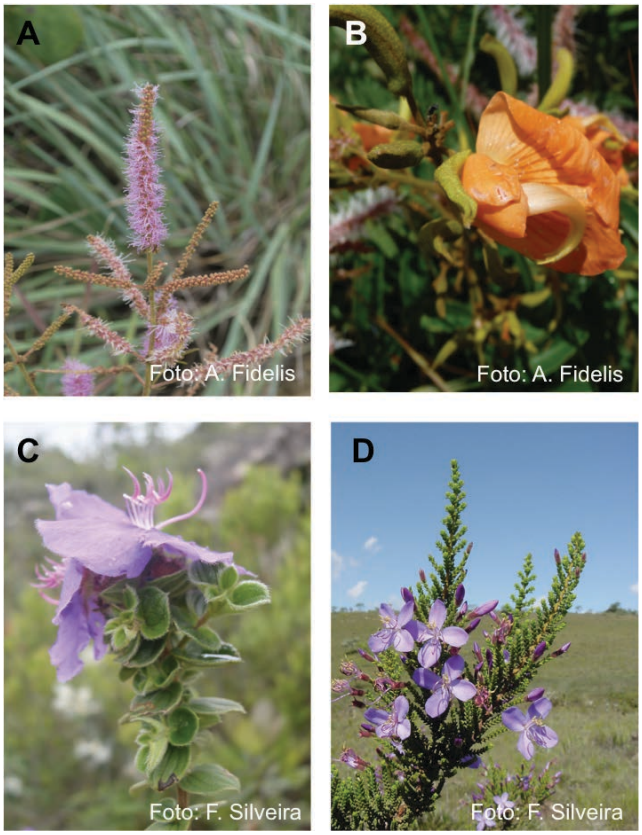
As sementes foram conservadas em sacos de papel e posteriormente separadas em laboratório. Foram coletadas sementes das seguintes espécies: *Mimosa pteridifolia* Benth., *Harpalyce brasiliana* Benth., *Tibouchina cardinalis* (Bonpl.) Cogn. e *Comolia sertularia* Triana (Fig.1a-d). Todas as espécies e suas demais características estão detalhados na Tabela 1.

3.2 Teste de permeabilidade

Para verificar a permeabilidade das sementes que foram usadas no experimento, 10 sementes de cada espécie foram pesadas depois embebidas em água durante 24 horas, em seguida, pesadas novamente. Sementes com um

incremento significativo no peso (>20%) foram consideradas permeáveis à água (MOREIRA, 2010) (Tabela 1).

Figura 1 - Espécies estudadas da família Fabaceae: a) *Mimosa pteridifolia*, b) *Harpalyce brasiliana* e Melastomataceae: c) *Tibouchina cardinalis* d) *Comolia sertularia*



Fonte: Elaborada pela autora (2015)

Tabela 1- Espécies estudadas, família, hábito, local e data de coleta, viabilidade do lote e tratamentos realizados com cada espécie.

Espécies	Família	Hábito	Tegumento da semente	Local da coleta	Data da coleta	Viabilidade do lote (%)
Harpalyce brasiliana	Fabaceae	Arbusto	Impermeável	Serra do Tombador	05/2013	60
Mimosa pteridifolia	Fabaceae	Arbusto	Impermeável	Serra do Tombador	07/2012	76
Comolia sertularia	Melastomataceae	Arbusto	Permeável	Serra do Cipó	11/2012	47
Tibouchina cardinalis	Melastomataceae	Arbusto	Permeável	Serra do Cipó	11/2012	59

Fonte: Elaborada pela autora (2015)

3.3 Protocolo de determinação da viabilidade das sementes

As sementes foram triadas em laboratório e as sementes danificadas não foram utilizadas para os experimentos. Após a triagem do material, foram estipulados protocolos para determinação de viabilidade para cada espécie, através da determinação de: i – concentração de tetrazólio, ii – tempo a ser deixado na solução de tetrazólio, iii – necessidade de algum tipo de escarificação. Após a elaboração do protocolo de viabilidade das sementes, foram testadas 100 sementes (cinco lotes com 20 sementes cada) de cada uma das diferentes espécies para determinação da viabilidade do lote antes dos experimentos.

3.4 Experimentos de choque de temperatura

Para cada espécie, foram utilizadas cinco réplicas com 20 sementes/réplica para cada tratamento. Além do controle (não foi exposto a nenhuma temperatura), as sementes foram expostas às seguintes temperaturas: 60°C, 100°C e 200°C, durante 1 minuto.

Os tratamentos de temperatura foram feitos em uma mufla pré-aquecida com temperatura controlada e cada réplica sofreu o choque de temperatura separadamente em cada tratamento, garantindo desta maneira, a independência das amostras (MORRISON; MORRIS, 2000).

3.5 Experimentos de fumaça

Soluções aquosas de fumaça foram preparadas com biomassa coletada em área de campo sujo na RNST, Goiás, composta predominantemente de gramíneas e herbáceas. A metodologia utilizada foi a proposta por Jäger et al., (1996): 5g de biomassa foi aquecida em mufla a 200°C durante 30 minutos. Para cada réplica, repetiu-se o procedimento. Imediatamente após a remoção do material da mufla, foram adicionadas à biomassa 50 ml de água destilada. Após 10 min, o material foi filtrado usando papel filtro Whatman No. 1.

Para cada espécie, foram utilizadas cinco réplicas com 20 sementes/réplica para cada tratamento. Além do controle (embebido em água destilada durante 24

horas), as sementes foram expostas solução de fumaça na concentração 1:1 (embebidas nas soluções durante 24 horas).

3.6 Germinação e observações

Após os tratamentos (choque térmico e fumaça), as sementes foram colocadas em placas de Petri com dois papéis filtros, previamente esterilizados em câmara de UV por 20 minutos e embebidos em água destilada. As amostras foram colocadas para germinar em câmaras de germinação com período de claro e escuro controlado (12h/12h) e temperatura constante de 27°C.

As observações foram feitas a cada três dias para verificar o número de sementes germinadas em cada placa, durante 60 dias. As sementes foram consideradas germinadas quando apareceu radícula e/ou cotilédones. Após o término dos experimentos, foram realizados testes de viabilidade com as sementes que não germinaram, utilizando-se para tal o protocolo desenvolvido para cada espécie.

4 RESULTADOS

4.1 Protocolo para avaliação de viabilidade das sementes

As sementes das diferentes espécies foram testadas de acordo com os seguintes critérios: necessidade de escarificação, tempo em banho Maria (tempo de embebição), necessidade de cortar as sementes ao meio, concentração da solução de tetrazólio e o tempo na solução. A semente de algumas espécies, como *T. cardinalis* e *C. sertularia* não necessitaram escarificação antes de serem colocadas na solução de tetrazólio, e as sementes de *C. sertularia* podiam ter os embriões observados por transparência sem necessidade de cortar as sementes. Por outro lado, as sementes de Fabaceae necessitaram de escarificação e exposição do embrião antes de serem colocadas na solução de tetrazólio (Tabela 2).

Tabela 2 - Protocolo desenvolvido para teste de viabilidade das sementes para as espécies estudadas em relação a necessidade de escarificação, tempo em banho Maria (35ºC, horas), necessidade de cortar as sementes ao meio, concentração do tetrazólio (%) e tempo em solução de tetrazólio (horas).

Espécies	Escarificação	Banho Maria (horas)	Cortar as sementes ao meio	Concentração tetrazólio (%)	Tempo tetrazólio (horas)
Harpalyce brasiliana	Lixa n°150	4	Sim	1	4
Mimosa pteridifolia	Lixa n°60 ou 80	2	Sim	0,5	2
Comolia sertularia	Não	24	Sim	1	24
Tibouchina cardinalis	Não	24	Não	1	24

Fonte: Elaborada pela autora (2015)

4.2 Experimentos de choque de temperatura

Os resultados mostraram que *Mimosa pteridifolia* teve a maior porcentagem de germinação dentre todas as espécies (66±11,31%, Fig. 2a), enquanto que a menor porcentagem foi encontrada para *Comolia sertularia* (2±4,47%, Fig 2d), sendo que mais de 50% das sementes desta espécie estavam vazias.

As sementes de *Mimosa pteridifolia* apresentaram uma queda na germinação a partir de 100°C (C= 66±11,31%, 100ºC= 16±15,57%, p=0,008, Fig. 2a) enquanto que *Harpalyce brasiliana* foi a única espécie que apresentou quebra de dormência quando suas sementes foram expostas a 60° e 100°C (C=15±7,91%, 60ºC=33±14,40%, 100ºC=35±17,67%, p=0,05, p=0,04, respectivamente). Porém,

apenas uma porcentagem das sementes tiveram a dormência quebrada e mais de 20% não germinaram, apesar de estarem viáveis. Quando *H. brasiliana* foi exposta a 200ºC, foi observado uma diminuição na germinação em relação ao controle (200ºC=0%, p=0,0009, Fig. 2b). Embora as respostas das espécies de Melastomataceae não tenham mostrado aumento na germinação quando expostas a altas temperaturas, as sementes de *Tibouchina cardinalis* apresentaram uma queda significativa na porcentagem de germinação a 200°C (C=11±6,51%, 200ºC= 0%, p=0,003, Fig. 2c) já a *Comolia sertularia* apresentou baixa porcentagem de germinação em todos os tratamentos (G<2%, p>0.05, Fig. 2d).

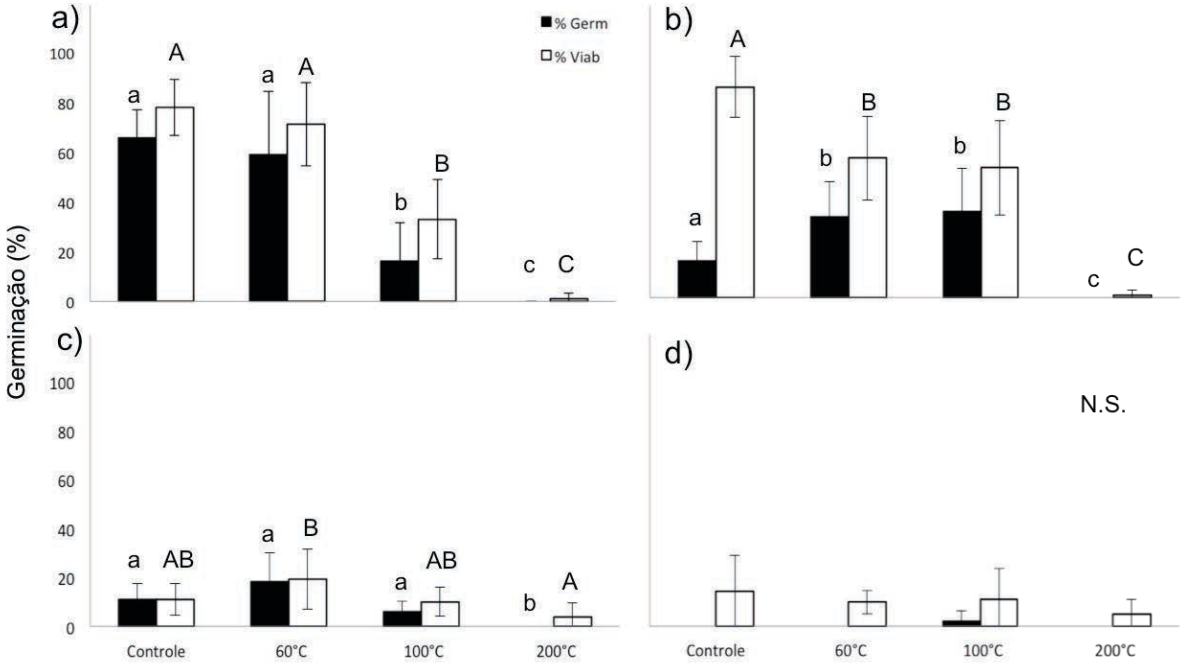
Os resultados de viabilidade mostraram que para as espécies de Fabaceae houve diminuição da viabilidade a 200°C (p≤0,05). Em relação às outras temperaturas, as sementes de *M. pteridifolia* também apresentaram queda na viabilidade a 100°C (C= 77,8±11,23%, 100ºC= 33±16,05%, p=0,008, Fig 2a) e *H. brasiliana* apresentou diminuição da viabilidade a partir de 60ºC em relação ao controle (C=86±12,45%, 60ºC=57,8±17,17% 100ºC=53±19,24% e 200ºC=1±2,24%, p=0,0001, Fig 2b).

Para as duas espécies de Melastomataceae, a viabilidade foi baixa em todas as temperaturas, não excedendo 20%. *Tibouchina cardinalis* não teve diminuição na viabilidade com o aumento de temperatura (p>0,05, Fig. 2c), assim como *C. sertularia,* apesar da baixa porcentagem de sementes viáveis em ambas as espécies estudadas (p=0,59, Fig. 2d).

4.3 Experimentos de fumaça

As espécies estudadas não responderam ao tratamento de fumaça, não havendo diferenças estatísticas entre controle e o tratamento na concentração 1:1. (p>0,05, Tabela 3). Em relação a viabilidade também não houve diferença significativa entre o controle e o tratamento.

Figura 2 - Porcentagem de germinação e viabilidade (%, média±DP) das sementes das espécies estudadas: a) *Mimosa pteridifolia*; b) *Harpalyce brasiliana;* c) *Tibouchina cardinalis*; d) *Comolia sertularia* após serem expostas durante 1 minuto a diferentes choques de temperatura: 60°C, 100°C e 200°C e controle (sem exposição a altas temperaturas. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre as porcentagens de germinação enquanto as letras maiúsculas indicam diferenças significativas na porcentagem de viabilidade entre os tratamentos.



Fonte: Elaborada pela autora (2015)

Tabela 3 - Porcentagem de germinação e viabilidade (%, média±DP) das espécies estudadas nos diferentes tratamentos: controle (embebição em água destilada) e solução aquosa de fumaça (1:1). Valores de p para diferenças entre tratamentos para porcentagem de germinação (P germinadas) e viabilidade (P viabilidade)

Espécies	Germinação Controle	Germinação 1:1	Viabilidade Controle	Viabilidade 1:1	*P* germinadas	P viabilidade
Harpalyce brasiliana	13±6,70	5±3,53	70±23,4	69±6,51	0,32	1
Mimosa pteridifolia	34,8±19,03	51±28,8	43±24,29	55±27,6	0,59	0,52
Comolia sertularia	2±4,70	1±2,23	8,3±13,7	9±9,61	0,38	1
Tibouchina cardinalis	14±8,07	23±12,77	17,9±11,06	26,6±16,2	0,32	0,45

Fonte: Elaborada pela autora (2015)

5 DISCUSSÃO

O fogo é um importante fator ecológico e evolutivo, influenciando diversos ecossistemas no mundo (BOND et al., 2005; KEELEY et al., 2011), como por exemplo o Cerrado, que se encontra sob influência do fogo há cerca de 4 milhões de anos (SIMON et al., 2009). Em tais ambientes onde o fogo é recorrente, muitas plantas possuem atributos e mecanismos reprodutivos relacionados e influenciados pelo fogo e a quebra de dormência por altas temperaturas e estimulação da germinação pela fumaça podem ser considerados atributos adaptativos ao fogo (KEELEY et al., 2011). A influência do fogo na germinação das espécies foi encontrada em vários ecossistemas inflamáveis do mundo, como por exemplo nos ecossistemas mediterrâneos (ver MOREIRA et al., 2010). Porém, neste trabalho encontramos que as altas temperaturas quebraram a dormência de apenas uma das espécies estudadas de Fabaceae enquanto que a fumaça não estimulou a germinação de nenhuma das espécies estudadas.

Apenas *Harpalyce brasiliana*, um arbusto encontrado em áreas de campo sujo da família Fabaceae, teve sua dormência quebrada quando as sementes foram expostas a temperaturas de 60ºC e 100ºC, enquanto que a outra espécie de Fabaceae não respondeu à exposição a altas temperaturas. O choque térmico geralmente quebra a dormência de espécies com tegumento impermeável, promovendo a ruptura da testa e permitindo a entrada da água na semente (BASKIN; BASKIN 1998). Diferentemente do encontrado neste trabalho, espécies de Fabaceae na Austrália mostraram um aumento na germinação após serem expostas a temperaturas entre 80-100ºC (AULD; O'CONNEL, 1991), enquanto que espécies de Myrtaceae também responderam positivamente ao aumento de temperatura (AULD; OOI 2009). Na Bacia do Mediterrâneo, a exposição a altas temperaturas aumentou a germinação de espécies de Cistaceae e Fabaceae (MOREIRA et al., 2010). Fichino et al. (no prelo) obtiveram o mesmo resultado encontrado neste trabalho e afirmaram que os padrões de respostas das sementes das espécies de Cerrado diferem das espécies do Mediterrâneo, sendo outros atributos de semente e germinação mais importantes, como por exemplo a resistência ao fogo.

De acordo com os resultados encontrados neste trabalho, todas as espécies estudadas (com tegumento permeável e impermeável) mostraram uma significativa queda na germinação a 200°C ($p<0,05$) sendo que as sementes de *M. pteridifolia, H.*

brasiliana, T. Cardinalis e *C. sertularia* não germinaram quando expostas a 200°C. A passagem do fogo no Cerrado é rápida e o pulso de calor não dura mais do que três minutos, a temperatura abaixo do solo é menor que 100°C enquanto que acima do solo as temperaturas chegam a alcançar de 288ºC a 350ºC (MIRANDA et al., 1993). Portanto, sementes presentes no banco de sementes dificilmente serão expostas a tais temperaturas.

Neste estudo notou-se que na maioria das espécies as sementes morrem a 200°C mas sobrevivem a 100°C, portanto o limiar de resistência destas espécies deve-se encontrar entre estas duas temperaturas. A resistência destas sementes do Cerrado a altas temperaturas é uma questão que vale a pena ser explorada já que a capacidade de germinar e sofrer recrutamento após a passagem do fogo é um atributo que influencia no fitness da espécie (PAULA; PAUSAS 2008; PAUSAS, 2012; WHELAN, 1995).

Além disso, as espécies estudadas com sementes impermeáveis podem ter sua dormência quebrada por outros fatores, como por exemplo a exposição a flutuações de temperaturas diárias, como observado por Santana et al. (2012). Também existem espécies que são dependentes de altas temperaturas proporcionadas por queimas severas enquanto certas espécies são facultativas e dependem das temperaturas do solo ocasionadas pela estação mais quente (OOI et al., 2014).

Dentre as sementes permeáveis de Melastomataceae, tanto a porcentagem de germinação quanto de viabilidade foram baixas (<20%). *Comolia sertularia* obteve a menor taxa de germinação, apresentando muitas sementes vazias e viabilidade baixa ($p>0,05$, Fig. 2d). A falta de germinação para essa ultima espécie pode ser explicado pela presença de sementes vazias como mostrado em Silveira et al. (2011) onde 50% das sementes de *C. sertularia* não possuem embriões.

O estudo mostrou que nenhuma das espécies permeáveis respondeu à fumaça. O estímulo a germinação pela fumaça é considerado uma adaptação ao fogo e portanto, ecossistemas que evoluíram na presença do fogo podem apresentar espécies com sementes que germinam mais após serem expostas à fumaça (KEELEY et al., 2011). Acredita-se que o butenolídeo (karrikins;e.g. KAR1, 3-metil-2H-furo [2,3-c] piran-2-ona) deve estar relacionado com o aumento da germinação (FLEMATTI et al., 2004). Estudos na Bacia do Mediterrâneo evidenciaram que a

fumaça influenciou positivamente a germinação de espécies com tegumento permeável de Ericaceae, Lamiaceae e Primulaceae (MOREIRA et al., 2010). Contrário à nossa hipótese inicial, as espécies de Melastomataceae não apresentaram um aumento na germinação quando embebidas em solução de fumaça. Os compostos responsáveis pelo aumento na germinação presentes na solução (entre eles o mais conhecido e o butenolídeo KAR), dependendo das concentrações poderiam inibir a germinação (NELSON et al., 2012). Além disso, algumas sementes poderiam ter a germinação afetada pelo excesso de água embebida durante os tratamentos. Em *C. sertularia* se observou uma diminuição de aproximadamente 38% entre as porcentagens de viabilidades do lote (47%) e do controle (8,3%) pós-experimento. Enquanto que para *T. cardinalis* houve uma diminuição de 41,1% entre as porcentagens de viabilidade do lote (59%) e do controle (17,9%). Essa diminuição na viabilidade pode ser devido a má aeração da semente e consequente deficiência do transporte de oxigênio ate o embrião (BLANK; YOUNG, 1992; BASKIN; BASKIN, 2014). Finalmente, a semente poderá sofrer influência da fumaça após ficar um tempo no banco de sementes ou terem sido expostas ao choque de temperatura anteriormente (KEELEY; FOTHERINGHAM 1998; MOREIRA et al., 2010). Portanto, estudos devem ser conduzidos com mais espécies de diferentes famílias para uma melhor avaliação do efeito da fumaça na germinação de espécies do Cerrado.

No caso das sementes de tegumento impermeável os resultados podem não ter sidos significativos devido as sementes não terem sido escarificadas antes de serem embebidas na solução de fumaça, o que impediria a entrada da solução no interior da semente e consequentemente a ação dos compostos não afetou a germinação (BASKIN; BASKIN, 2014). Porém, algumas sementes germinaram, evidenciando que uma porcentagem da população não tem dormência física, situação que segundo Keeley et al. (2011) pode ser explicada pelo aumento e diminuição da porcentagem de sementes de tegumento impermeável de acordo com as condições locais.

Por fim, esses resultados corroboraram os encontrados por Fichino et al. (no prelo) onde outras espécies do Cerrado não responderam aos tratamentos de choque de temperatura e fumaça, porém resistiram as altas temperaturas, apontando que essas espécies podem apresentar diferentes estratégias de resposta ao fogo em relação a outros ambientes pirofíticos, como a vegetação Mediterrânea.

Entretanto a quebra de dormência para *H. brasiliana* e a diminuição da germinação das sementes a 200°C demostradas para todas as espécies são características importantes para sobrevivência e persistência das populações no ambiente pós fogo. Desta forma, estudos com mais espécies do Cerrado para avaliar o efeito do choque de altas temperaturas e da fumaça são de extrema importância. Finalmente, não somente a quebra da dormência ou aumento da germinação devem ser levados em consideração, assim como a resistência das sementes a altas temperaturas como atributos de espécies em ambientes susceptíveis ao fogo.

6 CONCLUSÃO

A exposição ao choque de temperatura levou à quebra de dormência de pelo menos uma espécies de Fabaceae, corroborando com a nossa hipótese de que espécies de tegumento impermeável teria a dormência quebrada pelas altas temperaturas. Por outro lado, a hipótese sobre o aumento de germinação de espécies de tegumento permeáveis quando expostas à fumaça não pode ser comprovada.

Apesar de somente uma espécie ter sua dormência quebrada, todas as espécies estudadas mostraram ser resistentes à passagem do fogo, havendo uma queda da germinação apenas a partir de 100ºC.

REFERÊNCIAS

BLANK, R.R.; YOUNG, J.A. Influence of Matric Potential and Substrate Characteristics on Germination of Nezpar Indian Ricegrass. **Journal of Range Management,** 45: 205-209. 1992.

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

AULD, T. D.; OOI, M. K. J. Heat increases germination of water-permeable seeds of obligate-seeding Darwinia species (Myrtaceae). **Plant Ecology**, 200:117–127. 2009.

BASKIN, J.; BASKIN, C. **Seeds ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination***.* San Diego: Academic Press, 1998.

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

BASKIN, J.; BASKIN, C. **Seeds ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination***.* San Diego: Academic Press, 2014.

BOND, W. J.; VAN WILGEN, B. W**. Fire and plants: Population and community biology series.** Chapman & Hall, London.1996.

COCHRANE, M.; RYAN, K. C. Fire and fire ecology: Concepts and principles. In: Tropical fire ecology: Climate change, Land use and ecosystem dynamics. UK. **Springer***,* p.25-55, 2009.

COUTINHO,, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. **Bol.Botânica***,Univ. S.Paulo* 5: 57-64. 1977.

COUTINHO,, L. M. O Conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, 1: 17-23. 1978.

COUTINHO,, L.M. As Queimadas e seu Papel Ecológico. **Brasil Florestal**, 44: 7-23.1980.

COUTINHO,, L.M.. Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. In: Huntley, B. J. & Walker, B. H. (eds). **Ecology of tropical savannas***.* Springer Verlag. 273-291. 1982.

COUTINHO,, L. M. Fire in the Ecology of the Brazilian Cerrado. *In*: GOLDAMMER, J. G. **Fire in the tropical biota: ecosystem process and global challenge**. Berlin: Springler-Verlag*,* p.82-103.1ªed., 1990.

DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M.F.; FRANCO, G.A.D.C. Threats to the Cerrado remnants of the State of São Paulo, Brazil. **Sciencia Agricola**, 64:355-363. 2007.

EITEN,, G.The Cerrado Vegetation of Brazil. **Botanical Review**, 38 (2) p. 201-341,1972.

ESCRIVÁ, J.**Caminho:Pequenas coisas.** 1939. Disponível em: < http://www.escrivaworks.org.br/book/caminho.htm>. Acesso em: 2 out. 2015.

FICHINO, B.S. ; DOMBROSKI, J. ; PIVELLO, V.R. ; FIDELIS, A. . Does fire trigger seed germination in the Neotropical Savannas? Experimental tests with six Cerrado species. **Biotropica**. No Prelo.

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

FIDELIS A.; BLANCO, C.C.; MULLER, S.C.; PILLAR, V.D.; PFADENHAUER, J. Short-term changes caused by fire and mowing in Brazilian Campos grasslands with different long-term fire histories. **Journal of Vegetation Science**, 23: 552-562. 2012.

FLEMATTI, G.R; GHIALBERTI, E.L.; DIXON, K.W. ; TRENGOVE, R.D. A compound from smoke that promotes seed germination. **Science,** 305: 977. 2004.

GIGNOUX, J.; CLOBERT, J.; MENAUT, J.C. Alternative fire resistance strategies in savanna trees. **Oecologia**, 110: 576 - 583. 1997.

GIULIETTI, A.M., PIRANI, J.R. ; HARLEY, R.M. Espinhaço range region: eastern Brazil. In: **Centre of plants diversity: a guide and strategy for their conservation**, pp. 397-404, World Wildlife Fund / World Conservation Union, Cambridge. 1997.

HOFFMANN, W.A. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. **Journal of Ecology**, 84: 383-393. 1996.

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: 421–429. 1996.

KEELEY, J.E.; FOTHERINGHAM, C.J. Smoke-induced seed germination in California chaparral., **Ecology**, 79: 2320–2336. 1998.

KEELEY, J.E. & FOTHERINGHAM, C.J. Role of fire in regeneration from seed. In M. Fenner (ed.). **Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities.** CAB International, Wallingford*,* 2000.

KEELEY, J.E.; PAUSAS, J.G.; RUNDEL, P.W.; BOND, W.J.; BRADSTOCK, R.A. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. **Trends in Plant Science**, 16. 2011.

LIGHT, E. M.; DAWS, I. M.; VAN STADEN. Smoke-derived butenolide: towards understanding its biological effects. **South Africa Journal of Botany***,* 75:1-7, 2009.

MACHADO, R.B.; RAMOS-NETO, M.B.; CALDAS, E.; GONSALVES, D.; SANTOS, N.; TADOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área de cerrado brasileiro.** Brasília: C. I. Do Brasil, 2004.

MADEIRA, J.A. ; FERNANDES, G.W. Reproductive phenology of sympatric taxa of *Chamaecrista* (Leguminosae) in Serra do Cipó, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, 15: 463–479. 1999.

MANLY, B. F. J. **Randomization bootstrip and Monte Carlo Methods in biology.** Boca Raron: Chapman & Hall, 3ªed, 2007.

MENDONÇA, R.C.; FELFILI, J.M.; WALTER, B.M.T.; SILVA, M.C. JR; REZENDE, A.V.; FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P.E.; FAGG, C.W. Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com 12356 espécies. *In*: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F.(eds): **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados, Brasília. pp. 421- 1279. 2008.

MERRIT, D J; TURNER, S R; CLARK, S; DIXON, K W. Seed dormancy and germination stimulation syndromes for Australian temperate species. **Australian Journal of Botany***,* 55: 336-344. 2007.

MIRANDA, A. C., H. S. MIRANDA, I. F. P. O. DIAS, and B. F. S. DIAS. Soil and air temperatures during prescribed cerrado fires in Central Brazil. **J. Trop. Ecol.,** 9: 313–320. 1993.

MOREIRA, B. J.; TORMO, J.; ESTRELLES, E.; PAUSAS, J. G. Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterran Basin flora. **Annals of Botany**, 105: 627-635, 2010.

MORRISON, D. A.; MORRIS, E. C. Pseudoreplication in experimental designs for the manipulation of seed germination treatments. **Austral Ecology**, 25: 292-296, 2000.

MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M. Reproductive phenology of an herbaceous-subshrub layer of a Savanna (Campo Sujo) in the Cerrado biosphere reserve, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, 67: 631-637, 2007.

MYERS, N., R.A. MITTERMEIER, C.G. MITTERMEIER , G.A.B. FONSECA; J. KENT. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403: 853-858, 2000.

NELSON, D. C., FLEMATTI, G. R., GHISALBERTI, E.L., DIXON, K.W., SMITH, S.M. Regulation of seed germination and seedling growth by chemical signals from burning vegetation. **Annu Rev Plant Biol.**, 63:107-30, 2012.

OLIVEIRA – FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of Central Brazil species distribution forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburg Jornal of Botany**, 52:94-141, 1995.

OOI, M. K. J.; DENHAM, A. J.; SANTANA, V. M.; AULD, T. D. Temperature thresholds of physically dormant seeds and plant functional response to fire: variation among species and relative impact of climate change. **Ecol. Evol.**, 4: 656–671. 2014.

PAUSAS, J. G. **Incendios forestales.** Los Libros de la Catarata. 2012.

PAULA, S. ; PAUSAS, J. G. Burning seeds: germinative response to heat treatments in relation to resprouting ability. **J. Ecol**., 96: 543–552. 2008.

PILLAR, V.D. **Multiv: Multivariate exploratory analysis, randomization testing and bootstrap resampling**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2008.

PIVELLO,, V.R. ; COUTINHO,, L.M.. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna). **Journal of Tropical Ecology,** 8: 487-497. 1992.

PIVELLO,, V.R.. The use of fire in Brazil: past and present. **Fire Ecology**, 7: 24-39. 2011.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2010). **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. http://www.R-project.org

RIBEIRO, K.T.; FERNADES, G.W.Patterns of abundance of a narrow endemic species in a tropical and infertile montane habitat. **Plant Ecology**, 147: 205-218. 2000.

SANO, S.M. ; ALMEIDA,S.P. Ed. **Cerrado: ambiente e flora.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC. 596p. 1998.

SANTANA, V.M.; BAEZA, M.J.; BLANES,M.C. Clarifying the role of fire heat and daily temperature fluctuations as germination cues for Mediterranean Basin obligate seeders. **Annals of Botany**, 1 - 8 .2012.

SILVEIRA, F.A.O.; FERNANDES, G.W. Effect of LIGHT, temperature and scarification on the germination of *Mimosa foliolosa* (Leguminosae) seeds. **Seed Science and Technology**, 34, 585-592. 2006.

SILVEIRA, F.A.O.; RIBEIRO, R.C.; OLIVEIRA, D.M.T.; FERNANDES, G.W.; LEMOS-FILHO, J.P. Evolution of physiological dormancy multiple times in Melastomataceae from Neotropical montane vegetation**. Seed Science Research**, 22: 37-44. 2011.

SIMON, M.F.; GRETHER, R.; QUEIROZ, L.P.; SKEMA, C.; PENNINGTON, R.T.; HUGHES, C.E. 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**, 106: 20.359-20.364. 2009.

THOMPSON, K; OOI, M K J. To germinate or not to germinate: more than just a question of dormancy. **Seed Science and Research**, 20: 209-211. 2010.

VAN SATADEN, J., BROWN, A.C.B.N., JAGER, A.K., JOHNSON, T.A. Smoke as a germination cue. **Plant Species Biology,** 15:167-178, 2000.

VÁZQUEZ-YANES, C. ; OROZCO-SEGOVIA, A. Patterns of seed longevity and germination in tropical rain forest**. Annual Review of Ecology and Systematics,** 24: 69-87.1993.

WHELAN, R. J. **The ecology of fire**. New York: Cambridge University Press, 1ªed., 1995.