










Efeitos do Tegumento e teor de água de sementes de *Plathymenia reticulata* e *Stryphnodendron adstringens* na tolerância a choques térmicos

 [Cristiele dos Santos Souza](#)¹,  [Maiky Lopes Paulo](#)¹,  [José de Oliveira Cruz](#)¹,  [Tayara Colins Nunes](#)¹,  [Stéfani Karoline Melo Carvalho](#)¹,  [Eloisa do Vale Nogueira](#)¹,  [Ana Carolina Tavora Lima Alves](#)¹,  [Anabele Stefânia Gomes](#)¹ e  [Fabian Borghetti](#)^{1,2}

Como citar: Souza, C.S., Paulo, M.L., Cruz, J.O., Nunes, T.C., Carvalho, S.K.M., Nogueira, E.V., Alves, A.C.T.L., Gomes, A.S. & Borghetti, F. 2021. Efeitos do Tegumento e teor de água de sementes de *Plathymenia reticulata* e *Stryphnodendron adstringens* na tolerância a choques térmicos. Hoehnea 48: e012021. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-01/2021>

ABSTRACT - (Effects of the seed coat and water content on the tolerance to heat shock among seeds of *Plathymenia reticulata* Benth. and *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Fabaceae)). Seed coat and water content may be direct determinants of seed tolerance to heat shocks, which may also be determined by the origin of the seeds. To check this, seeds of *Plathymenia reticulata* and *Stryphnodendron adstringens* were collected in the north of Minas Gerais State (representing a dry savanna) and in the northeast of Mato Grosso State (wet savanna) of the Cerrado biome and subjected to heat shocks of 110, 140 and 170 °C for 2.5 minutes under three conditions; intact, scarified, and scarified and soaked. Soaked and scarified seeds of both species germinated more quickly. For both species, seeds from dry savanna showed lower initial water content and slower germination, but greater tolerance to heat shocks than seeds from wet savannas. No survival was detected among seeds of *P. reticulata* after treatment of 140 °C, while seeds of *S. adstringens* from dry savannas tolerated treatment of 170 °C, regardless of being scarified and imbibed or not. We conclude that seeds of *P. reticulata* have a lower tolerance to heat shock than seeds of *S. adstringens*, that imbibed seeds are less tolerant to heat shock than non-imbibed seeds and that seeds from dry savannas are more tolerant to heat shock than those from wet savannas

Keywords: Cerrado, heat shock, savanna, scarification, water content

RESUMO - (Efeitos do tegumento e do teor de água de sementes de *Plathymenia reticulata* Benth. e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Fabaceae) na tolerância a choques térmicos). O tegumento e conteúdo de água das sementes podem interferir na sua tolerância a choques térmicos, assim como o seu ambiente de origem. Para testar essas possibilidades, sementes de *Plathymenia reticulata* e *Stryphnodendron adstringens* foram coletadas no norte do Estado de Minas Gerais (representando savana seca) e no nordeste do Estado do Mato Grosso (representando savana úmida) do bioma Cerrado, e suas respostas a choques térmicos de 110, 140 e 170 °C por 2,5 minutos foram avaliadas sob diferentes condições; intactas, escarificadas, e embebidas após escarificação. Sementes escarificadas e embebidas germinaram mais rapidamente para ambas as espécies. Sementes de savana seca apresentaram menor teor de água inicial e germinação mais lenta para ambas as espécies, porém maior tolerância a choques térmicos que sementes de savana úmida. Sementes de *P. reticulata* não sobreviveram após tratamento de 140 °C, mas sementes de *S. adstringens* de savana seca suportaram tratamento de 170 °C, independentemente de estarem escarificadas e/ou embebidas. Conclui-se que sementes de *P. reticulata* são menos tolerantes a choques térmicos que sementes de *S. adstringens*, que sementes secas são mais tolerantes a choques térmicos que sementes embebidas, e que sementes de savanas secas são mais tolerantes a choques térmicos que sementes de ambientes úmidos. **Palavras-chave:** Cerrado, choque térmico, conteúdo de água, escarificação, savana

Introdução

Os atributos fisiológicos de espécies do Cerrado são resultantes de processos ecológicos ocorrentes ao longo de sua formação (Eiten 1972, Goodland & Ferri 1979, Scariot *et al.* 2005), entre eles o desenvolvimento de tolerância a filtros ambientais típicos de ambientes savânicos, como as queimadas (Simon *et al.* 2009). Os filtros ambientais atuam particularmente e podem ser mais determinantes da germinação e recrutamento, pois trata-se de um período de alto risco e mortalidade do ciclo de vida das plantas (Fenner

& Thompson 2005, Schmidt *et al.* 2005). Em função disto, sementes ocorrentes em ambientes suscetíveis ao fogo, como é o caso do Cerrado, podem apresentar estratégias que possibilitam maior tolerância a choques térmicos, como tegumento rígido (Rolston 1978), frutos protetores (Cirne & Miranda 2008) e menor grau de umidade das sementes (Tangney *et al.* 2018). Como o Cerrado apresenta tipos fisionômicos que diferem quanto à disponibilidade de água e grau de umidade do meio (Ribeiro & Walter 2008), e ao mesmo tempo são sujeitos a queimadas frequentes (Coutinho 1982), tornam-se válidas investigações das

1. Universidade de Brasília, Departamento de Botânica, Campus Universitário Darcy Ribeiro, s/n, Asa Norte, 70.910-900 Brasília, DF, Brasil
2. Corresponding Author: borghetti.fabian@gmail.com

consequências de processos sazonais de pluviosidade e fogo na sobrevivência e germinação de sementes, e na sua tolerância ao fogo.

No caso específico das sementes, o choque térmico ocasionado pela passagem de fogo pode interferir na viabilidade (Schmidt *et al.* 2005), quebra de dormência (Ooi *et al.* 2006) e nos padrões germinativos (Ooi *et al.* 2009, Bouchardet *et al.* 2015). Sementes com certo grau de embebição podem ser mais impactadas pela passagem do fogo, visto que seus tecidos embrionários se encontram mais hidratados e, conseqüentemente, enzimas e proteínas estão em maior atividade e mais suscetíveis a agentes do meio (Salgado-Labouriau 1973, Castro & Hilhorst 2004a, Baskin & Baskin 2014), o que pode comprometer seu metabolismo, viabilidade e germinação (Salgado-Labouriau 1973, Labouriau 1983).

O nível de hidratação das sementes é dependente de sua capacidade de embebição, por sua vez relacionada ao grau de permeabilidade do tegumento. Sementes com dormência física, por exemplo, apresentam baixa permeabilidade, e passam a requerer escarificação mecânica ou química para embeber (Lemos-Filho *et al.* 1997, Carvalho & Nakagawa 2012). Se por um lado a escarificação torna a embebição mais rápida, por outro expõe o embrião a estresses, visto que o tegumento também funciona como uma barreira de proteção física (Pacheco & Matos 2011). Assim, algumas questões emergem deste cenário; a tolerância a choques térmicos pode estar condicionada a presença de um tegumento que confere proteção física ao embrião da semente. Por outro lado, a tolerância a choques térmicos pode estar também relacionada a um baixo teor de água da semente, tornando o embrião mais resistente a este estresse. Sementes escarificadas e embebidas podem ser menos tolerantes a choques térmicos tanto por estarem hidratadas quanto pelo fato de o embrião estar mais exposto ao tratamento devido a ruptura do tegumento. Assim, o uso de sementes que contenham diferentes conteúdos de água, escarificadas ou não, e embebidas ou não, poderia contribuir para distinguir efeitos tegumentares de efeitos do grau de hidratação dos tecidos na sua tolerância a choques térmicos.

Buscando investigar estas possibilidades, foram selecionadas duas espécies pertencentes à família Fabaceae, cujas sementes apresentam dormência física, *Plathymenia reticulata* Benth. e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. Estas espécies são encontradas em regiões de Cerrado sujeitas a diferentes condições climáticas, como no Estado de Minas Gerais (região mais seca) e no Estado do Mato Grosso (região mais úmida). Coletou-se sementes de populações de ambas as áreas para se investigar as respostas de sementes intactas (sem escarificação), escarificadas e embebidas a tratamentos de choques térmicos simulando o fogo. Nossos objetivos foram: (1) Verificar se sementes oriundas de populações ocorrentes em áreas mais secas e mais úmidas diferem no seu conteúdo de água; (2) Testar se sementes hidratadas são mais sensíveis aos choques térmicos que sementes não hidratadas; (3) Investigar se sementes com o tegumento intacto são mais tolerantes aos choques térmicos que aquelas com o tegumento escarificado.

Material e Métodos

Caracterização das espécies-alvo - As espécies selecionadas para esse estudo foram *Plathymenia reticulata*, popularmente conhecida como vinhático-do-campo ou amarelinho, e *Stryphnodendron adstringens* o popular barbatimão (Lorenzi 1992). Ambas são heliófitas, xerófitas, sendo encontradas em formações abertas do Cerrado, em particular nas savanas. Em Caesalpinioideae é comum ocorrer dormência por impermeabilidade do tegumento devido a camada de células com paredes espessas e recobertas externamente por uma camada cerosa (Popinigis 1985, Carvalho & Nakagawa 2012).

Áreas de coleta de sementes - As sementes foram coletadas em áreas de cerrado *sensu stricto* do bioma Cerrado. Sementes de *Stryphnodendron adstringens* foram coletadas no município de Montes Claros, na área de reserva do Centro de Agricultura Alternativa do Norte de Minas (CAA/NM) (16°25.575'S e 44°02.118'W). Sementes de *Plathymenia reticulata* foram coletadas no Parque Estadual Caminhos das Gerais, município de Monte Azul (14°45'15"30"S e 43°15'42"45"W), e ambas as áreas representando uma savana seca no presente estudo. Já ao nordeste do Estado do Mato Grosso, no caso representando uma savana úmida, sementes de ambas as espécies foram coletadas no Parque Municipal do Bacaba, município de Nova Xavantina (14° 42.932'S e 52° 21.146'W). As informações climáticas destas regiões estão apresentadas na tabela 1. No Estado de Minas Gerais, as áreas de coleta fazem transição com a caatinga, enquanto no Estado do Mato Grosso a área de coleta faz transição com a Amazônia. Diásporos maduros e em fase de dispersão foram coletados em outubro de 2016, de no mínimo 10 matrizes de cada população espaçadas entre si por no mínimo 100 metros, a fim buscar maior variabilidade genética (Piña-Rodrigues *et al.* 2004). Após a coleta, os diásporos foram retirados dos frutos, selecionados quanto ao seu estado físico, limpos de resíduos e impurezas e armazenados sob refrigeração a 8°C, em embalagens de papel no Laboratório de Termobiologia da Universidade de Brasília até o início dos experimentos em agosto de 2019.

Desenho experimental - Inicialmente foi feita a mensuração de atributos morfológicos (massa fresca e seca) e biofísicos (teor de água) das sementes. Para tanto, foram calculadas as médias de massa fresca de amostras de 50 sementes (pesadas individualmente) para cada espécie e de cada região. Para obtenção da massa seca as sementes foram mantidas em estufa de circulação forçada a 105°C por 48 horas, e pesadas novamente. Amostras de sementes escarificadas foram também colocadas para embeber em placas de Petri revestidas com papel de filtro umedecido com água destilada em abundância, sob regime térmico de 18-30°C (em ambiente isolado e com luz indireta), e pesadas novamente após 24 horas. Esta medida constituiu-se a massa túrgida das sementes. De posse dos valores de massa fresca e seca foi possível determinar o teor de água inicial das sementes (TAS), conforme Soltani *et al.* (2006). Para calcular o teor de água túrgida (embebida) foi usada a mesma fórmula, substituindo a massa fresca pela massa túrgida.

Para avaliar os efeitos dos choques térmicos, sementes de ambas as regiões (savana seca e úmida) foram separadas

Tabela 1. Precipitação e temperatura média anual registradas para as cidades de Montes Claros (Estado de Minas Gerais - MG), Monte Azul (MG) e Xavantina (Estado do Mato Grosso), Brasil, para o período de 2007 a 2015. (Fonte: INMET, disponível em www.inmet.gov.br).

Table 1. Precipitation and annual average temperature registered for the cities of Montes Claros (Minas Gerais State - MG), Monte Azul (MG) and Xavantina (Mato Grosso State - MT), Brazil, from 2007 to 2015. (Source: INMET, available at www.inmet.gov.br).

Cidade	Estado	Precipitação média anual (mm)	Temperatura média anual (°C)
Montes Claros	Minas Gerais	750-1.000	22-23
Monte Azul	Minas Gerais	500-750	22-23
Xavantina	Mato Grosso	1.500-1.750	24-26

em três grupos amostrais contendo 50 sementes cada: 1. Sementes não escarificadas; 2. Sementes escarificadas; 3. Sementes escarificadas e embebidas. No tratamento sem escarificação, sementes intactas foram submetidas diretamente aos choques térmicos. No tratamento de escarificação, foi feito um pequeno rompimento no tegumento na região oposta ao hilo com o auxílio de alicate. No tratamento de escarificação e embebição, sementes foram escarificadas e embebidas por 24 horas antes dos choques térmicos, conforme descrito acima. Cada grupo de sementes passou por choques térmicos independentes em estufas reguladas para temperaturas de 110, 140 e 170 °C por 2,5 minutos (Ribeiro & Borghetti 2013, Ramos *et al.* 2016). O controle foi constituído por sementes não sujeitas aos choques térmicos. Após os tratamentos, as sementes foram dispostas para germinar em placas de Petri revestidas com papel de filtro umedecido com água destilada, em cinco repetições com 10 sementes cada, sob uma amplitude térmica entre 18-30 °C, em ambiente isolado e com luz indireta. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentavam a curvatura geotrópica da raiz (Labouriau 1983). Os experimentos foram monitorados a cada 24 horas, durante oito dias. As sementes germinadas foram contadas e descartadas diariamente. Após o término de cada experimento, foi realizado o teste de viabilidade das sementes não germinadas usando a solução de cloreto de tetrazólio a 1% (Leist *et al.* 2003). As sementes foram expostas a solução de tetrazólio durante 24 horas sob temperatura constante de 28 °C, no escuro. As sementes foram consideradas viáveis quando os embriões foram corados de vermelho ou rosa escuro (Peters 2000). Sementes cujo tegumento dificultou a exposição do embrião foram escarificadas e colocadas para germinar por mais três dias a fim de facilitar o corte para checar sua viabilidade.

Medidas de germinação - Ao final dos experimentos foram calculados o percentual de germinação (G) e o tempo médio de germinação (TMG) em horas, conforme Labouriau (1983):

$$G = (\sum ni) / N \cdot 100$$

$$TMG = (\sum ni \cdot ti) / (\sum ni)$$

$\sum n_i$ = número total de sementes germinadas

N = número de sementes colocadas para germinar

n_i = número de sementes germinadas dentro de determinado intervalo de tempo

t_i = tempo de incubação

A porcentagem de germinação é resultante do total de sementes germinadas em relação à quantidade de sementes dispostas para germinar, enquanto o tempo médio de germinação corresponde à média do tempo necessário para que determinado conjunto de sementes germine (Borghetti & Ferreira 2004). Para determinar o grau de tolerância das sementes aos choques térmicos, entretanto, foi realizada a soma das sementes germinadas com as sementes não germinadas, mas ainda viáveis, ao final dos experimentos.

Análises estatísticas - As sementes das duas regiões (Estados de Minas Gerais e Mato Grosso) foram comparadas quanto aos atributos morfológicos (massa fresca e seca) e biofísicos (teor de água inicial) usando o teste t Student. Os dados de sobrevivência (germinabilidade + viabilidade) e tempo de germinação foram submetidos ao Modelo Linear Generalizado (GLM) tendo como variáveis preditoras: espécie, região de origem, tratamentos de escarificação e de choques térmicos. Todas as análises foram realizadas no *software* R versão 3.3 (R Core Team 2015).

Resultados e Discussão

Atributos morfológicos e biofísicos das sementes - Sementes de *Plathymenia reticulata* de savana seca (Estado de Minas Gerais) apresentaram valores médios de massa fresca, seca e túrgida (40, 37 e 92 mg, respectivamente) significativamente maiores que aquelas de savana úmida (30, 28 e 65 mg, respectivamente) (tabela 2). Em contrapartida, sementes de *Stryphnodendron adstringens* de savana úmida (Estado do Mato Grosso) apresentaram maiores valores de massa fresca (80 mg) e seca (73 mg) que aquelas de savana seca (65 e 60 mg, respectivamente) (tabela 2). Pelo exposto, o ambiente de origem foi determinante da massa das sementes, porém, os efeitos foram espécie-específicos.

Encontramos tendência de o teor de água inicial ser maior para sementes provenientes de savana úmida, entretanto, apenas sementes de *P. reticulata* apresentaram diferença estatística em comparação às sementes de savana seca (tabela 2). As sementes de espécies que se desenvolvem em ambientes onde déficit de água e amplitude térmica são comuns geralmente apresentam menor teor de água e maior tolerância ao dessecação, o que pode favorecer sua sobrevivência pós-dispersão (Hong & Ellis 1998, Tweddle *et al.* 2003, Pritchard *et al.* 2004, Joët *et al.* 2016). Em contrapartida, sementes de ambiente úmido tendem a ser mais sensíveis à dessecação, o que as torna mais vulneráveis ao dessecação (Berjak & Pammenter 2001, Kermode & Finch-Savage 2002, Ribeiro & Borghetti 2014).

Tabela 2. Média da massa fresca, massa seca, massa túrgida e teor de água inicial e túrgida de sementes de *Plathymenia reticulata* Benth. e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. oriundas de populações do Estado do Mato Grosso (MT) e do Estado de Minas Gerais (MG), Brasil. Comparações entre populações de ambiente mais úmido (MT) e mais seco (MG). Nível de confiança usado: 0,95.

Table 2. Average fresh mass, dry mass, turgid mass and initial and turgid water content of *Plathymenia reticulata* Benth. and *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. seeds from populations occurring in the States of Mato Grosso (MT) and Minas Gerais (MG), Brazil. Comparisons between populations from a wetter (MT) and a drier (MG) environment. Confidence level used: 0.95.

Espécie	Estado	Massa fresca (mg)	Massa seca (mg)	Massa túrgida (mg)	Teor de água (%)	Teor de água túrgida (%)
<i>Plathymenia reticulata</i>	MT	30,9	28,0	65,0	9,385	56,94
	MG	40,0	37,0	92,0	7,500	58,62
		P<0,01**	P<0,01**	P<0,01**	P<0,01**	P<0,01**
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	MT	80,0	73,0	200,0	8,750	63,16
	MG	65,0	60,0	197,0	7,692	69,41
		P<0,01**	P<0,01**	P=0,58	P=0,60	P<0,05*

Nota: * significativo a 5%; ** significativo a 1%; *** significativo a 0,1% de probabilidade. Dados que não foram significativos não apresentaram asteriscos.

Sementes de regiões úmidas, como as matas tropicais, fazem uso de maior quantidade de água para desencadear a germinação, o que pode estar relacionado ao fato de germinarem em solos com potenciais menos negativos (≤ -0.5 MPa) que sementes de ambientes secos (Dürr *et al.* 2014), cuja habilidade de germinar a potenciais hídricos mais negativos (≥ -0.6 MPa) pode se tornar determinante (Souza 2019, Gurvich *et al.* 2017, Lima & Meiado 2018). Entretanto, encontramos que sementes de *S. adstringens* e *P. reticulata* colhidas na savana seca, no Estado de Minas Gerais, apresentaram maior teor de água túrgida que aquelas oriundas do Estado do Mato Grosso, sugerindo que tais sementes precisam de um maior volume de água para desencadear a germinação (tabela 2). Como sementes de *P. reticulata* da savana seca apresentam menor massa e teor de água inicial que sementes de savana úmida (tabela 2), seu maior volume de embebição pode estar relacionado com importante adaptação a ambientes mais secos (Kikuzawa & Koyama 1999, Norden *et al.* 2009). Pode ser que seu maior volume de embebição seja decorrente de que sementes de savana seca apresentem potenciais hídricos mais negativos que sementes de savanas úmidas.

Atributos germinativos das sementes - As sementes intactas apresentaram maior sobrevivência após exposição aos choques térmicos quando comparadas aquelas que foram previamente escarificadas, com destaque para sementes de *P. reticulata* (tabela 3, figura 1). O tegumento de sementes de Fabaceae é geralmente composto por uma ou mais camadas de células paliçádicas impermeáveis que proporcionam proteção mecânica ao embrião e podem auxiliar na tolerância a agentes externos, como o fogo (Rolston 1978, Baskin & Baskin 2014). Desta maneira, o rompimento do tegumento pode tornar a semente mais suscetível ao fogo em comparação àquelas de tegumento intacto.

De modo similar, sementes de ambas as espécies que foram escarificadas e embebidas antes dos choques térmicos apresentaram maior mortalidade que aquelas que foram apenas escarificadas (tabela 3, figura 1). A embebição das sementes está associada com a solubilização e reativação

Tabela 3. Teste de comparações múltiplas (teste de Tukey) dos efeitos dos fatores espécie, origem da coleta das sementes e tratamento de choques térmicos na sobrevivência (geminabilidade + viabilidade) das sementes de *Plathymenia reticulata* Benth. e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville., oriundas de savanas ocorrentes nos Estados do Mato Grosso e de Minas Gerais sem escarificação, escarificadas, e escarificadas + embebidas. Nível de confiança usado: 0,95.

Table 3. Multiple comparisons test (Tukey test) of the effects of the factor's origin of seed collection, species and heat shock treatments on survival (germinability + viability) of seeds of *Plathymenia reticulata* Benth. and *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. collected in savannas of Mato Grosso and Minas Gerais States. Treatments were no-scarification, scarification, and scarification + imbibition. Confidence level used: 0.95.

Variáveis	p-values
Escarificada × não escarificada	<0,05 *
Escarificada e embebida × não escarificada	0,98
Escarificada e embebida × escarificada	<0,05 *
Estados de Minas Gerais × Mato Grosso	0,12
0-110 °C	<0,001 ***
0-140 °C	<0,001 ***
0-170 °C	<0,001 ***
110-140 °C	<0,001 ***
110-170 °C	<0,001 ***
140-170 °C	0,1

Nota: * significativo a 5%; ** significativo a 1%; *** significativo a 0,1% de probabilidade. Dados que não foram significativos não apresentaram asteriscos.

de enzimas e outras proteínas pertencentes ao aparato metabólico que leva à germinação, e nessa condição tornam-se mais sensíveis a temperaturas extremas (Salgado-Labouriau 1973, Borghetti & Ferreira 2004, Baskin & Baskin 2014). Estudos similares mostraram que sementes de

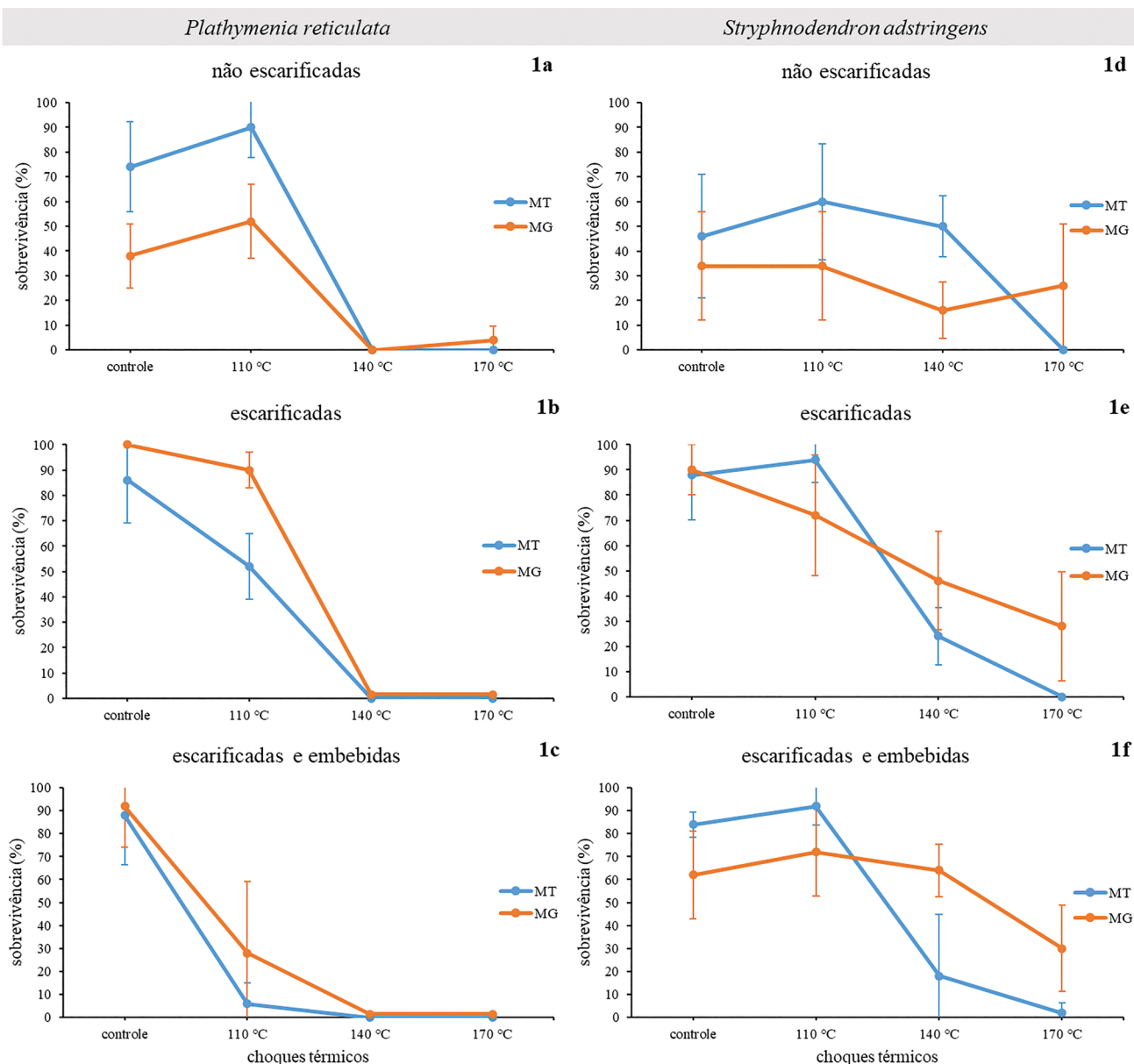


Figura 1. Sobrevivência (germinabilidade + viabilidade) de sementes de *Plathymenia reticulata* Benth. (a, b, c) e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (d, e, f), oriundas de populações ocorrentes em savanas próximas das cidades de Montes Claros e Monte Azul (Estado de Minas Gerais - MG) e próximas a Nova Xavantina (Estado do Mato Grosso - MT), Brasil, submetidas a choques térmicos de 110, 140 e 170 °C sob três condições experimentais: sementes não escarificadas, sementes escarificadas e sementes escarificadas + embebidas. Foram utilizadas sementes coletadas em populações de savana úmida (MT) e savana seca (MG). Cada tratamento foi conduzido com uma amostra de 50 sementes, coletadas em outubro de 2016. Comparações feitas pelo teste t Student. Nível de confiança usado: 0,95.

Figure 1. Survival (germinability + viability) of seeds of *Plathymenia reticulata* Benth. (a, b, c) and *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. (d, e, f) collected from populations occurring in Montes Claros and Monte Azul, Minas Gerais State (MG) and Nova Xavantina, Mato Grosso State (MT), Brazil, and submitted to heat shocks of 110, 140 and 170 °C for 2.5 min. Heat shocks were applied to seeds under three different conditions; non-scarified, scarified and scarified plus imbibed. Comparisons were also made between populations from wet (MT) and dry (MG) savannas. Samples of 50 seeds from each region, collected in October 2016 were compared using the Student t test. Confidence level used: 0.95.

mata são menos tolerantes a choques térmicos que sementes de savanas (Ribeiro & Borghetti 2014), o que pode tanto estar relacionado ao fato de serem provenientes de ambientes não propensos a queimadas, como por possuírem maior conteúdo de água quando dispersas (Ribeiro & Borghetti 2014). Em conjunto, nossos estudos mostram que o nível de hidratação está entre os determinantes da tolerância das sementes a choques térmicos (Tangney *et al.* 2018).

Encontramos que sementes de *P. reticulata*, tanto de savana seca como úmida, não toleraram choques térmicos de 140 °C (figura 1), mas sementes de *S. adstringens* de savana seca sobreviveram até a tratamento a 170 °C (figura 1). Tolerar altas temperaturas representa um atributo importante para o recrutamento em savanas, cuja dinâmica do banco de sementes é afetada por queimadas (Andrade & Miranda 2010, Ooi 2012), e cujos impactos podem ser positivos, como a germinação, ou negativos, como a morte

das sementes (Auld & Denham 2006, Newton *et al.* 2006, Ooi *et al.* 2014). Durante a passagem de fogo, a temperatura na superfície do solo pode atingir valores entre 57 e 330 °C a 1 cm de altura do solo em savanas mais úmidas, e entre 288 e 350 °C em formações mais secas (Miranda *et al.* 1993, Schmidt 2011). O fogo representa determinante filtro ambiental para o recrutamento via sementes, atuando também no estágio de plântula e mesmo em indivíduos adultos, o que pode levar a exclusão de espécies sensíveis a este agente em ambientes sujeitos a queimadas frequentes (Bond *et al.* 2005, Keeley *et al.* 2011, Jaureguiberry & Diaz 2015, Ribeiro *et al.* 2015). Nossos resultados mostram que sementes de *S. adstringens* providas da savana seca são mais tolerantes a choques térmicos que sementes coletadas na savana úmida.

É sabido que choques térmicos podem desencadear a quebra de dormência em sementes de ambientes propensos a queimadas (Ooi *et al.* 2014). No caso do Cerrado, nem sempre os choques térmicos promoveram a germinação de sementes de espécies arbóreas, embora elas possam apresentar maiores taxas de sobrevivência após choque térmico que aquelas de ambientes úmidos (Ribeiro *et al.* 2013, Ribeiro *et al.* 2015). Temperaturas mais altas que 100 °C por 5 minutos reduzem a taxa de germinação de *Dalbergia miscolobium* e *Plathymenia reticulata* (Bouchardet *et al.* 2015). Este efeito é percebido em sementes de outras espécies pertencentes à família Fabaceae que apresentaram redução significativa na germinação após o fogo, provavelmente devido à combinação de altas temperaturas e maiores tempos de exposição (Daibes *et al.* 2017). Nossos resultados mostram que para as duas espécies estudadas os choques térmicos a partir de 110 °C por 2,5 minutos reduz consideravelmente a sobrevivência das sementes (tabela 3, figura 1). Contudo, sementes de *S. adstringens* oriundas da savana seca foram as que apresentaram maior tolerância aos choques térmicos entre todas as condições experimentais testadas.

Influência dos tratamentos no tempo médio de germinação - As sementes submetidas à escarificação apresentaram, conforme esperado, germinação mais rápida que aquelas não escarificadas (tabela 4, figura 2). Sementes que foram escarificadas, ou escarificadas e embebidas apresentaram aumento no tempo médio de germinação quando expostas a choques térmicos (figura 2). Estudos de Ribeiro & Borghetti (2014) mostraram que, dependendo da temperatura, tratamentos de choques térmicos podem ocasionar aumento no tempo médio de germinação. Isto ressalta que os efeitos do fogo dependerão da intensidade e duração da queimada (Thomas *et al.* 2010) e que tratamentos de choques térmicos são capazes de alterar estratégias associadas ao tempo de germinação, o que pode interferir nas taxas de recrutamento das espécies.

Sementes que além de escarificadas foram também embebidas antes de serem expostas aos choques térmicos apresentaram germinação mais rápida que as sementes não escarificadas (tabela 4, figura 2). A prévia embebição das sementes resulta em germinação mais rápida e uniforme (Castro & Hilhorst 2004b). Assim, sementes previamente escarificadas e embebidas já teriam iniciado as etapas da

Tabela 4. Teste de comparações múltiplas (Tukey Test) dos efeitos das espécies, origem da coleta e tratamento de choques térmicos no tempo médio de germinação das sementes de *Plathymenia reticulata* Benth. e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville., oriundas de savanas ocorrentes nos Estados do Mato Grosso e de Minas Gerais: não escarificadas, escarificadas, e escarificadas + embebidas. Nível de confiança usado: 0,95.

Table 4. Multiple comparisons test (Tukey test) of the effects of the factor's origin of seed collection, species and heat shock treatments on the mean germination time of seeds of *Plathymenia reticulata* Benth. and *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. collected in savannas of Mato Grosso and Minas Gerais States. Treatments were: no-scarification, scarification, and scarification + imbibition. Confidence level used: 0.95.

Variáveis	p-values
Escarificada × não escarificada	<0,001 ***
Escarificada e embebida × não escarificada	<0,001 ***
Escarificada e embebida × escarificada	0,95
Estados de Minas Gerais × Mato Grosso	<0,05 *
0-110 °C	<0,01 **
0-140 °C	<0,01 **
0-170 °C	<0,001 ***
110-140 °C	0,71
110-170 °C	0,13
140-170 °C	0,65

Nota: * significativo a 5%; ** significativo a 1%; *** significativo a 0,1% de probabilidade. Dados que não foram significativos não apresentaram asteriscos.

germinação antes dos tratamentos, e levando a uma germinação mais rápida após tratamentos (Salgado-Labouriau 1973).

O tempo médio de germinação está associado ao ambiente de origem e ao teor de água da semente, por sua vez afetado pelo ambiente (Pelissari *et al.* 2018). Sementes dispersas com maiores conteúdos de água podem ser metabolicamente mais ativas, cumprir etapas que antecedem a germinação e, conseqüentemente, apresentar germinação mais rápida (Pritchard *et al.* 2004, Jayasuriya *et al.* 2012, Hamilton *et al.* 2013). Isto foi observado em nosso estudo para sementes de *P. reticulata* de savana úmida, que apresentou maior teor de água inicial (tabela 2) e germinação mais rápida que aquelas de ambiente mais seco (figura 2), uma estratégia relacionada a espécies de baixa tolerância ao dessecação (Kermode & Finch-Savage 2002).

A origem das sementes também interfere com o tempo médio de germinação (tabela 4). As sementes de savana seca apresentaram, em geral, germinação mais lenta que aquelas de savana úmida (figura 2), algo comum para sementes de ambientes com clima imprevisível e maior sazonalidade hídrica (Venable 2007, Cianciaruso & Batalha 2008, Silveira *et al.* 2012, Fidelis *et al.* 2013). Distribuir a germinação ao longo do tempo aumenta as chances de recrutamento em ambientes sujeitos a

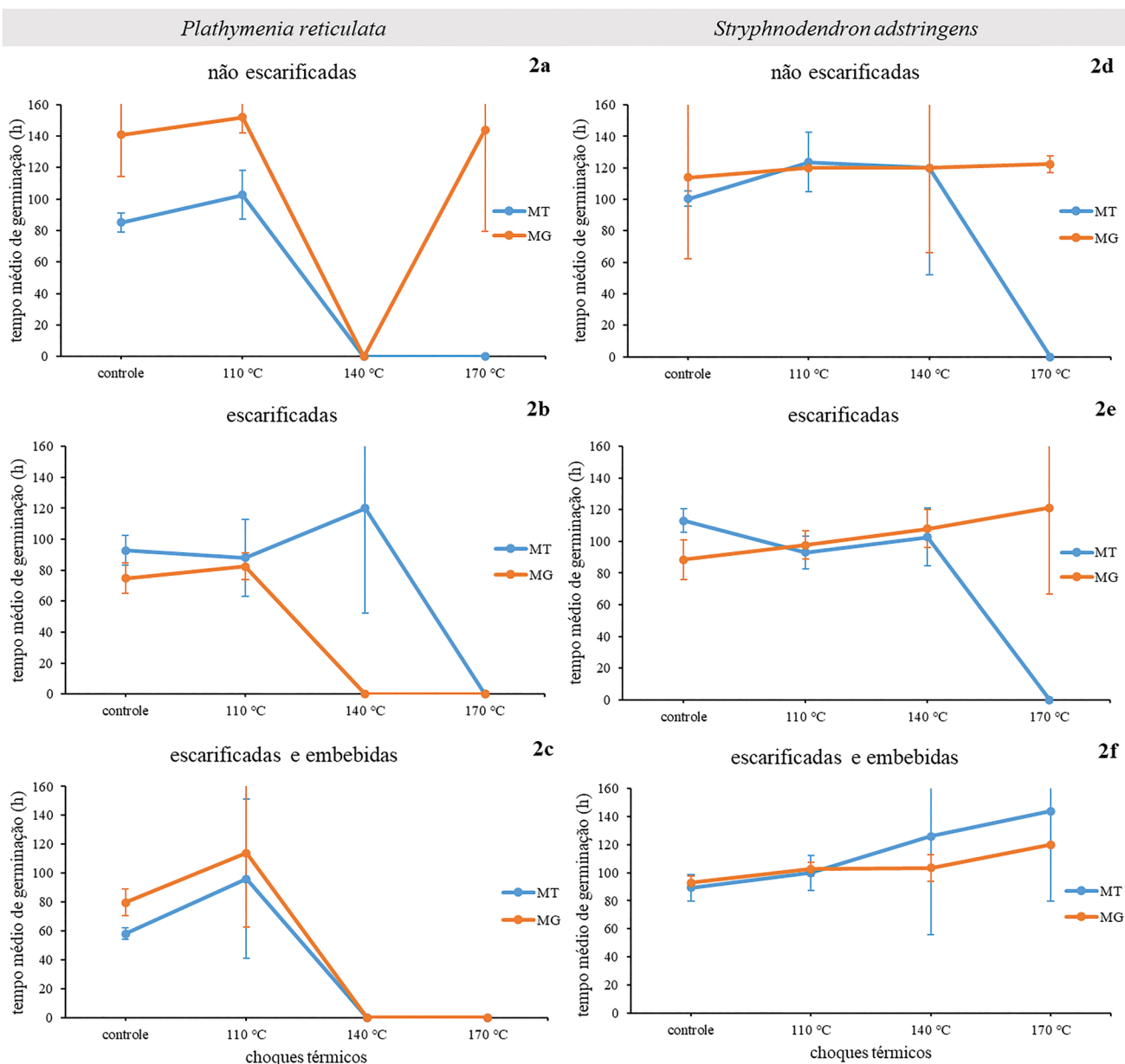


Figura 2. Tempos médios de germinação de sementes de *Plathymentia reticulata* Benth. e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville, oriundas de populações de Montes Claros e Monte Azul, Estado de Minas Gerais (MG), e Nova Xavantina, Estado do Mato Grosso (MT), Brasil, submetidas a choques térmicos de 110, 140 e 170xxx °C sob três condições experimentais: sementes não escarificadas, sementes escarificadas, e sementes escarificadas e embebidas. Foram utilizadas sementes coletadas em populações de savana úmida (MT) e savana seca (MG). Cada tratamento foi conduzido com uma amostra de 50 sementes, coletadas em outubro de 2016. Comparações feitas pelo teste t Student. Nível de confiança usado: 0,95.

Figure 2. Comparison of the average germination time of *Plathymentia reticulata* Benth. (A, B and C) and *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. (D, E and F) collected from populations occurring in Montes Claros and Monte Azul, Minas Gerais State (MG) and Nova Xavantina, Mato Grosso State (MT), Brazil, and submitted to heat shocks of 110, 140 and 170 °C for 2.5 min. Heat shocks were applied to seeds under three different conditions; non-scarified, scarified and scarified plus imbibed. Comparisons were also made between populations from wet (MT) and dry (MG) savannas. Samples of 50 seeds from each region, collected in October 2016 were compared using the Student t test. Confidence level used: 0.95.

imprevisibilidades climáticas (Venable 2007, Kagaya *et al.* 2010), como nas formações savânicas de Cerrado (Ribeiro & Walter 2008).

Concluimos que sementes de *Stryphnodendron adstringens* são mais tolerantes aos choques térmicos que

sementes de *Plathymentia reticulata*, e que sementes de savana seca são mais resistentes a choques térmicos que sementes de savana úmida. O rompimento do tegumento afetou a germinação, comprovando sua função na proteção do embrião durante a passagem de fogo. Sementes hidratadas são mais

sensíveis aos choques térmicos, o que em uma circunstância de queimada durante a estação chuvosa pode representar forte impacto na viabilidade do banco de sementes.

Agradecimentos

Fabian Borghetti agradece ao CNPq, pela sua Bolsa de Produtividade (processo 312152/2018-3).

Cristiele dos Santos Souza agradece à CAPES, pela concessão de sua Bolsa de Doutorado (processo 88882.384525/2019-01).

Conflitos de interesse

Não há conflitos de interesse.

Contribuição dos Autores

Cristiele dos Santos Souza, Maiky Lopes Paulo, José de Oliveira Cruz, Tayara Colins Nunes, Stéfani Karoline Melo Carvalho, Eloisa do Vale Nogueira, Ana Carolina Tavora Lima Alves: contribuíram com a coleta e interpretação de dados, além do preparo do manuscrito.

Anabele Stefânia Gomes: contribuiu com o delineamento experimental e análise de dados.

Fabian Borghetti: concebeu a ideia de pesquisa e atuou na revisão do manuscrito.

Literatura citada

- Andrade, L.A.Z. & Miranda, H.S.** 2010. O fator fogo no banco de sementes. *In*: H. S. Miranda (ed.). Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: resultados do Projeto Fogo. IBAMA, Brasília, pp.103-119.
- Auld, T.D. & Denhan, A.J.** 2006. How Much Seed Remains in the Soil After a Fire? *Plant Ecology* 187: 15-24.
- Baskin, J.M. & Baskin, C.C.** 2014. What kind of seed dormancy might palms have? *Seed Science Research* 24: 17-22.
- Berg, H., Becker, U. & Matthies, D.** 2005. Phenotypic plasticity in *Carlina vulgaris*: effects of geographical origin, population size, and population isolation. *Oecologia* 143: 220-231.
- Berjak, P. & Pammenter, N.W.** 2001. Seed recalcitrance-current perspectives. *South African Journal of Botany* 67: 79-89.
- BFG.** 2015. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguésia* 66: 1085-1113.
- Bond, W.J., Woodward, F.I. & Midgley, G.F.** 2005. The Global Distribution of Ecosystems in a World without Fire. *New Phytologist* 165: 525-538.
- Borghetti, F. & Ferreira, A.G.** 2004. Germinação do Básico ao Aplicado. 1 ed. Artmed, Porto Alegre.
- Bouchardet, D.A., Ribeiro, I.M., Sousa, N.A., Aires, S.S. & Miranda, H.S.** 2015. Efeito de altas temperaturas na germinação de sementes de *Plathymenia reticulata* Benth. e *Dalbergia miscolobium* Benth. *Revista Árvore* 39: 697-705.
- Bradshaw, A.D.** 2006. Unraveling phenotypic plasticity - why should we bother? *New Phytologist* 170: 639-641.
- Carvalho, N.M. & Nakagawa, J.** 2012. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5 ed. FUNEP, São Paulo.
- Castro, R.D. & Hilhorst, H.W.M.** 2004a. Embebição e reativação do metabolismo. *In*: A.G. Ferreira & F. Borghetti (eds.). Germinação: do básico ao aplicado. Artmed, Porto Alegre, pp.149-162.
- Castro, R.D. & Hilhorst, H.W.M.** 2004b. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. *In*: A.G. Ferreira & F. Borghetti (eds.). Germinação: do básico ao aplicado. Artmed, Porto Alegre, pp. 51-68.
- Cienciaruso, M.V. & Batalha, M.A.** 2008. A Year in a Cerrado Wet Grassland: a non-seasonal island in a seasonal savanna environment. *Brazilian Journal of Biology* 68: 495-501.
- Cirne, P. & Miranda, H.S.** 2008. Effects of prescribed fires on the survival and release of seeds of *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart. (Clusiaceae) in savannas of Central Brazil. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 20: 197-204.
- Coutinho, L.M.** 1982. Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. *In*: B. J. Huntley & B.H. Walker (eds.). Ecology of Tropical Savannas. Springer-Verlag, Berlin, pp. 273-291.
- Daibes, L.F., Zupo, T., Silveira, F.A. & Fidelis, A.** 2017. A field perspective on effects of fire and temperature fluctuation on Cerrado legume seeds. *Seed Science Research* 27: 74-83.
- Daws, M.I., Gaméné, C.S., Glidewell, S.M. & Pritchard, H.W.** 2004. Seed mass variation potentially masks a single critical water content in recalcitrant seeds. *Seed Science Research* 14: 185-195.
- Daws, M.I., Pritchard, H.W. & Van Staden, J.** 2008. Butenolide from plant-derived smoke functions as a strigolactone analogue: evidence from parasitic weed seed germination. *South African Journal of Botany* 74: 116-120.
- Dürr, C., Dickie, J.B., Yang, X.Y. & Pritchard, H.W.** 2014. Ranges of critical temperature and water potential values for the germination of species worldwide: contribution to a seed trait database. *Agricultural and forest meteorology* 200: 222-232.
- Eiten, G.** 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review* 38: 201-341.
- Fenner M. & Thompson K.** 2005. The ecology of seeds. *Annals of Botany* 97:151-152.
- Fidelis, A., Lyra, M.F.S. & Pivello, V.R.** 2013. Above and Below-ground Biomass and Carbon Dynamics in Brazilian Cerrado Wet Grasslands. *Journal of Vegetation Science* 24: 356-364.
- Fonseca, M.S. & Silva-Júnior, M.C.** 2004. Fitossociologia e similaridade florística entre trechos de Cerrado sentido restrito em interflúvio e em vale no Jardim Botânico de Brasília, DF. *Acta Botanica Brasílica* 18: 19-29.

- Goodland, R.J. & Ferri, M.G.** 1979. Ecologia do cerrado. EDUSP, Rio de Janeiro.
- Gurvich, D.E., Pérez, S.R., Bauk, K., Jurado, E., Ferrero, M.C., Funes, G. & Flores, J.** 2017. Combined effect of water potential and temperature on seed germination and seedling development of cacti from a mesic Argentine ecosystem. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 227: 18-24.
- Hamilton, K.N., Offord, C.A., Cuneo, P. & Deseo, M.A.** 2013. A comparative study of seed morphology in relation to desiccation tolerance and other physiological responses in 71 Eastern Australian rainforest species. *Plant Species Biology* 28: 51-62.
- Heringer, E.P. & Ferreira, M.B.** 1972. Árvores úteis no cerrado (I): Vinhático - o gênero *Plathymenia* Benth. *P. foliolosa* Benth. e *P. reticulata* Benth., vinhático da mata e vinhático do campo (par vicariante). *Cerrado* 5: 28-34.
- Hong, T.D. & Ellis, R.H.** 1998. Contrasting seed storage behaviour among different species of Meliaceae. *Seed Science and Technology* 26: 77-95.
- Jaureguiberry, P. & Diaz, S.** 2015. Post-burning regeneration of the Chaco seasonally dry forest: germination response of dominant species to experimental heat shock. *Oecologia* 177: 689-699.
- Jayasuriya, K.M.G., Wijetunga, A.S., Baskin, J.M., & Baskin, C.C.** 2012. Physiological epicotyl dormancy and recalcitrant storage behaviour in seeds of two tropical Fabaceae (subfamily Caesalpinioideae) species. *AoB Plants* 44:1-10.
- Joët, T., Ourcival, J. M., Capelli, M., Dussert, S. & Morin, X.** 2016. Explanatory ecological factors for the persistence of desiccation-sensitive seeds in transient soil seed banks: *Quercus ilex* as a case study. *Annals of botany* 117: 165-176.
- Kagaya, M., Tani, T. & Kachi, N.** 2010. Maternal and Paternal Effects on the Germination Time of Non-dormant Seeds of a Monocarpic Perennial Species, *Aster kantoensis* (Compositae). *Plant Species Biology* 26: 66-72.
- Keeley, J.E., Pausas, J. G., Rundel, P.W., Bond, W.J. & Bradstock, R.A.** 2011. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. *Trends in plant science* 16: 406-411.
- Kermode, A.R. & Finch-Savage, B.E.** 2002. Desiccation sensitivity in orthodox and recalcitrant seeds in relation to development. *In: M. Black & H.W. Pritchard* (eds.). *Desiccation and survival in plants: drying without dying*. CABI Publishing, United Kingdom, pp. 150-174.
- Kikuzawa, K. & Koyama, H.** 1999. Scaling of soil water absorption by seeds: an experiment using seed analogues. *Seed Science Research* 9: 171-178.
- Klink, C.A. & Machado, R.B.** 2005. Conservation of the brazilian cerrado. *Conservation Biology* 19: 707-713.
- Labouriau, L.G.** 1983. A Germinação das Sementes. Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Washington.
- Leishman, M.R. & Westoby, M.** 1994. The Role of Seed Size in Seedling Establishment in Dry Soil Conditions - Experimental Evidence from Semi-Arid Species. *British Ecological Society* 82: 249-258.
- Leist, N., Kramer, S. & Jonitz, A.** 2003. ISTA working sheets on tetrazolium testing. Volumes I and II. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Lemos-Filho, J.P., Guerra, S.T.M., Lovato, M.B. & Scotti, M.R.M.M.L.** 1997. Germinação de sementes de *Senna macranthera*, *Senna multijuga* e *Stryphnodendron polyphyllum*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 32: 357-361.
- Lima, A.T. & Meiado, M.V.** 2018. Effects of seed hydration memory on initial growth under water deficit of cactus from two populations that occur in different ecosystems in Northeast Brazil. *Plant Species Biology* 33: 268-275.
- Lima, H.C., Queiroz, L.P., Morim, M.P., Souza, V.C., Dutra, V.F., Bortoluzzi, R.L.C., Iganci, J.R.V., Fortunato, R.H., Vaz, A.M.S.F, Souza, E.R., Filardi, F.L.R., Valls, J.F.M., Garcia, F.C.P., Fernandes, J.M., Martins-da-Silva, R.C.V., Perez, A.P.F., Mansano, V.F., Miotto, S.T.S., Tozzi, A.M.G.A., Meireles, J.E., Lima, L.C.P. , Oliveira, M.L.A.A., Flores, A.S., Torke, B.M., Pinto, R.B., Lewis, G.P., Barros, M.J.F., Schütz, R., Pennington, T., Klitgaard, B.B., Rando, J.G., Scalon, V.R., Cardoso, D.B.O.S., Costa, L.C., Silva, M.J., Moura, T.M., Barros, L.A.V., Silva, M.C.R., Queiroz, R.T., Sartori, A.L.B., Camargo, R.A. & Lima, I.B.** 2013. Fabaceae *In: Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do#CondicaoTaxonCP> (acesso em 20-10-2019).
- Lima, J.E.F.W. & Silva, E.M.** 2008. Recursos hídricos do bioma Cerrado: importância e situação. *In: S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro* (eds.). *Cerrado: ecologia e flora*. Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp. 151-199.
- Lopes, R.M.F., Freitas, V.L.O. & Lemos Filho, J.P.** 2010. Biometria de frutos e sementes e germinação de *Plathymenia reticulata* Benth. e *Plathymenia foliolosa* Benth. (Fabaceae - Mimosoideae). *Revista Árvore* 34: 797-805.
- Lorenzi, H.** 1992. Árvores brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Editora Plantarum, São Paulo.
- LPWG (Legume Phylogeny Working Group).** 2017. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon* 66: 44-77.
- Martins, C.C. & Nakagawa, J.** 2008. Germinação de sementes de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville de diferentes origens submetidas a tratamentos para superação de dormência. *Revista Árvore* 32: 1059-1067.
- Miranda, A.C., Miranda, H.S., Dias, I.F.O. & Dias, B.F.S.** 1993. Soil and air temperatures during prescribed Cerrado fires in Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 9: 313-320.

- Muller-Landau, H.C.** 2010. The tolerance-fecundity trade-off and the maintenance of diversity in seed size. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 107: 4242-4247.
- Newton, R.J., Bond, W.J. & Ferrante, J.M.** 2006. Effects of Seed Storage and Fire on Germination in the Nut-fruited Restionaceae Species, *Cannomois virgate*. *South African Journal of Botany* 72: 177-180.
- Norden, N., Daws, M. I., Antoine, C., Gonzalez, M. A., Garwood, N. C. & Chave, J.** 2009. The relationship between seed mass and mean time to germination for 1037 tree species across five tropical forests. *Functional Ecology* 23: 203-210.
- Oliveira, P.E.** 1991. The pollination and reproductive biology of a cerrado woody community in Brazil. Tese de Doutorado, University of St. Andrews, St. Andrews.
- Oliveira-Filho, A.T. & Ratter, J.A.** 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. *In: O.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.)*. The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna. Columbia University Press, New York, pp. 121-140.
- Ooi, M.K., Auld, T.D. & Whelan, R.J.** 2006. Dormancy and the fire-centric focus: germination of three *Leucopogon species* (Ericaceae) from south-eastern Australia. *Annals Botanic* 98: 421-430.
- Ooi, M.K., Auld, T.D. & Denham, A.J.** 2009. Climate change and bet-hedging: interactions between increased soil temperatures and seed bank persistence. *Global Change Biol* 15: 2375-2386.
- Ooi, M.K.** 2012. Seed bank persistence and climate change. *Seed Science Research* 22: 53-60.
- Ooi, M.K., Denham, A.J., Santana, V.M. & Auld, T.D.** 2014. Temperature thresholds of physically dormant seeds and plant functional response to fire: variation among species and relative impact of climate change. *Ecology and evolution* 4: 656-671.
- Pacheco M.V. & Matos V.P.** 2009. Método para superação de dormência tegumentar em sementes de *Apeiba tibourbou* Aubl. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 4:62-66.
- Peel, M.C., Finlayson, B.L. & Mchmon, T.A.** 2007. Updated World Map of Köppen-Geiger Climate Classification. *Hydrology and Earth System Science* 11: 1633-1644.
- Pelissari, F., José, A.C., Fontes, M.A.L., Matos, A.C.B., Pereira, W.V.S. & Faria, J.M.R.** 2018. A probabilistic model for tropical tree seed desiccation tolerance and storage classification. *New forests* 49: 143-158.
- Peters, J.** 2000. *Tetrazolium Testing Handbook*. Contribution No.29 to the Handbook on Seed Testing. Association of Official Seed Analysts, New York.
- Piña-rodrigues, F.C.M., Figliolia, M.B. & Peixoto, M.C.** 2004. Teste de qualidade. *In: A.G. Ferreira & F. Borghetti (eds.)* Germinação: do básico ao aplicado. Artmed, Porto Alegre, pp. 283-297.
- Popinigis, F.** 1985. *Fisiologia de Sementes*. 2 ed. ABRATES, Brasília.
- Pritchard, H.W., Daws, M.I., Fletcher, B.J., Gaméné, C.S., Msanga, H.P. & Omondi, W.** 2004. Ecological correlates of seed desiccation tolerance in tropical African dryland trees. *American Journal of Botany* 91: 863-870.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T.** 2008. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In: S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro (eds.)*. Cerrado: ecologia e flora. Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp. 151-199.
- Ribeiro, L.C. & Borghetti, F.** 2014. Comparative effects of desiccation, heat shock and high temperatures on seed germination of savanna and forest tree species. *Austral Ecology* 39: 267-278.
- Ribeiro, L.C., Barbosa, E.R., Langevelde, F. & Borghetti, F.** 2015. The importance of seed mass for the tolerance to heat shocks of savanna and forest tree species. *Journal of vegetation science* 26: 1102-1111.
- Ribeiro, L.C., Pedrosa, M. & Borghetti, F.** 2013. Heat shock effects on seed germination of five Brazilian savanna species. *Plant Biology* 15: 152-157.
- Rolston, M.P.** 1978. Water impermeable seed dormancy. *The Botanical Review* 44: 365-396.
- Salgado-Labouriau, M.L.** 1973. A semente de *Magonia pubescences* St. Hil. - Morfologia e Germinação. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 45: 501-537.
- Sarmento, H.G. dos S., de Souza, A. M.S., Barbosa, M.G., Nobre, D. A. C. & Amaro, H. T. R.** 2015. Determinação do teor de água em sementes de milho, feijão e pinhão-manso por métodos alternativos. *Energia na Agricultura* 30: 249-256.
- Scariot, A., Sousa-Silva, J.C. & Felfili, J.M.** 2005. Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Schmidt, I.B., Sampaio, A.B. & Borghetti, F.** 2005. Efeitos da época da queima sobre a reprodução sexuada e estrutura populacional de *Heteroptery pteropetala* (Adr. Juss.), Malpighiaceae, em áreas de Cerrado *sensu stricto* submetidas a queimas bienais. *Acta Botanica Brasilica* 19: 927-934
- Schmidt, I.B.** 2011. Effects of Local Ecological knowledge, Harvest and Fire on Golden-Grass (*Syngonanthus nitens*, Euriocaulaceae), a Non-Timber Forest Product (NTFP) from the Brazilian Savanna. Tese de Pós Doutorado, University of Hawaii at Manoa, Honolulu.

- Schmidt, I.B., Fidelis, A., Miranda, H.S. & Ticktin, T.** 2017. How do the Wets Burn? Fire Behavior and Intensity in Wet Grasslands in the Brazilian Savanna. *Brazilian Journal of Botany* 40: 167-175.
- Silva, A.M., Assad, E.D. & Evangelista, B.A.** 2008. Caracterização Climática do Bioma Cerrado. *In*: S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro (eds.). *Cerrado: ecologia e flora*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp. 69-88.
- Silveira, F.A.O., Ribeiro, R.C., Oliveira, D.M.T., Fernandes, G.W. & Lemos-Filho, J.P.** 2012. Evolution of physiological dormancy multiple times in melastomataceae from neotropical montane vegetation. *Seed Science Research* 22: 37-44.
- Simon, M.F., Grether, R., de Queiroz, L.P., Skema, C., Pennington, R. T. & Hughes, C.E.** 2009. Recent assembly of the Cerrado, a Neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 20359-20364.
- Soltani, A., Gholipoor, M. & Zeinali, E.** 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Environmental and Experimental Botany* 55: 195-200.
- Souza, R.P. & Válio, I.F.M.** 2001. Seed size, seed germination, and seedling survival of Brazilian tropical tree species differing in successional status. *Biotropica* 33: 447-457.
- Souza, C.S.** 2019. O microclima de campos secos e campos úmidos e seus impactos na capacidade germinativa de sementes de gramíneas nativas do cerrado. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Distrito Federal.
- Tangney, R., Merritt, D.J., Fontaine, J.B. & Miller, B. P.** 2018. Seed moisture content as a primary trait regulating the lethal temperature thresholds of seeds. *Journal of Ecology* 107: 1093-1105.
- Thomas, P.B., Morris, E.C., Auld, T.D. & Haigh, A.M.** 2010. The interaction of temperature, water availability and fire cues regulate seed germination in a fire-prone landscape. *Oecologia* 162: 293-302.
- Tweddle, J.C., Dickie, J.B., Baskin, C.C. & Baskin, J.M.** 2003. Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. *Journal of Ecology* 91: 194-304.
- Venable, D.L.** 2007. Bet Hedging in a Guild of Desert Annuals. *Ecology* 88: 1086-1090.

Recebido: 04.01.2021

Aceito: 17.08.2021

Editor Associado: Nelson Augusto dos Santos Júnior

