

## Efeito do aquecimento global na germinação de *Dipteryx alata* Vog. (*Fabaceae*) no Cerrado

Raquel Menestrino Ribeiro\* (PG), João Carlos Nabout (PQ). Email\*: raquel.menestrino@gmail.com

Universidade Estadual de Goiás, Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET), BR-153, nº 3.105, CEP 75132-903

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas previu que, entre os anos 2009 e 2099 as temperaturas aumentarão em 1,8 a 3,6 °C. Fatores como temperatura e estrutura física do solo são responsáveis por atividades enzimáticas que irão afetar o ciclo de germinação da planta e retenção de água, essencial na fase de embebição da semente. O objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito do aumento da temperatura e diferentes tipos de solo de acordo com os cenários futuros de mudanças climáticas em atributos associados à germinação da *Dipteryx alata* Vog. no Cerrado. Para isso utilizou-se 240 sementes de *D. alata* germinadas em 4 tipos de solo (100% solo do Cerrado, 50% solo do Cerrado + 50% areia, 75% solo do Cerrado + 25% areia e 25% solo do Cerrado + 75% areia) submetidos a 3 temperaturas (32°C, 36°C e 40°). Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em arranjo fatorial 3 x 4 e 20 réplicas em cada substrato. Os resultados evidenciaram uma interferência da temperatura sobre a germinação, apontando que para as temperaturas 32° C e 36°C existe uma maior variabilidade e maior peso das plântulas, enquanto a variável solo não interferiu na germinação da espécie.

Palavras-chave: *Dipteryx alata*. Germinação. Mudanças climáticas.

### Introdução

As previsões para o futuro apontam um aumento drástico na temperatura do planeta. Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), em seu quarto relatório de avaliação (IPCC - AR4) publicado em 2007, entre os anos de 2009 e 2099 as temperaturas aumentarão em 1,8 a 3,6 °C. Tal cenário impulsionou as pesquisas a cerca das causas e consequências das mudanças climáticas a níveis globais, regionais e setoriais a fim de facilitar a investigação e avaliação de possíveis climas futuros, e as mudanças físicas que possam apresentar riscos para os sistemas naturais e afetar o desenvolvimento social, econômico, social e ambiental (EBI et al., 2014).

As consequências das mudanças climáticas não se restringem apenas aos sistemas ecológicos naturais, afetando também os sistemas socioeconômicos. Os principais impactos podem ser sentidos na agricultura, especificamente na

produtividade, devido a um aumento dos problemas fitossanitários que podem significar uma ameaça para a segurança alimentar (GHINI & HAMADA, 2012); nas comunidades florestais como a mudança na composição florestal e na distribuição das florestas (MELO, 2015); nos recursos hídricos, que sofrerão mudanças na distribuição do abastecimento de água; nas áreas costeiras, impactadas pelas erosões das praias e inundações de manguezais (AGUIAR & AMARO, 2016); nas espécies biológicas e nas áreas naturais que serão afetadas pelas perdas de habitats e de espécies (VAN DER PUTTEN et al., 2010); na saúde com o aumento de doenças respiratórias devido a má qualidade do ar e incidência de doenças infecciosas e taxa de mortalidade associada á altas temperaturas (SOUSA et al., 2015).

No Bioma Cerrado, as mudanças climáticas irão impactar diretamente a distribuição e sobrevivência das espécies vegetais. As características vegetais podem mudar decorrente do aumento na temperatura, que afetam o metabolismo das plantas (BUSTAMANTE et al., 2012). Ambientes mais quentes favorecem a presença de espécies C4 (FRANCO et al., 2014) enquanto altas concentrações de CO<sub>2</sub> tendem a estimular a presença de espécies C3 (FRANCO et al., 2014). O desequilíbrio entre plantas C3 e C4 pode trazer uma mudança na composição vegetal do bioma já que plantas C3 exercem a função de fixar nitrogênio no solo, interagindo diretamente com os demais microorganismos ali presentes (BUSTAMANTE et al., 2012).

As características fenológicas das plantas são sensível ás mudanças climáticas (BORCHERT, 1998). Estudos comprovam que o aumento da temperatura pode modificar o período de floração e brotação das plantas, evidenciando a sensibilidade ás alterações climáticas por parte de espécies vegetais (MALKOVICH et al., 2012).

A germinação é um dos estágios mais críticos do crescimento de uma planta (FARIA et al., 2015). A maioria das espécies arbóreas do Cerrado emitem suas sementes durante os períodos de seca (BOUCHARDET et al., 2015), as quais permanecem nos bancos de sementes até a estação chuvosa, encontrando boas condições de germinação (SALAZAR, 2010). Durante o período que compreende a dispersão até a germinação, a semente precisa tolerar condições de déficit hídrico, baixa umidade relativa e altas temperaturas, o que pode diminuir a chance de

germinação. A temperatura afeta a absorção de água pela semente, o vigor da planta e as reações bioquímicas que determinam todo o processo germinativo (CARVALHO & NAKAGAWA, 1988), já que o calor é um dos principais fatores na indução do processo germinativo. Em temperaturas ótimas, a planta atinge o seu potencial máximo de germinação (MAYER & POLJAKOFF MAYBER, 1989). Entretanto quando submetidas a temperaturas extremas o índice de sobrevivência da muda cai, pois a velocidade das reações tende a aumentar fazendo com que a semente germine precocemente (FLORES et al., 2014).

As características do solo também interferem diretamente na germinação. Fatores como estrutura, aeração, grau de retenção de água entre outros, podem favorecer ou prejudicar a germinação de sementes (ALBUQUERQUE et al., 1998). A estrutura física do solo irá definir a sua capacidade de reter água. Substratos altamente porosos e com partículas de grande diâmetro possuem menor capacidade de adsorção da molécula de água quando comparados com solos argilosos (REIS et al., 2002). Solos com presença de argila na matéria orgânica costumam apresentar uma maior retenção de água já que suas partículas apresentam uma maior área superficial (BOCCHESE et al., 2008). Dessa forma, sob altas temperaturas em solos arenosos, a drenagem da água acontece rapidamente, diminuindo a embebição da semente e prejudicando a germinação da mesma.

## Material e Métodos

Os frutos de *D. alata* foram colhidos nos meses agosto e setembro de 2015 no banco de germoplasma da Universidade Federal de Goiás. As matrizes são oriundas de 25 cidades dos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Minas Gerais e São Paulo.

Foram coletados frutos de 10 árvores matrizes fenotipicamente superiores, afastadas entre si pelo menos 20 metros, para evitar efeitos de alelopatia, conforme indicado por Figliolia e Piña-Rodrigues (1995). A coleta foi realizada respeitando o período de maturação fisiológica dos frutos, correspondente ao ponto que eles se desprendem facilmente dos ramos ou aqueles que já se encontram no solo sob a copa das árvores. As sementes foram submetidas a um período de pós-maturação de 60 dias, necessário para garantir a boa germinação

das sementes (ZAIDAN & CARREIRA, 2008).

Foram utilizadas 240 sementes distribuídas em um conjunto de 20 sementes para total de 12 bandejas de polietileno. Cada uma delas continha um tipo diferente de substrato sendo 100% solo do Cerrado (1), 50% solo do Cerrado + 50% areia (2), 75% solo do Cerrado + 25% areia (3) e 25% solo do Cerrado + 75% areia (4), peneirados, autoclavados por 20 minutos e posteriormente homogeneizados.

Cada bandeja recebeu 4,5 kg de solo. O processo de irrigação consistiu de uma rega a cada 3 dias até o solo atingir 60% da sua capacidade de retenção de água, conforme proposto por Brasil (1992).

As bandejas foram distribuídas em 3 germinadores do tipo câmara BOD. A temperatura para cada BOD foi de 32 °C (Cenário climático atual), 36 °C (cenário climático futuro e otimista) e 40 °C (Cenário climático futuro e pessimista). O fotoperíodo foi de 12-12h (escuro-luz).

A seleção das variáveis climáticas se deu a partir da utilização do modelo climático EcoClimate, CCSM, com previsões para o ano de 2100. Tais cenários apresentam um aumento na temperatura da região Centro Oeste, o que pode afetar a distribuição geográfica de *D. alata*, já que a temperatura é essencial para a germinação de plantas.

O experimento foi realizado entre os meses de maio e junho de 2016, quando, por 35 dias, foi observado o tempo de germinação e variáveis de peso e tamanho das plântulas, diretamente afetados pela temperatura (BEWLEY & BLACK, 1982).

Foram consideradas germinadas para a análise as sementes que apresentarem protófilos normais e sistema radicular com raiz principal e raiz secundária sem necrose. As características avaliadas foram: tempo médio de germinação (TMG) conforme proposto por Silva & Nakagawa (1995), sendo o resultado expresso em dias após a semeadura; comprimento da muda, dos protófilos e da raiz primária, que serão medidos com régua graduada e peso da matéria das raízes, hipocótilo e parte aérea.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em arranjo fatorial 3 x 4 (3 temperaturas e 4 substratos), com 20 réplicas em cada substrato. A análise dos dados se deu com o auxílio do programa de análises estatísticas R-CRAN (R CORE TEAM, 2016).

## Resultados e Discussão

Após os 35 dias de teste foram obtidos os resultados para as taxas de germinação (tabela 1). As demais variáveis analisadas no teste foram peso úmido e seco das raízes, hipocótilo e folhas, diâmetro do hipocótilo e comprimento total da plântula, comprimento de raízes e comprimento do hipocótilo. Tais métricas foram utilizadas a fim de se obter as diferenças de peso e tamanho entre os tratamentos de temperatura.

Tabela 1. Taxa de germinação de *D. alata* sob as temperaturas atual (A), futura (F) e futura pessimista (FP)

	32° C (A)	36° C (F)	40°C (FP)
1	10 %	70 %	0 %
2	55 %	75 %	35 %
3	55 %	85 %	55 %
4	50 %	65 %	30 %

A análise dos dados (tabela 2) indicou que o peso seco da raiz, peso úmido do hipocótilo e peso seco das folhas variaram quando submetidos às diferentes temperaturas. Por outro lado, não foi encontrado diferenças nos atributos de germinação entre os diferentes tipos de solo e na interação solo e temperatura.

Tabela 2. Análise de Variância Permutacional da influencia do solo e da temperatura na germinação de *D. alata*.

	Desvio padrão	Médias	F	R <sup>2</sup>	P
Solo	1	0.50769	30.465	0.01106	0.079
Temp	2	305.736	183.465	0.13320	0.001**
solo:temp	2	0.14370	0.8623	0.00626	0.431
Residuals	234	0.16665	0.84948		
Total	239	100.000			

A Análise discriminante (tabela 3) apontou influência negativa de ambas as componentes para prs e influência positiva da primeira componente e negativa da segunda para phu e pfs (tabela 3). Pode-se observar que a variabilidade é maior nas temperaturas atual (A) e futura (F). Infere-se também que no futuro pessimista (FP) a variabilidade será menor, assim como as medidas de peso (prs, phu e pfs) das plântulas. De acordo com Bewley & Black (1994) a temperatura é importante no processo germinativo e, quando elevadas podem provocar uma queda no suprimento de aminoácidos livres da síntese proteica e de reações anabólicas, afetando negativamente o processo de germinação.

Tabela 3. Análise discriminante da relação entre a temperatura e peso seco da raiz (prs), peso úmido do hipocótilo (phu) e peso seco das folhas (pfs).

Coeficiente da linear discriminante		
	LD1	LD2
prs	-7.83397076	-13.99672
phu	-0.02883616	1.07464
pfs	-6.46887389	11.62958

Em experimento semelhante, Oliveira et al (2015) obteve resultados negativos para o tamanho das plântulas de *Casearia gossypiosperma* (família *Salicaceae*) submetidas á temperaturas de 35°C e resultados positivos para temperaturas entre 25°C e 30°C. Tais resultados diferem dos encontrados neste trabalho, demonstrando que as espécies florestais diferem quanto a sua temperatura ótima de germinação, variando de acordo com a sua ecologia (PROBERT, 1992).

Segundo Champagnat (1992), baixas temperaturas são responsáveis pelo aumento no nível endógeno de giberelina nas plantas. Cassaro-Silva (2001), ao trabalhar com sementes de *Senna macranthera* (Collad) Irwin et Barn, (Fabaceae), em temperaturas além daquelas que a espécie tolera, a energia armazenada nas células ou em sistemas de membranas celulares da sementes se tornam menos favoráveis ao crescimento do embrião conforme a temperatura aumenta. Quando a energia é dissipada, todos os processos medidados por enzima são interrompidos levando á morte do embrião. Dessa forma, a protusão da raiz primária é possível mas o embrião não teria energia para continuar o processo de crescimento, levando

á morte da plântula. Tal processo poderia explicar o efeito negativo da temperatura para a germinação no futuro pessimista, aonde as plantas apresentaram baixo peso quando submetidas a 40°C.

## Considerações Finais

O aumento de temperatura causado pelo aquecimento global, se dentro da faixa prevista pelo IPCC, não irá afetar negativamente na germinação de *D. alata*. A espécie, além de suportar o aumento de temperatura, também apresentou incremento no peso das plântulas. O solo não interferiu na germinação

Tais observações possibilitam que pesquisadores se adiantem às mudanças e trabalhem em técnicas de manejo adequadas á distribuição e manutenção da espécie em cenários futuros. Entretanto mais trabalhos experimentais devem ser realizados a fim de entender a resposta fisiológica da planta ao aumento de temperatura.

## Agradecimentos

Agradeço a Capes pela bolsa concedida.

## Referências

AGUIAR, L & AMARO, V. POSSÍVEIS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO LITORAL ORIENTAL DO RN. **Revista do CERES**, v. 1, n. 2, p. 108-114, 2016.

BEWLEY, J.D. & BLACK, M. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: viability, dormancy and environmental control. Berlim: **Springer-Verlag**. v.2, 375p, 1982.

BOCCHESE, R.A; OLIVEIRA, A. K. M; MELOTTO, A. M; FERNANDES, V. LAURA, V. A. Efeito de diferentes tipos de solo na germinação de sementes de tabebuia *heptaphylla*, em casa telada. **Cerne**, Lavras. v. 14, n. 1, p. 62-67. 2008.

BORCHERT. R. Responses of tropical trees to rainfall seasonality and its long-term changes. **Climate Change**, v. 39, p. 381-393. 1998.

BUSTAMANTE, M. M. C, NARDOTO, G. B, PINTO, A. S, RESENDE, J. C. F, TAKAHASHI, F. S. C, & VIEIRA, L. C. G. Potential impacts of climate change on biogeochemical functioning of Cerrado ecosystems. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72(3, Suppl. ), p. 655-671. 2012.

CARVALHO, N. M & NAKAGAWA, J. Sementes – ciência, tecnologia e produção. 3.

ed. Campinas: Fundação Cargil. 424p. 1988.

CASSARO-SILVA, M. Efeito da temperatura na germinação de sementes de manduirana (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn. - Caesalpinaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 92 - 99, 2001.

CHAMPAGNAT, P. Dormance des bourgeons chez lês végétaux ligneux. In: CÔME, D. (Ed.). **Les végétaux et le froid**. Paris: Hermann, 1992. p. 203 - 260.

EBI, K. L; HALLEGATTE, S; KRAM, T; ARNELL, N. W; CARTER, T. R; EDMONDS, J; WINKLER, H. A new scenario framework for climate change research: background, process, and future directions. **Climatic Change**, v. 122, n. 3, p. 363-372, 2014.

FARIA, A. P., FERNANDES, G. W. AND FRANÇA, M. G. C. Predicting the impact of increasing carbon dioxide concentration and temperature on seed germination and seedling establishment of African grasses in Brazilian Cerrado. **Austral Ecology**, 40: 962–973. 2015.

FIGLIOLIA M.B, PIÑA-RODRIGUES F. C. M. Manejo de sementes de espécies arbóreas. **IF Série Registros**, São Paulo, 15:1-59. 1995.

FLORES, A. V; BORGES, E. E. D. L; GUIMARÃES, V. M; GONÇALVES, J. F. D. C; ATAÍDE, G. D; BARROS, D. D. P. Atividade enzimática durante a germinação de sementes de *Melanoxylon brauna* Schott sob diferentes temperaturas. **Cerne**. v. 20, n. 3. P. 401-408. 2014.

FRANCO, A. C. Cerrado vegetation and global change: the role of functional types, resource availability and disturbance in regulating plant community responses to rising CO<sub>2</sub> levels and climate warming. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 26, n. 1, p. 19-38, 2014.

GHINI, R & HAMADA, E. métodos para estudar os efeitos das mudanças climáticas sobre doenças de plantas/Methods of studying effects of climate change on plant diseases. **Summa Phytopathologica**, v. 38, 2012.

MAYER, A. C & POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds. **Pergaman Press**. 270 p. 1989.

MELO, L. C. **Simulação da distribuição de espécies da floresta ombrófila mista em função de possíveis cenários climáticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). UFPR. 2015.

Oliveira, A. K. M., Souza, J. S., Carvalho, J. M. B., & Souza, S. A.. Germinação de sementes de pau-de-espeto (*Casearia gossypiosperma*) em diferentes temperaturas. **Floresta**, v. 45, n. 1, p. 97-106, 2015.

PROBERT, R. J. **The role of temperature in germination ecophysiology**. In: FENNER, M. *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford: CABI. p. 285-325. 1992.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R

**Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2016.

SALAZAR, A. **Seed dynamics and seedling establishment of woody species in the tropical savannas of Central Brazil (cerrado)**. PhD Thesis, University of Miami, Florida, USA. 2010.

SOUSA, M. I. F.; BARBOSA, J. Justino; COSTA, C. T. F. Uma reflexão sobre mudanças climáticas, saúde e meio ambiente no semiárido nordestino. **Saúde e meio ambiente: revista interdisciplinar**, v. 4, n. 2, p. 61-77, 2015.

VAN DER PUTTEN, W H.; MACEL, M; VISSER, Marcel E. Predicting species distribution and abundance responses to climate change: why it is essential to include biotic interactions across trophic levels. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1549, p. 2025-2034, 2010.

ZAIDAN, L. B. P.; CARREIRA, R. Seed germination in Cerrado species. *Brazilian Journal Plant Physiology*, Piracicaba, v.20, n. 3, p. 167-181, 2008.