

## Estresse hídrico e térmico na germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit

Francival Cardoso Felix<sup>1</sup>, Fernando dos Santos Araújo<sup>1</sup>, Mariana Duarte da Silva<sup>1</sup>, Cibele dos Santos Ferrari<sup>1</sup>, Mauro Vasconcelos Pacheco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba, RN, Brasil. E-mail: francival007@gmail.com (ORCID: 0000-0002-6518-5697); nandosantos005@hotmail.com (ORCID: 0000-0002-0605-1613); mari.nutri08@gmail.com (ORCID: 0000-0003-4402-4330); cibeferrari@hotmail.com (ORCID: 0000-0003-2940-0190); pachecomv@hotmail.com (ORCID: 0000-0002-0447-9800)

**RESUMO:** *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae) é uma espécie arbórea de ampla utilização no mundo, principalmente para a alimentação de ruminantes em regiões de clima semiárido. Dada sua relevância, o objetivo neste estudo foi avaliar os efeitos dos estresses hídrico e térmico sobre a germinação e o vigor de sementes de *L. leucocephala*. O experimento foi instalado em arranjo fatorial 3 x 4, considerando os fatores potencial hídrico (0,0; -0,3 e -0,6 MPa) e temperatura (25, 30, 35 e 40 °C) sobre o desempenho germinativo das sementes. As variáveis avaliadas foram: germinação, plântulas anormais, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e o desempenho das plântulas (comprimento e massa seca de raiz e parte aérea). A diminuição do potencial hídrico a partir de -0,3 MPa reduziu a germinação e o vigor das sementes, indicando que a tolerância da espécie ao estresse hídrico na fase de germinação é baixa. A faixa térmica de 25-30 °C é ideal para germinação e crescimento inicial de plântulas, mas as sementes continuam a germinar com a elevação térmica até 35 °C. As sementes de *L. leucocephala* são pouco tolerantes aos estresses hídrico e térmico e, conseqüentemente, a capacidade germinativa e o vigor são reduzidos com a diminuição do potencial hídrico a partir de -0,3 MPa e temperaturas acima de 30 °C.

**Palavras-chave:** ecofisiologia; leucena; sementes florestais; semiárido; vigor

## Water and thermal stress on the germination *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit seeds

**ABSTRACT:** *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae) is an arboreal species of wide use in the world, mainly for feeding ruminants in semiarid climate regions. Given its relevance, the aim of this study was to evaluate the effects of water and thermal stress on the germination and vigor of *L. leucocephala* seeds. The experiment was installed in 3 x 4 factorial arrangement, considering the water potential (0.0, -0.3 and -0.6 MPa) and temperature (25, 30, 35 and 40 °C) factors on the seeds germination performance. The variables evaluated were: germination, abnormal seedlings, first germination count, germination speed index and seedling performance (length and dry mass weight of root and aerial part). The reduction of the water potential from -0.3 MPa reduced the germination and seed vigor, indicating that the tolerance of the species to water stress in the germination phase is low. The temperature range of 25-30 °C is ideal for germination and seedlings initial growth, but the seeds continue to germinate under a temperature elevation to 35 °C. The *L. leucocephala* seeds are poorly tolerant to water and thermal stresses and, consequently, the germinative capacity and vigor are reduced with decreasing water potential from -0.3 MPa and temperatures above 30 °C.

**Key words:** ecophysiology; leucena; forest seeds; semiarid; vigor

## Introdução

*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae) é uma espécie originária da América Central, conhecida popularmente como leucena que atualmente possui distribuição pantropical (Fonseca & Jacobi, 2011). Devido ao seu rápido crescimento e alto teor de nutrientes minerais e proteína nas folhas é amplamente utilizada como planta forrageira para alimentação de ruminantes (Crawford et al., 2015), com potencial para exploração em regiões semiáridas (Walker, 2012).

O clima semiárido é caracterizado por baixas precipitações pluviais, altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar (Pedrosa et al., 2015), de forma que as plantas em condições naturais ou agrícolas estão sujeitas a pelo menos algum tipo de estresse abiótico ao longo do seu ciclo de desenvolvimento (Dantas et al., 2014). Como os primeiros reflexos dos estresses abióticos são observados na fase de germinação e emergência das plântulas (Ribeiro et al., 2012), torna-se importante estudar a ecofisiologia da germinação das sementes de espécies florestais em condições de estresse em ambientes semiáridos.

Na germinação, a disponibilidade hídrica influencia a absorção de água, que por sua vez é responsável pela reativação do metabolismo das sementes (Bewley et al., 2013), em consequência, a germinação pode ser inviabilizada caso essa demanda hídrica não seja suprida (Marcos Filho, 2015). Normalmente, faz-se uso de soluções osmóticas quimicamente atóxicas, como o polietilenoglicol, para simulação de estresse hídrico em experimentos de laboratório (Almeida et al., 2014).

Estudos recentes têm sido desenvolvidos no sentido de compreender os efeitos do estresse hídrico sobre a germinação de sementes de espécies arbóreas que ocorrem no semiárido brasileiro como a espécie exótica *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (Miranda et al., 2014) e as nativas *Erythrina velutina* Willd. (Reis et al., 2012), *Poincianella pyramidalis* Tul. L. P. Queiroz (Antunes et al., 2011), *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith (Almeida et al., 2014; Oliveira et al., 2014), *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., *Schinopsis brasiliensis* Engel. e *Sideroxylon obtusifolium* Roem & Schult. (Oliveira et al., 2014).

Além do estresse provocado pelo déficit hídrico, as sementes de espécies que ocorrem em regiões semiáridas também podem estar sujeitas a constantes alterações na amplitude térmica (Bewley et al., 2013). Ainda segundo os autores, isso pode alterar as reações bioquímicas e respostas fisiológicas que envolvem todo o processo germinativo, regulando a porcentagem e a velocidade de germinação, assim como o crescimento e o desenvolvimento da plântula.

Os efeitos de diferentes regimes térmicos sobre a germinação têm sido avaliados no sentido de identificar o grau de tolerância das sementes ao estresse térmico, como foi estudado em *P. juliflora* (Miranda et al., 2014). Por outro lado, também podem ser utilizados para identificar a temperatura ideal para germinação como realizado em

*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook F. ex S. Moore (Pacheco et al., 2008), *M. urundeuva* (Pacheco et al., 2006; Oliveira et al., 2014) e *S. brasiliensis* (Oliveira et al., 2014).

Diante da necessidade de compreender as interações entre disponibilidade hídrica e temperaturas sobre o desempenho germinativo de sementes de plantas arbóreas que ocorrem em condições semiáridas, o objetivo neste trabalho foi avaliar os efeitos dos estresses hídrico e térmico sobre a germinação e o vigor de sementes de *L. leucocephala*.

## Material e Métodos

### Local da pesquisa e coleta de sementes

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes Florestais (LSF) da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias (UAECIA), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) localizado no município de Macaíba, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil.

As sementes de *L. leucocephala* utilizadas foram provenientes de dez indivíduos localizados em uma área urbana na região metropolitana de Natal-RN (coordenadas 6° 00' 31" S e 35° 16' 07" W). Os frutos foram coletados antes da deiscência natural quando estavam com coloração vermelho amarelo vermelho (10R 4/4, fraco) (Ferguson, 2012). No LSF os frutos foram abertos manualmente para extração das sementes, excluindo aquelas visualmente chochas e mal formadas. A determinação do grau de umidade das sementes foi realizada pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas (Brasil, 2009), utilizando-se duas subamostras de 4,5 g de sementes.

### Estresses hídrico e térmico na germinação de sementes

As sementes foram submetidas a testes de germinação e vigor (primeira contagem de germinação, velocidade de germinação e desempenho de plântulas - comprimento e massa seca) conduzidos em condições de estresse hídrico e térmico.

O estresse hídrico foi simulado com soluções de polietilenoglicol 6000 (PEG 6000) ajustadas a diferentes potenciais hídricos (0,0, -0,3 e -0,6 MPa) conforme Villela et al. (1991), as quais foram utilizadas para umedecer o substrato. As sementes também foram postas para germinar em diferentes temperaturas (25, 30, 35 e 40 °C) para simular o estresse térmico.

Para o teste de germinação foram utilizadas amostras de 100 sementes divididas em quatro repetições de 25, as quais foram submetidas ao desponte na região oposta ao hilo para superação da dormência (Brasil, 2013). As sementes após serem desinfestadas com NaClO a 2,5% durante três minutos foram distribuídas sobre duas folhas de papel toalha (tipo Germitest®) para germinação, cobertas com uma terceira e organizadas em forma de rolos. O papel foi previamente umedecido com água destilada (0,0 MPa) e as soluções de PEG 6000 (-0,3 e -0,6 MPa) na quantidade equivalente a duas vezes e meia o seu peso seco. Os rolos de papel foram embalados em sacos plásticos transparentes e posicionados

verticalmente em germinador do tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) com fotoperíodo regulado para 12 horas e nas temperaturas estabelecidas para o estresse térmico (25, 30, 35 e 40 °C). No 10º dia após a sementeira foi computada a porcentagem de sementes germinadas, adotando-se o critério de plântula normal e também foi contabilizada a porcentagem de plântulas anormais, ou seja, aquelas que não atendem aos critérios de normalidade descritos por Brasil (2013).

Os testes de primeira contagem, velocidade de germinação e desempenho de plântulas foram realizados em conjunto com o teste de germinação. No teste de primeira contagem computou-se a porcentagem de plântulas normais no 4º dia após a sementeira (Brasil, 2009). Para a velocidade de germinação, foi realizada a contabilização diária de sementes germinadas até o 10º dia após a sementeira, sendo os resultados utilizados para calcular o índice de velocidade de germinação proposto por Maguire (1962).

Para o teste de desempenho de plântulas (comprimento e massa seca) utilizou-se apenas as plântulas normais provenientes do teste de germinação. As medidas de comprimento da raiz principal (ápice radicular até o colo) e da parte aérea (colo até a gema apical) foram tomadas com uma régua graduada em milímetros e os resultados foram expressos em centímetros por plântula (cm plântula<sup>-1</sup>). Para a determinação da massa seca, os cotilédones das plântulas foram removidos e as mesmas seccionadas na região do colo para separar o sistema radicular e a parte aérea. O material fresco foi acondicionado separadamente em sacos de papel do tipo Kraft e levados à estufa de secagem com circulação forçada de ar regulada à temperatura de 60 °C até atingirem peso constante (72 h), em seguida o material seco foi pesado em balança analítica e os resultados foram expressos em miligramas por plântula (mg plântula<sup>-1</sup>).

### Delineamento experimental e análise dos dados

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial 3 x 4 (potenciais hídricos e temperaturas), cujos dados foram submetidos a análise de variância na regressão, com expressão dos resultados conforme o nível de significância de F, na forma de regressão

polinomial. Adotaram-se as equações significativas com maior coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e todas as análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico ASSISTAT, versão 7.7 beta.

## Resultados e Discussão

Na ocasião de realização do ensaio, o grau de umidade das sementes de *L. leucocephala* era de 12,1%, cujo valor encontra-se próximo ao requerido para padronização de diferentes testes e metodologias, que é de 10% para sementes ortodoxas (Amaro et al., 2012).

Entre os fatores potencial hídrico e temperatura houve interação significativa (p<0,05) para todas as variáveis avaliadas (Tabela 1). Este resultado é considerado um indicativo de que existe, no mínimo, uma combinação dos fatores testados que otimiza o desempenho germinativo das sementes em estudo.

Os dados de porcentagem e velocidade de germinação em função da elevação térmica ajustaram-se à curva polinomial quadrática nos potenciais hídricos de 0,0 e -0,3 MPa e à curva linear decrescente para -0,6 MPa (Figura 1). Nos potenciais hídricos de 0,0 e 0,3 MPa as porcentagens máximas estimadas de germinação foram de 100% na temperatura de 29 °C, enquanto para -0,6 MPa houve decréscimo linear a partir de 25 °C (Figura 1A). Os valores máximos de velocidade de germinação estimados em 13,6 para 0,0 MPa e 8,9 para -0,3 MPa também foram obtidos a 29 °C, enquanto para -0,6 MPa houve decréscimo linear a partir de 25 °C (Figura 1D).

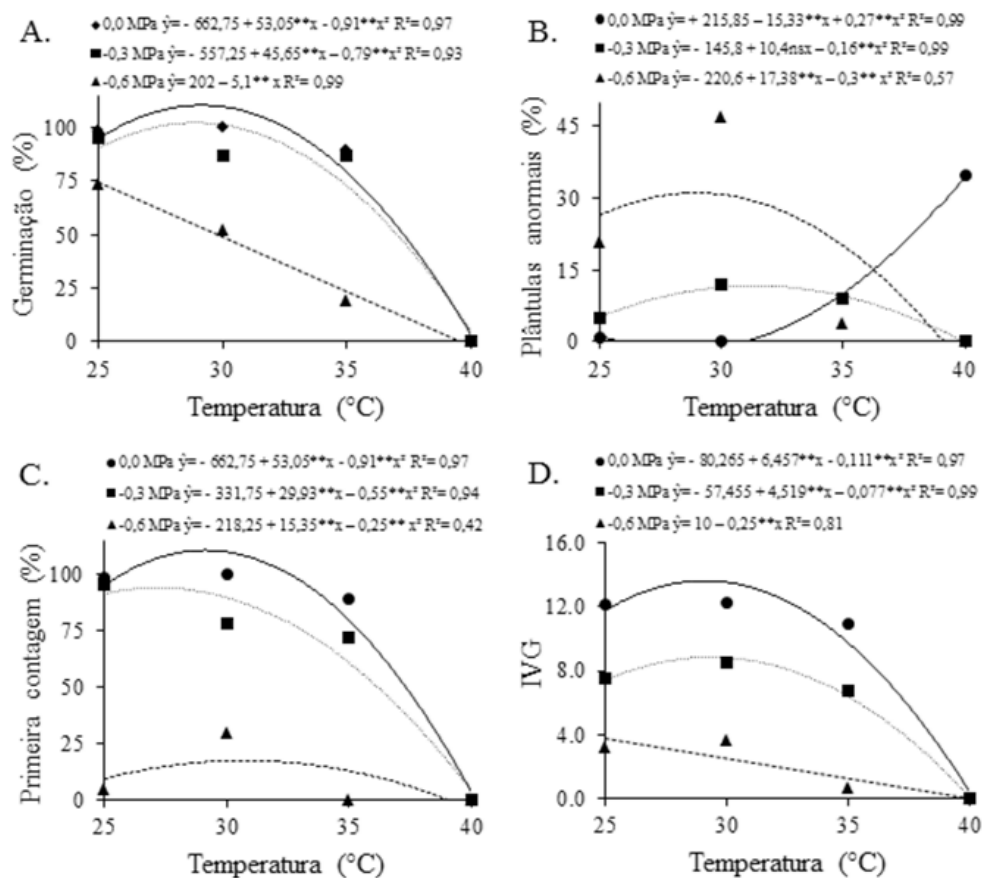
Apesar da temperatura de 29 °C ter sido a mais favorável, tanto a velocidade quanto a porcentagem de germinação se mantiveram altos com a elevação térmica até 35 °C, no entanto acima desse limite, a germinação sofreu forte redução até as sementes perderem totalmente a viabilidade (0%) a 40 °C.

Na ausência de outros fatores limitantes, a germinação ocorre em uma faixa relativamente ampla de temperatura, cujos extremos dependem de fatores como a espécie e características genéticas (Marcos Filho, 2015). Inicialmente, a

**Tabela 1.** Análise de variância para os fatores potencial hídrico (0,0; -0,3 e -0,6 MPa) e temperatura (25, 30, 35 e 40 °C) na germinação, plântulas anormais, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento e massa seca do sistema radicular e da parte aérea de plântulas de *L. leucocephala*.

Variável	Valor do Teste F			CV (%)
	Potencial hídrico (F1)	Temperatura (F2)	F1 x F2	
Germinação	96,15 **	311,72 --	112,83 **	13,5
Plântulas anormais	9,36 **	6,31 --	23,40 **	63,0
Primeira contagem da germinação	267,55 **	182,73 --	34,20 **	17,5
Índice de velocidade de germinação	386,35 **	268,15 --	30,47 **	13,4
Comprimento da raiz principal	28,14 **	263,02 --	22,81 **	15,5
Comprimento da parte aérea	1392,67 **	592,43 --	173,18 **	9,8
Massa seca do sistema radicular	0,22 ns	262,53 --	5,21 **	14,3
Massa seca da parte aérea	85,20 **	189,33 --	9,90 **	16,8
Grau de liberdade	2	3	6	
Tratamentos				11
Resíduo				36

ns não significativo, \*\*, \* significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade. -- Os tratamentos são quantitativos, o Teste F não se aplica.



**Figura 1.** Germinação (%) (1A), plântulas anormais (1B), primeira contagem (1C) e índice de velocidade de germinação- IVG (1D) de sementes de *L. leucocephala* submetidas a estresses hídrico e térmico.

elevação da temperatura promove o aumento na velocidade de embebição, com consequente aceleração das reações metabólicas do processo germinativo, resultado da maior fluidez das membranas lipídicas devido ao enfraquecimento das ligações químicas e aumento da agitação molecular (Larcher, 2000), mas se ultrapassados os extremos de temperatura tolerados pelas sementes (temperaturas cardeais) a germinação e o vigor são afetados negativamente.

A redução da qualidade fisiológica de sementes submetidas a estresse térmico se deve, provavelmente, à ocorrência de danos oxidativos irreversíveis provocados pela ação de radicais livres nos processos respiratórios e de reações deletérias dos constituintes celulares (Mittler, 2002). Contudo, a manutenção da viabilidade e do vigor acima da temperatura considerada ótima pode ser explicada pelos mecanismos de reparo de membranas, mitocôndrias, proteínas, RNA e pela síntese de proteínas de choque térmico e ação de antioxidantes (Marcos Filho, 2015).

Quanto aos efeitos do estresse hídrico, verificou-se que tanto a velocidade quanto a porcentagem de germinação das sementes de *L. leucocephala* sofreram redução quando submetidas a potenciais hídricos negativos, principalmente a -0,6 MPa (Figura 1A). Tal fato, provavelmente, deve-se à redução na disponibilidade hídrica que limita a embebição, acarretando diminuição no índice de velocidade e na porcentagem de germinação (Bewley et al., 2013). De

maneira semelhante a este estudo, Almeida et al. (2014) verificaram que a germinação e a velocidade de germinação de sementes de *A. cearensis* também sofreram redução em função do uso de potenciais hídricos negativos, sendo que os efeitos mais acentuados foram observados a -0,6 MPa.

Os dados de porcentagem de primeira contagem de germinação (Figura 1C) e plântulas anormais (Figura 1B) em função da elevação térmica ajustaram-se à curva polinomial quadrática em todos os potenciais hídricos. Para a primeira contagem de germinação, no potencial hídrico de 0,0 MPa o valor máximo estimado (90%) foi obtido na temperatura de 29 °C, enquanto para -0,3 e -0,6 MPa foram, respectivamente, 90% a 27 °C e 18% a 29 °C, seguido de redução acentuada à medida que se elevou temperatura até 40 °C, na qual foram verificados os valores mínimos (Figura 1C).

Semelhantemente ao presente estudo, a primeira contagem de germinação também foi drasticamente reduzida para sementes de *A. cearensis* submetidas ao estresse hídrico a -0,6 MPa (Almeida et al., 2014), provavelmente devido à restrição hídrica que promove a permanência das sementes por mais tempo na Fase II do processo de germinação (Bewley et al., 2013). Ainda segundo estes autores, o aumento da temperatura também pode atrasar a germinação das sementes devida, entre outros fatores, à liberação dos constituintes celulares através do tegumento que se tornam mais fluidos em temperaturas elevadas.



A porcentagem de plântulas anormais no potencial hídrico de 0,0 MPa aumentou progressivamente com a elevação térmica até atingir o valor máximo estimado em 35% na temperatura de 40 °C. Nos potenciais osmóticos de -0,3 e -0,6 MPa aos valores máximos estimados de 32 e 12% foram obtidos, respectivamente, nas temperaturas de 31 e 29 °C (Figura 1B).

Além de afetar o desempenho germinativo, verificou-se que a elevação térmica e a restrição hídrica também influenciaram o padrão de desenvolvimento das plântulas de *L. leucocephala* (Figura 2). Essa análise qualitativa permitiu identificar que as plântulas do potencial hídrico de 0,0 MPa tinham parte aérea com epicótilo visualmente mais desenvolvido em relação aquelas sob -0,3 e -0,6 MPa, sobretudo, nas temperaturas de 25 e 30 °C.

Outra alteração evidente foi verificada no sistema radicular das plântulas do potencial -0,6 MPa, as quais se encontravam com uma quantidade visivelmente maior de raízes secundárias em relação às demais, evidenciando uma alteração morfológica, provavelmente em resposta ao estresse hídrico.

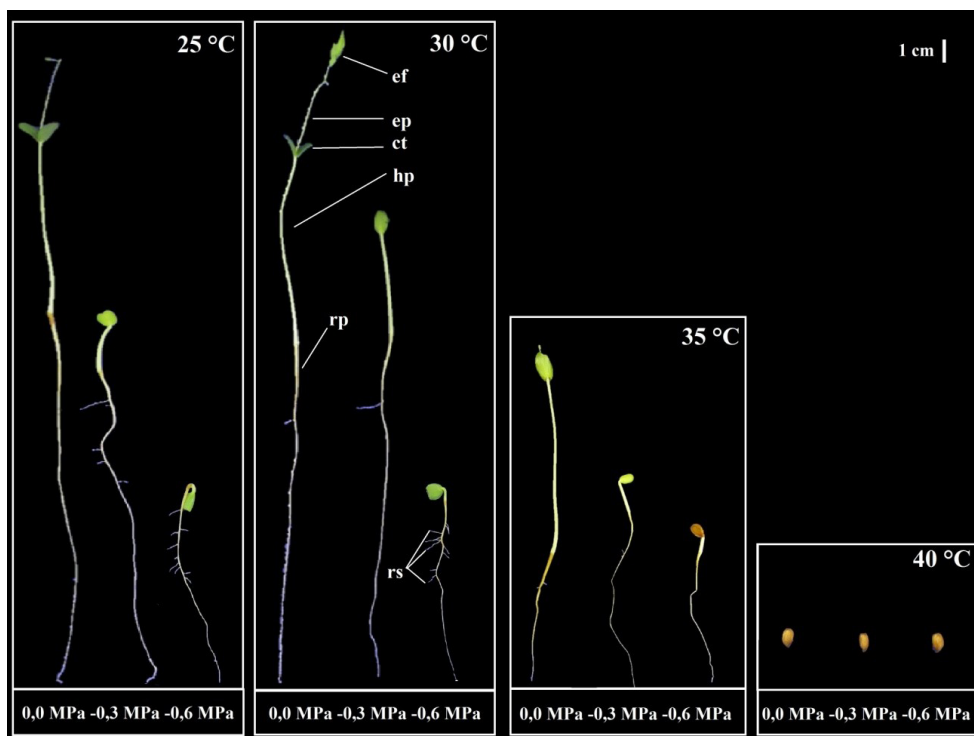
Pelas análises de comprimento e massa seca foram verificadas diferenças no desempenho das plântulas em função dos regimes térmicos e potenciais hídricos (Figura 3), em que a equação polinomial quadrática foi a que melhor explicou os efeitos da elevação térmica nos potenciais osmóticos testados.

Os potenciais hídricos negativos (-0,3 e -0,6 MPa) reduziram o comprimento da parte aérea e da raiz principal das plântulas em relação ao controle (0,0 MPa),

em que no potencial hídrico de 0,0 MPa o comprimento da parte aérea atingiu o valor máximo estimado de 8,9 cm plântula<sup>-1</sup> a 27 °C, enquanto para -0,3 e -0,6 MPa foram estimados, respectivamente, em 3,9 cm plântula<sup>-1</sup> a 28 °C e 0,9 cm plântula<sup>-1</sup> a 25 °C (Figura 3C). O valor máximo para o comprimento da raiz principal no potencial hídrico de 0,0 MPa foi de 13,7 cm plântula<sup>-1</sup> a 25 °C, enquanto para -0,3 MPa foi de 12,6 cm plântula<sup>-1</sup> a 25 °C e para -0,6 MPa foi de 8,9 cm plântula<sup>-1</sup> a 31 °C (Figura 3A). A elevação térmica acima dos valores máximos provocou a redução do comprimento da parte aérea e da raiz principal das plântulas.

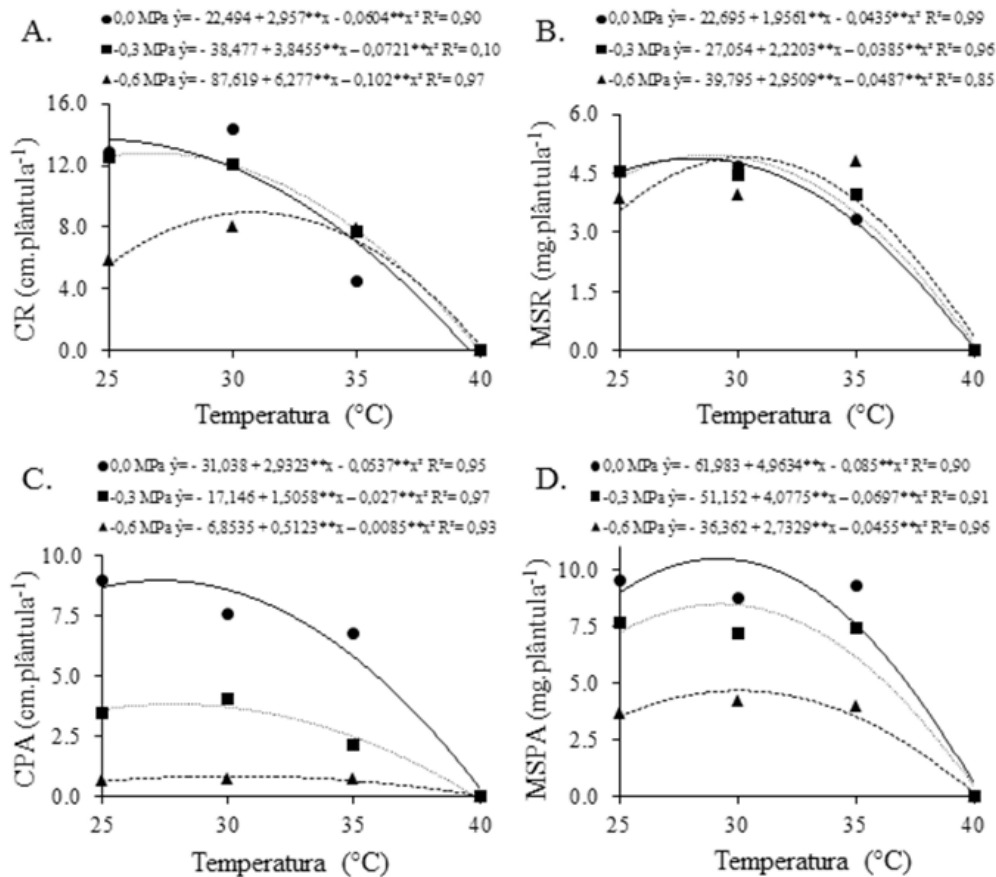
Assim como para o comprimento, os potenciais hídricos negativos (-0,3 e -0,6 MPa) também reduziram a massa seca da parte aérea e radicular das plântulas em relação ao controle (0,0 MPa). Os valores máximos estimados para massa seca radicular nos potenciais hídricos de 0,0, -0,3 e -0,6 MPa foram de aproximadamente 5,0 mg plântula<sup>-1</sup>, sendo obtidos, respectivamente, nas temperaturas de 28, 29 e 30 °C (Figura 3B). O valor máximo para a massa seca da parte aérea no potencial hídrico de 0,0 MPa foi de 10,5 mg plântula<sup>-1</sup> a 29 °C, enquanto para -0,3 MPa foi de 8,5 mg plântula<sup>-1</sup> a 29 °C e para -0,6 MPa foi 4,7 mg plântula<sup>-1</sup> a 30 °C (Figura 3D). A elevação térmica acima dos valores máximos provocou a redução da massa seca radicular e da parte aérea das plântulas.

Embora o comprimento e a massa seca radicular de plântulas tenham sido reduzidos com a restrição hídrica promovida pelos potenciais mais negativos (-0,3 e -0,6 MPa), os valores de massa seca se mantiveram próximos nos diferentes potenciais, devido provavelmente às diferentes estratégias de alocação das reservas em função do estresse



Em que: ef – eófilos; ep – epicótilo; ct – cotilédono; hp – hipocótilo; rp - raiz principal; rs - raízes secundárias.

**Figura 2.** Plântulas normais de *L. leucocephala* provenientes de sementes submetidas aos estresses hídrico (0,0; -0,3 e -0,6 MPa) e térmico (25, 30 e 35 °C) e sementes não germinadas a 40 °C.



**Figura 3.** Comprimento da raiz principal - CR (3A) e parte aérea - CPA (3C), massa seco sistema radicular - MSR (3B) e parte aérea - MSPA (3D) de plântulas de *L. leucocephala* provenientes de sementes submetidas a estresses hídrico e térmico.

combinado. Para comprimento e massa seca da parte aérea, nos quais houve redução com os estresses hídrico e térmico, o fitormônio ácido abscísico pode ter causado inibição do processo de alongamento celular, o que é comum ocorrer quando se submete sementes a baixa disponibilidade hídrica (Taiz & Zeiger, 2013).

Não obstante, o alto peso molecular do PEG 6000 dificulta a difusão de oxigênio e água para os tecidos celulares da semente de forma ao inibir a síntese/atividade de várias enzimas (Azerêdo et al., 2016), comprometendo o crescimento e desenvolvimento da plântula.

Além de a restrição hídrica reduzir o metabolismo, também limita a alocação e síntese de reservas para o eixo embrionário (Bewley et al., 2013), o que pode explicar o fato das plântulas de *L. leucocephala* em condição de estresse hídrico (-0,3 e -0,6 MPa) serem menos vigorosas.

Diante do exposto, as sementes de *L. leucocephala* toleraram moderadamente a diminuição do potencial hídrico até -0,3 MPa e a elevação térmica até 35 °C. Em comparação com espécies arbóreas nativas do semiárido, a exemplo de *C. pyramidalis* (Antunes et al., 2011), *E. velutina* (Reis et al., 2012), *A. cearensis* (Almeida et al., 2014; Oliveira et al., 2014), *M. urundeuva*, *S. brasiliensis* e *S. obtusifolium* (Oliveira et al., 2014), a *L. leucocephala* pode ser considerada pouco tolerante ao estresse hídrico e térmico durante as fases de germinação das sementes e de crescimento inicial das plântulas.

## Conclusões

As sementes de *Leucaena leucocephala* são pouco tolerantes aos estresses hídrico e térmico, sendo a capacidade germinativa e o vigor reduzidos com a diminuição do potencial hídrico a partir de -0,3 MPa e com a elevação térmica acima de 30 °C.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Apoio à Pesquisa do Rio Grande do Norte (FAPERN), pela concessão de bolsas de estudo ao primeiro e segundo autores, respectivamente.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de Mestrado, do Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD) e de Pós-Doutorado no Exterior (Programa Ciência sem Fronteiras) ao terceiro, quarto e quinto autor, respectivamente.

## Literatura Citada

Almeida, J.P.N.; Pinheiro, C.L.; Lessa, B.F.T.; Gomes, F.M.; Medeiros Filho, S. Estresse hídrico e massa de sementes na germinação e crescimento de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. Revista Ciência Agronômica, v.45, n.4, p.777-787, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000400016>.

- Amaro, H.T.R.; Assis, M.O.; David, A.M.S.S.; Silveira, J.R.; Silva Neta, I.C.; Mota, W.F. Superação de dormência em sementes de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.14, n.especial, p.218-223, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722012000500016>.
- Antunes, G.C.C.; Pelacani, R.C.; Ribeiro, C.R.; Souza, J.V.; Souza, C.L.M.; Castro, R.D. Germinação de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (catingueira) submetidas à deficiência hídrica. *Revista Árvore*, v.35, n.5, p.1007-1015, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000600006>.
- Azerêdo, G.A.; Paula, R.C.; Valeri, V. Germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. sob estresse hídrico. *Ciência Florestal*, v.26, n.1, p.193-202, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509821112>.
- Bewley, J.D.; Bradford, K.J.; Hilhorst, H.W.M.; Nonogaki, H. *Seeds - physiology of development, germination and dormancy*. 3.ed. New York: Springer, 2013. 392p.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 2009. 399p. [http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946\\_regras\\_analise\\_sementes.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf). 01 Jun. 2016.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instruções para a análise de sementes de espécies florestais. Brasília: MAPA/ACS, 2013. 98p.
- Crawford, G.; Puschner, B.; Affolter, V.; Stalis, I.; Davidson, A.; Baker, T.; Tahara, J.; Jolly, A.; Ostapak, S. Systemic effects of *Leucaena leucocephala* ingestion on ring tailed lemurs (*Lemur catta*) at Berenty Reserve, Madagascar. *American Journal of Primatology*, v.77, n.6, p.633-641, 2015. <https://doi.org/10.1002/ajp.22386>.
- Dantas, B.F.; Matias, J.R.; Mendes, R.B.; Ribeiro, R.C. "As sementes da Caatinga são...": um levantamento das características das sementes da Caatinga. *Informativo ABRATES*, v.24, n.3, p.18-23, 2014. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/997933/1/Barbara1.pdf>. 01 Jun. 2016.
- Ferguson, J. Color name diagrams for the Munsell color charts for plant tissues. Ontário: Dept. of Near and Middle Eastern Civilizations; University of Toronto, 2012. 18p.
- Fonseca, N.G.; Jacobi, C.M. Desempenho germinativo da invasora *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. e comparação com *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul. e *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw. (Fabaceae). *Acta Botanica Brasilica*, v.25, n.1, p.191-197, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062011000100022>.
- Larcher, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: RIMA, 2000. 531p.
- Maguire, J.D. Speed of germination-aid seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v.2, n.2, p.176-177, 1962. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>.
- Marcos Filho, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2.ed. Piracicaba: FEALQ, 2015. 660p.
- Miranda, R.Q.; Correia, R.M.; Cortez, J.S.A.; Pompelli, M.F. Germination of *Prosopis juliflora* (Sw.) D.C. seeds at different osmotic potentials and temperatures. *Plant Species Biology*, v.29, n.3, p.9-20, 2014. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12025>.
- Mittler, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Science*, v.7, n.9, p.405-410, 2002. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(02\)02312-9](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(02)02312-9).
- Oliveira, G.M.; Matias, J.R.; Ribeiro, R.C.; Barbosa, L.G.; Silva, J.E.S.B., Dantas, B.F. Germinação de sementes de espécies arbóreas nativas da Caatinga em diferentes temperaturas. *Scientia Plena*, v.10, n.4, p.1-6, 2014. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/108750/1/Barbara-3-2014.pdf>. 01 Jun. 2016.
- Pacheco, M.V.; Matos, V.P.; Feliciano, A.L.P.; Ferreira, R.L.C. Germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook f. ex S. Moore. *Ciência Florestal*, v.18, n.2, p.143-150, 2008. <https://doi.org/10.5902/19805098452>.
- Pacheco, M.V.; Matos, V.P.; Ferreira, R.L.C.; Feliciano, A.L.P.; Pinto, K.M.S. Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). *Revista Árvore*, v.30, n.3, p.359-367, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000300006>.
- Pedroza, K.M.; Lima, E.Q.; Lucena, C.M.; Carvalho, T.K.N.C.; Ribeiro, J.E.S.; Marín, E.A.; Oliveira, R.S.; Alves, R.E.; Silva, S.M.; Cruz, D.D.; Lucena, R.F.P. Local botanical knowledge about *Sideroxylon obtusifolium* (Roem. & Schult.) T.D. Penn. in rural communities in the semiarid region of Brazil. *Ethnobotany Research and Applications*, v.14, p.463-478, 2015. <https://doi.org/10.17348/era.14.0.463-477>.
- Reis, R.C.R.; Dantas, B.F.; Pelacani, C.R. Mobilization of reserve and germination of seeds of *Erythrina velutina* Willd. (Leguminosae - Papilionoideae) under different osmotic potentials. *Revista Brasileira de Sementes*, v.34, n.4, p.580-588, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222012000400008>.
- Ribeiro, G.; Pimentel, A.J.B.; Souza, M.A.; Rocha, J.R.A.S.C.; Fonseca, W.B. Estresse por altas temperaturas em trigo: impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.18, n.2, p.133-142, 2012. <https://doi.org/10.18539/cast.v18i2.2502>.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. Artmed. ed.5, 2013. 954p.
- Villela, F.A.; Doni Filho, L.; Siqueira, E.L. Tabela do potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991. <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/3549>. 21 Out. 2017.
- Walker, K.P. Fodder potential of leaves and pods of planted *Leucaena diversifolia* and *L. leucocephala* species in semi-arid Botswana. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, v.2, n.10, p.445-450, 2012. <https://bit.ly/2s8wAEL>. 21 Out. 2017.