

**EFEITO DA TEMPERATURA E LUZ NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE
Dalbergia cearensis Ducke****THE EFFECT OF THE TEMPERATURE AND LIGHT ON THE SEED GERMINATION OF
Dalbergia cearensis Ducke**Francisco Carlos Barboza Nogueira¹ Maria Izabel Gallão² Antônio Marcos Esmeraldo Bezerra³
Sebastião Medeiros Filho⁴**RESUMO**

O conhecimento do comportamento germinativo de uma espécie vegetal é de significativa importância para a adoção de técnicas que visam sua propagação. O trabalho avaliou o processo germinativo de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke na presença e ausência de luz, submetidas a temperaturas constantes de 20, 25, 30, 35 e 40 °C e alternada de 20-45 °C, sob fotoperíodo de 12 horas e escuro contínuo. As variáveis avaliadas foram: a porcentagem, a velocidade e o tempo médio de germinação. As sementes germinaram na presença e na ausência de luz, com as maiores porcentagens de germinação alcançadas nas temperaturas de 25, 30 e 35°C. Desse modo, para desencadear o processo germinativo dessa espécie, não há necessidade da incidência ou ausência de luz, podendo-se caracterizar suas sementes como fotoblásticas neutras. A germinação foi nula no regime de temperatura alternada. A faixa ótima de temperatura entre 25 a 35°C aumenta a velocidade e reduz o tempo médio de germinação de sementes de *Dalbergia cearensis*, tanto para o escuro quanto para luz.

Palavras-chave: caatinga; ecofisiologia; fotoblastismo; sementes florestais.

ABSTRACT

The knowledge about the germination behavior of a plant species is major important to the adoption of the techniques that aim its spreading. The work analyzed the seed germination process of *Dalbergia cearensis* Ducke in the presence and absence of light, that was subjected to constant temperatures of 20, 25, 30, 35, 40 °C and alternating temperatures of 20 - 45 °C, all under a photoperiod of 12 hours and continuous darkness. The variables evaluated were: the percentage, the speed and the medium time of the germination. The seeds germinated in the presence and absence of light and the higher percentages of germination were 25, 30 and 35 °C. Thus, to trigger the germination process of this species, there is no need of exposure or absence of light. So they can be characterized as neutral photoblastic seeds. No germination was observed at alternating temperatures of 20 °C to 45 °C. The optimum temperature range between 25 to 35 °C increases speed and reduces the average time of germination of *Dalbergia cearensis* for both the dark and for light.

Keywords: caatinga; ecophysiology; forest seeds; photoblastism.

1 Engenheiro Agrônomo, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Bloco 906, CEP 60455-760, Fortaleza (CE), Brasil. fcarbozanogueira@hotmail.com

2 Bióloga, Dr^a., Professora Associada do Departamento de Biologia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Bloco 906, CEP 60455-760, Fortaleza (CE), Brasil. edybel@ufc.br

3 Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Campus do Pici, Bloco 805, Caixa Postal 6035, CEP 60356-000, Fortaleza CE), Brasil. esmeraldo@ufc.br

4 Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Associado II do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Campus do Pici, Bloco 805, Caixa Postal 6035, CEP 60356-000, Fortaleza (CE), Brasil. filho@ufc.br

INTRODUÇÃO

Dalbergia cearensis Ducke (Fabaceae), popularmente denominada jacarandá-violeta, miolo-de-negro, pau-violeta, violeta, é uma espécie característica da caatinga que se distribui do Ceará ao sul do Piauí e sul da Bahia, além de, talvez, no norte de Minas Gerais, embora ainda não tenha sido registrada neste Estado (CARVALHO, 1997). Ocorre em maior frequência em caatinga arbórea densa, na base de colinas e no sertão, em regiões nas quais a existência de solos profundos e microclima favorável facilitam o desenvolvimento de uma vegetação mais exuberante (CARVALHO, 1997).

Dalbergia cearensis é uma árvore que pode chegar à altura de 5 a 8 metros, dotada de copa pequena e rala, com folhagem decídua, de tronco ereto e ramos tortuosos de 15-25 cm de diâmetro (LORENZI, 2009). Sua madeira é pesada e dura com densidade específica de 1,01 g/cm³ (LORENZI, 2009), sendo muito explorada para confecção de móveis de luxo e artefatos em geral (RIZZINI, 1978; LORENZI, 2009). Suas sementes não apresentam dormência e a germinação tem início a partir do terceiro dia após a sementeira, possuem alto percentual de germinação (70%), e suas plântulas são faneroepígeo-armazenadoras (NOGUEIRA; MEDEIROS FILHO; GALLÃO, 2010).

Ao estudar a manutenção da riqueza de espécies em campos com calcário da Grã-Bretanha, Grubb (1977) definiu nicho de regeneração como uma expressão das tolerâncias e exigências por alta chance de sucesso na substituição de um indivíduo maduro por um novo indivíduo maduro da geração seguinte. A produção de sementes viáveis e a germinação fazem parte do nicho de regeneração de angiospermas e são os eventos que, no início do ciclo de vida de uma planta, garantem o sucesso de seu estabelecimento e crescimento futuros.

Dentro da fase inicial (semente e plântula), as exigências ambientais em combinação com alta taxa de mortalidade podem determinar onde, quando e sob que condições as plântulas de uma espécie são encontradas (POORTER et al., 2005). Desta forma, se afirma que recrutamento, desenvolvimento e sobrevivência de plântulas são as fases mais desfavoráveis no ciclo de vida das plantas em diferentes ecossistemas (CHESSON et al., 2004; LAMB; CAHILL, 2006; YANG et al., 2008; CIPRIOTTI et al., 2008). Nesse sentido, o modo como uma espécie vegetal responde aos fatores abióticos (temperatura e luz) irá aumentar

a probabilidade que a germinação aconteça em um momento ótimo para o recrutamento (BASKIN e BASKIN, 1998).

A germinação da semente resulta da ação de uma sequência de eventos bioquímicos e de fatores tais como temperatura, luz e água (BUCKERIDGE et al., 2004; BORGHETTI e FERREIRA, 2004). Por influenciar a absorção de água pela semente e as reações bioquímicas que regulam o metabolismo, a temperatura também influencia o número de sementes que germinarão, além da velocidade na qual o processo ocorrerá (FIGLIOLIA et al., 1993; BEWLEY e BLACK, 1994). Todavia, a amplitude de temperatura, na qual uma semente pode germinar, é própria a cada espécie (BEWLEY e BLACK, 1994). Em geral, cada espécie possui um espectro de temperaturas em que a germinação é mais favorecida (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000) e isto implica em diferenças na regeneração das populações, ou seja, no estabelecimento e desenvolvimento das plantas em seus próprios habitats (VÁZQUEZ-YANES e OROZCO-SEGOVIA, 1982). Nesta perspectiva, há espécies nas quais a germinação das sementes é favorecida por temperatura constante (PACHECO et al., 2010), por alternância de temperaturas, à semelhança do que acontece em condições naturais (ANDRADE et al., 2006; LIMA et al., 2011), ou por faixas de temperaturas (GONZÁLEZ-RIVAS et al., 2009).

De modo semelhante, respostas germinativas a diferentes magnitudes de intensidade luminosa também variam entre as espécies (KHURAMA e SINGH, 2001). Sementes que necessitam luminosidade para germinar são denominadas fotoblásticas positivas; aquelas que germinam melhor na ausência de luz são fotoblásticas negativas e quando não há interferência luminosa na germinação as sementes são fotoblásticas neutras (LABOURIAU, 1983; MAYER e POLJAKOFF-MAYBER, 1989).

O Nordeste semiárido brasileiro possui como característica marcante a irregularidade das chuvas, distribuídas desigualmente no tempo e espaço, com curta estação chuvosa e estação seca que pode atingir até sete meses do ano (BARBOSA; HUETE; BAETHGEN, 2006). O total anual de chuvas é por vezes inferior a 750 mm e, em relação ao regime térmico, suas temperaturas são elevadas, com média anual variando entre 20 e 28°C (GONÇALVES; MONTE; CÂMARA, 1993). Desse modo, a maioria das espécies nativas arbóreas do nordeste semiárido aproveita a curta estação

chuvosa para promover a germinação de suas sementes. Desse modo, semelhante ao que ocorre em outras florestas tropicais secas, a dinâmica da germinação de sementes ocorre no período de maior disponibilidade hídrica e de nutrientes, com menor irradiância e com a qualidade da luz ao nível do solo modificada (RINCÓN; HUANTE, 1993; GERHARDT, 1996).

A vegetação das caatingas se apresenta sempre associada à deficiência hídrica sazonal, o que resulta em um complexo de formações vegetais condicionado por fatores climáticos (REIS, 1976). O conhecimento sobre a ecofisiologia da germinação e estabelecimento das plântulas das espécies da caatinga permitirá entender melhor como estas espécies vegetais conseguem se estabelecer e sobreviver neste tipo de ambiente sazonal. Apesar disto, há poucos estudos acerca do comportamento da maioria das espécies, face às condições ambientais a que estão continuamente submetidas nas fases iniciais de seus ciclos de vida.

Sabe-se que as sementes de *Dalbergia cearensis* têm germinação epígea e que, em regiões semiáridas, próximo e na superfície do solo, a temperatura é mais variável do que nas camadas mais profundas (GUTIERREZ et al., 1988). Sabe-se, também, que *Dalbergia cearensis* floresce no início da estação chuvosa (dezembro-fevereiro) e seus frutos amadurecem em julho-agosto, no início do período seco (LORENZI, 2009) e suas sementes germinam na estação chuvosa subsequente, período de maior sombreamento decorrente do enfolhamento da vegetação de caatinga. Por conseguinte, a posição de suas sementes no solo pode mudar por enterrio ou por movimento na superfície do solo durante um distúrbio. Sabe-se que sementes podem estar presentes em diferentes profundidades do solo, sendo excluídas de luz; porém, podem estar próximas à superfície do solo onde a irradiância varia bastante, e podem ainda, estar expostas às diferentes intensidades de luz dependendo da presença de serrapilheira e de folhas na copa de árvores (PONS, 2000). Portanto, espera-se que as sementes germinem em uma ampla faixa de temperatura decorrente das flutuações de temperatura que ocorrem próximo e sobre a superfície do solo. Por outro lado, espera-se um aumento na velocidade e redução no tempo médio de germinação de suas sementes na ausência de luz. Sob esta perspectiva, realizou-se um experimento para tentar responder se as sementes de *Dalbergia cearensis* germinam bem em uma amplitude de temperatura e diferentes

condições de luminosidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de coleta e armazenamento

Frutos maduros foram coletados manualmente no mês de agosto de 2009, de cinco árvores matrizes selecionadas ao acaso, distantes entre si de 4 a 30 metros, em área de caatinga situada na unidade de conservação de uso sustentável Fazenda Não me Deixes, localizada no município de Quixadá, Ceará. A propriedade de 929 ha teve, em 1998, 300 ha reconhecidos como Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN (4°49'34"S, 38°58'9"W e 210 m de altitude) pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. O clima do município de Quixadá é classificado como Tropical Quente Semiárido, com pluviosidade média anual de 838,1 mm, concentrada nos meses de fevereiro a abril, e temperatura média de 26° a 28°C (IPECE, 2011).

Os frutos foram colocados para secar a pleno sol. Após a secagem, foram acondicionados em sacos de polietileno e conduzidos ao Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará – UFC. No Laboratório, fez-se a extração manual das sementes com ajuda de estilete. Até o início dos ensaios, as sementes permaneceram armazenadas em geladeira com temperatura média de 8°C, por aproximadamente nove meses.

Preparo de exsicatas

Foram preparadas exsicatas dos indivíduos utilizados para coleta e o material recebeu o número 44.789 e foi incorporado ao Herbário EAC (Prisco Bezerra), pertencente ao Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará, como documento taxonômico.

Teste de germinação

As sementes foram desinfetadas com hipoclorito de sódio a 2,5% de cloro ativo, por 15 minutos e, posteriormente, lavadas em água corrente, segundo método proposto nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os testes de germinação foram conduzidos com 1400 sementes em um delineamento inteiramente casualizado, num

esquema fatorial de 7 x 2 (temperaturas x regimes de luz), com quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento. As sementes foram colocadas para germinar em duas folhas de papel de filtro germitest, dispostas em placas de Petri de 14 cm de diâmetro, umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Quando necessário, as folhas foram reumedecidas.

As placas de Petri foram acondicionadas em germinadores regulados para os regimes de temperaturas constante e alternada. Em temperatura constante, as sementes foram expostas a valores que variaram de 20 a 45°C, com intervalos de 5°C. Em temperatura alternada, foi testada a amplitude térmica de 20 e 45°C. Nos dois regimes de temperatura, as sementes foram submetidas ao fotoperíodo de 12 horas e escuro contínuo. A luz foi fornecida por lâmpadas fluorescentes de 20 w (luz branca) localizadas no interior dos germinadores, e no caso das temperaturas alternadas, o período luminoso correspondeu à temperatura mais elevada. Para os tratamentos referentes à ausência de luz, as contagens de germinação foram feitas em sala escura sob luz verde de segurança, conforme recomendam Felipe et al. (1983).

A avaliação da germinação foi diária, sendo consideradas sementes germinadas as que apresentaram protrusão da raiz primária com 2 mm. Ao final do teste, que teve duração de 14 dias, foram determinados porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação. O índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado pelo somatório do número de sementes com protrusão da raiz primária ($G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$) a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos ($N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$) entre a semeadura e a germinação, de acordo com a fórmula descrita por Maguire (1962): $IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + G_3/N_3 + \dots + G_n/N_n$. O tempo médio de germinação foi calculado de acordo com a fórmula apresentada por Labouriau (1983):

$$t = \frac{\sum n_i \cdot t_i}{\sum n} \quad (\text{dias})$$

Em que:

t = tempo médio de germinação; n_i = número de sementes germinadas num intervalo de tempo; n = número total de sementes germinadas; t_i = dias de germinação.

Foi realizada a análise de regressão polinomial para os valores quantitativos

(BANZATTO e KRONKA, 2006). A normalidade e a homocedasticidade dos dados foram analisadas pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Bartlett, respectivamente. Como estas não foram comprovadas para os dados de porcentagem de germinação, os mesmos foram transformados em arco-seno $\sqrt{x/100}$. Os dados foram submetidos à ANOVA, seguidos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada mediante o uso do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes submetidas aos tratamentos com temperatura constante de 45°C e temperatura alternada de 20-45°C, com 12 horas de luz/12 de escuro, não germinaram. Por isso, essas temperaturas não foram computadas para efeito de análise. Provavelmente, para *Dalbergia cearensis* valores elevados de temperatura interferiram no metabolismo de suas sementes ao ponto de inviabilizarem a germinação. Altas temperaturas acarretam diminuição do suprimento de aminoácidos livres e da síntese de proteínas (SANTOS; SUGAHARA; TAKAKI, 2005), enquanto baixas temperaturas retardam as taxas metabólicas até o ponto em que as vias essenciais ao início da germinação não mais funcionem (HENDRICKS e TAYLORSON, 1976). Dentre as sementes de espécies que ocorrem nas várias regiões do Brasil, poucas são as que germinam em temperaturas acima de 40°C. De acordo com Pinheiro e Borghetti (2003), sementes de duas bromélias de restinga, *Aechmea nudicaulis* e *Streptocalyx floridundus*, apresentaram temperatura máxima de germinação entre 45 e 50°C. Algumas sementes de *Dalbergia retusa* foram capazes de germinar a 40 e 45°C, como uma estratégia de adaptação a ambiente quente (GARCIA e DI STÉFANO, 2000). Em geral, as espécies tropicais suportam temperatura máxima para germinação em torno de 40°C (BORGHETTI, 2005).

O resumo da análise de variância e os coeficientes de variação relativos às medidas de porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação estão indicados na Tabela 1.

A interação (temperatura x luz) foi significativa para as três variáveis dependentes analisadas. O desdobramento da temperatura dentro de luz e escuro revelou a existência de uma relação quadrática para germinação e uma relação cúbica

TABELA 1: Quadrados médios e coeficientes de variação (CV) relativos à porcentagem de germinação (% germinação), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em diferentes temperaturas em condições de escuro e luz.

TABLE 1: Average quadratics and coefficient of variation related to percentage of seed germination, velocity index of seed germination and average germination time in *Dalbergia cearensis* Ducke submitted to germination at different temperatures in conditions of darkness and light.

Fator de Variação	GL	Quadrados médios		
		% Germinação	IVG	TMG
Temperatura	4	1234,71**	18,61**	8,37**
Luz	1	379,64**	10,95**	3,72**
Temperatura-Luz	4	160,54*	0,80*	0,48**
Temperatura-Escuro	(4)	-	-	-
Regressão linear	1	50,82 ns	3,10**	3,78**
Regressão quadrática	1	1305,74**	17,96**	4,36**
Regressão cúbica	1	8,58 ns	5,05**	5,14**
Regressão do 4º grau	1	457,14**	0,02 ns	0,57**
Temperatura-Luz	(4)	-	-	-
Regressão linear	1	287,45*	1,81**	0,90**
Regressão quadrática	1	3417,81 **	36,67**	4,26**
Regressão cúbica	1	3,38 ns	10,67**	13,40**
Regressão do 4º grau	1	50,06 ns	2,34**	2,94**
Resíduo	30	44,86	0,22	0,05
CV	-	9,69	9,35	5,05

Em que: ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo e GL: graus de liberdade.

para o índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação. O desdobramento de luz dentro de cada nível de temperatura foi significativo para as temperaturas de 20 e 25°C e não significativo para 30, 35 e 40°C (Tabela 2).

A porcentagem de germinação variou em função das diferentes temperaturas, no escuro e na luz, segundo uma relação quadrática (Figura 1).

As cinco temperaturas analisadas influenciaram a germinação das sementes de *Dalbergia cearensis*, com as maiores médias alcançadas em 25, 30 e 35°C, tanto no claro quanto no escuro, e as menores, em 20 e 40°C (Tabela 3 e Figura 2). Desse modo, para desencadear o processo germinativo, em sementes desta espécie, é desnecessária a incidência ou ausência de luminosidade. Por isso, estas sementes podem ser caracterizadas como fotoblásticas neutras, pois germinam tanto na presença como na ausência de luz (LABOURIAU, 1983).

A temperatura de 25°C promoveu a

maior porcentagem de germinação no escuro (98%), enquanto sob fotoperíodo de 12 h, a maior porcentagem ocorreu na temperatura de 30°C (95%), contudo, não houve diferença estatística entre ambas. Sob luz, a temperatura de 20°C apresentou a menor porcentagem de germinação (49%), porém, não mostrou diferença significativa com a temperatura de 40°C (68%). No escuro, a menor porcentagem de germinação (74%) ocorreu à temperatura de 40°C, mas não apresentou diferença significativa em relação à temperatura de 20°C (79%).

TABELA 2: Quadrados médios relativos à porcentagem de germinação (% germinação), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke na análise do desdobramento de luz dentro de cada nível de temperatura.

TABLE 2: Average quadratics related to percentage seed germination, velocity index of seed germination and average germination time in *Dalbergia cearensis* Ducke in the analysis of the unfolding of light within each temperature level.

Fator de Variação	GL	Quadrados médios		
		% Germinação	IVG	TMG
Luz/20°C	1	700,68**	4,38**	0,40*
Luz/25°C	1	231,12*	1,11*	0,12 ns
Luz/30°C	1	48,70 ns	0,09 ns	0,14 ns
Luz/35°C	1	11,95 ns	4,62**	4,14**
Luz/40°C	1	29,33 ns	4,03**	0,81**
Resíduo	30	44,86	0,22	0,05

Em que:** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo e GL: graus de liberdade.

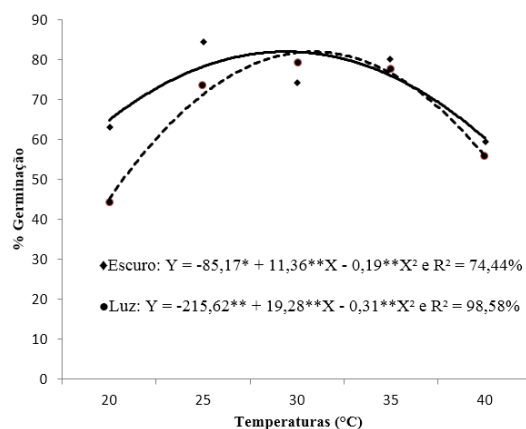


FIGURA 1: Porcentagem de germinação de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condições de escuro e luz.

FIGURE 1: Percentage seed germination of *Dalbergia cearensis* Ducke submitted to germination at five temperatures in conditions of darkness and light.

TABELA 3: Médias da porcentagem de germinação de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condições de escuro e luz.

TABLE 3: Means of percentage seed germination of *Dalbergia cearensis* Ducke submitted to germination at five temperatures in conditions of darkness and light.

Temperatura	Escuro	Luz
20°C	79 aBC	49 bB
25°C	98 aA	91 bA
30°C	92 aAB	95 aA
35°C	96 aA	94 aA
40°C	74 aC	68 aB

$$CV\% = 9,69; DMS_{T/L} = 13,74; DMS_{L/T} = 9,71$$

Em que: Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. $DMS_{T/L}$ = Diferença mínima significativa do teste de Tukey para o desdobramento Temperatura dentro de Luz; $DMS_{L/T}$ = Diferença mínima significativa do teste de Tukey para o desdobramento de Luz dentro de Temperatura; CV= coeficiente de variação.

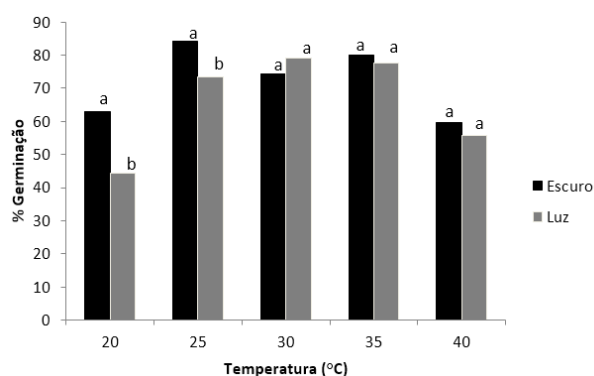


FIGURA 2: Médias da porcentagem de germinação (% germinação) de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke na análise do desdobramento de luz dentro de cada nível de temperatura. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

FIGURE 2: Means of germination (% germination) of seeds of *Dalbergia cearensis* Ducke in the analysis of the unfolding of light within each temperature level. Means followed by same letter do not differ by Tukey test at 5% significance.

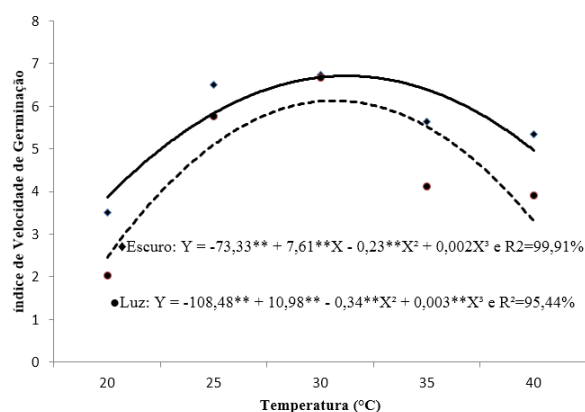


FIGURA 3: Índice de velocidade de germinação de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condições de escuro e luz.

FIGURE 3: Velocity index of seed germination of *Dalbergia cearensis* Ducke submitted to germination at five temperatures in conditions of darkness and light.

TABELA 4: Médias do índice de velocidade de germinação de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condições de escuro e luz.

TABLE 4: Means velocity index of seed germination of *Dalbergia cearensis* Ducke submitted to germination at five temperatures in conditions of darkness and light.

Temperatura	Escuro	Luz
20°C	3,51 aD	2,03 bC
25°C	6,50 aAB	5,76 bA
30°C	6,73 aA	6,66 aA
35°C	5,64 aBC	4,12 bB
40°C	5,33 aC	3,91 bB

$$CV\% = 9,35; DMS_{T/L} = 0,96; DMS_{L/T} = 0,67$$

Em que: Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. $DMS_{T/L}$ = Diferença mínima significativa do teste de Tukey para o desdobramento Temperatura dentro de Luz; $DMS_{L/T}$ = Diferença mínima significativa do teste de Tukey para o desdobramento de Luz dentro de Temperatura; CV= coeficiente de variação.

Em ambientes áridos é difícil imaginar que o fotoblastismo possa ser um fator que determina a germinação de sementes, ao contrário do que ocorre em ambientes tropicais heterogêneos, nos quais é marcante o efeito da luz sobre as sementes e onde as plantas precisam competir fortemente por luz, principalmente na fase de estabelecimento (ROJAS-

ARÉCHIGA et al., 1997). Possivelmente, não apenas em regiões áridas, mas também em regiões semiáridas isto ocorra, pois plantas de regiões áridas e semiáridas, normalmente, estão adaptadas a altos níveis de irradiação solar (JEFFERSON e PENNACCHIO, 2005).

O melhor modelo de ajuste dos dados de

índice de velocidade de germinação foi o representado pela função cúbica (Figura 3). Na luz, o menor índice de velocidade de germinação foi de 2,03 (20°C) e o maior 6,66 (30°C), diferindo do escuro contínuo que apresentou menor valor (3,51) à temperatura de 20°C, porém, sem diferença com relação ao maior valor (6,73) à temperatura de 30°C (Tabela 4).

Comparando-se a porcentagem de germinação (Tabela 3) com o índice de velocidade de germinação (Tabela 4), verifica-se que os maiores percentuais de germinação ocorreram nos tratamentos no escuro, enquanto os menores ocorreram sob luz. Observa-se que o IVG diminuiu na temperatura mais baixa (20°C) e nas mais elevadas (35 e 40°C). Nas temperaturas de 25 a 30°C, o IVG não mostrou diferença estatística significativa para luz e escuro. Em *Dalbergia cearensis*, a velocidade de germinação parece ser mais influenciada pela temperatura do que pela condição de claro e escuro. Estes resultados são discordantes dos apresentados por Carvalho e Nakagawa (2000) ao relatarem que o maior índice de velocidade de germinação não implica em maior porcentagem de germinação ou maior número de sementes germinadas ao final do teste.

Semelhante ao índice de velocidade de germinação, o melhor modelo de ajuste dos dados para o tempo médio de germinação foi a regressão cúbica (Figura 4). O menor tempo médio de germinação foi obtido para a temperatura de 30°C, tanto para o escuro quanto para a luz (3,54 e 3,81, respectivamente). O maior tempo médio de germinação foi obtido para a temperatura de 20°C,

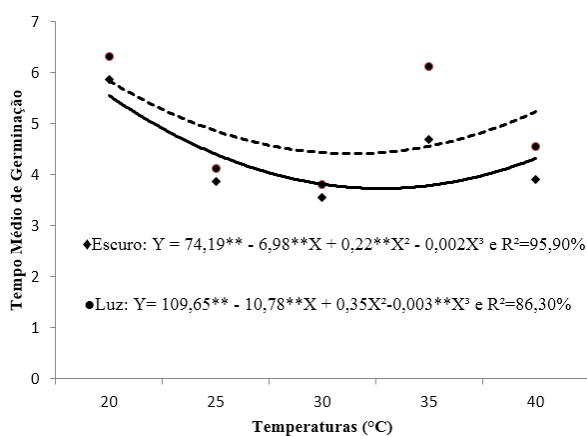


FIGURA 4: Tempo médio de germinação (em dias) de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condições de escuro e luz.

FIGURE 4: Average germination time (days) of seed *Dalbergia cearensis* Ducke submitted to germination at five temperatures in conditions of darkness and light.

tanto para o escuro quanto para a luz (5,86 e 6,31, respectivamente) (Tabela 5).

Ao se confrontarem os valores do tempo médio de germinação com os da velocidade de germinação constata-se que, para os tratamentos no escuro, quanto maior o índice de velocidade de germinação menor o tempo médio de germinação, exceto para a temperatura de 20°C, na qual ocorreu o inverso. No entanto, nos tratamentos sob luz, o maior índice de velocidade de germinação e menor

TABELA 5: Médias do tempo médio de germinação (em dias) de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condições de escuro e luz.

TABLE 5: Means the average germination time (days) of seed *Dalbergia cearensis* Ducke submitted to germination at five temperatures in conditions of darkness and light.

Temperatura	Escuro	Luz
20°C	5,86 bA	6,31 aA
25°C	3,86 aC	4,11 aBC
30°C	3,54 aC	3,81 aC
35°C	4,68 bB	6,12 aA
40°C	3,91 bC	4,55 aB

CV% = 5,05; $DMS_{TL} = 0,48$; $DMS_{LT} = 0,34$

Em que: Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. DMS_{TL} = Diferença mínima significativa do teste de Tukey para o desdobramento Temperatura dentro de Luz; DMS_{LT} = Diferença mínima significativa do teste de Tukey para o desdobramento de Luz dentro de Temperatura; CV= coeficiente de variação.

tempo médio de germinação só ocorrem para as temperaturas de 25 e 30°C.

Ferraz-Grande e Takaki (2001) ao estudarem *Dalbergia nigra*, espécie ameaçada de extinção, determinaram a temperatura ótima de 30,5°C para a germinação de suas sementes, embora a espécie apresente uma ampla faixa de temperatura onde a germinação ocorre e verificaram que a luz branca não influenciou o processo. Por outro lado, ao estudarem o efeito de temperaturas e substratos na germinação de *Dalbergia nigra*, Andrade et al. (2006) obtiveram melhores porcentagens de germinação em temperaturas constantes de 20 e 30°C e alternadas de 20-30 e 20-35°C. Além de atuar na porcentagem e velocidade de germinação, a temperatura influencia no crescimento de plântulas. Segundo Lima et al. (2011), temperaturas alternadas de 20-30°C e 20-35°C favoreceram tanto o crescimento quanto a transferência de massa seca dos cotilédones para o eixo embrionário em plântulas de *Caesalpinia pyramidalis*. O crescimento das plântulas de *Dalbergia cearensis*, aos 28 dias de idade, e com 50% de luz em casa de vegetação, apresenta investimento no crescimento de 1,84 mm de raiz para cada 1 mm de parte aérea. Por outro lado, a razão raiz/parte aérea mostra que, para cada grama de investimento em raiz, a plântula investe cinco gramas de massa seca na parte aérea (NOGUEIRA; MEDEIROS FILHO; GALLÃO, 2010).

Em geral, para alguns autores, a temperatura ótima para a germinação de sementes é aquela em que a germinação é maior e mais rápida (MAYER e POLJAKOFF-MAYBER, 1989). Sasaki e Felipe (1992) avaliaram a viabilidade de sementes de *Dalbergia miscolobium* e encontraram a temperatura ótima de 25°C para a espécie. Os efeitos da temperatura sobre a germinação de sementes de *Dalbergia retusa*, em perigo de extinção na Costa Rica, foram avaliados por García e Di Stéfano (2000). Segundo estes autores, algumas sementes foram capazes de germinar entre 40 e 45°C, mas a maior germinação foi obtida a 30°C. No caso da *Dalbergia cearensis*, foi encontrada uma faixa ótima de 25 a 35°C para a germinação de suas sementes. Portanto, diferente dos resultados encontrados nos citados estudos, onde foram definidas temperaturas constantes ótimas para as espécies do gênero *Dalbergia*.

Para Vázquez-Yanes (1974, 1987), espécies que crescem em áreas expostas ao sol têm maiores porcentagem de germinação quando a temperatura

é alta e são inibidas se a temperatura é baixa. Semelhante comportamento pode se encontrar em *Dalbergia cearensis* que ocorre em área de caatinga arbórea densa (CARVALHO, 1997), com temperaturas médias anuais elevadas, com valores entre 26 a 28°C (NIMER, 1989). Além do mais, uma maior germinação sob um amplo regime de temperatura e condições de luz sugere que o local e as condições de solo onde as sementes são depositadas são aspectos importantes a serem considerados (GUTIERREZ et al., 1988). Portanto, a faixa de temperatura de 25 a 35°C em que há maior germinação pode conferir para a espécie sua garantia de sobrevivência na caatinga, na região semiárida e em áreas desmatadas, onde é comum encontrar-se temperaturas dentro dessa faixa. Nessa região, assim como em outras florestas secas Neotropicais, a perda da biodiversidade associada com a necessidade de restauração tem como principal limitação a disponibilidade de sementes de espécies adaptadas a locais com intensidade de luz alta, baixa umidade no solo e flutuação diurna na temperatura (GONZÁLEZ-RIVAS et al., 2009). Em uma floresta seca na Nicarágua, sementes de *Guaiacum sanctum* germinaram na presença de luz em uma faixa de temperatura ótima de 20 – 25°C. Tais características habilitam esta espécie para ser utilizada em programas de reflorestamento de áreas degradadas (GONZÁLEZ-RIVAS et al., 2009).

CONCLUSÕES

As sementes de *Dalbergia cearensis* germinaram em temperaturas que variaram de 20 a 40°C, com uma faixa ótima de temperatura entre 25 e 35°C. Confirma-se que esta espécie apresenta plasticidade para tolerar temperaturas em diferentes condições ambientais. Portanto, é possível supor o sucesso de seu recrutamento no ambiente de caatinga e em programas de reflorestamento, onde está sujeita a altas temperaturas diurnas e baixas temperaturas noturnas. Suas sementes podem ser caracterizadas como fotoblásticas neutras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos proprietários da Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN Fazenda Não me Deixes, Senhora Maria Luíza de Queiroz e seus filhos Flávio de Queiroz Salek e Daniel Queiroz Salek, por permitirem a realização da pesquisa na área da Unidade de Conservação.

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, pela liberação em tempo integral do primeiro autor para realização do Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais, no Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A. C. S. et al. Substrato, temperatura de germinação e desenvolvimento pós-seminal de sementes de *Dalbergia nigra*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 517-523, 2006.
- BARBOSA, H. A.; HUETE, A. R.; BAETHGEN, W. E. A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, n. 2, p. 288-307, 2006.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. New York: Academic Press. 1998, 666 p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2nd ed. New York and London: Plenum Press, 1994. 445 p.
- BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 209-222.
- BORGHETTI, F. Temperaturas extremas e a germinação das sementes. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. (Orgs). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: MXM Gráfica e Editora, 2005. p. 207-218.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária. 2009, 399 p.
- BUCKERIDGE, M. S. et al. Mobilização de reservas. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 163-185.
- CARVALHO, A. M. A synopsis of the genus *Dalbergia* (Fabaceae, Dalbergieae) in Brazil. **Brittonia**, v. 49, n. 1, p. 87-109, 1997.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- CHESSON, P. et al. Resource pulses, species interactions and diversity maintenance in arid and semi-arid environments. **Oecologia**, v. 141, p. 236-253, 2004.
- CIPRIOTTI, P. A. et al. Does drought control emergence and survival of grass seedlings in semi-arid rangelands? An example with a Patagonian species. **Journal of Arid Environments**, v. 72, n. 3, p. 162-174, 2008.
- FERRAZ-GRANDE, F. G. A.; TAKAKI, M. Temperature dependent seed germination of *Dalbergia nigra* Allem (Leguminosae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 44, n. 4, p. 401-404, 2001.
- FELIPPE, G.M. et al. **Fisiologia do desenvolvimento vegetal**. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus. 1983. 66 p.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar 4.3**. 2003. Disponível em: <(http://www.dex.ufla.br/danielff/sisvar)> Acesso em: 02 de setembro de 2010.
- FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRANTES, 1993. p. 137-174.
- GARCIA, E. G.; DI STÉFANO, J. F. Temperatura y germinación de las semillas de *Dalbergia retusa* (Papilionaceae), árbol em peligro de extinción. **Revista de Biología Tropical**, v. 48, n. 1, p. 43-45, 2000.
- GERHARDT, K. Effects of root competition and canopy openness on survival and growth of tree seedlings in a tropical seasonal dry forest. **Forest Ecology Management**, v. 82, n. 1-3, p. 33-48, 1996.
- GONÇALVES, C. S.; MONTE, I. G.; CÂMARA, N. L. Clima. In: CALDEIRON, S.S. (Coord.). **Recursos Naturais e Meio Ambiente: uma visão do Brasil**. Rio de Janeiro, IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1993. p. 97-100.
- GONZÁLEZ-RIVAS, B. et al. Seed germination and seedling establishment of Neotropical dry forest species in response to temperature and light conditions. **Journal of Forestry Research**, v. 20, n. 2, p. 99-104, 2009.
- GRUBB, P. J. The maintenance of species richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. **Biological Reviews**, v. 52, p. 107-145, 1977.
- GUTIERREZ, J. R.; AGUILERA, L. E.; MORENO, R. J. The effects of variable regimes of temperature and light on the germination of *Atriplex repanda* seeds in the semi-arid region of Chile. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 61, p. 61-65, 1988.
- HENDRICKS, S. B.; TAYLORSON, N. B. Variation in germination and amino acid leakage of seeds with

- temperature related to membrane phase change. **Plant Physiology**, v. 58, n.1, p.7-11, 1976.
- IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil básico municipal**: Quixadá. Disponível em: <(<http://www.ipece.ce.gov.br/>)> Acesso em: 27 de janeiro de 2011.
- JEFFERSON, L. V.; PENNACCHIO, M. The impact of shade on establishment of shrubs adapted to the high light irradiation of semi-arid environments. **Journal of Arid Environments**, v. 63, n. 4, p.706-716, 2005.
- KHURANA, E.; SINGH, J. S. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. **Environmental Conservation**, v. 28, n. 1, p.39-52, 2001.
- LABOURIAU, L.G. **A Germinação das sementes**. Washington: Secretaria-Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 173 p.
- LAMB, E. G.; CAHILL, J. F. Consequences of differing competitive abilities between juvenile and adult plants. **Oikos**, v. 122, n. 3, p. 502-512, 2006.
- LIMA, C. R. et al. Temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* TUL. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 216-222, 2011.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Plantarum, 2009.
- MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. New York: Pergamon Press, 1989. 270 p.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176-177, 1962.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 421 p.
- NOGUEIRA, F. C. B.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M. I. Caracterização da germinação e morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Dalbergia cearensis* Ducke (pau-violeta) – Fabaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 4, p. 978-985, 2010.
- PACHECO, M. V. et al. Germination and vigor of *Dimorphandra mollis* Benth. seeds under different temperatures and substrates. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, p. 205-213, 2010.
- PINHEIRO, F.; BORGHETTI, F. Light and temperature requirements for germination of seeds of *Aechmea nudicaulis* (L.) Griesebach and *Streptocalyx floribundus* (Martius ex Schltes F.) Mez (Bromeliaceae) **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 1, p. 27-35, 2003.
- PONS, T. L. Seed responses to light. In: FENNER, M. (Ed.) **The ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2000. p. 237- 260.
- POORTER, L. et al. Beyond the regeneration phase: differentiation of height-light trajectories among tropical tree species. **Journal of Ecology**, v. 93, p. 256-267, 2005.
- RINCÓN, E. HUANTE, P. Growth responses of tropical deciduous tree seedlings to contrasting light conditions. **Trees**, v. 7, p. 202-207, 1993.
- RIZZINI, C.T. Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira. 2. ed. São Paulo, E. Blücher, 1978. 296 p.
- ROJAS-ARÉCHIGA, M.; OROZCO-SEGOVIA, A.; VÁZQUEZ-YANES, C. Effect of light on germination of seven species of cacti from the Zapotitlán valley in Puebla, México. **Journal of Arid Environments**, v. 36, n. 4, p. 571-578, 1997.
- SANTOS, D. L.; SUGAHARA, V. Y.; TAKAKI, M. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC) Standl. e *Tabebuia róseo-alba* (Ridl) Sand-Bignoniaceae. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 1, p. 87-92, 2005.
- SASSAKI, R. M.; FELIPPE, G. M. Viabilidade de sementes de *Dalbergia miscolobium* Benth (Fabaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 15, n. 1, p. 1-3, 1992.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry**: the principles and practice of statistics in biological research. 2nd ed., San Francisco: W.H. Freeman and Company. 1981. 859 p.
- VÁZQUEZ-YANES, C. Studies on the germination of seeds of *Ochroma lagopus* Swartz. **Turrialba**, v. 24, p. 176-179, 1974.
- VÁZQUEZ-YANES, C. Fisiología ecológica de semillas en la Estación de Biología Tropical Los Tuxtles, Veracruz, México. **Revista de Biología Tropical**, v. 35, sup. 1, p. 85-96, 1987.
- VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Seed germination of a tropical rain forest pioneer tree (*Heliocarpus donnel-smithii*) in response to diurnal fluctuation of temperature. **Physiologia Plantarum**, v. 56, n. 3, p. 295-298, 1982.
- YANG, Qi-He. et al. Seed biology and germination ecophysiology of *Camellia nitidissima*. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 1, p. 113-118, 2008.