

RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DE *BERNARDIA SIDOIDES* MÜLL. ARG. AO ESTRESSE HÍDRICO

ECOPHYSIOLOGY ANSWERS OF *BERNARDIA SIDOIDES* MULL. ARG. TO WATER STRESS

Alba de Oliveira Lemos¹, Suzene Izídio da Silva^{1,2}, Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel², Bruno Toríbio Xavier¹, Elcida de Lima Araújo^{1,2}

¹ Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos. 52.171-900, Recife-PE, Brasil. E-mail: suzene@db.ufrpe.br.

² Professoras do Departamento Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

³ Estudante do curso de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Artigo recebido em 26/12/2010 e aceito em 03/06/2011

RESUMO

Avaliou-se o comportamento ecofisiológico de *Bernardia sidoides*, quanto ao desenvolvimento e produtividade, em função de diferentes níveis hídricos. Sementes de *B. sidoides* foram coletadas e colocadas para germinar, sendo as plântulas transplantadas, submetidas a três tratamentos hídricos (T_0 = controle; T_1 = estresse moderado, e T_2 = estresse severo), com 30 repetições por tratamento e monitoradas em casa de vegetação durante 4 meses. Semanalmente, foi mensurada a altura, o diâmetro, número de ramos e de folhas produzidas por planta. Amostras de folhas por tratamento foram coletadas para determinação da ocorrência de tricomas e de estômatos e dos teores de clorofilas. Amostras das sementes foram colhidas para determinação do teor de óleo. Diferenças significativas foram registradas nas curvas de crescimento em altura e em diâmetro e na produção de ramos e folhas, sendo sempre maior o crescimento ou a produtividade da planta na ausência do estresse hídrico. Entre os tratamentos não foi constatado diferenças nos teores de clorofila total, *a* e *b*. O teor de óleo de sementes foi influenciado pelo estresse hídrico, apresentando teores de 40,26%, 37,32% e 29,84% nos tratamentos com 100%, 50% e 25% da capacidade de pote, respectivamente. O estudo mostrou que o recurso água influencia o desenvolvimento e a produtividade de *B. sidoides*, devendo ser um fator considerado em programas de manejo, visando o extrativismo da espécie que é promissora por apresentar sementes oleaginosas, com potencial para ser aproveitado em indústria de lubrificantes, tinta e de vernizes.

Palavras-chave: crescimento vegetal, produtividade, herbácea, teor de óleo

ABSTRACT

We evaluated the ecophysiological behavior of *Bernardia sidoides*, regarding the development and productivity, according to different water levels. Seeds of *B. sidoides* were collected and germinated, and seedlings were transplanted, subjected to three water treatments (T_0 = control; T_1 = moderate stress, severe stress and T_2), with 30 replicates per treatment and monitored in a greenhouse for four months. Weekly, was measured height, diameter, number of branches and leaves produced per plant. Leaf samples per treatment were collected to determine the occurrence of trichomes and stomata, and the levels of chlorophylls. Seed samples were collected for determination of oil content. Significant differences were seen in growth curves for height and diameter and the production of branches and leaves, the highest ever growth or productivity of the plant in the absence of water stress. Among the treatments was not observed differences in chlorophyll total, *a* and *b*. The oil content of seeds was influenced by water stress, with total of 40.26%, 37.32% and 29.84% in treatments with 100%, 50% and 25% of the capacity of the pot, respectively. The study showed that the water resource and productivity influences the development of *B. sidoides* and should be a factor considered in management programs, targeting the extraction of the species that is promising to present oilseeds, with the potential to be used in industrial lubricants, paint and varnishes.

Key Words: plant growth, productivity, herbaceous oil content

INTRODUÇÃO

Durante o ciclo de vida de uma planta, o desenvolvimento de estratégias ou de comportamentos que favoreça a sobrevivência é de extrema importância para a manutenção das espécies nos habitats e influencia o potencial de dispersão e a distribuição geográfica das mesmas (HSIAO, 1973; CELLIER et al., 1998; LAMBERS et al., 1998; LARCHER, 2000; LEMOS, 2002).

Contudo, os fatores que limitam a germinação e o crescimento das plantas variam temporalmente e espacialmente entre os diferentes habitats, existindo uma hierarquia diferenciada no nível de influência dos fatores entre os ambientes úmidos e secos do mundo. Por exemplo, nas florestas tropicais úmidas a luz é, frequentemente, indicada como o principal fator de influência sobre a vida das plantas. Em resposta, as plantas tendem a alocar muito recurso para crescimento do sistema aéreo, apresentando elevadas alturas e grandes áreas de copa (KING, 1990). Em florestas tropicais secas, a disponibilidade de água é tida como o principal fator que restringe o potencial de estabelecimento das plantas, sobretudo no início do ciclo de vida (MCLAREN & MCDONALD, 2003; NIPPERT et al., 2006; WEIEGAND et al., 2006; ARAÚJO et al., 2007; FEITOZA et al., 2008; ARAÚJO et al., 2008).

No Brasil, florestas secas são bem representadas pela vegetação da caatinga que apresenta clima sazonal, com estação seca que varia de 6 a 9 meses e chuvosa que varia de 3 a 6 meses. Contudo, podem ocorrer secas eventuais dentro do período chuvoso bem como pode ocorrer chuvas erráticas (veranicos) dentro do período seco, o que afeta a dinâmica de muitas populações, sobretudo, de populações herbáceas terófitas que são predominantes na vegetação da caatinga (ARAÚJO, 2005; ARAÚJO et al., 2007).

A ocorrência de veranicos na estação chuvosa pode afetar o crescimento ou levar a morte da planta (SANTOS et al., 2007; LIMA et al., 2007; SANTOS et al., 2009). Todavia, poucos estudos são voltados a caracterizar o ajuste ecofisiológico das plantas de florestas secas, impossibilitando a visualização da dinâmica de alocação dos recursos, sobretudo, na fase inicial do ciclo de vida da planta que tende a ser crítica nos habitats secos. Assim, objetiva-se nesse estudo avaliar o comportamento ecofisiológico de uma terófito, quanto ao desenvolvimento e produtividade, em função de diferentes regimes de estresse hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

Espécie selecionada e amostragem dos frutos

Bernardia sidoides Müll. Arg. é uma herbácea terófito da família Euphorbiaceae e foi selecionada para o estudo por ser de ampla distribuição em Pernambuco, ocorrendo na mata atlântica e na caatinga (SILVA et al., 2002) e por apresentar sementes com alta concentração de ácidos graxos insaturados no óleo, o que lhe confere potencial para ser aproveitada na indústria de lubrificantes, tintas e vernizes (SILVA, 1998), sendo particularmente útil as informações sobre a influência do estresse hídrico em seu desenvolvimento e produtividade. Amostras de frutos de *B. sidoides* foram coletadas, acondicionadas em sacos de papel e secas ao sol, para deiscência dos frutos e obtenção das sementes.

Germinação e transplante de mudas

Um lote de 160 sementes foi posto para germinar em placas de Petri, 20 sementes por placa, contendo papel de filtro previamente umedecido com água destilada. Placas e papel de filtro foram previamente esterilizados para minimizar a proliferação de fungos, de acordo com recomendação Kageyama & Piña-Rodrigues (1993).

Após quatro meses da semeadura a ausência de germinação foi admitida como indicativo de presença de dormência, sendo as mesmas abertas e colocadas em placas de Petri contendo solução de cloreto

de tetrazólio para avaliar a existência de viabilidade. Neste caso, um segundo experimento de germinação, similar ao primeiro, foi realizado, no qual as sementes receberam previamente um tratamento de escarificação mecânica, através de uma breve incisão no tegumento das mesmas. As sementes foram irrigadas sempre que necessário até germinação, sendo as plântulas transplantadas para sacos de polietileno, contendo solo oriundo do mesmo local de onde os frutos foram coletados. A capacidade de retenção de água do solo (CP) foi determinada antes do transplante das plântulas, adotando-se a metodologia proposta por Souza et al. (2000).

Tratamentos hídricos, crescimento e produção de folhas e sementes

As plântulas transplantadas foram mantidas em casa de vegetação e submetidas a três tratamentos de regime hídrico (T_0 = controle, onde o substrato foi mantido em 100% CP; T_1 = estresse moderado, onde o substrato foi mantido em 50% CP e T_2 = estresse severo, onde o substrato foi mantido a 25% CP), com 30 repetições por tratamento. Para eliminar a influência de deficiência nutricional, as plantas receberam, uma vez por semana, rega com solução nutritiva completa.

Durante três meses o crescimento das 90 plantas foi monitorado, sendo realizadas

medidas semanais da altura e diâmetro do caule central, com auxílio de fita métrica e paquímetro digital. Além disso, foi contado o número de ramos, folhas, flores, frutos e sementes produzidos por indivíduo e por tratamento. Devido à ocorrência de deiscência explosiva em frutos de Euphorbiaceae (WEBSTER, 1994; SILVA et al., 2002), um total de doze indivíduos por tratamento foram selecionados e tiveram seus frutos envolvidos por bolsas de tule, antes da deiscência dos mesmos. Foi contado o número de sementes liberadas para estimar a produção da espécie, em cada tratamento de estresse hídrico.

As folhas e as sementes foram caracterizadas morfometricamente (comprimento, largura e peso), com auxílio de um paquímetro digital e balança analítica de precisão. O tempo necessário para o desenvolvimento das flores pistiladas e estaminadas e produção dos frutos foi registrado.

Clorofila

O teor de clorofila das folhas foi determinado de acordo com a técnica de Siebeneichler et al. (1998). De cinco plantas por tratamento hídrico uma folha madura e totalmente expandida foi coletada, as quais foram colocadas em frascos escuros. Posteriormente, com o auxílio de uma balança de precisão foi

pesado 0,2 g de folhas, desprezando a região da nervura central e nervuras primárias. A amostra pesada foi colocada em recipientes plásticos, escuros, contendo 25 mL de álcool etílico a 80%, para a extração de clorofila, e guardados sob refrigeração durante 48 horas. Após este período foram realizadas as leituras por espectrofotometria nos comprimentos de onda 664 e 646nm, sendo posteriormente quantificado os teores de clorofila.

Tricomas e pelos

A ocorrência de tricomas nas superfícies da lâmina foliar foi avaliada em folhas de cinco plantas por tratamento hídrico. De cada planta, uma folha totalmente expandida e sadia foi coletada, sendo feito um molde das superfícies abaxial e adaxial da lâmina foliar, com aplicação de uma película de esmalte incolor. O molde da região mediana do limbo foi analisado em quatro posições, com auxílio de microscópio óptico (objetiva de 40x), totalizando 60 repetições por superfície da lâmina foliar.

A ocorrência de tricomas nas superfícies da lâmina foliar também foi avaliada em folhas de cinco plantas por tratamento hídrico. De cada planta, uma folha totalmente expandida e sadia da região média da planta foi coletada. Em seguida, as folhas foram colocadas em hipoclorito de sódio a 40% por 48 horas para que

houvesse a retirada da clorofila. Após a descoloração, foram feitos cortes histológicos na epiderme abaxial e adaxial da lâmina foliar, as quais foram lavadas com água destilada e posteriormente foram colocados em placas de Petri, contendo corante de safranina a 1%. Após coloração foram montadas lâminas dos cortes histológicos, com bálsamo do Canadá, totalizando 30 repetições por superfície da lâmina foliar. As lâminas foram analisadas, utilizando microscópio ótico (objetiva de 10x) para constatação da ocorrência de tricomas.

Teor de óleo

A obtenção das sementes para a análise do óleo foi feita em duas etapas. Na primeira, as sementes foram obtidas diretamente dos frutos maduros das plantas que cresceram na vegetação nativa. Na segunda etapa, as sementes foram obtidas das plantas que foram colocadas para germinar e que cresceram em condições de casa de vegetação, submetidas aos três tratamentos hídricos.

Após seleção, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel pardo, estabilizadas em estufa à temperatura de 60° C por 48 horas e, em seguida, armazenadas em geladeira até o momento da análise. O óleo foi extraído segundo técnica utilizada por Ahmad et al. (1981) e Silva (1998). Duplicatas de amostra foram

previamente pesadas e, posteriormente, trituradas com pistilo em almofariz, até homogeneização. O material triturado foi acondicionado em saco de papel de filtro e extraído em Soxhlet, durante 8 horas, com *n*-hexano. O óleo obtido foi armazenado em vidros previamente pesados, mantidos em dessecador, e pesados diariamente até que atingissem peso constante. A quantidade de óleo extraído, então foi calculada com base na média aritmética da duplicata de cada amostra.

Análise estatística

Diferenças no percentual de germinação e na produção de sementes foram avaliadas pelo teste Qui-quadrado (ZAR, 1999). Diferenças semanais nas curvas de crescimento em altura e em diâmetro e na produção de ramos e folhas foram avaliadas pelo teste Kruskal-Wallis (ZAR, 1999). Diferenças nos teores de clorofilas por tratamento de estresse hídrico foram avaliadas pelo teste de Tuckey (Zar, 1999). Os testes foram realizados com auxílio dos programas Bioestat 5.0 e Statistic 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Germinação

As sementes de *Bernardia sidoides* apresentaram um potencial germinativo baixo, de 37,50%, porém das sementes que não germinaram logo após a implantação

do estudo de germinação, 34% mantiveram-se viáveis, indicando que estas apresentam dormência no tegumento. Dormência tegumentar é indicada como uma estratégia de defesa da planta, visando evitar germinação em épocas climáticas desfavoráveis (LARCHER, 2000; ARAÚJO et al., 2006; ARAÚJO et al., 2007). Talvez, este seja também a explicação para justificar a presença de dormência nas sementes de *B. sidoides*, uma vez que a espécie ocorre com frequência na vegetação de caatinga, a qual é submetida naturalmente a uma estação seca de quatro a seis meses (ARAÚJO et al., 2007). A dormência de *B. sidoides* pode ser quebrada por um simples tratamento de escarificação mecânica, indicando que a mesma apresenta dormência tegumentar. O percentual de germinação das sementes de *B. sidoides* no tratamento de escarificação mecânica aumentou para 87%, sendo significativamente maior ($\chi^2 = 18,89$; $p < 0,01$) em relação às sementes não escarificadas.

Desenvolvimento das plantas nos tratamentos hídricos

No tratamento controle *B. sidoides* apresentou altura variando de 39 a 59 cm. No tratamento de estresse moderado a altura das plantas variou de 2,8 a 34,6 cm e no tratamento de estresse severo a altura

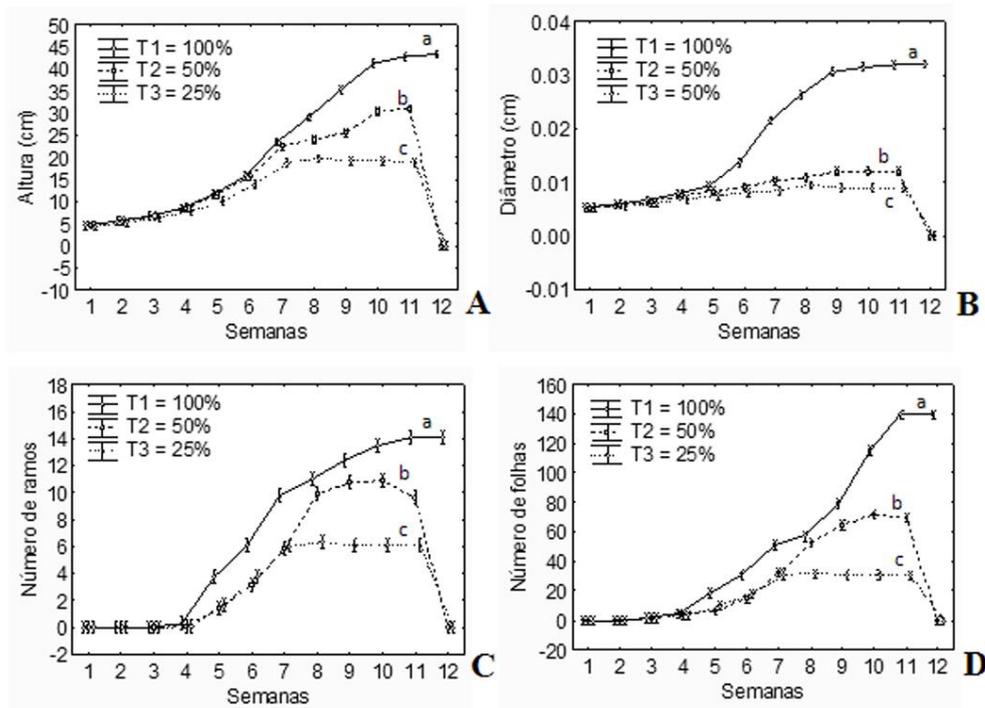
variou de 2 a 24,8 cm. A variação do crescimento em altura nas primeiras semanas foi similar, mas ao final do monitoramento houve diferenças significativamente ($H = 36,52$; $p < 0,01$) nas curvas de crescimento das plantas entre os tratamentos, sendo o crescimento reduzido à medida que aumentava o rigor do estresse hídrico (Fig. 1A), o que já foi registrado para outras plantas da caatinga (BARBOSA et al., 2000; SANTIAGO et al., 2004). Em geral, plantas de *B. sidoides* apresentam caule com um único eixo central e, a partir deste, surgiram ramificações de ordem primária e secundária. O caule central cresceu em altura até, aproximadamente, o primeiro mês de vida do indivíduo e este crescimento se apresentou dependente do suprimento hídrico disponível no solo do vaso.

O diâmetro das plantas variou de 0,005 a 3,2 cm no tratamento controle; de 0,005 a 0,017 cm no tratamento de estresse moderado e de 0,005 a 0,11 cm no tratamento de estresse severo (Fig. 1B). De forma similar ao crescimento em altura, o crescimento em diâmetro do eixo caulinar central foi também influenciado pela disponibilidade de água (Fig. 1B), uma vez que houve diferença ($H = 126,7$; $p < 0,01$) na taxa de crescimento com a redução da disponibilidade hídrica, sendo o crescimento em diâmetro maior nas

plantas não submetidas ao estresse hídrico. Plantas sob estresses moderado e severo apresentam crescimento até a décima

semana, enquanto as plantas sem restrição de água continuaram a apresentar crescimento mesmo a partir da 11^a semana.

Figura 1 - Variação média semanal no crescimento em altura (A) e em diâmetro (B) e na produção de ramos (C) e de folhas (D) em função dos tratamentos hídricos (Letras diferentes entre curvas indicam diferenças estatísticas significativas, pelo teste Kruskal-Wallis a 0,05%).



O diâmetro das plantas variou de 0,005 a 3,2 cm no tratamento controle; de 0,005 a 0,017 cm no tratamento de estresse moderado e de 0,005 a 0,11 cm no tratamento de estresse severo (Fig. 1B). De forma similar ao crescimento em altura, o crescimento em diâmetro do eixo caulinar central foi também influenciado pela disponibilidade de água (Fig. 1B), uma vez que houve diferença ($H = 126,7; p < 0,01$) na taxa de crescimento com a redução da

disponibilidade hídrica, sendo o crescimento em diâmetro maior nas plantas não submetidas ao estresse hídrico. Plantas sob estresses moderado e severo apresentam crescimento até a décima semana, enquanto as plantas sem restrição de água continuaram a apresentar crescimento mesmo a partir da 11^a semana. De acordo com Larcher (2000), o crescimento em diâmetro é necessário ao desenvolvimento da planta para a

sustentação dos ramos e expansão da copa, no caso das plantas arbóreas. Já no caso da erva estudada o crescimento em diâmetro também foi necessário, sobretudo, para suportar a produção dos ramos laterais, que começou a partir do primeiro mês. A produção de ramos laterais apresentou sensibilidade à disponibilidade de água, pois as plantas apresentaram produção de ramos significativamente menor ($H = 41,04$; $p < 0,01$) à medida que aumentava o rigor do tratamento de estresse hídrico (Fig. 1C), o que também restringiu a produção de folhas ($H = 39,4$; $p < 0,01$), pois quanto mais severo o tratamento hídrico menor a produção de folhas (Fig. 1D). A produção máxima de ramos nos tratamentos controle, estresse moderado e estresse severo foram de 16, 13 e 10, respectivamente e a produção máxima de folhas nos tratamentos controle, estresse moderado e estresse severo foram de 164, 101 e 45, respectivamente (Fig. 1D).

As folhas de *B. sidoides* começam a se desenvolver a partir da segunda semana e são simples, alternas, de margem crenada, pilosas e com presença de estômatos em ambas as superfícies da lâmina foliar e com comprimento variando entre 3,1 a 12,2 cm e largura variando de 1,3 a 3,4 cm.

As flores de *B. sidoides* são unissexuais, com flor pistilada sem sépalas e de cor verde. As flores estaminadas são amarelas

e, em média, começam a se desenvolver cinco dias antes das flores pistiladas. Depois do desenvolvimento das flores pistiladas é necessário, aproximadamente, uma semana para o desenvolvimento dos frutos, os quais se tornam maduros após 13 dias.

B. sidoides possui frutos triangulares e carenados, com deiscência explosiva e suas sementes são triangulares e de cor cinza-escuro, com dimensões variando de 0,26 a 0,3 cm de comprimento e de 0,2 a 0,25 de largura. Não houve diferenças significativas no tamanho e peso das sementes entre os três tratamentos hídricos, porém houve uma diferença significativa na produção de sementes. As plantas sem restrição de água apresentaram uma produção total de 475 sementes, enquanto que as que sofreram estresse moderado e severo apresentaram uma produção total de 148 e 42 sementes, respectivamente, sendo as diferenças estatisticamente significativas ($\chi^2 = 461$; $P < 0,01$), mostrando que o estresse hídrico influencia o sucesso reprodutivo das plantas, como já indicado por Lemos (2002).

Plantas de *B. sidoides*, cultivadas em casa de vegetação, apresentaram um ciclo de vida de quatro meses, tornado-se adultas reprodutivas em dois meses. Isto confirma o indicado por Araújo et al. (2002), que

registra *B. sidoides* como erva de ciclo de vida anual no ambiente das caatingas.

Clorofila e teor de óleo das sementes

Diferentemente de plantas arbóreas (ARAÚJO et al., 2008), *B. sidoides* não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos hídricos em relação ao teor de clorofila total das folhas ou aos teores de clorofila *a* e *b* (Tab. 1). As clorofilas são pigmentos abundantes nas folhas verdes de extrema importância para o processo fotossintético e, por consequência, para o crescimento das plantas (MONEY, 1986; LAMBERS et al., 1998; LARCHER, 2000). Como houve redução na produção de folhas em função do rigor do estresse hídrico (Fig. 1C) era esperado que também ocorresse redução nos teores de clorofila entre os tratamentos hídricos. Contudo, tal fato não foi

constatado, indicando que teor de clorofila não seja um bom indicador para avaliar a influência do estresse hídrico plantas em herbáceas da caatinga.

A disponibilidade de água influenciou no teor de óleo das sementes, as quais apresentaram teores de 40,26%, 37,32% e 29,84% nos tratamentos com 100%, 50% e 25% da capacidade de pote, respectivamente. O teor de óleo nas sementes coletadas no campo foi de 37,89%, o qual foi próximo do teor obtido no tratamento de 50% da capacidade de pote, sugerindo que plantas de *B. sidoides* em condições naturais de campo estão normalmente sujeitas a condição de estresse hídrico. Reduções do teor de óleo de sementes submetidas a condições de estresse hídrico já haviam sido registradas por Lemos (2002).

Tabela 1 - Teores médios de clorofila total, *a* e *b* de folhas de *Bernardia sidoides* sob diferentes tratamentos hídricos (CP = capacidade de pote).

Clorofila	Tratamentos hídricos		
	T1 (100% CP)	T2 (50% CP)	T3(25% CP)
Total	22,73 ^a	22,32 ^a	22,48 ^a
<i>a</i>	12,27 ^a	12,22 ^a	12,10 ^a
<i>b</i>	10,47 ^a	10,11 ^a	10,40 ^a

Letras iguais nos teores de clorofila entre tratamentos indicam que não houve

diferenças significativas pelo teste de Tuckey a 0,05%.

De uma maneira geral, o estudo mostra que o recurso água influencia o desenvolvimento e a produtividade de *B. sidoides*, devendo ser um fator considerado em programas de manejo, visando o extrativismo da espécie que é promissora por apresentar sementes oleaginosas, com elevados teores de ácidos graxos insaturados com potencial para ser aproveitado em indústria de lubrificantes, tinta e de vernizes, como já registrado por Silva (1998).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa de doutorado; a FACEPE pela concessão e à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, M.U.; HUSSAIN, S.K.; OSMAN, S.M. 1981. Ricinoleic acid in *Phyllanthus niruri* seed oil. **Amer. Oils Chem. Soc.**, 58:673-4.
- ARAÚJO, E.L.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; SILVA, S.I.; SILVA, K.A.; SANTOS, A.V.C.; SANTIAGO, G.A. 2008. Ecofisiologia de plantas da caatinga e implicações na dinâmica das populações e do ecossistema. Pp. 329-361. In: ALBUQUERQUE, U.P; MOURA, A.N; ARAÚJO, E.L (eds). **Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos**. Recife. Editora Comunigraf/Nupea.
- ARAÚJO, E.E.; CASTRO, C.C; ALBUQUERQUE, U.P. 2007. Dynamics of Brazilian caatinga-A review concerning the plants, environment and people. **Functional Ecosystems and Communities**, 1(1): 15-28.
- ARAÚJO, G.M.; ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N.; LEITE, F.V.A.; SILVA, K.A.; PIMENTEL, R.M.M. 2007. Resposta germinativa de plantas leguminosas da caatinga. **Revista de Geografia**, 24:139-154.
- ARAÚJO, E.L.; BARRETTO, V.T.; LEITE, F.V.A.; LIMA, V.C.; CANUTO, N.N. 2006. Germinação e protocolos de quebra de dormência de plantas do semi-árido. Pp. 73-110. In: GIULLIETTI, A.N.; QUEIROZ, L.P. (eds). **Recursos Genéticos do semi-árido. Instituto do Milênio do Semi-árido**. Recife. Editora APNE.
- Araújo, E.L. 2005. Estresses abióticos e bióticos como forças modeladoras da dinâmica de populações vegetais da caatinga. Pp. 50-64. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L.G. (eds). **Estresses Ambientais: danos ou benefícios em plantas**. 1 Recife. Editora MXM Gráfica e Editora.
- ARAÚJO, E.L.; SILVA, S.I.; FERRAZ, E.M.N. 2002. Herbáceas da caatinga de Pernambuco. Pp.183-206. In: SILVA, J.M.; TABARELLI, M. (eds.). **Diagnóstico da biodiversidade do estado de Pernambuco**. Recife. Editora Massagana.
- BARBOSA, D.C.A.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; MELO FILHO, P.A. 2000. Comparative studies of growth in three species of caatinga submitted to water stress. **Phyton**, 69: 45-50.
- CELLIER, F.; CONÉJÉRO, G.; BREITLÉ, J.C., CASSE, F. 1998. Molecular and physiological responses to water deficit in drought-tolerant and

drought-sensitive lines of sunflower. **Plant physiology**, 116: 319-328.

FEITOZA, M.O.M.; ARAÚJO, E.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; KILL, L.H.P. 2008. Fitossociologia e danos foliares ocorrentes na comunidade herbácea de uma área de caatinga em Petrolina, PE. Pp. 11-38. In: ALBUQUERQUE, U.P.; MOURA, A.N.; ARAÚJO, E.L (eds). **Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos**. Recife. Editora Comunegra/Nupea.

HSIAO, T.C. 1973. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, 24: 519-570.

KAGEYAMA, P.Y.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. 1993. Fatores que afetam a produção de sementes. Pp. 19-81. In: AGUIAR, I.B.; PINA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (eds). **Sementes florestais tropicais**. Brasília. Editora Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes.

KING, D.A. 1990. The adaptive significance of tree height. **Am. Nat.**, 135:808-828.

LAMBERS, H.; CHAMPIN III, F.S.O; PONS, T.L. 1998. **Plant Physiology**. New York. Editora Springer.

LARCHER, W. 2000. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos. Editora Ri Ma.

LEMOS A.O. 2002. Efeito do estresse hídrico no crescimento, produtividade e teor de óleo de sementes de *Bernardia sidoides* Müll. Arg. **Dissertação** (Mestrado em Botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco. 40p. Recife.

LIMA, E.N.; ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SILVA, K.A.; Pimentel, R.M.M. 2007. Fenologia e dinâmica de duas populações

herbáceas da caatinga. **Revista de Geografia**, 24: 124-141.

MCLAREN, K.P.; MCDONALD, M.A. 2003. The effects of moisture and shade on seed germination and seedling survival in a tropical dry forest in Jamaica. **Forest Ecology and Management**, 183: 61-75.

MOONEY, H.A. 1986. Photosynthesis. Pp. 345-73. In: CRAWLEY, M.J. (ed.). **Plant Ecology**. London, Blackwell Scientific publications.

NIPPERT, J.B.; KNAPP, A.K.; BRIGGS, J.M. 2006. Intra-annual rainfall variability and grassland productivity: can the past predict the future? **Plant Ecology**, 184: 65-74.

SANTIAGO, A.M.P.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; CABRAL, E.L. 2001. Crescimento em plantas jovens de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., cultivadas sob estresse hídrico. **Ecossistema**, 26: 23-30.

SANTOS, J.M.F.F.; SILVA, K.A.; LIMA, E.N.; SANTOS, D.M.; PIMENTEL, R.M.M.; ARAÚJO, E.L. 2009. Dinâmica de duas populações herbáceas de uma área de caatinga , Pernambuco, Brasil. **Revista de Geografia**, 26:142-160.

SANTOS, J.M.F.F.; ANDRADE, J.R.; LIMA, E.N.; SILVA, K.A.; ARAÚJO, E.L. 2007. Dinâmica populacional de uma espécie herbácea em uma área de floresta tropical seca no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, 5: 855-857.

SIEBENEICHLER, S.C.; SANT'ANNA, R.; MARTINEZ, C.A.; MOSQUIM, P.R.; CAMBRAIA, J. 1998. Alterações na fotossíntese, condutância estomática e eficiência fotoquímica induzidas por baixa temperatura em feijoeiros. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 10(1): 37-44.

SILVA, S.I. 1998. *Euphorbiaceae* da Caatinga: Distribuição de Espécies e Potencial Oleaginoso. **Tese de Doutorado**. Universidade estadual de São Paulo. 98p. São Paulo.

SILVA, S.I.; ARAÚJO, E.L.; RAMOS, E.M.B.F. 2002. Uma visão de Euphorbiaceae em Pernambuco. Pp. 331-341. In: SILVA, J.M.; TABARELLI, M. (eds.). **Diagnóstico da biodiversidade do estado de Pernambuco**. Recife. Editora Massagana.

SOUZA, C.C.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, I.F.; AMORIM NETO, M.S. 2000. Avaliação de Métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob

cultivo do algodoeiro herbáceo. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 4(3): 338-342.

WEBSTER, G.L. 1994. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, 81(1): 33-44.

WIEGAND, K.; SALTZ, D.; WARD, D. 2006. A patch-dynamics approach to savanna dynamics and woody plant encroachment-insights from an arid savanna. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, 7: 229-242.

ZAR, J.H. 1999. **Biostatistical analysis**. New Jersey. Editora Prentice Hall.