



Crescimento e acúmulo de biomassa em mudas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore) sob estresse hídrico e adubação potássica

Fabio Rodrigues Ramos¹, Antonio Lucineudo Oliveira Freire^{1*}, George Martins França¹

RESUMO: A craibeira (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore), pertencente à família Bignoniaceae é uma espécie que ocorre entre os biomas Caatinga e Cerrado frequentemente encontrada em margens de rios e lagos compondo as matas ciliares onde há uma maior quantidade de água no solo. Em virtude da falta de conhecimentos a respeito de aspectos relacionados à fase de viveiro dessa espécie, conduziu-se este experimento com o objetivo de avaliar o crescimento inicial e a produção de matéria seca de plantas de craibeira em função de doses de potássio e de níveis de água. O experimento foi conduzido em garrafas plásticas tipo Pet, contendo 2,5 kg de terra, distribuído em delineamento inteiramente casualizado, arrançados em esquema fatorial 3x4, sendo 3 doses de potássio (0 (controle), 97,5 e 195 mg dm⁻³ K) e 4 níveis de água (100%, 80%, 60% e 40% da capacidade de vaso (CV)). A redução nos níveis de água promoveu diminuição no crescimento e na produção de matéria seca das plantas. O regime hídrico ideal para o crescimento das mudas foi 100% da capacidade de vaso. A adubação potássica não exerceu influência na altura, mas favoreceu a produção de matéria seca nas raízes e a matéria seca total das plantas.

Palavras-chave: adubação potássica; nutrição mineral, tolerância à seca.

Growth and dry mass accumulation in *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore) seedlings under water stress and potassium

ABSTRACT: The 'craibeira' (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore), Bignoniaceae family, is a species that occurs between the Caatinga and Cerrado bioms. It is often found on shores of rivers and lakes composing the riparian forests where there is a greater amount of water in the soil. Because of the lack of knowledge about aspects related to the nursery phase of this species, the experiment was conducted this experiment to assess the initial growth and dry matter production of plants in function of potassium doses and water levels. The experiment was conducted in plastic type PET bottles containing 2.5 kg of soil, distributed in a randomized design, arranged in a 3x4 factorial design, with 3 doses of potassium (0 (control), 97.5 and 195 mg dm⁻³ K) and four water levels (100%, 80%, 60% and 40% of pot capacity). After ninety days, it was found that the reduction in the water levels promoted a decrease in the growth and production of dry matter of plants. The ideal water regime for seedling growth this species was 100% of the pot capacity. The potassium fertilization did not influence the height, but increased the production of roots dry matter and total dry matter of plants.

Keywords: drought tolerance; plant nutrition; potassium fertilization.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por matéria prima florestal tem levado a aumento na produção de mudas de espécies florestais, e a qualidade das mesmas tem se constituído em desafio constante para atender a essa demanda. O uso de mudas de baixa qualidade leva à grande mortalidade, após o transplantio no campo, em virtude de não resistirem às adversidades que essa condição de campo proporcionará. Dentre os fatores que interferem na qualidade das mudas está a disponibilidade hídrica e a nutrição mineral.

As plantas inseridas na região semiárida estão sujeitas a diferentes tipos de estresses, como elevadas irradiância e temperatura e baixa disponibilidade hídrica, limitando o desenvolvimento e o estabelecimento das plantas jovens (DOMBROSKI et al., 2014; LIBERATO et al., 2006; GONÇALVES et al., 2005).

Larcher (2004) descreve várias adaptações que as plantas dessa região desenvolvem, tais como

xilopódios, órgãos de reserva nas raízes, nos caules, arranjos anatômicos específicos nas folhas e modificações no metabolismo, visando um melhor aproveitamento da água, cada vez menos disponível à medida que a estação seca se desenvolve. Alterações na fisiologia incluem o fechamento estomático, com reflexos diretos na condutância estomática, na transpiração e na fotossíntese (PORTES et al., 2006; GOMES et al., 2004). Essas mudanças na morfologia, anatomia e fisiologia das plantas, afetam o seu crescimento (SANTOS; CARLESSO, 1998; BEZERRA et al., 2003).

Sob condições de estresse hídrico, as plantas acumulam solutos osmoticamente ativos, promovendo assim a redução do potencial osmótico celular e a absorção de água e garantindo a manutenção de atividades vitais, mesmo sob condições de baixos potenciais hídricos. Dentre esses solutos acumulados estão os aminoácidos totais e os

açúcares solúveis (LECHINOSKI et al., 2007; SANTOS; PIMENTEL, 2009). Para assegurar adaptação e crescimento satisfatórios das mudas no campo após o plantio, a nutrição adequada das mesmas e o uso de substrato apropriado são fatores cruciais (DEL QUIQUI et al., 2004). No que se referem às espécies florestais, os nutrientes minerais afetam o crescimento e a qualidade das mudas, ao proporcionarem bom desenvolvimento do sistema radicular e permitir melhor adaptação e consequente sobrevivência no campo após o plantio (CARNEIRO, 1995).

Apesar de não fazer parte de nenhum composto orgânico, nem desempenhar função estrutural nas plantas (MARSCHNER, 1995), o potássio é considerado um elemento essencial às plantas, pois atende aos três critérios de essencialidade (MALAVOLTA, 2006). Segundo Silva et al. (2013), o mesmo possui várias funções na planta, como agente osmótico nas células vegetais, ativador de enzimas, além de funcionar no equilíbrio de cargas negativas e no pH celular. O provável efeito do potássio na atividade das enzimas está relacionado com a mudança na conformação das moléculas, na qual há um aumento na exposição dos sítios ativos para ligação com o substrato (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Uma das razões para as altas exigências potássicas provavelmente seja a necessidade de manter elevadas concentrações no citoplasma, para garantir atividade enzimática máxima (MALAVOLTA et al., 1997). Atua também na manutenção da turgescência celular por ser o principal íon presente no vacúolo, estando intimamente relacionado com o equilíbrio osmótico (TAIZ; ZEIGER, 2004). Em virtude disso, pode ser empregado para reduzir o impacto do estresse hídrico no crescimento e na produção das plantas, aumentando a eficiência no uso da água (Reeb (2010), *apud* HOLTHUSEN et al., 2012).

A craibeira (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore), pertencente à família Bignoniaceae, é uma espécie que ocorre entre os biomas Caatinga e Cerrado; frequentemente é encontrada em margens de rios e lagos compondo as matas ciliares. Apresenta grande porte, podendo alcançar de 12 a 20 metros de altura; seu tronco varia de reto e bem formado a tortuoso, revestido por casca grossa de cor acinzentada; possui folhas coriáceas, opostas e palmíneas; o fruto é do tipo síliqua, contendo aproximadamente 80 sementes aladas e achatadas (LORENZI, 1992). Este autor afirma ainda que a mesma tem uso ornamental, medicinal, além do seu emprego na construção civil e em programas de reflorestamento. É empregada na arborização de praças em virtude da abundância de sua floração e pela sombra que proporciona, sendo também indicada para reflorestamento, principalmente em matas

ciliares, nas regiões de baixa pluviosidade (LORENZI, 1992).

São escassas as informações sobre a produção de mudas de craibeira, principalmente em relação à disponibilidade hídrica e a nutrição mineral durante a fase de viveiro. Sendo assim, desenvolveu-se esta pesquisa com o objetivo de avaliar o crescimento inicial e a produção de matéria seca de plantas de craibeira em função dos níveis de água e das doses de potássio, durante a fase de viveiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente telado, no Viveiro florestal da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, pertencente ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural campus de Patos da Universidade Federal de Campina Grande (CSTR/UFCG), com coordenadas geográficas 7°1'28" S e 37°16'48" O, e 242m de altitude.

Sementes coletadas de matrizes foram submetidas ao corte das alas e posteriormente semeadas em bandejas plásticas contendo areia lavada. Após o início da emergência, foram transferidas para os vasos (uma planta por vaso) confeccionados com garrafas plásticas tipo Pet, contendo 2,5 kg de terra de subsolo, coletada no Núcleo de Pesquisas do Semiárido (Fazenda NUPEÁRIDO/CSTR/UFCG), localizada no município de Patos.

O solo foi retirado da camada de 0 a 20 cm de profundidade, e submetido à análises químico-físicas no Laboratório de Análise de Solo e Água (LASAG) (CSTR/UFCG), cujos resultados encontram-se na Tabela 1.

Antes da semeadura, o substrato foi adubado com 50 mg de N e 250 mg de P, para cada dm⁻³ de substrato (FURTINI NETO et al., 1999), sendo a adubação potássica realizada de acordo com os tratamentos.

Durante os primeiros quinze dias após o transplantio, as plantas foram irrigadas uma vez por dia procurando-se manter a umidade do substrato em 80% da capacidade de vaso (cv). Decorrido este período de tempo, foram iniciados os tratamentos de níveis de água de irrigação, e o experimento foi encerrado 90 dias após.

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3 x 4, correspondendo a 3 doses de potássio (0 (controle), 97,5 e 195 mg dm⁻³ K) e 4 níveis de água (100, 80, 60 e 40% da capacidade de vaso (cv)). Cada tratamento teve 4 repetições e 2 plantas por repetição.

Para a determinação da capacidade de vaso, cinco vasos foram submersos em um recipiente com água, até que fosse observado o encharcamento do substrato. Em seguida, os mesmos foram retirados até completa lixiviação e, logo após, submetidos à

pesagem, cujo valor correspondeu ao peso com 100% da CV e, baseado nele, foram determinados os outros níveis de água a serem testados.

Tabela 1. Análise química e física do solo utilizado no experimento.

Característica	Unidade	Valor
Análise química		
pH (CaCl ₂ 0,01 M)	-	5,0
P	µg dm ⁻³	4,5
Ca	cmol _c dm ⁻³	5,1
Mg	cmol _c dm ⁻³	1,9
K	cmol _c dm ⁻³	0,17
Na	cmol _c dm ⁻³	0,57
H + Al	cmol _c dm ⁻³	3,1
CTC	%	10,84
V	%	71,4
Análise física		
Areia	g kg ⁻¹	780
Silte	g kg ⁻¹	100
Argila	g kg ⁻¹	120
Classificação textural	-	Areia franca

A altura das plantas (cm) foi realizada com régua graduada e o diâmetro do caule ao nível do solo (DNS em mm) utilizando-se paquímetro digital, aos 30 e 90 dias após o transplântio. Com os dados das alturas inicial (30 dias) e final (90 dias), calculou-se a taxa de crescimento absoluto (TCA) através da equação $TCA = (altura\ final - altura\ inicial) / \Delta t$ (BENINCASA, 2003).

Ao final do experimento contou-se o número de folhas, as quais foram posteriormente coletadas (folíolos + pecíolo), juntamente com o caule e as

raízes e colocados para secagem em estufa (65 °C) durante 72 horas. Em seguida foram submetidos à pesagem e determinados os pesos das matérias secas de cada componente. Além disso, foi calculada a razão peso seco das raízes/peso seco da parte aérea (PSR/PSPA).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o software ASSISTAT, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) (SILVA; AZEVEDO, 2002).

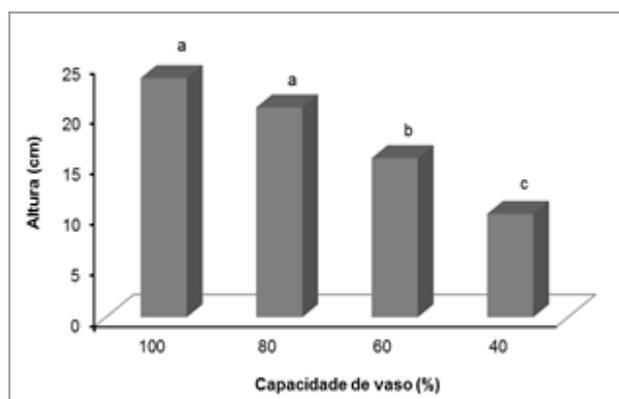


Figura 1 - Altura final das plantas de craibeira em função dos níveis de água. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de TuKey ($P \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi verificado efeito significativo dos níveis de água na altura final, diâmetro do caule, taxa de crescimento absoluto, número de folhas, e pesos das matérias secas do caule, das folhas, da parte aérea e total. Efeito significativo das doses de potássio foi verificado no peso da matéria seca das raízes e peso da matéria seca total. Interação significativa ocorreu apenas no peso da matéria seca das raízes, não tendo

sido detectado efeito significativo dos tratamentos na razão raiz/parte aérea.

Em relação à altura final das plantas, observou-se igualdade significativa entre os tratamentos 100% e 80% cv, e redução progressiva à medida que decresceu o nível de água (Figura 1). Comparando-se com as plantas submetidas ao mais elevado nível de água no solo (100% cv) (23,58 cm), a altura das plantas dos tratamentos 60% (10,25 cm) e 40% cv

(15,75 cm) apresentaram reduções de 33,2% e 56,5%, respectivamente. Quanto ao número de folhas (Figura 2), observou-se também que as plantas submetidas em menor nível de água do solo

apresentaram os menores valores, não havendo diferença estatística entre os tratamentos 100%, 80% e 60% cv.

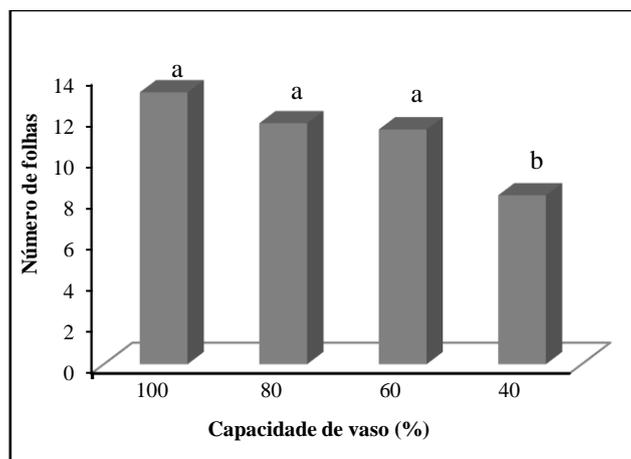


Figura 2 - Número de folhas das plantas de craibeira em função dos níveis de água. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de TuKey ($P \leq 0,05$).

Na Figura 3 encontram-se os valores referentes à taxa de crescimento absoluto (TCA). Verifica-se o mesmo comportamento da altura das plantas, ou seja, não houve diferença significativa entre os tratamentos 100% e 80% cv, os quais foram superiores aos demais tratamentos, e que a menor TCA foi obtida no tratamento 40% cv. Em comparação ao valor de TCA

obtido no tratamento 100% cv, as reduções nos tratamentos 60% e 40% cv foram, respectivamente, de 52% e 78%. Constata-se que sob condições de estresse severo (40% cv) ocorreu forte redução tanto na altura como na taxa de crescimento das plantas, quando se compara essas plantas com aquelas que se encontram em ótimas condições hídricas.

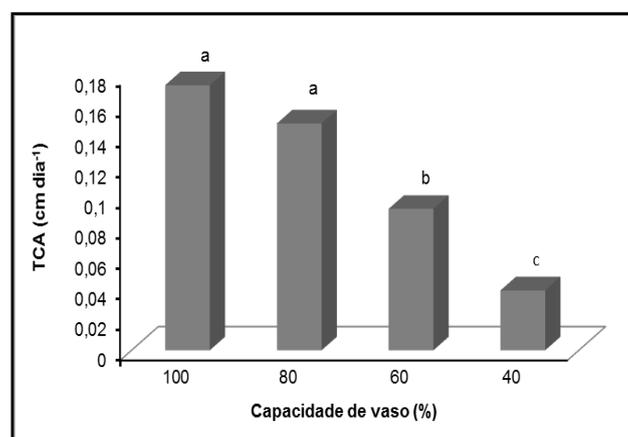


Figura 3. Taxa de crescimento absoluto (TCA) das plantas de craibeira em função dos níveis de água. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de TuKey ($P \leq 0,05$).

Redução nesses parâmetros morfológicos em função da diminuição na disponibilidade de água às plantas também foi observada por vários pesquisadores, sendo que o grau de injúria varia com a espécie vegetal e o nível de água utilizado. Scalon et al. (2011), em plantas de mutambo (*Guazuma ulmiflora* Lam.), verificaram que a altura das plantas foi cerca de 50% menor nos tratamentos de menor disponibilidade hídrica (25% e 12,5% da capacidade de campo (cc)), em relação aos tratamentos 100% e 50% cc. Igualmente, Cabral et al. (2004) observaram em *Tabebuia aurea* que a maior altura foi obtida no

tratamento 100% cc, em comparação com os tratamentos 50% e 25% cc. Em plantas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), Nascimento et al. (2011) verificaram que as plantas submetidas a estresse severo (25% da CP) tiveram seu crescimento em altura reduzido em 42,17%, apresentando os menores valores (em média 32,8 cm) quando comparado com o tratamento controle.

Quanto ao diâmetro do caule, Scalon et al. (2011) verificaram que as plantas de mutambo submetidas a 25% cc apresentaram o menor valor neste parâmetro, em comparação com os tratamentos 100% e 50% cc.

Em relação ao número de folhas, Santiago et al. (2001) observaram que as plantas de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) submetidas ao estresse severo (25% cc) apresentaram os menores valores. Resultados semelhantes foram relatados em seringueira (*Hevea* spp) e em *Acacia farnesiana* L. (Willd.), respectivamente por Conceição et al., (1986) e Barros; Barbosa (1995), reforçando a informação acerca da sensibilidade do processo de formação de folhas à restrição hídrica.

Ainda relacionado ao componente foliar, decréscimo na área em função do estresse hídrico foi relatado por Santiago et al. (2001) em plantas de sabiá. Estes autores verificaram diminuição de 37% e 47% na área foliar nas plantas submetidas a estresse moderado (50% cc) e severo (25% cc) em comparação com às do tratamento controle (100% cc). Redução severa na área das folhas foi observada por Figueirôa et al. (2004), em plantas de

Myracrodruon urundeuva Allemão. Estes verificaram que o estresse hídrico diminuiu de 70% da área foliar quando compararam os tratamentos 70% cc com 25% cc. De acordo com esses autores, área foliar inferior, sob condições de solo seco, proporciona menor taxa de transpiração e, conseqüentemente, maior retenção de água nos tecidos e hidratação.

Diminuição na disponibilidade de água causou redução progressiva na produção de matéria seca do caule (Figura 4), das folhas (Figura 5), da parte aérea (Figura 6) e matéria seca total (Figura 7).

A matéria seca do caule (Figura 4) mostrou ser o componente mais sensível ao estresse hídrico, pois ocorreu redução de 65% e 90% neste componente quando as plantas foram submetidas, respectivamente, aos tratamentos 60% e 40% cv, em comparação com o tratamento 100% cv.

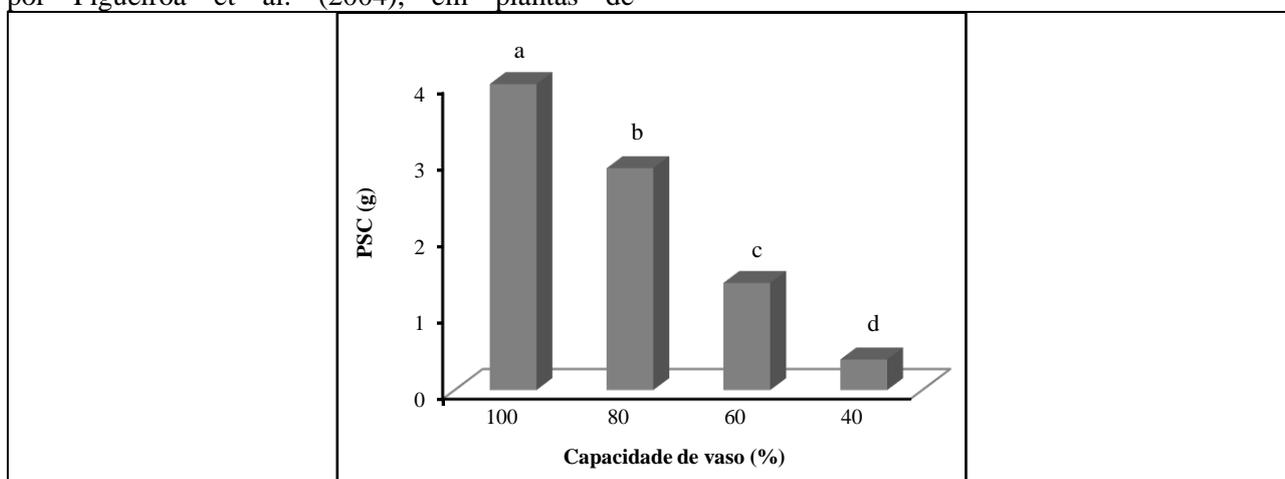


Figura 4. Peso da matéria seca do caule (PSC) das plantas de craibeira em função dos níveis de água. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de TuKey ($P \leq 0,05$).

Na produção de matéria seca das folhas (Figura 5), da parte aérea (Figura 6) e matéria seca total (Figura 7), o acúmulo de matéria seca foi restringido em 65%

e 87% nos tratamentos 60% e 40% cv em relação ao tratamento com maior disponibilidade hídrica (100% cv).

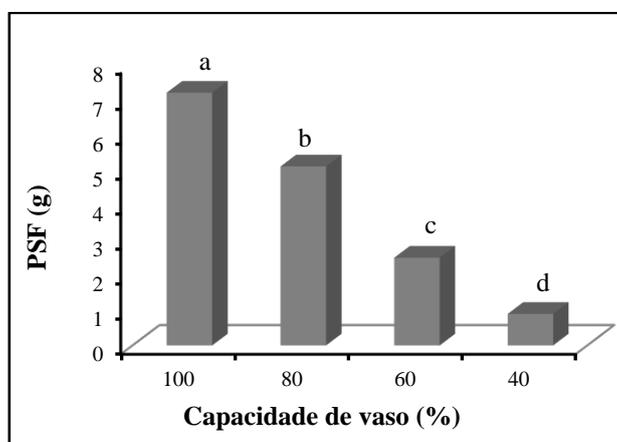


Figura 5. Peso da matéria seca das folhas (PSF) das plantas de craibeira em função dos níveis de água. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de TuKey ($P \leq 0,05$).

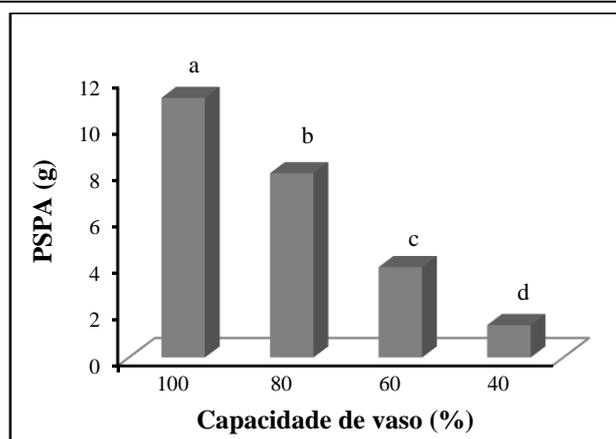


Figura 6 - Peso da matéria seca da parte aérea (PSPA) das plantas de craibeira em função dos níveis de água. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de TuKey ($P \leq 0,05$).

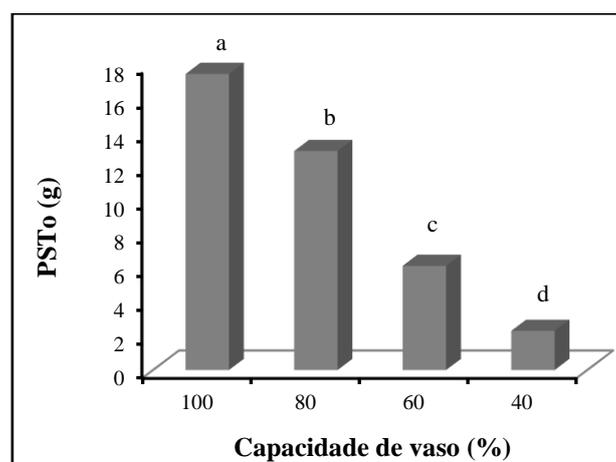


Figura 7. Peso da matéria seca total (PSTo) das plantas de craibeira em função dos níveis de água. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de TuKey ($P \leq 0,05$).

Em relação às raízes, houve interação significativa entre os níveis de água e as doses de K (Tabela 2). Verificou-se que a maior produção de matéria seca nas raízes ocorreu nas plantas submetidas a 100% cv e 97,5 mg dm⁻³ K, seguido do tratamento 100% cv e 195 mg dm⁻³ K. Contrariamente, os menores valores foram obtidos nas plantas submetidas ao nível de 40% cv, independente do tratamento com K. Percebe-se, então, que as plantas bem irrigadas e que receberam

K foram capazes de acumular mais matéria seca nas suas raízes e que, sob condições de estresse hídrico severo, o fornecimento de K não foi suficiente para favorecer a produção de matéria seca nesse componente. Em plantas jovens de *Eucalyptus grandis*, Laclau et al. (2009) verificaram que o fornecimento de K aumentou o tempo de vida da folha, a biomassa das plantas e o índice de área foliar.

Tabela 2. Peso seco das raízes das plantas de craibeira em função dos níveis de água e das doses de potássio

K (mg dm ⁻³)	Níveis de água (% da cv)			
	100	80	60	40
0	5,02 bA	3,67 bA	2,24 aB	1,23 aB
97,5	7,03 aA	5,23 aB	2,00 aC	1,02 aC
195	6,85 aA	5,92 aA	2,50 aB	0,49 aC

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de TuKey ($P \leq 0,05$).

Efeito prejudicial da redução na disponibilidade de água sobre a produção de matéria seca nas plantas é amplamente relatado na literatura. Submetendo plantas de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) a três tratamentos hídricos, Santiago et al. (2001) verificaram redução em todos os parâmetros analisados à proporção que o nível de estresse aumentou. Em plantas de jatobá, Nascimento et al.

(2011) verificaram que o estresse hídrico também afetou, de forma significativa, a produção de matéria seca das folhas, caules, raízes e total, e observaram, nas plantas do tratamento 25% CP (capacidade de pote), reduções de 77,0%, 70,8% e 70,4%, respectivamente, quando comparado com o tratamento 100% da CP. Silva e Nogueira (2003) relataram que o estresse hídrico diminuiu a produção

de matéria seca das folhas, das raízes e total das plantas de *Mimosa caesalpinifolia*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Prosopis juliflora* e *Tabebuia aurea*.

Em relação à adubação potássica, ocorreu aumento no peso da matéria seca total à medida que se elevou a quantidade fornecida às plantas (Figura 8), evidenciando o efeito positivo do fornecimento deste nutriente às plantas de craibeira.

Avaliando os efeitos da adubação potássica e do estresse hídrico, durante a fase de rustificação de mudas de *Eucalyptus grandis*, Silva (2003) verificou que a elevação na dose de K proporcionou aumento

na matéria seca radicular das plantas, porém, não observou interação significativa entre os tratamentos.

Em plantas de umbuzeiro, Neves et al. (2007) verificaram que a adubação potássica influenciou significativamente o acúmulo de matéria seca de raiz, caule, folha e total e a relação parte aérea/raiz das plantas.

Os maiores valores de altura e de produção de matéria seca nas plantas foram alcançados no tratamento em que a disponibilidade de água era maior, evidenciando menor tolerância ao déficit hídrico.

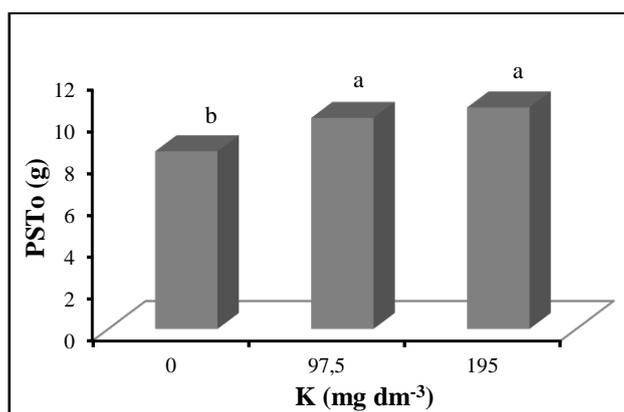


Figura 8 - Peso da matéria seca total (PSTo) das plantas de craibeira em função das doses de potássio. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de TuKey ($P \leq 0,05$).

A espécie, apesar de estar presente em regiões que apresentem deficiência hídrica severa em determinadas épocas do ano, como a Caatinga e o Cerrado, é encontrada em mata ciliar e leito de rios, o que indica sua forte exigência por água. Há, dessa forma, a necessidade que se mantenha o nível de água ideal para garantir o pleno crescimento e desenvolvimento da espécie.

A baixa disponibilidade de água no solo e, consequentemente, reduzida absorção pelas plantas, causa diminuição na turgescência, afetando os processos de expansão e alongamento celular, resultando em prejuízo no crescimento do vegetal (CJHAVES et al., 2003; TAIZ; ZEIGER, 2004). Redução neste processo também pode ser decorrente do decréscimo na taxa fotossintética das plantas devido a fatores estomáticos e não estomáticos. De acordo com Silva et al. (2002), a falta de água induz o fechamento dos estômatos, o acúmulo de solutos e antioxidantes e redução na área foliar. Além disso, o metabolismo do mesófilo é comprometido em virtude de reduzir a ativação e a atividade da Rubisco carboxilase (MEDRANO et al., 2002; PARRY et al., 2002).

CONCLUSÕES

O regime hídrico ideal para o crescimento das mudas foi 100% da capacidade de vaso.

A diminuição nos níveis de água promoveu redução no crescimento e na produção de matéria seca das plantas, independente da dose de potássio empregada.

A adubação potássica não exerceu influência no crescimento das plantas, mas favoreceu a produção de matéria seca nas raízes e a matéria seca total das plantas.

REFERÊNCIAS

- BARROS, L. M.; BARBOSA, D. C. A. Crescimento de *Acacia farnesiana* (L.) Willd em casa de vegetação. **Phyton. Revista Internacional de Botânica Experimental**, Vicent-Lopez – Argentina, Buenos Aires, v. 52, n. 2, p. 179-191, 1995.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. Feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 5-10, 2003.
- CABRAL, E. L.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2004.

- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.
- CHAVES, M. M., MAROCO, J. P., PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, v. 30, p. 239–264, 2003.
- CONCEIÇÃO, H. E. O.; OLIVA, M. A.; LOPES, N. F. Resistência à seca em seringueira. II. Crescimento e partição de assimilados em clones submetidos a déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 141-153, 1986.
- DEL QUIQUI, E. M.; MARTINS, S. S.; PINTO, J. C.; ANDRADE, P. J. P.; MUNIZ, A. S. Crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas sob condições de diferentes fontes de fertilizantes. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 293-299, 2004.
- DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, R. M. O.; TOMCZAK, V. E., PINTO, J. R. S.; FARIAS, R. M. Ecophysiology of water stressed *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos seedlings. **Scientia forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 155-163, 2014.
- FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004.
- FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R.; FAQUIM, V.; FERNANDES, L.A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 1-12, 1999.
- GOMES, M. M. A.; LAGÔA, A. M. M. A.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; MACHADO, M. A. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 16, n. 3, p. 155-161, 2004.
- GONÇALVES, J. F. C.; BARRETO, D. C. S.; SANTOS JUNIOR, U. M.; FERNADES, A. V.; SAMPAIO, P. T. B.; BUCKERIDGE, M. S. Growth, photosynthesis and stress indicators in young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) under different light intensities. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 17, n. 3, p. 325-334, 2005.
- HOLTHUSEN, D.; REEB, D.; HORN, R. Influence of potassium fertilization, water and salt stress, and their interference on rheological soil parameters in planted containers. **Soil & Tillage Research**, v. 125, p. 72-79, 2012.
- LACLAU, J.-P.; ALMEIDA, J. C. R.; GONÇALVES, J. L. M.; SAINT-ANDRÉ, L.; VENTURA, M.; RANGER, J.; MOREIRA, R. M.; NOUVELLON, Y. Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf lifespan and allocation of above-ground growth in Eucaliptus plantations. **Tree Physiology**, v. 29, p. 111-124, 2009.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Editora RiMA Artes e Textos, 2004, 531p.
- LECHINOSKI, A.; FREITAS, J. M. N.; CASTRO, D. S.; LOBATO, A. K. S.; OLIVEIRA NETO, C. F.; CUNHA, R. L. M. Influência do estresse hídrico nos teores de proteínas e aminoácidos solúveis totais em folhas de teca (*Tectona grandis* L. F.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 927-929, 2007.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Vol.1, 2 ed. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 1992. 368 p.
- LIBERATO, M. A. R.; GONÇALVES, J. F. C.; CHEVREUIL, L. R.; NINA JUNIOR, A. R.; FERNANDES, A. V.; SANTOS JUNIOR, U. M. Leaf water potential, gas Exchange and chlorophyll a fluorescence in acaricara seedlings (*Minquartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 18, n. 2, p. 315-323, 2006.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. p.55-105.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MEDRANO, H.; ESCALONA, J. M.; BOTA, J.; GULÍAS, J.; FLEXAS, J. Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. **Annals of Botany**, v. 89, p. 895-905, 2002.
- NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C.; SILVA, M. A. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 617-626, 2011.
- NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; FERREIRA, E. V. O.; PEREIRA, N. V. Crescimento, nutrição mineral e nível crítico foliar de k em mudas de umbuzeiro, em função da adubação potássica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 636-642, 2007.
- PARRY, M. A. J.; ANDRALOJC, P. J.; KHAN, S.; LEA, P.; KEYS, A. J. Rubisco activity: effects of drought stress. **Annals of Botany**, v. 89, p. 833-839, 2002.
- PORTES, M. T.; ALVES, T. H.; SOUZA, G. M. Water deficit affects photosynthetic induction in *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae) and *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae) growing in understorey and gap conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 4, p. 491-502, 2006.
- SANTIAGO, A. M. P.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LOPES, E. C. Crescimento em plantas jovens de *Mimosa caesalpinifolia* Benth., cultivadas sob estresse hídrico. **Revista Ecosystema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 26, n. 1, p. 23-30, 2001.

- SANTOS, M. G.; PIMENTEL, C. Daily balance of leave sugars and amino acids as indicators of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) metabolic response and drought intensity. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 15, n. 1, p. 23-30, 2009.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.
- SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.
- SILVA, M. R. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação De potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* w. (hill ex. Maiden)**. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003. 100f.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n.1, p. 71-78, 2002.
- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa-de-vegetação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 288, p. 203-217, 2003.
- SILVA, P. M.C.; UCHÔA, S. C. P.; BARBOSA, J. B. F.; BASTOS, V.; ALVES, J. M. A.; FARIAS, L. C. Efeito do potássio e do calcário na qualidade de mudas de cedro doce (*Bombacopsis quinata*). **Revista Agro@mbiente**, On-line, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 63-69, 2013.
- SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.