

## Crescimento e qualidade de mudas de *Microdesmia rigida* (Benth.) Sothers & Prance em resposta à adubação potássica e ao turno de rega

Growth and quality of *Microdesmia rigida* (benth.) Sothers & Prance seedlings in response to potassium fertilization and watering schedule

Rosilvam Ramos de Sousa<sup>1\*</sup>  ; Antonio Lucineudo de Oliveira Freire<sup>2</sup> 

<sup>1,2</sup> Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), CSTR. \*corresponding author - rosilvam17@gmail.com

Recebido 27/04/2022

Aceito 02/10/2023

Publicado: 11/12/2023

### Abstract:

The water stress is one of the abiotic factors that most affect plant growth and productivity. Knowing its effects on the species studied, as well as mitigating them, is essential for the successful establishment of plants in the field. The research aimed to evaluate the effects of water deficiency on growth and quality of *Microdesmia rigida* seedlings, as well as the ability of potassium fertilization to attenuate these effects. The experiment was conducted in a shaded environment, with 50% light interception, in the Forest Nursery of UAUF/UFCG. The treatments were distributed in an entirely randomized design, consisting of a 4x4 factorial, with four levels of potassium (*K*) (0, 50, 100 and 150 mg dm<sup>-3</sup> *K*) and four irrigation shifts (ID - daily irrigation (control), and every 5 (5D), 10 (10D) and 15 days (15D)), with five repetitions and two plants per sampling unit, totaling 160 plants. Absolute growth rate (*AGR*), plant height, stem diameter, height/diameter ratio (*HDR*), plant dry mass and Dickson Quality Index (*DQI*) were evaluated. Except for the *HDR* and *DQI* variables, which were not affected by the imposed treatments, the other variables suffered significant effect of irrigation shift, without having a significant effect for potassium fertilization. Increase in irrigation shift negatively affected the growth and dry mass production of plants. Potassium fertilization did not mitigate the negative effects of irrigation shifts on the growth and dry mass production of *M. rigida* seedlings. The quality of seedlings was not affected by the potassium fertilization and irrigation shift factors.

**Key words:** caatinga; oiticica; semiarid; water deficit.

### Resumo:

O estresse hídrico é um dos fatores abióticos que mais afetam o crescimento e a produtividade vegetal. Conhecer seus efeitos sobre a espécie estudada, bem como mitigá-los, é essencial para o sucesso no estabelecimento das plantas no campo. Essa pesquisa teve como objetivo avaliar os efeitos da

deficiência hídrica nos aspectos de crescimento e qualidade das mudas de *Microdesmia rigida*, bem como a capacidade da adubação potássica em atenuar esses efeitos. O experimento foi realizado em ambiente telado, com 50% de interceptação luminosa, no Viveiro Florestal da UAUF/UFPA. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constando de um fatorial 4 x 4, sendo quatro níveis de potássio (K) (0, 50, 100 e 150 mg dm<sup>-3</sup> K) e quatro turnos de rega (ID - irrigação diária (controle) e a cada 5 (5D), 10 (10D) e 15 dias (15D)), com cinco repetições e duas plantas por unidade amostral, totalizando 160 plantas. Foram avaliados a Taxa de crescimento absoluto (TCA), altura das plantas, diâmetro do caule, razão altura/diâmetro (RAD), massa seca das plantas e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Com exceção das variáveis RAD e IQD, que não foram afetadas pelos tratamentos impostos, as demais variáveis sofreram efeito significativo do turno de rega, sem apresentar efeito significativo para a adubação potássica. Aumento no turno de rega afetou negativamente o crescimento e a produção de massa seca das plantas. A adubação potássica não atenuou os efeitos negativos dos turnos de rega sobre o crescimento e a produção de massa seca das mudas de *M. rigida*. A qualidade de mudas não foi afetada pelos fatores adubação potássica e turno de rega.

**Palavras-chaves:** caatinga; estresse hídrico; oiticica; semiárido.

## 1. Introdução

A caatinga é o principal componente vegetacional da região semiárida do Brasil, sendo caracterizada pelas elevadas temperaturas e distribuição irregular das chuvas. Neste bioma, as plantas são completamente adaptadas às suas condições edafoclimáticas, podendo sobreviver a períodos de seca prolongados. A sua vegetação é formada, em sua maioria, por árvores de baixo porte e arbustos que, no período seco do ano, perdem completamente suas folhas.

Dentre as espécies características deste bioma, merece destaque a oiticica (*Microdesmia rigida* (Benth.) Sothers & Prance), da família *Cryobalanaceae*, árvore de grande porte, nativa e endêmica do Brasil, ocorrendo principalmente em mata ciliar ou de galeria, sendo encontrada nas margens de rios e riachos do agreste e do sertão nordestino. A ausência de caducifolia durante a estação seca nesta espécie a difere das demais, ressaltando ainda mais sua importância, uma vez que suas folhas são utilizadas no tratamento de inflamações e diabetes. Floresce na época seca do ano, entre junho e outubro, tem madeira resistente, a qual é usada na confecção de rodas de carro de boi e de pilões, tábuas, mourões, lenha e carvão; indicada para restauração de matas ciliares de rios e riachos, fornecendo abrigo para animais silvestres, bovinos e caprinos, proporcionando conforto térmico. Em meados do último século, houve uma grande exploração industrial da oiticica, movida principalmente pelo seu múltiplo uso e seu forte valor econômico, pois o óleo de suas sementes é recomendado como matéria-prima na fabricação de sabão e, mais recentemente, para a produção de biodiesel (Souza, 2018).

Uma das características da região semiárida brasileira é a ocorrência de longos períodos de seca, resultando em distúrbios fisiológicos e nutricionais, comprometendo seriamente o crescimento das plantas (Freitas et al., 2021; Sousa et al., 2021a). Tal condição interfere na produção, translocação e utilização dos fotoassimilados, cujo decréscimo resultam em diminuição no crescimento necessários a esse crescimento. A redução na assimilação de carbono diminui a síntese de trioses fosfatadas, resultando na redução ou na paralisação do crescimento. Nesse caso, é comum que o crescimento se limite ao sistema radicular, numa estratégia para absorver água em horizontes mais profundos do solo (Moura et al., 2016).

Todavia, ao longo do tempo, as plantas desenvolveram mecanismos de adaptação para se desenvolver em ambientes áridos e semiáridos, mesmo estando expostas a longos períodos de déficit de água. Segundo Taiz et al. (2017), a deficiência de água na planta causa redução do turgor nas células, prejudicando, conseqüentemente, todos os processos que dependem diretamente dele, como a expansão foliar e o alongamento de raízes.

Uma alternativa para minimizar os efeitos da deficiência hídrica e conferir maior tolerância é o fornecimento de potássio (K) às mudas, já durante a fase de viveiro, de maneira a potencializar a sua rustificação. A utilização deste fertilizante mineral destaca-se por inibir parcialmente o fechamento estomático induzido pelo estresse hídrico (Martineau et al., 2017; Jordan-Meille et al., 2018), proporcionar maior resistência durante os períodos secos, aumentando o potencial de absorção de água (Battie-Laclau et al., 2016), garantindo assim as trocas gasosas e, conseqüentemente, o crescimento das plantas (Gonçalves et al., 2017; Asensio et al., 2020; Oddo et al., 2020).

Embora não tenha função estrutural na planta, o potássio é um importante macronutriente, atuando na ativação de cerca de 50 enzimas (Marques et al., 2018). Em situações de baixo potencial hídrico, o K destaca-se por ser o principal íon presente nos vacúolos celulares relacionados ao controle osmótico, sendo de extrema importância na manutenção da turgescência celular (Battie-Laclau et al., 2016).

Apesar da importância econômica da oiticica, são escassas as pesquisas visando compreender as suas estratégias fisiológicas para sobreviver em um ambiente desafiador, como o semiárido nordestino, com cerca de apenas três a quatro meses de chuva, seguidos de um longo período de estiagem, todos os anos. Por se tratar de uma planta de mata ciliar, acredita-se que sua exigência por água seja grande em relação a outras espécies que não habitam tal ambiente, o que torna de suma importância o entendimento do seu comportamento sob condições hídricas desfavoráveis.

Com isso, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da deficiência hídrica nos aspectos de crescimento e qualidade das mudas de *Microdesmia rigida*, bem como a capacidade da adubação potássica em atenuar esses efeitos.

## 2. Material e Métodos

O experimento foi realizado em ambiente telado, com 50% de interceptação luminosa, no Viveiro Florestal da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, pertencente ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande, localizado no município de Patos – PB (07°03'39" S e 37°16'38" W), com altitude média de 250 m. O clima da região é classificado, segundo Köppen, como BSh, semiárido, com temperaturas médias anuais superiores a 25°C e média anual de pluviosidade em torno de 750 mm, com irregularidade na distribuição das chuvas e umidade relativa do ar média de 65% (Alvares *et al.*, 2013).

As sementes de oiticica, provenientes de 5 matrizes presentes na comunidade do Distrito de Socorro, na zona rural do município de Olho d'Água – PB, foram colocadas em sementeira contendo areia, e, aos cinco dias após a emergência (DAE), as plântulas foram transferidas para recipientes (sacos plásticos pretos) contendo 5 kg de uma mistura de terra de subsolo e esterco bovino, proporção 2:1. Antes do enchimento dos recipientes, o substrato foi adubado com N, P e K. O nitrogênio e o fósforo foram adicionados segundo recomendação de Furtini Neto et al. (1999), e a adubação com potássio foi feita de acordo com os tratamentos testados.

O solo utilizado no experimento foi coletado na Fazenda Nupeárido, pertencente à UFCG, sendo destorroado e peneirado e submetido à análise física e de fertilidade, no Laboratório de Análise de Solo e Água da UFCG (Tabela 1).

Durante o período experimental, a irrigação dos vasos foi feita procurando-se manter a umidade próxima a 80% da capacidade de retenção do substrato, obtida através de pesagens. Para a determinação desta capacidade de retenção, cinco vasos foram submersos em um balde com água até o completo encharcamento do substrato. Em seguida, os mesmos foram retirados e, após a completa lixiviação, foram submetidos à pesagem. Esse valor correspondeu ao peso dos mesmos com 100% da capacidade de vaso (cv) e, baseado nele, foi calculado o peso que deveria possuir ao atingir 80% da capacidade de retenção.

**Table 1.** Chemical and physical analysis of the soil used.**Tabela 1.** Análise química e física do solo utilizado.

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

Fonte: Autores (2023).

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constando de um fatorial 4 x 4, sendo quatro níveis de potássio (K) (0, 50, 100 e 150 mg dm<sup>-3</sup> K) e quatro turnos de rega (ID - irrigação diária (controle) e a cada 5 (5D), 10 (10D) e 15 dias (15D)), com cinco repetições e duas plantas por unidade amostral, totalizando 160 plantas.

Os regimes hídricos foram iniciados aos 25 dias após a transferência das plântulas para os vasos (plantas com 30 dias de idade). Nesse dia, foi realizada a medição da altura das plantas (altura inicial). Essa medição também foi realizada ao final do experimento, que ocorreu aos 90 dias após o início dos tratamentos hídricos [120 dias após a emergência (DAE)].

- a) Taxa de crescimento absoluto (*TCA*) (cm dia<sup>-1</sup>): foi avaliada segundo equação descrita por Benincasa (2003):

$$TCA = \frac{(Af - Ai)}{\Delta t} \quad (1)$$

Sendo: Ai – altura inicial;

Af – altura final;

Δt – intervalo de tempo entre as amostragens.

b) Altura da planta (cm): foi considerada como a distância do nível do solo até o ápice da planta;

c) Diâmetro do caule (mm): foi considerado o diâmetro do caule tomado a 1,0 cm acima do nível do solo;

d) Massa seca da planta (g): foram coletadas as folhas, o caule e as raízes, acondicionados em sacos de papel, e colocados para secar em estufa (65 °C) durante 48 horas. Em seguida, foram submetidos à pesagem e determinados os pesos das matérias secas de cada componente.

e) Qualidade das mudas: foi avaliada através da razão altura diâmetro (*RAD*) e do Índice de Qualidade de Dickson (*IQD*).

A razão altura diâmetro (*RAD*) foi calculada usando os dados finais de altura (*Af*) e diâmetro do caule (*Df*), empregando-se a equação:

$$RAD = \left( \frac{Af}{Df} \right) \quad (2)$$

O Índice de Qualidade de Dickson (*IQD*) (Dickson *et al.*, 1960) foi calculado por meio da seguinte equação:

$$IQD = \left( \frac{MST}{RAD+RPAR} \right) \quad (3)$$

Sendo: MST: massa seca total final;

RPAR: razão massa seca da parte aérea/massa seca das raízes.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância, utilizando o programa estatístico *Assistat*<sup>®</sup> (Silva & Azevedo, 2002).

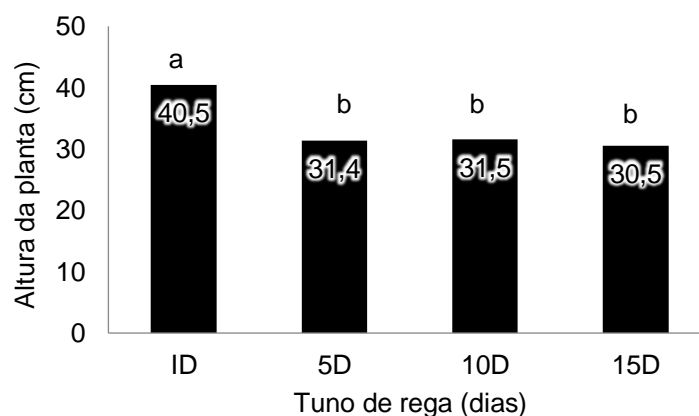
### 3. Resultados e Discussão

Com exceção do Índice de Qualidade de Dickson e da Razão Altura/Diâmetro das mudas de *M. rigida*, que não apresentaram diferença significativa para os fatores estudados, as demais variáveis foram afetadas, de forma isolada, pelo turno de rega, sendo que a adubação potássica não exerceu efeito significativo.

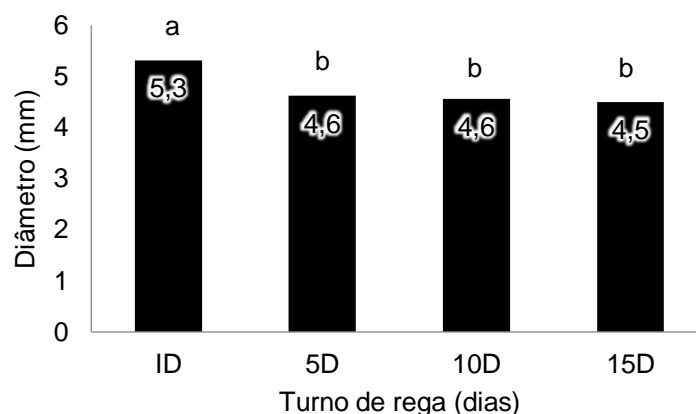
Na Figura 1, verifica-se que o estresse hídrico, causado pelos turnos de rega, afetou negativamente na altura das plantas, as quais apresentaram redução média de 23%, para essa variável, quando comparadas às plantas que receberam irrigação diária (ID). Comportamento semelhante foi verificado no diâmetro do caule (Figura 2), em que a suspensão da irrigação provocou uma redução média de 13% no diâmetro do caule das plantas.

**Figure 1.** Height of *M. rigida* seedlings at 120 DAE, as a function of watering schedule.

**Figura 1.** Altura de mudas de *M. rigida* aos 120 DAE, em função do turno de rega.



Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si ( $p \leq 0,05$ ).

**Figure 2.** Diameter of *M. rigida* seedlings at 120 DAE, as a function of watering schedule.**Figura 2.** Diâmetro de mudas de *M. rigida* aos 120 DAE, em função do turno de rega.

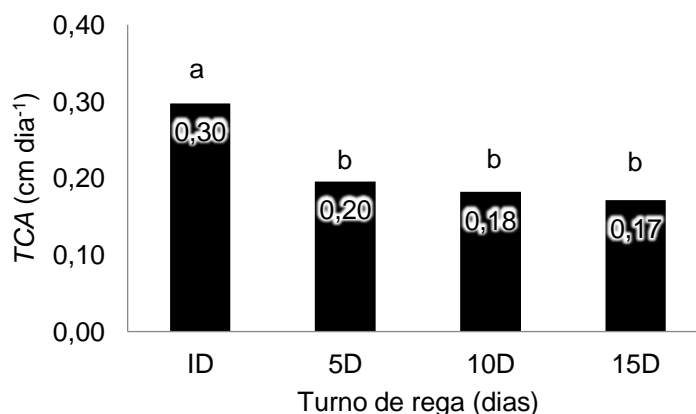
Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si ( $p \leq 0,05$ ).

Nascimento et al. (2011), estudando o crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo, constataram que as plantas sob estresse severo (25% CP) apresentaram reduções de 42,17% e 31%, respectivamente, na altura das plantas e no diâmetro do caule, quando comparado com o tratamento controle (100% CP). Efeitos negativos da baixa disponibilidade hídrica na altura e no diâmetro do caule também foram relatados por Figueirôa et al. (2004). Em plantas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook f. ex S. Moore), o estresse hídrico reduziu o crescimento (cm) da parte aérea das plantas com 25% cv até os 120 dias, em comparação com as plantas mantidas a 100% cv e 50% cv (Cabral et al., 2004).

A diminuição na altura de plantas pode estar relacionada à redução da assimilação de carbono causada pela difusão limitada de  $\text{CO}_2$  da atmosfera para a planta, em decorrência do fechamento dos estômatos. De acordo com Taiz et al. (2017), o gradiente de perda de água é aproximadamente 50 vezes maior do que o gradiente de entrada de  $\text{CO}_2$ , portanto limitado quando a perda de água da planta limita a entrada de mais  $\text{CO}_2$ .

Redução no diâmetro do caule foi relatado também por Fasolin et al. (2019), Freitas et al. (2021) e Barbosa et al. (2022), sendo que esses últimos afirmaram que essa redução pode estar relacionada com distúrbio fisiológicos nas plantas quando foram expostas ao déficit hídrico. A menor disponibilidade de água causa prejuízos no processo de divisão celular e, conseqüentemente, no crescimento das plantas (Sousa et al., 2021b).

Os efeitos negativos do déficit hídrico causados pela redução no turno de rega, em relação às plantas irrigadas diariamente (ID), ficam mais evidentes na TCA (Figura 3), com redução de 43%. Não foi detectada diferença significativa entre os tratamentos 5D, 10D e 15D, tanto neste parâmetro, como na altura das plantas (Figura 1) e no diâmetro do caule (Figura 2).

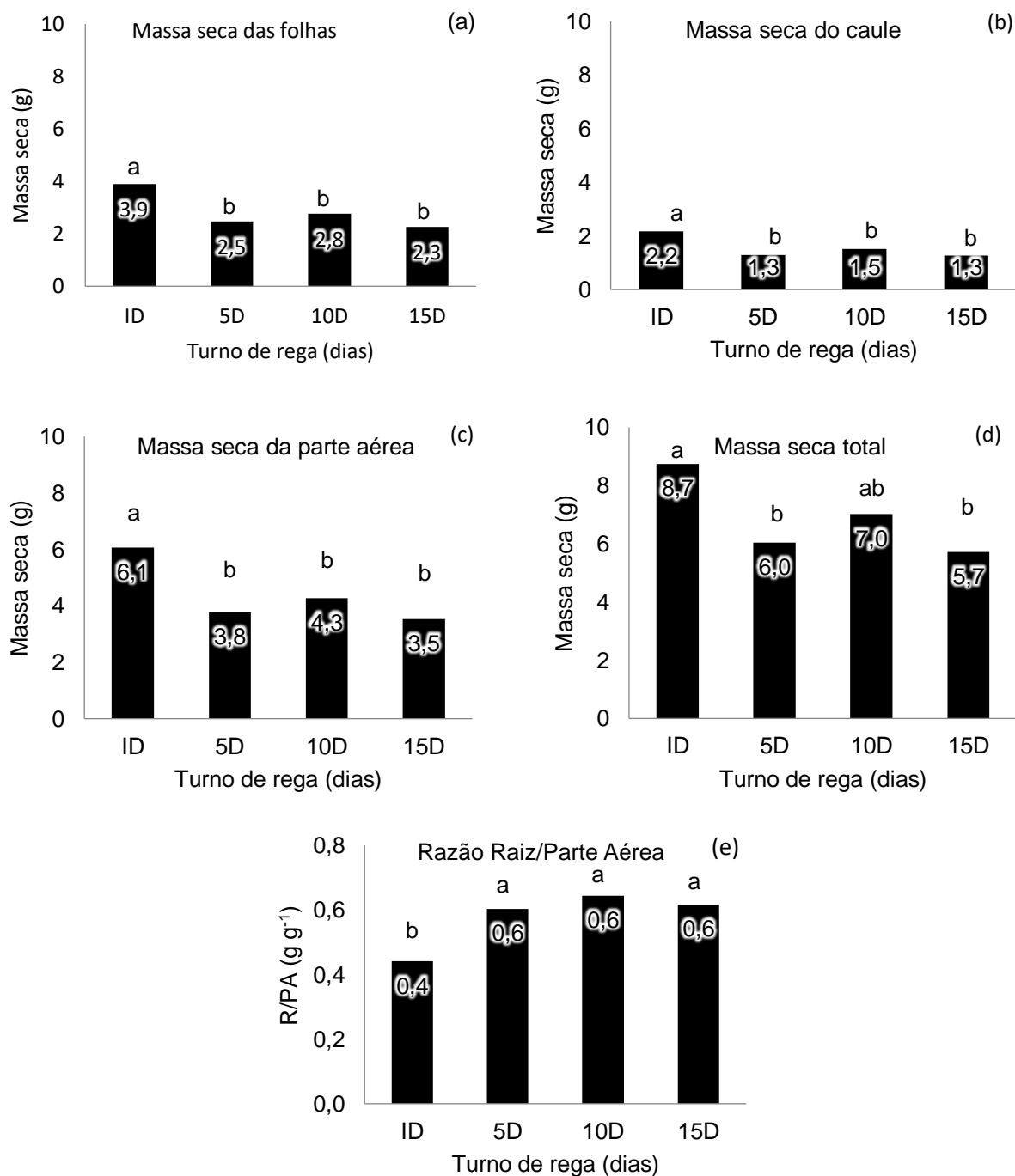
**Figure 3.** Absolute growth rate (AGR) of *M. rigida* seedlings at 120 DAE, as a function of watering schedule.**Figura 3.** Taxa de crescimento absoluto (TCA) de mudas de *M. rigida* aos 120 DAE, em função do turno de rega.

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si ( $p \leq 0,05$ ).

Verificou-se que a restrição hídrica apresentou efeito negativo sobre as mudas, promovendo redução do acúmulo de massa seca em todos os órgãos (Figura 4), com exceção da raiz, que não apresentou diferença significativa. O turno de rega reduziu em 36% o acúmulo da massa seca das folhas, do caule e da parte aérea das plantas (Figura 4a, Figura 4b e Figura 4c). Além disso, houve diminuição na massa seca total em 31 e 34%, nos tratamentos 5D e 15D, respectivamente, quando comparado ao tratamento controle (ID) (Figura 4d).

**Figure 4.** Dry mass production of *M. rigida* seedlings at 120 DAE, as a function of watering schedule.

**Figura 4.** Produção de massa seca de mudas de *M. rigida* aos 120 DAE, em função do turno de rega.



Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si ( $p \leq 0,05$ ).

A razão *R/PA* (Figura 4e) aumentou com o aumento no intervalo das irrigações, indicando que as mudas de *M. rigida* submetidas ao estresse hídrico apresentaram a habilidade de inverter o padrão de desenvolvimento inicial, uma vez que a garantia de um sistema radicular bem desenvolvido é imprescindível para manutenção da absorção de água em condições de escassez.

Embora todos os parâmetros de crescimento da parte aérea das plantas de oiticica tenham sido afetados pelo turno de rega, a massa seca das raízes não apresentou redução quando submetida a estas condições de estresse.

O investimento elevado de fotoassimilados na formação das raízes dessa espécie mostra a importância deste órgão no armazenamento de nutrientes e água, principalmente, no período de escassez. Scalon et al. (2011), avaliando o estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), verificaram que a planta investiu maior quantidade de fotoassimilados para o desenvolvimento radicular em detrimento da parte aérea, entretanto, aos 83 dias, as mudas sob o mesmo nível de água, provavelmente, já não conseguiam realizar atividade fotossintética e produzir fotoassimilados necessários para a manutenção do crescimento, sendo 25% cv um nível restritivo para o crescimento da planta.

Essa maior alocação de fotoassimilados para as raízes na muda em condição de déficit hídrico sugere uma priorização do crescimento radicular, o que favorece a absorção de água e menor perda de água por transpiração (Taiz et al., 2017; Ilyas et al., 2021). Os padrões de partição de fotoassimilados podem variar em função da espécie, idade e condições climáticas a que são submetidas. Para Grime & Roderick Hunt (1975), esse padrão de inversão ocorre quando as mudas estão submetidas a uma condição em que a água e/ou os nutrientes estão limitando o seu crescimento, havendo então maior alocação de assimilados para as raízes, proporcionando assim maior crescimento destas.

O déficit hídrico é um dos principais fatores ambientais que interferem negativamente no crescimento e no desenvolvimento do vegetal, causando alterações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (Zobayed et al., 2007; Dias et al., 2019; Sousa et al., 2019; Lessa et al., 2019; Leite et al., 2020). Dentre tais modificações, está a desidratação do protoplasma, resultando na diminuição do volume celular e aumento da concentração de solutos, afetando negativamente o alongamento celular (Bhusal; Han; Yoon, 2019). Além disso, ocorre o fechamento dos estômatos e, como consequência, a diminuição da transpiração e da fotossíntese (Barbosa et al., 2022), resultando em prejuízos em aspectos como altura, diâmetro do caule, afetando o crescimento das plantas (Bhusal; Han; Yoon, 2019; Guirra et al., 2022).

Observou-se também que adubação potássica e turno de rega não exerceram efeito significativo na qualidade das mudas de *M. rigida*. Apesar de não ter ocorrido diferença significativa entre os tratamentos, a razão altura/diâmetro (*RAD*) das plantas variou de 5,99 a 8,14, valores estes que as caracterizam como mudas de alta qualidade. Segundo José et al. (2009), mudas de espécies florestais de alta qualidade devem apresentar *RAD* inferior a 10, e, quando essa exigência é atendida, as mudas tendem a apresentar maior sobrevivência em campo. De acordo com Carneiro (1995), a *RAD* demonstra um equilíbrio de crescimento, correlacionando dois parâmetros morfológicos importantes em apenas um, sendo observado que os menores valores desse índice estão relacionados com uma maior capacidade das mudas de se estabelecerem e sobreviverem após o plantio definitivo.

A constatação da alta qualidade das mudas de *M. rigida* fica ainda mais evidente quando observamos o *IQD*, em que, mesmo sem apresentar efeito significativo dos fatores estudados, os valores variaram entre 0,55 e 1,08. Para Hunt (1990), as mudas são consideradas de qualidade elevada quando apresentam valores de *IQD* acima de 0,20. Segundo Fonseca et al. (2002), o *IQD* é um bom indicador da qualidade das mudas, pois seu cálculo leva em consideração a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa das mudas e também os resultados de vários parâmetros importantes para avaliação da qualidade.



#### 4. Conclusão

Aumento no turno de rega afetou negativamente o crescimento e a produção de massa seca das mudas.

A adubação potássica não atenuou os efeitos negativos dos turnos de rega sobre o crescimento e a produção de massa seca das mudas de *M. rigida*.

A qualidade de mudas não foi afetada pelos fatores adubação potássica e turno de rega.

#### Referências

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ASENSIO, V.; DOMEQ, J. C.; NOUVELLON, Y.; LACLAU, J. P.; BOUILLET, L. I. J. P.; JORDAN-MEILLE, L.; LAVRES, J.; DELGADO-ROJAS, J.; GUILLEMOT, J.; ABREU-JUNIOR, C. H. Potassium fertilization increases hydraulic redistribution and water use efficiency for stemwood production in *Eucalyptus grandis* plantations. **Environment Experimental Botany**, v. 176, e104085, 2020.
- BARBOSA, A. S.; SOUSA, G. G.; FREIRE, M. H. C.; LEITE, K. N.; SILVA, F. D. B.; VIANA, T. V. A. Gas exchange and growth of peanut crop subjected to saline and water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 26, n. 8, p. 557-563, 2022.
- BATTIE-LACLAU, P.; DELGADO-ROJAS, J. S.; CHRISTINA, M.; NOUVELLON, Y.; BOUILLET, J. P.; PICCOLO, M. C.; MOREIRA, M. Z.; GONÇALVES, J. L. M.; ROUPSARD, O.; LACLAU, J. P. Potassium fertilization increases water-use efficiency for stem biomass production without affecting intrinsic water-use efficiency in *Eucalyptus grandis* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 364, p. 77-89, 2016.
- BATTIE-LACLAU, P.; LACLAU, J. P.; BERI, C.; MIETTON, L.; MUNIZ, M. R. A.; ARENQUE, B. C.; PICCOLO, M. C.; JORDAN-MEILLE, L.; BOUILLET, J. P.; NOUVELLON, Y. Photosynthetic and anatomical responses of *Eucalyptus grandis* leaves to potassium and sodium supply in a field experiment. **Plant, Cell & Environment**, v. 37, n. 1, p. 70-81, 2014.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003, 41 p.
- BHUSAL, N.; HAN, S.; YOON, T. Impact of drought stress on photosynthetic response, leaf water potential, and stem sap flow in two cultivars of bi-leader apple trees (*Malus × domestica* Borkh.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 246, p. 535-543, fev. 2019.
- 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 qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR; FUPEF; Campos: UNEF, 1995, 451 p.
- DIAS, M. S.; REIS, L. S.; LIMA, I. R. V.; ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, R. H. S.; ALMEIDA, C. A. C.; SILVA, V. M. Eficiência do uso da água pela cultura do amendoim sob diferentes lâminas de irrigação e formas de adubação. **Revista Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 15, n. 2, p. 72-83, 2019.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v.36, p.10-13, 1960.
- FASOLIN, J. P.; ZUCARELI, V.; CARBONIERI, J.; NAGASHIMA, G. T.; MORAIS, H.; CARAMORI, P. H.; MEDRI, M. E. Variação anatômica e fisiológica do amendoim (cultivar

IAPAR 25 Tição) cultivado sob diferentes regimes hídricos. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 8, n. 3, p. 92-104, 2019.

FIGUEIRÔA, M. F.; ALENCAR, D. C. B.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 1-14, 2004.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, É.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

FREITAS, A. G. S.; SOUSA, G. G.; SALES, J. R. S.; SILVA JUNIOR, F. B.; BARBOSA, A. S.; GUILHERME, J. M. S. Morfofisiologia da cultura do amendoim cultivado sob estresse salino e nutricional. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 15, p. 48-57, 2021.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas na fase de muda. **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 1-12, 1999.

GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; ROCHA, J. H. T.; BRANDANI, C. B.; HAKAMADA, R. Eucalypt plantation management in regions with water stress. **Southern Forests**, v. 79: p. 169–183, 2017.

GRIME, J. P.; HUNT, R. Relative Growth-Rate: Its Range and Adaptive Significance in a Local Flora. **Journal of Ecology**, Londres, v. 63, n. 2, p. 393–422, 1975.

GUIRRA, B. S.; SILVA, J. A.; LEAL, C. C. P.; TORRES, S. B.; SILVA, J. E. S. B.; GUIRRA, K. S.; PEREIRA, K. T. O. Growth and metabolism of *Pityrocarpa moniliformis* Benth. seedlings under water deficit. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 923-938, 2022.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990. Proceedings... **Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service**, Roseburg, p. 218-222, 1990.

ILYAS, M.; NISAR, M.; KHAN, m.; KHAN, N.; HAZRAT, A.; KHAN, A. H.; HAYAT, K.; FAHAD, S.; KHAN, A.; ULLAH, A. Drought tolerance strategies in plants: a mechanistic approach. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 40, p. 926-944, 2021.

JORDAN-MEILLE, L.; MARTINEAU, E.; BORNOT, Y.; LAVRES, J.; ABREU JUNIOR, C. H.; DOMEQ, J. C. How does water-stressed corn respond to potassium nutrition? A shoot-root scale approach study under controlled conditions. **Agriculture**, v. 8, p. 180-197, 2018.

JOSE, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Efeito do volume do tubete, tipo e dosagem de adubo na produção de mudas de aroeira (*Schinus terebenthifolia* Raddi). **Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 3, p. 73-86, 2009.

LEITE, M. S.; TORRES, S. B.; LEAL, C. C. P.; MATIAS, J. R.; BRITO, W. A. L.; AQUINO, G. S. M. Morphological and biochemical responses of *Poincianella pyramidalis* seedlings subjected to water restriction. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 4, p. 1-7, 2020.

LESSA, C. I. N.; SOUSA, G. G.; SOUSA, H. C.; SILVA JUNIOR, F. B.; SOUSA, J. T. M.; LACERDA, C. F. Influência da cobertura morta vegetal e da salinidade sobre as trocas gasosas de genótipos de amendoim. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 15, p. 88-96, 2021.

MARQUES, D. J.; BIANCHINI, H. C.; LOBATO, A. K. S.; SILVA, W. F. **Potassium fertilization in the production of vegetables and fruits**. In: Potassium-Improvement of quality in fruits and vegetables through hydroponic nutrient management. IntechOpen, p.118, 2018.

- MOURA, A. R.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, J. A. A.; LIMA, T. V. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob diferentes regimes hídricos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 345-354, 2016.
- 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.
- ODDO, E.; ABBATE, L.; INZERILLO, S.; CARIMI, F.; MOTISI, A.; SAJEVA, M.; NARDINI, A. Water relations of two Sicilian grapevine cultivars in response to potassium availability and drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 148, p. 282–290, 2020.
- 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, 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.
- SOUSA, H. C.; SOUSA, G. G.; LESSA, C. I. N.; LIMA, A. F. S., RIBEIRO, R. M. R.; RODRIGUES, F. H. C. Growth and gas exchange of corn under salt stress and nitrogen doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 25, n. 3, p. 174-181, 2021b.
- SOUSA, J. T. M.; SOUSA, G. G. SILVA, E. B.; SILVA JUNIOR, F. B.; VIANA, T. V. A. Physiological responses of peanut crops to irrigation with brackish waters and application of organo-mineral fertilizers. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 34, n. 3, p. 682-691, 2021a.
- SOUZA, M. V. P.; SOUSA, G. G.; SALES, J. R. S.; FREIRE, M. H. C.; SILVA, G. L.; VIANA, T. V. A. Saline water and biofertilizer from bovine and goat manure in the Lima bean crop. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 14, n. 3, e5672, 2019.
- SOUZA, N. S.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; SILVA, M. K. F.; OLIVEIRA, L. J. S.; MAIA, W. J. M. S.; SAUMA FILHO, M. Crescimento e desenvolvimento de plantas jovens de ipê-amarelo submetidas a diferentes regimes hídricos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.12, n.7, p.3108-3117, 2018.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre, 6. ed., 2017, 858 p.
- ZOBAYED, S. M. A.; AFREEN, F.; KOZAI, T. Phytochemical and physiological changes in the leaves of St. John's wort plants under a water stress condition. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, p. 109-116, 2007.

---

**Author contribution:**

Rosilvam Ramos Sousa: Conceituação, Curadoria de Dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Escrita – Primeira Redação;

Antonio Lucineudo de Oliveira Freire: Conceituação, Curadoria de Dados, Obtenção de Financiamento, Investigação, Metodologia, Validação, Escrita – Revisão e Edição, Supervisão, Administração do Projeto e Recursos;

**Financing source:**

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por garantir uma bolsa de estudos para o autor.

**Associate Editor**

Luciana da Silva Borges

---

ORIGINAL ARTICLE

