

Crescimento e qualidade de mudas de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr. (pau-jacaré) em resposta à adubação com potássio e enxofre

Marciel Leis Duarte^{1*} Haroldo Nogueira de Paiva² Alex Ferreira de Freitas³ Sebastião Martins Filho¹

¹Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Estatística – UFV, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, Viçosa, MG, Brasil

²Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal – UFV, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, Viçosa, MG, Brasil

³Actus Forest, Rua Dom Viçoso 125, Bom Jesus, Viçosa, MG, Brasil

Original Article

*Corresponding author:
marciel.duarte@ufv.br

Palavras-chave:

Nutrição de Plantas

Fertilização Mineral

Espécies Florestais Nativas

Viveiro

Keyword:

Plant nutrition

Mineral fertilization

Native forest species

Nursery

Received in
2022/06/21

Accepted on
2023/02/06

Published in
2023/03/31



DOI:
<http://dx.doi.org/10.34062/af.s.v10i1.14020>

RESUMO: Em um programa de recomposição florística, o conhecimento das exigências nutricionais das espécies arbóreas é de grande importância na recomendação adequada de fertilizantes no viveiro, uma vez que proporciona mudas de boa qualidade, refletindo maior potencial de sobrevivência e crescimento após o plantio. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de potássio (K) e enxofre (S) sobre o crescimento de mudas de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr. (pau-jacaré), para determinar a dose ótima destes nutrientes. Foi conduzido um experimento utilizando vasos de polietileno rígido com 1,5 dm³ de capacidade e como substrato um Latossolo Vermelho-Amarelo. Utilizou-se como tratamentos sete doses de K (0; 50; 100; 150; 200; 250 e 300 mg.dm⁻³) combinadas com cinco doses de S (0, 20, 40, 60 e 80 mg.dm⁻³), as quais foram parceladas em quatro aplicações: 20, 41, 62 e 83 dias após a repicagem. Após 115 dias da repicagem foram avaliados dados de altura, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea e de raiz. A análise de variância apresentou interação significativa para as doses K e S, para todas as características avaliadas exceto para a altura da parte aérea e esta interação foi estudada por meio da metodologia da superfície de resposta. Diante dos resultados obtidos, recomenda-se para produção de mudas de pau-jacaré a aplicação de 160 mg.dm⁻³ de K e 55 mg dm⁻³ de S, parceladas ao 20, 41, 62 e 83 dias após a repicagem.

Growth and quality of seedlings of *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr. (pau-jacaré) in response to potassium and sulfur fertilization

ABSTRACT: In a floristic recomposition program, knowledge of the nutritional requirements of tree species is of great importance in the adequate recommendation of fertilizers in the nursery, since it provides good quality seedlings, reflecting the greater potential for survival and growth after planting. The objective of this work was to evaluate the effect of potassium (K) and sulfur (S) doses on the growth and biomass of seedlings *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr. (pau-jacaré), to determine the optimal doses of these nutrients. An experiment was carried out using rigid polyethylene pots with a capacity of 1.5 dm³ and Red-Yellow Latosol soil. Treatments consisted of seven K rates (0, 50, 100, 150, 200, 250, and 300 mg.dm⁻³) combined with five rates of S (0, 20, 40, 60, and 80 mg dm⁻³), split into four applications: 20, 41, 62 and 83 days after transplanting. After 115 days of transplanting, were measured the shoot height, collar diameter, aerial and root dry weight. The analysis of variance showed a significant interaction for K and S doses for all evaluated characteristics except for shoot height, and this interaction was studied using the response surface methodology. Based on these results, the application of 160 mg.dm⁻³ of K and 55 mg.dm⁻³ of S splitted four times (20, 41, 62 and 83 days after transplanting) was recommended for pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) seedlings.

Introdução

Pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.) é uma espécie nativa do Brasil pertencente à família Fabaceae, considerada importante nos reflorestamentos mistos destinados à recomposição de áreas degradadas (Lorenzi, 2020). Possui rápido crescimento, atingindo até 25 m³.ha⁻¹ aos 8 anos, com previsão para rotação de 6-7 anos para lenha e carvão e 15 anos para madeira de serraria (Carvalho, 2010)

Em um programa de recomposição florística, o conhecimento das exigências nutricionais das espécies arbóreas é de grande importância na recomendação adequada de fertilizantes no viveiro, uma vez que proporciona mudas de boa qualidade, refletindo maior potencial de sobrevivência e crescimento após o plantio, e como consequência, queda nas taxas de replantio e tratos culturais (Grossnickle, 2012; Grossnickle e MacDonald, 2018). Além disso, algumas práticas como o uso de sementes com qualidade superior, juntamente com técnicas de implantação adequadas também são importantes para o sucesso dos programas de reflorestamento.

Para as espécies florestais nativas, devido à diferentes demandas nutricionais e ampla diversidade genética, não há como definir um padrão de fertilização que satisfaça as exigências de todas as espécies, evidenciando a necessidade de programas específicos para este fim (Reis et al. 2012). Sobretudo, durante o seu crescimento inicial.

Respostas positivas à aplicação de macronutrientes têm sido registradas para várias espécies florestais nativas, por diversos autores, *Anadenanthera macrocarpa* (Gonçalves et al. 2008); *Dalbergia nigra* (Gonçalves et al. 2014a, b); *Mimosa caesalpiniaefolia* (Gonçalves et al. 2010) *Peltophorum dubium* (Cruz et al. 2011b; 2012); *Senna macranthera* (Cruz et al. 2011a).

A dose ótima de um nutriente para determinada espécie florestal não é necessariamente a dose ideal para outras espécies e em alguns casos pode mesmo promover o decréscimo da taxa de crescimento (Reis et al. 2012; Duarte et al. 2015). Isto é evidenciado pelas espécies *Stenolobium stans*, *Guazuma ulmifolia*, *Trema micrantha* (Silva et al. 1997), *Mimosa tenuiflora* (Fernández et al. 1996), que apresentaram respostas positivas à adubação potássica, oposto ao encontrado para *Acacia auriculiformis* (Balieiro et al. 2001) na qual a adição deste nutriente reduziu o crescimento inicial.

Estas mesmas diferenças de comportamento foram observadas em relação à adubação com enxofre, em que *Apuleia leiocarpa* (Missio et al. 2004), *Mimosa tenuiflora* (Fernández et al. 1996), *Acacia holosericea* (Balieiro et al. 2001) responderam de forma positivas à adição de S, diferente do encontrado para *Acacia auriculiformis* (Balieiro et al. 2001), que resultou em respostas

negativas, para todas as características de crescimento analisadas.

Ao analisar o efeito de fontes e doses de nitrogênio em mudas de *Piptadenia gonoacantha*, Marques et al. (2009) verificaram que as melhores doses foram próximo a 200 mg.dm⁻³ de N e que dentre as fontes testadas (nitrato de cálcio, sulfato de amônio e nitrato de amônio) o sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄) foi a que proporcionou melhores resultados. Resultados semelhantes foram encontrados por Marques et al. (2006a, b) estudando o efeito de doses de N no crescimento de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex. Benth *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth., da família Fabaceae.

Considerando que o sulfato de amônio possui de 22 a 24 % de S, acredita-se que este fertilizante nitrogenado se destaca dos demais por possuir quantidade significativa de S, sendo este nutriente importante para o crescimento e qualidade de mudas de espécies da família Fabaceae, pois participa na produção de aminoácidos, proteínas, clorofila, componente de vitaminas e de alguns hormônios na planta (Dechen & Nachtigall, 2007). Já o potássio é o cátion mais abundante na planta, tem importante função no estado energético, na translocação, armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos vegetais (Zahoor et al. 2017).

Plantas deficientes em potássio têm turgidez reduzida e, sob deficiência de água, tornam-se flácidas, bem como têm reduzida a sua resistência à seca, e em algumas espécies, as raízes podem se tornar mais susceptíveis a fungos da podridão radicular presentes no solo (Taiz & Zeiger, 2017). De acordo com estes autores a deficiência em enxofre causa redução do teor de clorofila nas plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito e as doses ótimas de potássio e de enxofre sobre o crescimento de mudas de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr. (pau-jacaré).

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em viveiro florestal, situado nas coordenadas 20° 45' S e 42° 55' W na Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil, apresentando um clima classificado como tropical de altitude, com verões chuvosos e invernos frios e secos, do tipo Cwb, de acordo com a classificação de Köppen, e uma precipitação média anual de 1.221 mm.

Para realização do estudo foram utilizadas como substrato amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), conforme classificação Embrapa (2006), retiradas da camada entre 0,2 a 0,5 m de profundidade. Posteriormente, este solo foi seco ao ar, peneirado e caracterizado química (Tabela 1) e fisicamente (570 g.Kg⁻¹ de argila, 110 g.Kg⁻¹ de silte, 190 g.Kg⁻¹ de areia grossa e 130 g.Kg⁻¹ de areia fina).

As amostras de solo tiveram sua acidez corrigida com a aplicação de corretivos na forma de

CaCO₃ e MgCO₃, na relação estequiométrica de 4:1, elevando a saturação por bases à 60%, conforme preconizado por Souza et al. (2008). A incubação foi realizada por um período de 30 dias, com umidade mantida próxima à capacidade de campo.

A espécie utilizada foi *Piptadenia gonoacantha* (pau-jacaré), cujas sementes foram coletadas de árvores matrizes, localizadas na região de Viçosa-MG. Estas foram colocadas para germinar em bandejas, com areia lavada como substrato.

Adotou-se um esquema fatorial 7 x 5, envolvendo a combinação de sete doses de potássio (0; 50; 100; 150; 200; 250 e 300 mg.dm⁻³ de K, utilizando como fonte KCl), com cinco doses de enxofre (0, 20, 40, 60 e 80 mg.dm⁻³ de S, utilizando como fonte sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄), disposto no delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. As doses de K e S foram parceladas em quatro aplicações: 20, 41, 62, 83 dias após a repicagem. A unidade experimental foi composta por um vaso com capacidade de 1,5 dm³.

Após o período de incubação com o calcário, o solo foi colocado nos vasos, e recebeu adubação básica com macronutrientes, via solução, nas doses de 300 mg.dm⁻³ de P, tendo como fonte, NaH₂PO₄.H₂O e 200 mg.dm⁻³ de N (parcelada em 4 aplicações) conforme sugerido por Passos (1994). Parte do N foi fornecido por meio do (NH₄)₂SO₄ que foi a fonte de S. A quantidade necessária para completar os 200 mg.dm⁻³ foi fornecida por meio do NH₄NO₃. Foi utilizada também uma solução de micronutrientes, nas doses de 0,81 mg.dm⁻³ de B (H₃BO₃), 1,33 mg.dm⁻³ de Cu (CuSO₄.5H₂O), 0,15 mg.dm⁻³ de Mo [(NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O], 3,66 mg.dm⁻³ de Mn (MnCl₂.H₂O) e 4,0 mg.dm⁻³ de Zn (ZnSO₄.7H₂O) (Alvarez et al. 2006).

Foram repicadas duas mudas por vaso e mantidas na casa de sombra (sombrite 50%) por um período de 10 dias, sendo posteriormente levadas para casa de vegetação. Foi efetuado desbaste aos 20 dias após a repicagem das mudas, deixando uma planta por recipiente.

Os vasos foram irrigados periodicamente de forma a manter o solo com cerca de 60% da capacidade de campo até o final do experimento.

Cento e quinze dias após a repicagem foram avaliados a altura (H) e o diâmetro do coleto (DC) das mudas, utilizando para isto uma régua graduada em centímetros e um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, respectivamente. Logo após a tomada dos valores de altura e do diâmetro do coleto, as plantas foram colhidas e separadas em parte aérea e raízes, sendo estas lavadas em água corrente com auxílio de uma peneira de malha fina, e ambas colocadas em estufa de circulação de ar a 65 °C até peso constante.

Após o período de secagem na estufa, as partes das mudas foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01g, para se obter os valores de massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e total (MST).

Os dados foram analisados estatisticamente por meio da análise de variância e superfície de resposta, utilizando o *software* R (R Development Core Team, 2022). Para a escolha das equações de regressão da superfície de resposta foi considerada a significância dos coeficientes da regressão, o coeficiente de determinação (R²) e também o realismo biológico. A partir das equações de regressão, foram estimadas as doses ótimas de K e S para obter a produção máxima.

Tabela 1. Análise química das amostras de solos utilizadas na produção das mudas antes da aplicação dos tratamentos.

Solo	pH H ₂ O	P	K	S	Ca ²⁺ Mg ²⁺ Al ³⁺			H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	M.O
					mg.dm ⁻³									
LVA	4,79	0,7	6	15	0,11	0,01	0,92	3,9	0,14	1,06	4,04	3,5	86,8	1,66

pH em água - Relação 1:2,5; P e K - Extrator Mehlich 1; CTC (t) - Capacidade de Toca Catiônica Efetiva; CTC (T) - Capacidade de troca catiônica (pH 7,0); Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - Extrator KCl 1 mol.L⁻¹; H+ Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol.L⁻¹ - pH 7,0; S - Extrator Acetato - Fosfato monocálcico em ácido acético; SB - Soma de bases trocáveis; V - Índice de Saturação por bases; MO - C. Org x 1,724 - Método Walkley-Black; m - Saturação por alumínio.

Resultados e Discussão

A análise de variância dos dados coletados apresentou significância estatística ($p < 0,05$) para a interação entre as doses de K e S, para todas as características avaliadas exceto para a altura da parte aérea. Desta forma, esta interação significativa foi desdobrada e estudada com a metodologia da superfície de resposta.

A interação significativa entre as doses de K e S também foram verificadas por Reis et al. (2012)

e Duarte et al. (2015) em seus estudos com mudas de *Dalbergia nigra* e *Platymenia foliolosa*, igualmente pertencentes à família Fabacea. Estes autores observaram que à medida que se aumentou a disponibilização de S no solo, ocorreu maior demanda de K pelas mudas e maior crescimento.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios das características morfológicas estudadas.

Tabela 2. Valores médios da altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST), para mudas de pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.) em função das doses de K e S, avaliadas aos 115 dias após a repicagem.

K (mg.dm ⁻³)	S (mg.dm ⁻³)	H (cm)	DC (mm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)
0	0	17,53	3,84	1,29	0,37	1,66
	20	25,13	3,49	1,41	0,42	1,83
	40	28,43	3,44	2,23	0,67	2,90
	60	31,58	4,53	2,73	1,18	3,90
	80	28,58	4,19	2,31	0,95	3,26
50	0	16,80	2,81	0,49	0,21	0,69
	20	31,63	4,30	1,18	0,84	2,02
	40	34,43	4,54	1,63	0,81	2,44
	60	35,70	4,05	1,94	0,95	2,88
	80	26,80	4,31	3,19	1,12	4,31
100	0	25,13	4,09	1,70	0,68	2,38
	20	35,63	4,97	3,04	1,23	4,27
	40	35,13	5,40	3,59	1,36	4,94
	60	30,75	4,45	2,83	1,03	3,86
	80	32,70	4,36	3,02	1,33	4,35
150	0	16,63	2,94	0,94	0,33	1,27
	20	34,30	4,44	2,62	0,88	3,50
	40	40,90	5,79	4,48	1,46	5,94
	60	41,20	5,81	4,43	1,99	6,42
	80	41,23	6,47	5,58	2,78	8,36
200	0	24,97	4,44	2,08	0,75	2,84
	20	27,60	4,24	2,00	0,71	2,71
	40	36,68	4,98	2,96	1,40	4,36
	60	27,90	3,72	3,17	1,30	4,47
	80	18,50	3,29	1,08	0,35	1,43
250	0	20,38	3,33	1,43	0,53	1,96
	20	25,63	4,32	2,21	0,58	2,79
	40	43,50	5,64	4,67	2,21	6,88
	60	35,13	4,73	2,77	1,36	4,13
	80	24,05	3,45	1,35	0,53	1,88
300	0	19,53	3,76	1,26	0,43	1,69
	20	29,38	4,38	2,37	1,15	3,51
	40	39,88	5,80	4,25	1,89	6,13
	60	36,50	5,04	3,80	1,51	5,31
	80	35,38	5,30	2,41	1,01	3,42

A altura da parte aérea é uma característica de fácil determinação, não é um método destrutivo, além de sua medição ser muito simples, e, portanto, sempre foi utilizada com eficiência para estimar o padrão de qualidade de mudas nos viveiros (Gomes e Paiva, 2013). Ausência de respostas a adubação sobre o crescimento em altura também foram observadas em mudas de *Anadenanthera macrocarpa* e *Mimosa caesalpiniaefolia* (Gonçalves et al. 2008; 2010) para o K, assim como mudas de

Peltophorum dubium (Cruz et al. 2011b) e *Acacia auriculiformis* (Baleiro et al. 2001) para o S.

Resultados contrários foram encontrados com mudas de *Senna macranthera* e *Dalbergia nigra*, que responderam positivamente à aplicação de potássio (Cruz et al. 2011a; Reis et al. 1997). Resultados semelhantes também foram observadas em mudas de *Acacia holosericea* e *Mimosa caesalpiniaefolia* (Baleiro et al. 2001; Gonçalves et al. 2010) com a aplicação de enxofre.

De acordo com Souza et al. (2006), a avaliação do diâmetro do coleto é de fundamental importância na avaliação do potencial da muda para sobrevivência e crescimento após o plantio. Esta característica é considerada o melhor atributo morfológico para prever o crescimento futuro, porque está correlacionado com o peso da muda e o tamanho do sistema radicular (Grossnickle & MacDonald, 2018). No presente trabalho a superfície de resposta possibilitou estimar as doses ótimas de 197 mg.dm⁻³ de K e 46 mg.dm⁻³ de S, obtendo um valor máximo de 4,92 mm para o diâmetro (Figura 1A), com a equação de regressão $\hat{Y}_i = 3,358278 + 0,0072612 * K - 0,000014011 * K^2 + 0,037457 * S - 0,00032761 * S^2 - 0,000038262 * (K * S)$ e R² = 0,70.

Gonçalves et al. (2008) e Reis et al. (1997), verificaram efeito positivo da aplicação de potássio sobre o crescimento em diâmetro de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* e *Dalbergia nigra*. No entanto, Balieiro et al. (2001) observaram que para *Acacia auriculiformis* e *Acacia holosericea* o crescimento em diâmetro não foi afetado pela aplicação de K.

Quando foi analisada a massa seca da parte aérea, a superfície de resposta possibilitou estimar as doses ótimas de 159 mg.dm⁻³ de K e 52 mg.dm⁻³ de S, proporcionando um valor máximo de 3,25 g (Figura 1B), com a equação de regressão $\hat{Y}_i = 1,033041 + 0,0122600 * K - 0,000027053 * K^2 + 0,047538 * S - 0,00034781 * S^2 - 0,000069922 * (K * S)$ e R² = 0,79.

Resultados semelhantes foram encontrados por Cruz et al. (2011c) com mudas de *Peltophorum dubium* no qual obtiveram doses ótimas de 147,5 mg.dm⁻³ de potássio e de 53 mg.dm⁻³ de enxofre, e valor máximo de 3,44 g da massa seca da parte aérea.

Discordando dos resultados encontrados neste estudo, Gonçalves et al. (2010) observaram para *Mimosa caesalpiniaefolia*, respostas negativas a adubação potássica para massa seca da parte aérea. Cruz et al. (2012) estudando a espécie *Peltophorum dubium*, também não encontraram respostas significativas para a adubação com enxofre, para essa mesma característica.

O peso máximo de massa seca das raízes foi estimado em 1,33 g para as doses ótimas de 136 mg.dm⁻³ de K e 72 mg.dm⁻³ de S (Figura 1C), com a equação de regressão $\hat{Y}_i = 0,297234 + 0,0059445 * K - 0,000011692 * K^2 + 0,017384 * S - 0,00008453 * S^2 - 0,000038523 * (K * S)$ e R² = 0,71.

A adubação de potássio e enxofre promoveu maior desenvolvimento do sistema radicular das mudas de pau-jacaré, o que possibilita melhores condições para aquisição de nutrientes e água por parte das mudas. Desta forma, em condições de escassez temporária dos recursos, a espécie poderá suportar, por um maior período de tempo, as

possíveis dificuldades encontradas em campo (Reis et al., 2012).

Corroborando com o resultado encontrado neste trabalho, a adição de K e S promoveu aumento da massa seca de raiz em mudas de *Senna macranthera* e *Dalbergia nigra* (Cruz et al. 2011a; Reis et al. 2012). Entretanto, Duboc et al. (1996) observaram que em mudas de *Copaifera langsdorffii* cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo, a omissão desses nutrientes ocasionou maior peso de massa seca das raízes.

Semelhante ao observado para massa seca da parte aérea e massa seca de raiz, neste trabalho, a massa seca total respondeu a adubação com potássio e enxofre. A superfície de resposta possibilitou estimar a dose ótima de 158 mg.dm⁻³ de K e 55 mg.dm⁻³ de S, com uma produção total de 4,56 g (Figura 1D), com a equação de regressão $\hat{Y}_i = 1,330275 + 0,0182050 * K - 0,000038749 * K^2 + 0,064922 * S - 0,00043251 * S^2 - 0,000108430 * (K * S)$ e R² = 0,79. Essas doses foram superiores às encontradas por Reis et al. (2012) para mudas de *Dalbergia nigra*, onde as doses críticas foram de 30 mg.dm⁻³ para potássio e enxofre.

A produção de biomassa é uma característica que reflete a fotossíntese líquida da planta (Gomes e Paiva, 2013) e a adubação potássica leva ao aumento desta atividade, pois estimula a ativação de inúmeras enzimas envolvidas nos processos bioquímicos e fisiológicos, promovendo a turgescência e o alongamento celular, o que influencia no crescimento e metabolismo das plantas (Costa et al. 2021).

As características morfológicas são consideradas bons preditivos do desenvolvimento das mudas, quando inseridas em campo. No entanto, as respostas destas características podem ser influenciadas pelas doses de K e S de forma distinta para cada espécie e grupos ecológicos sucessionais.

De acordo com Gonçalves et al. (2000), espécies dos estágios iniciais de sucessão têm maiores taxas de crescimento e, conseqüentemente, maiores demandas por nutrientes e capacidade de absorção. As mudas de *Piptadenia gonoacantha* apresentaram demanda nutricional de K e S próximas às de mudas de *Peltophorum dubium* (Cruz et al. 2011a) e *Plathymenia foliolosa* (Duarte et al. 2015), que são espécies pioneiras e secundária inicial, respectivamente. Estas demandas são superiores às de mudas de *Dalbergia nigra* (Reis et al. 2012) que é uma espécie secundária tardia e *Copaifera langsdorffii* (Silva et al. 1997) espécie clímax.

Os resultados mostraram que o pau-jacaré é uma espécie exigente em K e S e esta exigência pode ser consequência da sua maior taxa de crescimento inicial. A dose ótima recomendada foi a aplicação de 160 mg.dm⁻³ de K e 55 mg.dm⁻³ de S, parceladas ao 20, 41, 62 e 83 dias após a repicagem.

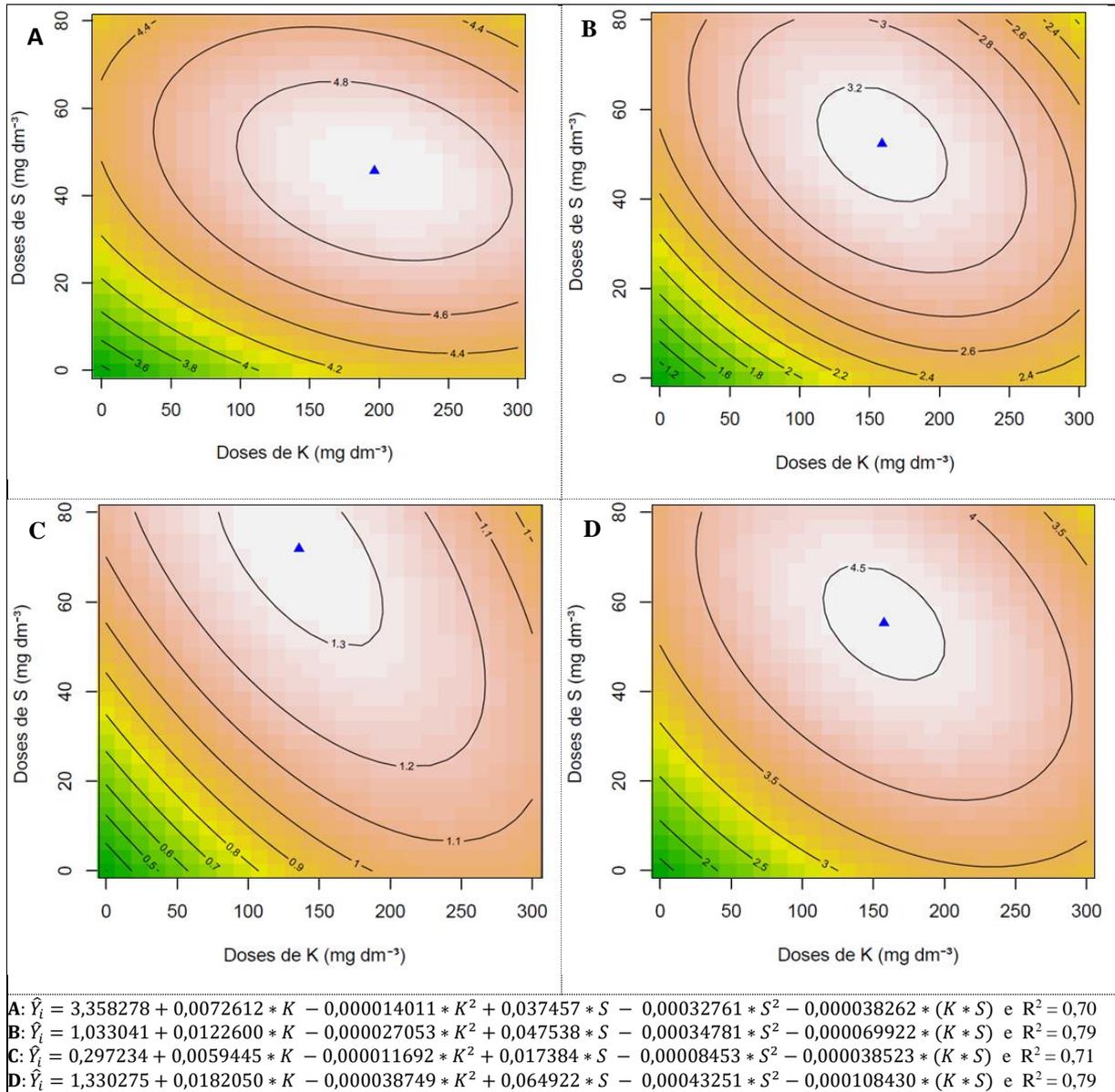


Figura 1. Mapas das isoquantas de superfície de resposta relativas ao diâmetro do coleto (A), a massa seca da parte aérea (B), a massa seca de raiz (C) e massa seca total (D) de mudas de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr. aos 115 dias após a repicagem, em resposta a doses de K e S, com $p < 0,05$. ▲ - Ponto ótimo das doses dos nutrientes estudados.

Conclusão

O crescimento das mudas de pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) responderam positivamente às doses de K e S. Recomenda-se para a produção de mudas desta espécie cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo, considerando a produção de massa seca total, a aplicação de 160 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ de potássio e 55 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ de enxofre, parceladas aos 20, 41, 62 e 83 dias após a repicagem.

Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão de bolsa de iniciação científica e produtividade em pesquisa.

Referências

Alvarez VVH, Dias LE, Leite PB, Souza RB, Ribeiro Junior S (2006). Poda de raízes e adubação para crescimento do cafeeiro cultivado em colunas de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa-MG, 30(1), p.111-119. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000100012>

Balieiro FC, Oliveira IG, Dias LE (2001). Formação de mudas de *Acacia holosericeae* *Acacia auriculiformis*: Resposta à calagem, fósforo, potássio e enxofre. *Revista Árvore*, v.25, n.2, p.183-191.

- Carvalho PER (2010). *Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira*. Colombo: Embrapa - CNPF; Brasília: Embrapa - SPI, 640p.
- Costa AM, Carlos L, Silva PO, Menezes-Silva PE, Alves JM, Cavalcante TJ, Dias JS (2021). Morphophysiological responses of *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne seedlings submitted to potassium fertilization. *Ciência Florestal*, v. 31, n. 3, p. 1427-1443. <https://doi.org/10.5902/1980509842754>
- Cruz CAF, Paiva HN, Neves JCL, Cunha ACMCM (2011a). Resposta de mudas de *Senna macranthera* cultivadas em Argissolo Vermelho-Amarelo a macronutrientes. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.21, n. 1, p.63-76. <https://doi.org/10.5902/198050982748>
- Cruz CAF, Cunha ACMCM, Paiva HN, Neves JCL (2011b). Efeito de macronutrientes sobre o crescimento e qualidade de mudas de canafístula cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. *Revista Árvore*, 35, p.983-995. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000600004>
- Cruz CAF, Paiva HN, Cunha ACMCM, Neves JCL (2011c). Macronutrientes na produção de mudas de canafístula em Argissolo vermelho amarelo da região da zona da mata, mg. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 445-457. <https://doi.org/10.5902/198050983802>
- Cruz CAF, Paiva HN, Cunha ACMCM, Neves JCL (2012). Produção de mudas de canafístula em latossolo vermelho amarelo álico em resposta a macronutrientes. *Revista Cerne*, Lavras, 18(1), p.87-98. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000100011>
- Dechen AR, Nachtigall GR (2007). Elementos requeridos á nutrição de plantas. In: Novais, R.F.; Alvarez V., V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 91-132.
- Duarte ML, Paiva HN, Alves MO, Freitas AF, Maia FF, Goulart LML (2015). Crescimento e qualidade de mudas de vinhático (*Platymenia foliolosa* Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. *Ciência Florestal*, 25(1), p.221-229. <https://doi.org/10.1590/1980-509820152505221>
- Duboc E, Venturin N, Davide AC, Vale FR (1996). Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo Copaíba). *Revista Cerne*, v. 2, n. 2, p. 1-17.
- Embrapa (2006). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 306 p.
- Fernández JQ, Ruivo MLP, Dias LE, Costa JPV, Dias RR (1996). Crescimento de mudas de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de calagem e doses de fósforo, potássio e enxofre. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 20, n. 4, p. 425-431.
- Gomes JM, Paiva HN (2013) - *Viveiros Florestais: propagação sexuada*. Viçosa: UFV, 116p.
- Gonçalves JDM, Santarelli EG, Moraes Neto SD, Manara MP (2000). Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: Gonçalves, J. L. de M. & Benedeti, V. (Eds.) *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, p. 309-350.
- Gonçalves EO, Paiva HN, Neves JCL, Gomes JM (2008). Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan.) sob diferentes doses de macronutrientes. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 32(6), p.1029-1040. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000600008>
- Gonçalves EO, Paiva HN, Neves JCL, Gomes JM (2010). Crescimento de mudas de sanção-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) sob diferentes doses de macronutrientes. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, 38(88), p.599-609. <https://doi.org/10.5902/198050989274>
- Gonçalves EO, Paiva HN, Neves JCL, Klippel VH, Caldeira, MVW (2014a). Crescimento de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth sob diferentes doses de cálcio, magnésio e enxofre. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.38, n.2, p.251-260. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000200005>
- Gonçalves EO, Paiva HN, Neves JCL, Klippel VH, Caldeira, MVW (2014b). Crescimento de Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth)) sob diferentes doses de NPK. *Cerne*. 2014, v. 20, n. 3 <https://doi.org/10.1590/01047760201420031220>.
- Grossnickle SC (2012). Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests*, 43, 711–738. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9336-6>
- Grossnickle SC, MacDonald JE (2018). Why seedlings grow: influence of plant attributes. *New Forests*, 49, 1–34. <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9606-4>
- Lorenzi H (2020). *Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas*

do Brasil. 8. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum. v.1, 384p.

Marques VB, Paiva HN, Gomes JM, Neves JCL, Bernardino DCS (2006a). Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de jacarandá-de-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex. Benth.). *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 30(5). <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000500006>

Marques VB, Paiva HN, Gomes JM, Neves JCL (2006b). Efeitos de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). *Scientia Forestalis*, Piracicaba, 71, 77-85.

Marques LS, Paiva HN, Neves JCL, Gomes JM, Souza PH (2009). Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* J.F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes de nitrogênio. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 33(1), p.81-92. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000100009>

Missio EL, Nicoloso FT, Oliveira G, Sartori J (2004). Exigências nutricionais da grábia ao fósforo e enxofre em Argissolo Vermelho distrófico arênico: Efeito da adubação no crescimento. *Ciência Rural*, Sana Maria, v. 34, n. 4, p. 1051-1057. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000400013>

Passos MAA - *Efeito da calagem e de fósforo no crescimento inicial da algaroba (Prosopis juliflora (SW) DC)*. 1994. 57f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG.

R Core Team. (2022) - A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. Available at: <http://www.r-project.org>

Reis MGF, Reis GG, Leles PSS, Neves JCL, Garcia NCP (1997). Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (Jacarandá-da-Bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento. *Revista Árvore*, Viçosa, v.21, n.4, p.463-471.

Reis BE, Paiva HN, Barros TC, Ferreira AL, Cardoso WC (2012). Crescimento e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 22, n. 2, abr.-jun. <http://dx.doi.org/10.5902/198050985746>

Silva IR, Furtini Neto AE, Curi Nilton, Vale FR (1997). Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 32, n. 2, p.

205-212. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-3921.pab1997.v32.4626>

Souza CAM, Oliveira RB, Martins Filho S, Lima JSS (2006). Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. *Ciência Florestal*, v.16, n.3, p.243-249. <https://doi.org/10.5902/198050981905>

Souza PH, Paiva HN, Neves JCL, Gomes JM, Marques LS (2008). Influência da saturação por bases do substrato no crescimento e qualidade de mudas de *Machaerium nictitans* (Vell.) Benth. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 32(2), p.193-201. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000200001>

Taiz L, Zeiger E, Moller IM, Murphy A (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. 888 p.

Zahoor R, Zhao W, Abid M, Dong H, Zhou Z (2017). Potassium application regulates nitrogen metabolism and osmotic adjustment in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) functional leaf under drought stress. *Journal of Plant Physiology*, Stuttgart, v. 215, n. 1, p. 30-38. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.05.001>