



Ecofisiologia e Nutrição de Espécies Frutíferas e Arbóreas

Cleberton Correia Santos
Silvana de Paula Quintão Scalon
Organizadores



2020

Cleberton Correia Santos
Silvana de Paula Quintão Scalon
Organizadores

ECOFISIOLOGIA E NUTRIÇÃO DE
ESPÉCIES FRUTÍFERAS E ARBÓREAS



Pantanal Editora

2020

Copyright© Pantanal Editora
Copyright do Texto© 2020 Os Autores
Copyright da Edição© 2020 Pantanal Editora
Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo
Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera
Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora

Edição de Arte: A editora. Imagens de capa e contra-capa: Canva.com

Revisão: Os autor(es), organizador(es) e a editora

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – OAB/PB
- Profa. Msc. Adriana Flávia Neu – Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
- Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – IF SUDESTE MG
- Profa. Msc. Aris Verdecia Peña – Facultad de Medicina (Cuba)
- Profa. Arisleidis Chapman Verdecia – ISCM (Cuba)
- Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo - UEA
- Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu – UNEMAT
- Prof. Dr. Carlos Nick – UFV
- Prof. Dr. Claudio Silveira Maia – AJES
- Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – UFGD
- Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva – UEMS
- Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos – IFPA
- Prof. Msc. David Chacon Alvarez – UNICENTRO
- Prof. Dr. Denis Silva Nogueira – IFMT
- Profa. Dra. Denise Silva Nogueira – UFMG
- Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão – URCA
- Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves – ISEPAM-FAETEC
- Prof. Me. Ernane Rosa Martins – IFG
- Prof. Dr. Fábio Steiner – UEMS
- Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez (Colômbia)
- Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles – UNAM (Peru)
- Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira – IFRR
- Prof. Msc. Javier Revilla Armesto – UCG (México)
- Prof. Msc. João Camilo Sevilla – Mun. Rio de Janeiro
- Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales – UNMSM (Peru)
- Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski – UFMT
- Prof. Msc. Lucas R. Oliveira – Mun. de Chap. do Sul
- Prof. Dr. Leandris Argentele-Martínez – Tec-NM (México)
- Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan – Consultório em Santa Maria
- Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior – UEG
- Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla – UNAM (Peru)
- Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira – SEDUC/PA
- Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira – IFPA
- Profa. Dra. Patrícia Maurer
- Profa. Msc. Queila Pahim da Silva – IFB
- Prof. Dr. Rafael Chapman Auty – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke – UFMS
- Prof. Dr. Raphael Reis da Silva – UFPI

- Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo – UEMA
- Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca – UFPI
- Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira – FURG
- Profa. Dra. Yilan Fung Boix – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Esp. Camila Alves Pereira
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E19	<p>Ecofisiologia e nutrição de espécies frutíferas e arbóreas [recurso eletrônico / Organizadores Cleberton Correia Santos, Silvana de Paula Quintão Scalon. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2020. 150p.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-88319-31-4 DOI https://doi.org/10.46420/9786588319314</p> <p>1. Adubação fosfatada. 2. Ecofisiologia vegetal. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Santos, Cleberton Correia. II. Scalon, Silvana de Paula Quintão. CDD 581.7</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

O conteúdo dos e-books e capítulos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do(s) autor (es) e não representam necessariamente a opinião da Pantanal Editora. Os e-books e/ou capítulos foram previamente submetidos à avaliação pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação. O download e o compartilhamento das obras são permitidos desde que sejam citadas devidamente, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais, exceto se houver autorização por escrito dos autores de cada capítulo ou e-book com a anuência dos editores da Pantanal Editora.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000. Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
 Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

APRESENTAÇÃO

O livro “Ecofisiologia e Nutrição de Espécies Frutíferas e Arbóreas” apresenta, em seus dez capítulos, informações provenientes de revisão de literatura e trabalhos técnicos científicos com intuito de fortalecer o conhecimento sobre as respostas morfofisiológicas de espécies de interesse da cadeia produtiva da fruticultura e silvicultura.

O padrão da biodiversidade em diferentes fitofisionomias em áreas florestais, especialmente nativas, tem reduzido em função de diversas práticas desordenadas, as quais são provenientes da ação antrópica realizada de maneira intensiva sobre os recursos naturais renováveis. Além disso, a exploração dos recursos fitogenéticos de maneira extrativista, não amigável, é um agravante que pode implicar na extinção de muitas espécies, que além dos serviços ecossistêmicos gerados, também possuem propriedades medicinais e alimentícias promissoras para sua agregação de valor em bioprocessos.

Em função das alterações na ecologia da paisagem e de práticas inadequadas nos agroecossistemas, mudanças ambientais tem ocorrido constantemente no Mundo, refletindo em aumento pronunciado da temperatura, irregularidade de precipitações ou inundações temporárias em algumas regiões, podendo afetar drasticamente tanto as fruteiras de interesse comercial tradicionalmente cultivadas, bem como das espécies nativas e essências florestais.

Portanto, o conhecimento acerca das respostas ecofisiológicas e de crescimento em função dos fatores abióticos, tal como água, luz, e da nutrição mineral de plantas, bem como às tecnologias biológicas no solo e de mitigação do estresse são imprescindíveis para obtenção de mudas de elevada qualidade, as quais podem ser inseridas em áreas em processo de recuperação ambiental, enriquecimento de matas nativas ou sistemas integrados de produção e pomares comerciais.

Assim, os capítulos apresentados são constituídos de resultados de pesquisa de trabalhos sobre os efeitos do déficit hídrico, alagamento, luminosidade, toxicidade de alumínio, polímeros hidrorretentores, uso de fertilizantes minerais e fungos micorrízicos arbusculares para produção de mudas frutíferas e florestais, a fim de assegurar as cadeias produtivas e a conservação da biodiversidade florística.

Os agradecimentos dos organizadores aos autores pela dedicação e empenho na produção dos materiais de qualidade, os quais serão bases norteadoras para o estabelecimento de práticas no setor da fruticultura e da silvicultura, visando o fortalecimento do desenvolvimento sustentável.

Esperamos por meio desta obra difundir informações técnicas que possam contribuir para obtenção de mudas de elevada qualidade para conservação da flora, bem como sua exploração sustentável.

Ótima leitura!!!

Cleberton Correia Santos
Silvana de Paula Quintão Scalon

SUMÁRIO

Apresentação	4
Capítulo I	6
Fisiologia e crescimento de fruteiras em resposta ao déficit hídrico.....	6
Capítulo II	19
Respostas fisiológicas de <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi submetidas a toxicidade do alumínio na presença de silício e selênio	19
Capítulo III	30
Tecnologias para mitigar o déficit hídrico em <i>Eugenia myrcianthes</i> Nied.....	30
Capítulo IV	48
Resposta de condutância estomática em plantas jovens de <i>Attalea phalerata</i> Mart. em diferentes condições ambientais	48
Capítulo V	60
Influência do alagamento no crescimento de mudas de <i>Dipteryx alata</i> e a determinação de recuperação ao estresse no pós-alagamento.....	60
Capítulo VI	70
Propagação <i>in vitro</i> da canafístula (<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.).....	70
Capítulo VII	88
Crescimento inicial e qualidade de mudas de <i>Dipteryx alata</i> inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares sob adubação fosfatada	88
Capítulo VIII	102
Fertilização fosfatada e fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de <i>Peltophorum dubium</i>	102
Capítulo IX	113
Crescimento e produção de biomassa de mudas de <i>Pterogyne nitens</i> Tull. inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada.....	113
Capítulo X	126
Mudas de canafístula (<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.) com fungos micorrízicos arbusculares	126
Índice Remissivo	149

Crescimento inicial e qualidade de mudas de *Dipteryx alata* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares sob adubação fosfatada

 10.46420/9786588319314cap7

Gustavo Mattos Abreu¹ 

Jolimar Antonio Schiavo^{2*} 

Bruna Duque Guirardi¹ 

Tamara Izabel de Andrade Payá³ 

Phillipe Mattos Abreu² 

Gabrielly dos Santos Bobadilha⁴ 

Naelmo de Souza Oliveira² 

INTRODUÇÃO

A utilização de recursos florestais oriundos de espécies nativas do Brasil é de grande importância para a população, dado que essas florestas geram renda por meio da comercialização de seus produtos, assim como promovem benefícios por seus serviços ambientais. Melo (2013) aponta que algumas espécies nativas são exploradas em modelos extrativistas, os quais podem ser predatórios e maléficos à conservação da espécie. A domesticação dessas espécies pode ser uma alternativa para que ocorra exploração sustentável desses recursos, além do uso desses vegetais em programas de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas.

O uso de múltiplos produtos oriundos de espécies nativas, como frutos, folhas, cascas, resinas e madeira é algo positivo do ponto de vista dos produtores, em função da diversificação da produção (Ribeiro et al., 2008). Uma espécie que pode ser utilizada como exemplo é o cumbaru (*Dipteryx alata* Vogel), a qual pode ser cultivada visando à produção de frutos, os quais iniciam a frutificação por volta de 5 anos idade, enquanto aos 60 anos a espécie apresenta porte para corte e aproveitamento de madeira.

Ribeiro et al. (2008) também sugerem que os frutos da espécie podem ser utilizados como alimento para o gado e outros animais durante o período seco, o que é importante do ponto de vista ecológico. Além disso, a amêndoa da espécie é de grande valor nutricional para a alimentação humana. Oliveira et al.

¹ Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG, Brasil

² Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Aquidauana, MS, Brasil

³ Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, Irati, PR, Brasil

⁴ Mississippi State University, Mississippi State, MS, USA

*Autor de correspondência: schiavo@uems.br

(2006) indicam o potencial da citada espécie para produção de alimentos, forragem, madeireiro e paisagístico. A espécie pode também ser utilizada para arborizar pastagens e na recuperação de áreas degradadas.

Contudo, o sucesso dos empreendimentos florestais é em grande parte influenciado pela qualidade das mudas plantadas (Duryea, 1985) e do conhecimento das exigências nutricionais das espécies (Carlos et al., 2014). Desse modo, obter informações referentes a esses pontos pode ser crucial para o sucesso da implantação de uma floresta, seja para fins produtivos e/ou ambientais. Alguns trabalhos relacionados com a nutrição e qualidade de mudas de *D. alata* são observados na literatura (Freitas et al., 2018; Mizobata et al., 2017; Torres, 2017; Silva et al., 2016; Lacerda et al., 2011), o que demonstra o interesse de pesquisadores na espécie, devido ao seu potencial.

Ao se produzir mudas em substratos onde a disponibilidade de nutrientes é baixa, em especial o fósforo (P), torna-se indispensável a realização de fertilizações para fornecer minerais essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas. No entanto, a eficiência da adubação fosfatada é baixa, principalmente em solos com elevado grau de intemperismo (Santos et al., 2011), caso de diversos solos de áreas tropicais no Brasil. Tal fato acontece em função da baixa solubilidade de compostos de fósforo no solo, além da presença de altos teores de argilominerais do tipo 1:1 e óxidos e hidróxidos de Fe e Al, os quais possuem grande poder de ligação com o P (Novais; Smyth, 1999; Novais et al., 2007). Assim, existe a necessidade da utilização de alternativas que contornem tal problema, aumentando a eficiência das plantas em adquirir o nutriente.

Nesse contexto, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) apresentam potencial para uso na silvicultura tropical, dado que os mesmos são capazes de alterar a dinâmica do P no solo (Vilegas; Fortin, 2002). Além disso, as espécies micorrizo-dependentes devem ser inoculadas durante a formação das mudas, visando a garantia do desenvolvimento das plantas no campo (Siqueira et al., 1993).

Diante o exposto, foi avaliado o efeito da aplicação de doses de P em substrato autoclavado, assim como a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no crescimento, produção de massa de matéria seca e qualidade de mudas de *Dipteryx alata*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação na Unidade Universitária de Aquidauana da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UUA-UEMS) localizada entre as coordenadas 20°27'20" de latitude S e 55°40'17" de longitude W. Segundo Köppen, o clima da região pertence ao tipo Aw, classificado como tropical-quente, sub-úmido, com precipitação pluviométrica anual variando de 1.200 a 1.400 mm (Alvares et al., 2014). A temperatura média anual é de 24 °C, com máxima diária de 36 °C durante o verão e mínimas de 12 °C no inverno.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 3, sendo avaliadas cinco doses de fósforo (0, 50, 100, 200 e 400 mg dm⁻³) e três tratamentos microbiológicos (inoculado com *Rhizoglyphus clarus*, *Gigaspora margarita* e um Controle sem inoculação), com quatro repetições, totalizando 60 vasos. A parcela experimental foi composta por um vaso contendo duas plantas.

Para a multiplicação do inóculo de FMAs foi utilizado substrato constituído por uma mistura de Argissolo Vermelho Amarelo distrófico e areia na proporção de 1:2 (v:v). Esse substrato foi esterilizado em autoclave, por uma vez, a 121 °C, por uma hora. Após a esterilização o substrato foi colocado em vasos de cultivo com capacidade de 5 dm³ e infectado com uma mistura de solo contendo esporos e raízes colonizadas com os FMAs, proveniente da coleção do laboratório de Matéria Orgânica e Microbiologia do Solo da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (LAMOMIS – UEMS).

Como plantas hospedeiras foram semeadas sementes de *Urochloa brizantha* cv. xaraés. As sementes de *U. brizantha* tiveram a superfície esterilizada com solução a 0,5% de hipoclorito de sódio, durante 15 minutos. Após a embebição, as sementes foram lavadas com água esterilizada. Os vasos foram mantidos em estufa pelo período de quatro meses para a multiplicação dos FMAs, os quais foram utilizados como fonte de inóculo.

O substrato utilizado no experimento foi constituído por uma mistura 1:2 (v:v) de vermiculita média e o horizonte sub-superficial de um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico. O substrato foi esterilizado em autoclave, por uma vez, a 121 °C, por uma hora. Foi realizada análise química do solo utilizado na formulação do substrato, o qual apresentou as seguintes características: pH (H₂O - Razão 1:2,5) = 4,8; Matéria orgânica (C. org. x 1,724 - Método Walkley-Black) = 13,00 g dm⁻³; P disponível (extraído com solução de Mehlich-1 e determinado por colorimetria) = 3,50 mg dm⁻³; K⁺ (extraído por Mehlich-1 e determinado por espectrofotometria de chama) = 1,6 mmol_c dm⁻³; Ca⁺² e Mg⁺² (extraídos com KCL 1 mol L⁻¹ e determinados por compleximetria) = 10,00 e 7,00 mmol_c dm⁻³, respectivamente; Al⁺³ (extraído com solução de KCL 1 mol L⁻¹ e determinado por titulação) = 4,00 mmol_c dm⁻³, H⁺ + Al⁺³ (extraídos com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ e determinados por titulação) = 27,00 mmol_c dm⁻³, Soma de bases = 18,60 mmol_c dm⁻³, Capacidade de troca catiônica = 45,6 mmol_c dm⁻³, Saturação por bases = 40,79% e Saturação por Al = 8,7%.

Para corrigir o solo para uma saturação por bases de 60%, foi realizada a calagem de acordo com a análise de solo, aplicando-se calcário do tipo filler com PRNT de 100%, reagindo por um período de 30 dias. Posteriormente, o substrato foi alocado em vasos plásticos com 5 dm³ de capacidade, onde foram adicionadas as doses de P, por meio da aplicação de KH₂PO₄. Devido a presença de potássio (K) no fertilizante utilizado como fonte de P, adicionou-se KCl ao substrato de cultivo das plantas, pretendendo-se equilibrar a quantidade de K aplicada via KH₂PO₄.

Os frutos de *D. alata* foram coletados de plantas matrizes situadas na UEMS, campus Aquidauana. Após o despolpamento manual dos frutos, as sementes tiveram sua superfície esterilizada por meio de imersão em hipoclorito de sódio 2% por um período de 5 minutos. Decorrido este período, as mesmas foram lavadas em água corrente e, posteriormente, em água destilada e deionizada. Para a germinação das sementes, placas de Petri foram preenchidas com algodão embebido em água destilada, dispostas em capela de fluxo laminar e submetida à luz ultravioleta durante 10 minutos para esterilização. Em seguida, as placas contendo as sementes foram levadas à câmara BOD à temperatura de 30°C, até a emissão das radículas.

A inoculação com FMAs foi efetuada no momento da sementeira, tendo como inóculo 10 mL de uma mistura de solo, raízes colonizadas e esporos de FMAs, o qual foi adicionado ao orifício onde se inseriu as sementes. Aos dez dias após a sementeira, foi realizado o desbaste, permanecendo apenas duas plantas por vaso, as quais foram selecionadas. A irrigação do substrato de cultivo foi realizada mediante monitoramento diário, onde a irrigação foi feita de modo que as plantas não atingissem o ponto de murcha.

O crescimento das mudas *D. alata* foi avaliado periodicamente aos 30, 60 e 90 dias após a sementeira (DAS), onde foram mensurados a altura total das plantas (H) e o diâmetro do coleto (DC). A H das mudas foi medida do nível acima do solo até o ponto de inserção da última folha, utilizando-se régua (graduada em cm), enquanto o DC foi mensurado ao nível acima do solo, por meio de paquímetro (graduado em mm). Após a mensuração das mudas aos 90 DAS, as mesmas foram coletadas, onde o sistema radicular foi separado da parte aérea. Para determinação da massa de matéria seca das plantas, a parte aérea e o sistema radicular foram acondicionados em estufa a 65°C por 72 horas. Em seguida, o material foi pesado em balança analítica com precisão de 0,01g.

Por meio dos dados de altura total da parte aérea (H), diâmetro a altura do colo (DC), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), raízes (MSR) e total (MST) das plantas, calculou-se o índice de qualidade de Dickson (IQD) (Dickson et al., 1960) (1).

$$IQD = MST / [(H / DC) + (MSPA / MSR)] \quad (1)$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos de inoculação e doses de P à comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% e análise de regressão ($p < 0,05$), respectivamente, utilizando-se o software SAEG® (UFV, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento em altura total da parte aérea (H) das mudas de cumbaru foi influenciado de modo significativo ($p < 0,05$) pelas doses de P na presença ou ausência de FMAs em todas as idades avaliadas

(Tabela 1). Em todos os tratamentos e idades de avaliação, a aplicação de P gerou ajuste de equação linear, demonstrando resposta positiva das plantas ao fornecimento de P. De forma exemplificada, aos 90 DAS, comparando-se as doses 0 e 400 mg dm⁻³, se percebe incremento de, aproximadamente, 222, 338 e 273% na altura das mudas fertilizadas nos tratamentos controle e inoculadas com *R. clarus* e *G. margarita*, respectivamente. Por outro lado, os tratamentos microbiológicos surtiram efeito no crescimento em altura das plantas apenas na dose 200 mg dm⁻³, onde o endófito *R. clarus* promoveu maior crescimento das plantas em comparação às inoculadas com *G. margarita* em todas as idades de avaliação.

O diâmetro à altura do coleto (DC) das mudas não sofreu influência da inoculação com FMAs em nenhuma das idades de avaliação (Tabela 2), o que sugere que a espécie seja pouco responsiva aos FMAs na citada variável. De modo similar ao observado para a H das mudas, a aplicação de P favoreceu o crescimento em DC das plantas. Scalon et al. (2011) afirmam que o aumento do DC de uma muda indica maior capacidade de sobrevivência da mesma após o plantio, devido ao maior particionamento de fotoassimilados na parte aérea das plantas.

Tabela 1. Altura total (H) de plantas de *Dipteryx alata* aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS) em função de doses de P e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares.

FMA	Doses de fósforo mg dm ⁻³					p-valor	Regressão ¹	
	0	50	100	200	400		R ² (%)	Equação
H-30 DAS (cm)								
Ctl	5,13 a	6,00 a	8,94 a	9,81 ab	10,50 a	0,0033	L, 74,61	$\hat{y} = 6,1250^{**} + 0,0130^{**}P$
Rc	5,69 a	5,88 a	7,81 a	10,94 a	10,94 a	0,0096	L, 78,32	$\hat{y} = 6,0750^{**} + 0,0145^{**}P$
Gm	5,13 a	6,88 a	8,75 a	7,25 b	10,81 a	0,0182	L, 75,11	$\hat{y} = 6,0047^{**} + 0,01170^{**}P$
CV (%) = 26,28								
H-60 DAS (cm)								
Ctl	7,00 a	14,38 a	9,31 a	17,44 ab	21,56 a	0,0016	L, 78,17	$\hat{y} = 8,9734^{**} + 0,0331^{**}P$
Rc	6,23 a	9,81 a	13,63 a	24,56 a	25,69 a	0,0025	L, 83,41	$\hat{y} = 8,5719^{**} + 0,0499^{**}P$
Gm	5,94 a	13,38 a	12,25 a	13,25 b	21,31 a	0,0003	L, 83,04	$\hat{y} = 8,5000^{**} + 0,0315^{**}P$
CV (%) = 34,49								
H-90 DAS (cm)								
Ctl	7,38 a	16,94 a	14,44 a	20,13 ab	23,75 a	0,0071	L, 76,33	$\hat{y} = 11,3922^{**} + 0,0342^{**}P$
Rc	7,38 a	13,50 a	17,13 a	26,63 a	32,38 a	0,0005	L, 92,22	$\hat{y} = 10,2313^{**} + 0,0611^{**}P$
Gm	6,63 a	16,25 a	17,50 a	16,50 b	24,75 a	0,0000	L, 74,37	$\hat{y} = 11,0469^{**} + 0,0352^{**}P$
CV (%) = 30,04								

FMA = Fungo micorrízico arbuscular; Ctl = Controle; Rc = *R. clarus*; Gm = *G. margarita*. Médias seguidas da mesma letra na coluna, para cada variável, não diferem entre os tratamentos de inoculação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) = Coeficiente de variação. L = regressão linear; * e ** indicam, respectivamente, significância do parâmetro a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

Houve ajuste de equação linear para o DC devido a aplicação de P nos tratamentos controle e *R. clarus* aos 60 e 90 DAS, com efeito notório da aplicação de P aos 90 DAS, onde todos os tratamentos foram influenciados ($p < 0,01$) pela fertilização fosfatada. Apenas as mudas inoculadas com *G. margarita* não foram influenciadas ($p > 0,05$) pela aplicação do P aos 60 DAS. O incremento linear em H e DC em função do fornecimento de P em mudas de *D. alata* também foi observado por Machado et al. (2014).

Tabela 2. Diâmetro à altura do coleto (DC) de plantas de *Dipteryx alata* aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS) em função de doses de P e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares.

FMA	Doses de fósforo mg dm ⁻³						Regressão ¹	
	0	50	100	200	400	p-valor	R ² (%)	Equação
DC-30 DAS (mm)								
Ctl	1,19 a	1,13 a	1,63 a	1,88 a	1,75 a	0,0279	-	-
Rc	1,13 a	0,96 a	1,50 a	1,78 a	1,79 a	0,0167	-	-
Gm	1,25 a	1,31 a	1,81 a	1,44 a	2,00 a	0,0436	-	-
CV (%) = 24,02								
DC-60 DAS (mm)								
Ctl	1,25 a	2,13 a	2,00 a	2,69 a	3,00 a	0,0007	L, 80,96	$\hat{y} = 1,6359^{**} + 0,0038^{**}P$
Rc	1,25 a	1,75 a	2,19 a	3,00 a	2,88 a	0,0010	L, 71,60	$\hat{y} = 1,6172^{**} + 0,0040^{**}P$
Gm	1,38 a	2,13 a	2,13 a	2,19 a	2,81 a	0,0840	-	-
CV (%) = 24,85								
DC-90 DAS (mm)								
Ctl	1,38 a	2,56 a	2,31 a	2,69 a	3,25 a	0,0009	L, 72,22	$\hat{y} = 1,8842^{**} + 0,0037^{**}P$
Rc	1,25 a	2,44 a	2,38 a	3,13 a	3,31 a	0,0005	L, 71,67	$\hat{y} = 1,8484^{**} + 0,0043^{**}P$
Gm	1,38 a	2,75 a	2,81 a	2,38 a	3,31 a	0,0009	-	-
CV (%) = 20,00								

FMA = Fungo micorrízico arbuscular; Ctl = Controle; Rc = *R. clarus*; Gm = *G. margarita*. Médias seguidas da mesma letra na coluna, para cada variável, não diferem entre os tratamentos de inoculação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) = Coeficiente de variação. L = regressão linear; * e ** indicam, respectivamente, significância do parâmetro a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

Fato interessante observado sobre o crescimento em H e DC das mudas de *D. alata* nas diferentes idades foi o incremento dessas variáveis ao longo do tempo em mudas que receberam ou não adubação. Comparando-se as medições realizadas aos 30 e 90 DAS, plantas não adubadas (0 mg dm⁻³) e não inoculadas com FMAs apresentaram incremento na H e DC de, respectivamente, 44 e 16%. Por outro lado, mudas não inoculadas e adubadas com a maior dose de P (400 mg dm⁻³) apresentaram maior incremento na H e DC durante o mesmo período, os quais foram de, respectivamente, 126 e 86%. Isso pode ser explicado devido o status nutricional alterar a taxa de crescimento dos vegetais, interferindo em características morfológicas desses (Epstein; Bloom, 2006).

Desse modo, o crescimento das mudas que receberam fertilizante fosfatado se mostrou acelerado, em termos de crescimento relativo de H e DC, em comparação às plantas não adubadas. De modo

contrário ao observado no presente estudo, Freitas et al. (2018) não observaram efeito significativo da aplicação de doses de P na produção de massa seca da parte aérea no crescimento em H e DC de mudas de *D. alata*, enquanto Silva et al. (2016) constataram que o P foi o maior limitante no crescimento em DC de mudas dessa espécie cultivadas em solução nutritiva. Esses resultados sugerem que a espécie apresenta elevada variação de resposta à oferta do nutriente, a qual pode estar relacionada a fatores genéticos, dado que diferentes resultados foram obtidos para progênies distintas.

Tabela 3. Massa seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) de mudas de *Dipteryx alata* aos 90 dias após a semeadura em função de doses de P e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares.

FMA	Doses de fósforo mg dm ⁻³						Regressão ¹	
	0	50	100	200	400	p-valor	R ² (%)	Equação
MSPA (g planta ⁻¹)								
Ctl	0,10 a	0,71 a	0,96 a	0,89 b	1,61 a	0,0026	L, 83,83	$\hat{y} = 0,3831* + 0,0031**P$
Rc	0,09 a	0,75 a	0,69 a	1,93 a	1,93 a	0,0000	L, 77,74	$\hat{y} = 0,3916** + 0,0046**P$
Gm	0,05 a	1,12 a	1,17 a	1,08 b	1,79 a	0,0089	-	-
CV (%) = 46,30								
MSR (g planta ⁻¹)								
Ctl	0,24 a	0,57 a	2,02 a	2,13 a	1,96 a	0,0585	-	-
Rc	0,32 a	0,76 a	0,66 a	2,53 a	1,75 a	0,0000	-	-
Gm	0,33 a	1,53 a	2,12 a	1,09 a	2,12 a	0,2328	-	-
CV (%) = 71,76								
MST (g planta ⁻¹)								
Ctl	0,34 a	1,28 a	2,98 a	3,02 ab	3,57 a	0,0215	L, 68,75	$\hat{y} = 1,1628* + 0,0072**P$
Rc	0,41 a	1,50 a	1,35 a	4,46 a	3,69 a	0,0000	-	-
Gm	0,38 a	2,65 a	3,30 a	2,17 b	3,91 a	0,0759	-	-
CV (%) = 56,24								

FMA = Fungo micorrízico arbuscular; Ctl = Controle; Rc = *R. clarus*; Gm = *G. margarita*. Médias seguidas da mesma letra na coluna, para cada variável, não diferem entre os tratamentos de inoculação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) = Coeficiente de variação. L = regressão linear; * e ** indicam, respectivamente, significância do parâmetro a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

A produção de massa seca da parte aérea (MSPA) das mudas de cumbaru sofreu forte influência da aplicação de P ($p < 0,01$). Apenas na dose 200 mg dm⁻³ houve diferença da MSPA entre os tratamentos de inoculação, onde o FMA *R. clarus* promoveu maior produção de biomassa aérea em comparação aos demais tratamentos (Tabela 3). Resultados similares em função da fertilização fosfatada foram encontrados por Lacerda et al. (2011) ao avaliarem a produção de mudas de *D. alata* inoculadas com *Glomus clarum* (= *R. clarus*). Os autores observaram que a aplicação de P favoreceu a produção de MSPA e MSR das plantas, enquanto a inoculação com FMAs não surtiu efeito nas mesmas variáveis. Assim, os autores sugerem apenas a aplicação de P no substrato, e não a inoculação com FMAs, para se produzir mudas da espécie.

Em relação a produção de massa seca de raízes (MSR), não foram geradas equações de ajuste em função da aplicação de P, onde apenas no tratamento com *R. clarus* foi constatado efeito significativo ($p < 0,01$) da aplicação de P. A produção de biomassa das raízes não apresentou um padrão bem estabelecido em resposta à aplicação de P e inoculação com FMAs, dado que essa característica avaliada apresentou elevada variação (CV (%) = 71,76). Tal comportamento também foi observado por Oliveira et al. (2006), os quais constataram variações altamente significativas no padrão do sistema radicular de mudas de *D. alata* produzidas via sementes de 21 progênies da espécie.

A produção de massa seca total (MST) foi influenciada pelos FMAs apenas na dose 200 mg dm⁻³, onde o endófito *R. clarus* foi mais eficiente em aumentar a biomassa das plantas de *D. alata*, quando comparado ao *G. margarita*. A MST de plantas não inoculadas apresentou ajuste de equação linear em função da aplicação de doses de P. Esse resultado é comum, dado que, em alguns casos, espécies não associadas com FMAs apresentam boa resposta ao aumento da fertilidade do substrato.

Em ocasião de alta fertilidade do solo, associada à inoculação com FMAs, normalmente ocorrem efeitos negativos no crescimento das plantas, dado que esses microrganismos promovem maiores benefícios aos vegetais em condições de baixo suprimento de nutrientes. É comum encontrar relatos na literatura onde a aplicação de altas doses de nutrientes, em especial o P, promove redução do crescimento de plantas associadas com FMAs. Em situações onde esses fungos gerem um custo energético superior ao benefício fornecido à planta, ao invés de se estabelecer uma simbiose, a interação entre os componentes tornar-se-ia um parasitismo, com consequências negativas ao vegetal (Smith; Read, 2008).

Em todas as doses avaliadas, por mais que não foram detectadas diferenças estatísticas, exceto na 200 mg dm⁻³, houve tendência de maior produção de MSPA, MSR e MST em plantas inoculadas com *G. margarita*, quando comparadas ao controle. Tais resultados podem ter ocorrido devido aos benefícios que os FMAs promovem ao crescimento das plantas, os quais vão além da nutrição fosfatada, como maior proteção face a doenças e pragas (El-Sharkawy et al., 2018), resistência a altos níveis de salinidade (Wu et al., 2010), menor necessidade de aplicação de nutrientes (Lima et al., 2015), obtenção de mudas de melhor qualidade morfológica (Soares et al., 2017) e fisiológica (Shi et al., 2016), produção de hormônios vegetais (Yao et al., 2005; Kiriachek et al., 2009), entre outros.

A relação MSPA/MSR foi influenciada pelas doses de P apenas em mudas dos tratamentos controle e *G. margarita* (Tabela 4). Nota-se que a fertilização com P promoveu aumento dessa relação em mudas de *D. alata*, exceto no tratamento inoculado com *R. clarus*. Abreu (2018) e Carlos et al. (2013) também observaram elevação dessa relação devido ao aumento da oferta de nutrientes para, respectivamente, *Hancornia speciosa* e *Stryphnodendron adstringens*. Apenas na dose 200 mg dm⁻³ houve efeito dos FMAs na MSPA/MSR, onde as plantas inoculadas com *G. margarita* apresentaram o maior valor observado dessa relação (MSPA/MSR = 1,41). Gomes e Paiva (2012) indicam que valores adequados

dessa relação devem estar próximos de 2, contudo esse valor não foi alcançado em nenhum dos tratamentos avaliados.

Tabela 4. Relação MSPA/MSR e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Dipteryx alata* aos 90 dias após a semeadura em função de doses de P e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares.

FMA	Doses de fósforo mg dm ⁻³					p-valor	Regressão ¹	
	0	50	100	200	400		R ² (%)	Equação
Relação MSPA/MSR								
Ctl	0,45 a	1,30 a	0,68 a	0,56 b	0,94 a	0,0194	-	-
Rc	0,30 a	1,01 a	1,30 a	0,76 ab	1,29 a	0,0846	-	-
Gm	0,15 a	0,76 a	0,71 a	1,41 a	1,02 a	0,0424	-	-
CV (%) = 55,59								
Índice de qualidade de Dickson - IQD								
Ctl	0,06 a	0,16 a	0,45 ab	0,35 a	0,43 a	0,0189	-	-
Rc	0,07 a	0,23 a	0,17 b	0,50 a	0,38 a	0,0000	-	-
Gm	0,08 a	0,39 a	0,48 a	0,25 a	0,46 a	0,1296	-	-
CV (%) = 59,04								

FMA = Fungo micorrízico arbuscular; Ctl = Controle; Rc = *R. clarus*; Gm = *G. margarita*. Médias seguidas da mesma letra na coluna, para cada variável, não diferem entre os tratamentos de inoculação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) = Coeficiente de variação.

Espécies vegetais adaptadas a situações de elevada acidez e baixa oferta de nutrientes e água, caso das plantas do bioma Cerrado, apresentam como característica maior alocação de biomassa no sistema radicular em comparação com a parte aérea (Durigan et al., 2011), o que explica a ocorrência de redução desse valor. Uliana et al. (2014) apontam que a diminuição dessa relação favorece a sobrevivência de mudas após o plantio, devido os menores riscos de mortalidade por estresse hídrico.

O índice de qualidade de Dickson (IQD), o qual é um indicativo da qualidade das mudas, por meio da análise de parâmetros de crescimento e produção de massa, foi influenciado pelos FMAs apenas na dose 100 mg dm⁻³, ocasião em que *R. clarus* promoveu a produção de mudas com maior qualidade, em comparação às inoculadas com *G. margarita*. Nas demais doses não se constatou efeito dos microrganismos na citada variável, contudo, houve tendência de mudas com melhor qualidade onde se realizou a inoculação com *G. margarita*.

Resultado similar foi obtido por Abreu (2018) ao avaliar o efeito da inoculação com fungos micorrízicos nativos e mix de três espécies de FMAs (*Gigaspora decipiens*, *Rhizophagus clarus* e *Scutellospora heterogama*) na produção de mudas de *Hancornia speciosa* e *Brosimum gaudichaudii*. O autor constatou que a aplicação de isolados de FMAs não promoveu aumento do IQD das plantas, contudo, para a *H. speciosa* houve tendência de maior qualidade das mudas inoculadas. O citado autor ainda observou que nos tratamentos onde foi aplicado FMAs nativos houve maior qualidade das mudas, em comparação aos

tratamentos sem inoculação e inoculados com o mix, o que pode indicar que a alta compatibilidade planta x FMAs nativos da espécie vegetal promoveu benefícios na produção das mudas.

De maneira geral, houve tendência de mudas com maior qualidade no tratamento onde se aplicou o endófito *G. margarita*, em comparação ao *R. clarus*. Esse fato pode ser explicado pelos resultados encontrados por Hart e Reader (2002), os quais observaram que espécies da família Glomaceae, a qual pertence o FMA *R. clarus*, apresentam alta taxa de infectividade das raízes, menor comprimento médio de hifas e menor biomassa fúngica no solo. Comparativamente, fungos da família Gigasporaceae, a qual engloba a espécie *G. margarita*, infectaram pouco as raízes, contudo, apresentavam maior comprimento médio de hifas e maior biomassa fúngica no solo. Desse modo, a possibilidade de explorar maior volume de solo pelas hifas de *G. margarita* pode ter beneficiado o crescimento de *D. alata*, devido à maior aquisição de recursos de crescimento presentes no solo, como água e nutrientes.

A melhoria na absorção de água e nutrientes, em especial o P, gerando aumento da produção e capacidade de sobrevivência das mudas após o plantio, são os maiores incentivos da aplicação desses microrganismos na área agrícola e florestal (Owen et al., 2015). Resultados diversos podem ser encontrados ao se avaliar a produção de mudas de espécies nativas em associação aos FMAs e doses de P. Por mais que esses microrganismos apresentem baixa especificidade ao hospedeiro, o benefício gerado pela simbiose irá depender da interação entre as partes, aliada às condições ambientais (Souza et al., 2017). Essa variabilidade pode ser explicada por aspectos intrínsecos das espécies, dado que a resposta das plantas à inoculação dependem de compatibilidades funcionais fisiológicas e bioquímicas da interação (Cano, 2011).

O benefício que o microrganismo promove às plantas vai além do crescimento vegetal e produção de massa. Tais benefícios podem ser relacionados à capacidade adaptativa a ambientes inóspitos, como os que apresentam baixa umidade e, ou, teor de nutrientes no solo, temperaturas extremas, presença de elevados teores de metais pesados e, ou, salinidade, proteção contra doenças e parasitas, assim como beneficiar a associação entre mais de um grupo de microrganismos. Gross et al. (2004) encontraram maior nodulação de bactérias fixadoras de nitrogênio em tratamento onde houve inoculação conjunta com FMAs, o que segundo os autores, pode estar relacionado com a maior quantidade de P absorvido e translocado pelos fungos para as plantas, melhorando o balanço energético da planta, o que é essencial ao processo de fixação de N.

Duboc et al. (1996) apontam que estudos avaliando as exigências nutricionais de espécies nativas apresenta baixa quantidade de informações, em comparação ao grande número de espécies que ocorrem no Brasil. Assim, trabalhos avaliando essa simbiose e as exigências nutricionais em espécies nativas são importantes, devido ao subsídio de informações relevantes para a silvicultura, almejando-se a obtenção de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, assim como a recuperação de áreas degradadas por meio de plantios de mudas.

CONCLUSÕES

De modo geral, a aplicação de P proporcionou aumento da altura total da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), produção de massa seca de parte aérea, raiz e total (respectivamente, MSPA, MSR e MST), relação MSPA/MSR e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *D. alata*.

As variáveis supracitadas não foram influenciadas de modo significativo pela inoculação com FMAs. Contudo, em especial nas doses 0, 50 e 100 mg dm⁻³ de P, houve efeito benéfico da simbiose no crescimento, produção de massa seca e qualidade das mudas.

Assim, nas condições estudadas, a aplicação de P no substrato foi suficiente para se obter mudas de qualidade de *D. alata*.

AGRADECIMENTOS

À FUNDECT; ao CNPq/CAPES pelo apoio financeiro via projetos: “casadinho” processo 620029/20080 e “casadinho/Procad processo 552377/2011-2; e a CAPES pela concessão de bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu GM (2018). *Adubação fosfatada e microrganismos simbiotes na produção de mudas de mangaba e mama-cadela*. Dissertação (Mestrado em Ciência florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 84p.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- Cano MA (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2): 15-31.
- Carlos L, Venturin N, Macedo RLG, Higashikawa EM (2013). Crescimento e nutrição mineral de mudas de barbatimão sob efeito da omissão de nutrientes. *Floresta*, 43(4): 559-568.
- Carlos L, Venturin N, Macedo RLG, Higashikawa EM, Garcia MB, Farias ES (2014). Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. *Revista Ciência Florestal*, 24: 13-21.
- Dickson A, Leaf AL, Hosner JF (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle*, 36: 10-13.
- Duboc E, Venterim N, Vale FRD, Davide AC (1996). Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.). *Cerne*, 2(1): 31-47.
- Durigan G, Melo ACG, Max JCM, Vilas Boas O, Contieri WA, Ramos VS (2011). *Manual para recuperação da vegetação de cerrado*. 3 ed. Editora: SMA, São Paulo. 19 p.

- Duryea ML (1985). Evaluating seedling quality importance to reforestation. In: Duryea ML (Ed.). *Evaluating seedling quality principles, procedures, and predictive abilities of major tests*. Editora: Corvallis, Oregon State University, 1-6.
- El-Sharkawy HHA, Rashad YM, Ibrahim AS (2018). Biocontrol of stem rust disease of wheat using arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma* spp. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 103: 84-91.
- Epstein E, Bloom AJ (2006). *Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas*. 2 ed. Editora: Planta, Londrina. 401p.
- Freitas ECS, Paiva HN, Leite HG, Oliveira Neto SN (2018). Crescimento de mudas de *Dipteryx alata* sob adubação fosfatada e calagem. *Ambiência*, 14(2): 267-281.
- Gomes JM, Paiva HN (2012). *Viveiros florestais: propagação sexuada*. Editora: UFV, Viçosa. 116p.
- Gross E, Cordeiro L, Caetano FH (2004). Nodulação e Micorrização em *Anaderanthera peregrina* var. falcata em solo de cerrado autoclavado e não autoclavado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28: 95-101.
- Hart MM, Reader RJ (2002). Taxonomic basis for variation in the colonization strategy of arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 153: 335-344.
- Kiriachek SG, Azevedo LCB, Peres LEP, Lambais MR (2009). Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33: 1-16.
- Lacerda KAP, Silva MMS, Carneiro MAC, Reis EF, Saggin Júnior OJ (2011). Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada no crescimento inicial de seis espécies arbóreas do Cerrado. *Cerne*, 17(3): 377-386.
- Lima KB, Riter Netto AF, Martins MA, Freitas MSM (2015). Crescimento, acúmulo de nutrientes e fenóis totais de mudas de cedro-australiano (*Toona ciliata*) inoculadas com fungos micorrízicos. *Ciência Florestal*, 25(4): 853-862.
- Machado KS, Maltoni KL, Santos CM, Cassiolato AMR (2014). Resíduos orgânicos e fósforo como condicionantes de solo degradado e efeitos sobre o crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. *Ciência Florestal*, 24(3): 541-552.
- Melo SWC (2013). *Extrativismo vegetal como estratégia de desenvolvimento rural no Cerrado*. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Universidade de Brasília, Brasília, 197p.
- Mizobata KKGS, Cassiolato AMR, Maltoni KL (2017). Crescimento de mudas de baru e gonçalo-alves em solo degradado, suplementado com resíduo, em Ilha Solteira-SP. *Ciência Florestal*, 27(2), 429-444.
- Novais RF, Alvarez VVH, Barros NF, Fontes RL, Cantarutti RB, Neves JCL (2007). *Fertilidade do solo*. Editora: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. 1017p.
- Novais RF, Smyth TJ (1999). *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Editora: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. 399p.

- Oliveira AN, Silva AC, Rosado SCS, Rodrigues EAC (2006). Variações genéticas para características do sistema radicular de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.). *Revista Árvore*, 30(6), 905-909.
- Owen D, Williams AP, Griffith GW, Withers PJA (2015). Use of commercial bio-inoculants to increase agricultural production through improved phosphorus acquisition. *Applied Soil Ecology*, 86: 41-54.
- Ribeiro JF, Oliveira MC, Gulias APSM, Fagg JMF, Aquino FG (2008). Usos Múltiplos da Biodiversidade no Bioma Cerrado: estratégia sustentável para a sociedade, o agronegócio e os recursos naturais. In: Faleiro FG, Farias Neto AL (Eds.). *Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 336-360.
- Santos DH, Silva MA, Tiritan CS, Foloni JSS, Echer FR (2011). Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(5): 443-449.
- Scalon SPQ, Teodósio TKC, Novelino JO, Kissmann C, Mota LHS (2011). Germinação e crescimento de *Caesalpinia ferrea* mart. Ex tul. em diferentes substratos. *Revista Árvore*, 35(3): 633-639.
- Shi SM, Chen K, Gao Y, Liu B, Yang XH, Huang XZ, He XH (2016). Arbuscular mycorrhizal fungus species dependency governs better plant physiological characteristics and leaf quality of mulberry (*Morus alba* L.) seedlings. *Frontiers in microbiology*, 7: 1-11.
- Silva DSN, Venturin N, Rodas CL, Macedo RLG, Venturin RP, Melo LA (2016). Growth and mineral nutrition of baru (*Dipteryx alata* Vogel) in nutrient solution. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(12): 1101-1106.
- Siqueira JO, Colozzi Filho A, Saggin Junior OJ, Guimarães PTG, Oliveira E (1993). Crescimento de mudas e produção do cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos e superfosfato. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 17(1): 53-60.
- Smith SE, Read DJ (2008). *Mycorrhizal symbiosis*. 3 ed. Editora: Academic Press, New York. 800p.
- Soares MTS, Gaiad S, Resende AS, Menezes GI, Fernandes FA, Fernandes AHBM (2017). Qualidade de mudas de espécies arbóreas procedentes do Bioma Pantanal e inoculadas com fungos micorrízicos. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 37(91): 311-322.
- Souza FA, Schlemper TR, Stürmer SL (2017). A importância da tecnologia de inoculação de fungos micorrízicos para a sustentabilidade na olericultura. In: Lopes CA, Pedroso MTM (Eds.). *Sustentabilidade e horticultura no Brasil: da retórica à prática*. Brasília: Embrapa, 223-252.
- Torres WGA (2017). *Saturação de bases em solo do cerrado para produção de mudas de pequi e baruzeiro*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 73p.
- Universidade Federal de Viçosa – UFV (1997). SAEG – Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão 7.1. Viçosa, MG: Manual do usuário. 150p.

- Uliana MB, Fey R, Malavasi MM, Malavasi UC (2014). Produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* em função de substratos alternativos e da frequência de fertirrigação. *Floresta*, 44(2): 303-312.
- Villegas J, Fortin JA (2002). Phosphorus solubilization and pH changes as a result of the interactions between soil bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on a medium containing NO₃⁻ as nitrogen source. *Canadian journal of botany*, 80(5), 571-576.
- Wu QS, Zou YN, He XH (2010). Contributions of arbuscular mycorrhizal fungi to growth, photosynthesis, root morphology and ionic balance of citrus seedlings under salt stress. *Acta physiologiae plantarum*, 32: 297-304.
- Yao Q, Zhu HH, Chen JZ (2005). Growth responses and endogenous IAA and iPAs changes of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) seedlings induced by arbuscular mycorrhizal fungal inoculation. *Scientia Horticulturae*, 105(1): 145-151.

ÍNDICE REMISSIVO

A

adubação, 31, 45, 48, 50, 88, 89, 93, 99, 100, 112, 113, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 128, 134, 145, 146, 148, 149
 amendoim do campo, 114, 122
 arbóreas, 31, 46, 48, 56, 60, 77, 99, 100, 102, 109, 110, 111, 112, 124, 126, 127, 131, 139, 146, 149
 Arecaceae, 48
 aroeira, 20, 28

B

BAP, 71, 73, 82, 84
 baru, 61, 99, 100
 botânica, 14

C

canafistula, 70, 72, 74, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 103, 108, 109, 111, 112, 126, 127, 128, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147
 cerrado, 43, 61, 96, 99, 100, 116, 123, 147

D

déficit hídrico, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 30, 31, 35, 36, 39, 40, 42, 45, 46, 53
 desenvolvimento vegetal, 18, 60

E

espécies nativas, 4, 48, 70, 88, 97, 132, 147
 esporulação micorrízica, 127
 estresse hídrico, 12, 13, 31, 39, 42, 45, 49, 53, 57, 67, 96, 102
Eugenia myrcianthes, 30, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46
 explante, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 85, 86

F

fósforo, 14, 21, 89, 90, 92, 93, 94, 96, 99, 103, 104, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 114, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 127, 130, 131, 134, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 147, 148
 fotossíntese zero, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44
 fruticultura tropical, 7, 17
 fungos micorrízicos arbusculares, 4, 88, 89, 92, 93, 94, 96, 102, 103, 106, 107, 108, 110, 111, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 129, 146, 147, 148

H

hipóxia, 60, 67

I

índice de qualidade de Dickson, 44, 91, 96, 98, 105, 122

L

leguminosa, 70, 103
 luminosidade, 4, 53, 73

M

micropropagação, 71, 72, 83, 85, 87
 mudanças climáticas, 7, 8, 15, 16, 18

N

nutrição, 4, 46, 89, 95, 98, 109, 147, 148

P

Pantanal, 2, 48, 49, 57, 58, 100, 149
 polímero hidroretentor, 39
 produção

de mudas, 4, 16, 32, 46, 47, 72, 94, 96, 97, 98,
100, 102, 103, 108, 109, 110, 111, 112, 113,
114, 116, 122, 123, 125, 127, 145, 146, 147,
148
vegetal, 8
Pterogyne nitens, 113, 114, 117, 118, 119, 121, 122,
123, 124

Q

qualidade de mudas, 44, 46, 88, 89, 103, 111,
112, 129, 140, 146, 149

R

radiação solar, 54, 55, 56
reflorestamento, 70, 88, 126
respostas fisiológicas, 7, 8, 143, 144

S

segmentos nodais, 74, 75, 76, 77, 78, 84, 87
selênio, 19, 22, 24, 26
sensível ao alumínio, 26
silício, 19, 22, 24, 25, 28, 30, 31, 35, 36, 37, 38,
39, 45, 46
simbiose, 95, 97, 98, 106, 108, 117, 127, 130,
137, 139, 140, 145, 146
sombreamento, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 45, 46, 50,
52, 53, 54, 55, 57, 58, 61, 62, 67, 128, 147, 148

T

toxicidade do alumínio, 19
transpiração, 7, 10, 12, 13, 31, 49, 55, 56, 57, 58

  **Cleberton Correia Santos**

Graduado em Agroecologia (UEMS). Mestre e Doutor em Agronomia - Produção Vegetal (UFGD). Atualmente é Pós-Doutorando (PNPD/CAPES) pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da UFGD. Professor Voluntário na Graduação e Pós-Graduação em Agronomia da UFGD. Tem experiência em Tecnologias para Produção de Mudas e Ecofisiologia, Nutrição e Metabolismo de Plantas. Contato: cleber_frs@yahoo.com.br.



  **Silvana de Paula Quintão Scalon**

Graduada em Ciências Biológicas (UFJF), Mestre em Agronomia - Fisiologia Vegetal e Doutora em Ciência dos Alimentos - Fisiologia Pós-colheita de Frutos e Hortaliças, ambas pela UFLA. Professora Titular da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Produtividade em Pesquisa do CNPq nível 1D. Tem experiência em Ecofisiologia de Mudas de Espécies Arbóreas e Frutíferas Nativas. Contato: silvanascalon@ufgd.edu.br.



ISBN 978-658831931-4



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br