



# **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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
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 <a href="https://doi.org/10.46420/9786588319314">https://doi.org/10.46420/9786588319314</a></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>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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](mailto: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

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

## Mudas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) com fungos micorrízicos arbusculares

 10.46420/9786588319314cap10

Daniella Arai Zanetta Bassan<sup>1</sup> 

Silvia Correa Santos<sup>2\*</sup> 

Elaine Reis Pinheiro Lourente<sup>2</sup> 

Livia Maria Chamma Davide<sup>2</sup> 

Elias Silva de Medeiros<sup>2</sup> 

Luiz Guilherme Vieira de Carvalho<sup>2</sup> 

Ricardo Fernando da Rui<sup>2</sup> 

Gilmar Gabriel de Souza<sup>2</sup> 

### INTRODUÇÃO

Várias espécies florestais apresentam limitações de restabelecimento em solo degradado, decorrente da retirada da vegetação de mata, o que reflete no potencial de regeneração do solo e pode limitar à aquisição dos nutrientes. Na recuperação dessas áreas degradadas é necessário aplicar estratégias que possam aproximar as características da floresta anteriormente existentes, de forma rápida e permanente (Sugai et al., 2011; Brancalion et al., 2010; Tabarelli et al., 2010).

A aplicação de micorrizas no solo é uma estratégia a ser considerada para uso na restauração ecológica, advindo da capacidade em aumentar a eficiência de aquisição e o ciclo de nutrientes das plantas (Ferreira et al., 2012). Embora os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) sejam geralmente encontrados em solos e plantas de áreas degradadas, o número de propágulos viáveis é muito baixo, havendo a necessidade de introduzir plantas hospedeiras capazes de multiplicar os FMAs existentes, podendo-se introduzir também propágulos infectivos de isolados para a recuperação da comunidade dos FMAs na área (Schneider et al., 2012).

O conhecimento das espécies arbóreas nativas com bom potencial de resposta à inoculação com FMAs é importante para a recuperação de áreas degradadas e florestamento de espécies economicamente importantes, uma vez que na maioria das regiões destinadas ao reflorestamento há limitações nutricionais, podendo dificultar o estabelecimento inicial das mudas no solo (Sugai et al., 2011).

A inoculação de substratos com fungos micorrízicos se apresenta dentre as técnicas utilizadas que asseguram uma elevada qualidade morfofisiológica de mudas produzidas em condições de viveiro (Owen

<sup>1</sup> IMASUL - Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul – Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79.804-970, Dourados-MS, Brasil.

\* Autor para correspondência: silviasantos@ufgd.edu.br

et al., 2015) que por sua capacidade de explorar maiores volumes de substrato, favorecerá a absorção de nutrientes e a ciclagem de nutrientes minerais com perdas mínimas, reduzindo o tempo de produção de mudas, melhorando seu estado nutricional e acelerando seu crescimento (Santos et al., 2011; Miranda, 2008).

Além disso, os FMAs podem desempenhar um papel fundamental no processo de mineralização da matéria orgânica (Paterson et al., 2016), aumentando a fertilidade do solo (Sugai et al. 2011; Sheldrake et al. 2017). A eficiência da simbiose e, portanto, de propagação de micélio extra radicular, absorção de nutrientes e especificidades de expressão gênica são influenciados pela combinação genótipo específico de FMA e planta hospedeira, sendo as diferentes respostas de crescimento, resultantes da interação morfológica e funcional entre fungo e planta (Lee et al., 2013; Farias et al., 2014).

A determinação de uma dose ideal de fósforo para maximizar a produção ou a resposta das plantas inoculadas com FMAs é importante, pois as variações das exigências nutricionais podem afetar o processo de colonização e esporulação micorrízica (Heitor et al., 2016). De acordo com Feitosa e Santos (2016), a disponibilidade de fósforo (P) dos solos é determinante e modula os efeitos benéficos proporcionados pelo fungo às plantas, além do conhecimento do nível ideal de P, explorando os benefícios dessa associação.

Coutinho et al. (2019) sugerem o desenvolvimento de protocolos para inoculação de mudas e solo com FMAs de forma a obter maior sucesso no replantio em áreas de restauração. Colodete et al. (2014) sugerem selecionar fungos mais generalistas em sua relação simbiótica, tendo em vista seu maior potencial reabilitador, pois colonizam e têm eficiência em vários hospedeiros, facilitando a diversidade e sucessão vegetal na área, enquanto que, do lado do hospedeiro, devem-se evitar plantas muito seletivas. Informações sobre as interações dos FMAs com espécies arbóreas são importantes, em estudos com visão tecnológica, para viabilizar o uso destes em larga escala na recuperação de áreas degradadas (Schneider et al. 2012).

Diante do exposto, este trabalho avaliou os efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e diferentes doses de fósforo, no desenvolvimento de mudas de canafístula.



## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido – estufa coberta com filme plástico transparente de polietileno de baixa densidade (PEBD) com 150 micras de espessura e cercada lateralmente por estrutura revestida com tela de nylon preta com 75% de sombreamento, na FCA/UFGD, Dourados - MS, situada à latitude de 22°11'53.2"S, longitude de 54°56'02.3"W e 400 m de altitude, no período de agosto/2018 a fevereiro/2019. O clima predominante é do Cwa (temperado chuvoso com inverno seco, verão chuvoso, temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e a do mês mais quente superior a 22°C) com temperatura média anual de 22,7°C e precipitação de 1.410 mm (Arai et al., 2010).

O experimento foi conduzido a partir de mudas de canafístula obtidas através de sementes provenientes de matrizes localizadas nos municípios de Angélica e Ivinhema (MS). As sementes foram coletadas e submetidas à escarificação térmica. A semeadura foi realizada em tubetes contendo substrato florestal comercial com irrigações diárias. Quando as mudas apresentaram altura média de 10 cm, foram levadas a casa de vegetação (50% de sombreamento) para o transplantio em vasos com capacidade para 5 dm<sup>3</sup>.

O substrato utilizado no experimento foi constituído por mistura de 2:1 (v:v) de solo e areia. O solo obtido do horizonte subsuperficial, a 30 cm de profundidade na área de repouso da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, classificado como Latossolo Vermelho distroférico, com as seguintes características químicas: potencial hidrogeniônico ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) = 5,20;  $\text{P}_{\text{Mehlich}^{-1}}$  = 2,25 mg dm<sup>-3</sup>; alumínio ( $\text{Al}^{+3}$ ) = 14,40 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; hidrogênio ( $\text{H}^+$ )+ $\text{Al}^{+3}$  = 26,40 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; K,  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  = 0,50, 4,30 e 1,60 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, respectivamente; saturação por bases (V%)= 19,53; saturação por alumínio (m%)= 69,23. A esterilização do solo foi realizada em autoclave vertical, a temperatura do solo permaneceu em média de 121°C por uma hora. A correção do solo foi realizada com calcário “filler” visando elevar a saturação de bases para 70%, tendo como base a análise dos atributos químicos do solo. Para o cálculo da necessidade de corretivo, utilizou-se o método da saturação por bases (Raij et al., 1997).

Os vasos foram levados para a casa de vegetação e mantidos à 70% da capacidade de campo por um período de 30 dias, para que ocorresse a reação do calcário com o solo. A adubação foi realizada adicionando as doses de P (0, 60, 120, 180 e 240 mg kg<sup>-1</sup> de solo) de acordo com cada tratamento, utilizando como fonte o K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (fosfato dipotássico). Em função das doses crescentes de P, fez-se necessário equilibrar as doses de K, utilizando-se como fonte o cloreto de potássio (KCl) (60% K<sub>2</sub>O). Neste processo, o solo de cada vaso novamente foi transferido a sacos plásticos, que foram inflados com ar e agitados até ocorrer completa mistura com os minerais.

No preparo do inóculo, o substrato foi colocado em vasos de cultivo com 7 dm<sup>3</sup> de capacidade e infectado com 50 cm<sup>3</sup> de inóculo, composto por mistura de solo, esporos e raízes de *Brachiaria decumbens* colonizadas com FMAs, de acordo com os tratamentos. Estes vasos foram mantidos em casa de vegetação

para a multiplicação dos fungos, utilizados como inóculo. O inóculo teve origem nos isolados de FMAs, provenientes da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul/UEMS, os quais foram multiplicados em associação com *Brachiaria decumbens* em substrato composto por mistura de solo e areia na proporção de 2:1 (v:v), misturado em betoneira, esterilizado em autoclave (temperatura de 121°C/ 1 hora), e colocados em vasos que foram mantidos em estufa por um período de quatro meses.

O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados, em arranjo fatorial 5x5, com subdivisão no tempo. Os tratamentos foram: inoculação com espécies de fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* e *Clareoideoglossum etunicatum*) e o controle (sem FMAs) e aplicação de doses de P (0, 60, 120, 180 e 240 mg kg<sup>-1</sup>), em quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso contendo 5 dm<sup>3</sup> de substrato, com uma planta por vaso.

O crescimento das mudas de canafístula foi avaliado com medições periódicas da altura de mudas, diâmetro do coleto aos 30, 60, 90, 120, 150, 180 dias após o plantio (DAP). Aos 90 e 120 DAP foi realizada a avaliação com clorofilômetro SPAD-502 (Konica-Minolta, Tokyo, Japan) para obtenção do teor de clorofila. As avaliações foram realizadas entre 8 e 11 horas da manhã, em folhas completamente expandidas e previamente marcadas (segunda ou terceira folha totalmente aberta), de modo que todas as medições fossem sempre realizadas nas mesmas folhas. Aos 180 DAP, as mudas foram retiradas dos vasos e o sistema radicular separado da parte aérea. Após lavagem, subamostras de 2 cm de comprimento de raízes foram coletadas e conservadas em etanol a 50%, para posterior verificação da colonização micorrízica, após a coloração das raízes de acordo com metodologia de Koske e Gemma (1989).

A parte aérea e as raízes das plantas foram secas separadamente, em estufa de ventilação forçada, a 65°C, por 72 horas para determinação de massa seca de parte aérea (MSPA); massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) das plantas. Foram realizados os cálculos de índice de qualidade de mudas – IQD (Dickson et al., 1960); dependência micorrízica - DM e eficiência micorrízica – EM (Plenchette et al., 1983). A frequência e intensidade de colonização micorrízica foi realizada conforme Trouvelot et al. (1986).

Para análises estatísticas dos dados foi utilizado o programa R (R Core Team, 2019) por meio das bibliotecas nlme (Pinheiro et al. 2019) e phia (Rosario-Martinez, 2015). O efeito dos tratamentos de FMAs foram comparados pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade e os efeitos das doses de P submetidos à análise de regressão. Para a apresentação exploratória dos dados foi utilizado o diagrama de caixa ou *Box Plot* (Valladares Neto et al., 2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi constatada a presença de arbúsculos, hifas e vesículas nas raízes de mudas dos tratamentos sob inoculação de fungos micorrízicos, em todos os tratamentos, atestando a colonização micorrízica. De acordo com Costa et al. (2005), a presença de arbúsculos e hifas formadas nas raízes é geralmente considerada como sinal de funcionamento da associação, e atesta a dinâmica da colonização, não indicando necessariamente o estabelecimento da simbiose. Os arbúsculos são considerados sítios de troca por excelência entre os simbiossiontes, no entanto, permanecem em sua forma por 4 a 5 dias e sofrem degeneração, tendo a célula sua atividade retomada (Hoffmann; Lucena, 2006).

Em baixa concentração de P, a simbiose desenvolve-se plenamente, enquanto seu desenvolvimento é restrito em alta concentração de P (Feitosa; Santos, 2016), no entanto, os mecanismos pelos quais o P regula o desenvolvimento da simbiose são desconhecidos (Kiriachek et al. 2009). A diminuição da porcentagem de colonização micorrízica ocasionada pela adição de doses crescente de fósforo é considerada normal, visto que, uma planta no estado nutricional favorável não necessita da colonização micorrízica para a absorção do P da solução do solo (Balota et al., 2011).

Vários estudos atestam esta condição em diferentes espécies: *Cecropia pachystachya* (Carneiro et al., 2004); mudas de *Annona muricata* (Samarão et al., 2011); mudas de *Cordia africana*, *Croton macrostachyus*, *Erythrina brucei* e *Millettia ferruginea* (Dobo et al., 2016), mudas de *Caesalpinia ferrea* e *Piptadenia stipulacea* (Feitosa; Santos, 2016). As observações indicam que características funcionais de cada espécie de FMAs que foram inoculados podem estar envolvidas em sua associação com o hospedeiro e com o ambiente no solo (Chagnon et al., 2013). M'barki et al. (2018) afirmam que a mesma cultivar pode responder diferentemente a diferentes espécies de fungos.

Os parâmetros morfológicos mais utilizados na avaliação da qualidade das mudas são altura, diâmetro do caule e massa seca da parte aérea e radicular (Gomes; Paiva, 2011; Massad et al., 2017). Na Tabela 1 são apresentados os valores de 'p' da análise de deviance para altura, diâmetro e relação altura x diâmetro. Pode-se verificar que a interação entre fungos micorrízicos x dia e doses de P x dia apresentaram diferenças significativas a 1% de probabilidade no teste F para altura e diâmetro. A interação dose de P x fungos micorrízicos não teve efeito significativo para as variáveis avaliadas. Brito et al. (2017) observaram desempenhos diferentes de espécies de FMAs *Rhizophagus clarus* e *Gigaspora margarita*, no crescimento de mudas de paricá, em relação a doses de P aplicadas.

**Tabela 1.** Valores de p obtidos na análise de deviance para altura (m) e diâmetro de coleto (cm) de mudas de canafístula submetidas à inoculação com fungos micorrízicos e aplicação de doses de fósforo em função do tempo.

Fonte de variação	Altura	Diâmetro
FMA	< 0,0001**	< 0,0001**
Dose	0,0015**	0,0002**
Dia	< 0,0001**	< 0,0001**
Fma x dose	0,8159	0,7359
Fma x dia	< 0,0001**	< 0,0001**
Dose x dia	< 0,0001**	< 0,0001**
Fma x Dose x Dia	0,1034	0,0840

\*\* (significativo a  $p < 0,01$ ); \* (significativo a  $p < 0,05$ ); FMA (fungos micorrízicos); Dose (dose de fósforo); Dias (dias após plantio)

Na Figura 1 são apresentados o efeito das doses de fósforo sobre o crescimento das mudas em altura em relação ao tempo e as tendências de crescimento de mudas de canafístula em função da dose de fósforo aplicada. Verifica-se (Figura 1A) que até os 120 dias após o plantio não há influência das doses de fósforo. A partir de 150 dias após o plantio (DAP) observa-se uma dispersão maior dos valores em altura, sugerindo efeito dos tratamentos. Aos 180 dias, as doses de fósforo apresentaram efeito significativo sobre a altura das mudas, onde a dose zero de fósforo proporcionou maior altura (41,7 cm). A dose de 183 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo propicia a menor altura de plantas (27,93 cm) aos 180 dias. Observa-se ainda a tendência de crescimento em altura das mudas para cada dose de fósforo aplicada, e verifica-se ajuste de regressão quadrática (Figura 1B).

A altura de mudas é um dos parâmetros utilizados na classificação e seleção, principalmente na comercialização de mudas florestais (Brachtvogel; Malavasi, 2010). Segundo Paiva e Gomes (2000), mudas de espécies arbóreas com a altura entre 15 e 30 cm estão aptas ao plantio no campo. Mudas de canafístula sob diferentes adubações, ao final de 120 dias, apresentaram altura de plantas entre 20 e 30 cm em estudos realizados por Cruz et al. (2012) e Mussi et al. (2013). No presente trabalho, aos 180 DAP, a menor altura de plantas obtida foi de 28,2 cm e a maior altura de 41,72 cm, sugerindo a aptidão das mudas ao plantio no campo, para o quesito altura, independente do tratamento.

A inoculação com FMAs não promoveu, inicialmente, efeito significativo sobre a altura de plantas (Figura 2A). *G. albida* e *C. etunicatum* promoveram desempenho superior e significativo estatisticamente na altura de plantas, a partir de 150 DAP, enquanto as mudas inoculadas com *G. margarita* e *G. clarum* apresentaram o menor crescimento. A inoculação com *G. albida* e *C. etunicatum* levaram ao maior crescimento das mudas com incrementos de 42,8% e 13,4%, respectivamente, em relação ao controle. As mudas micorrizadas com *G. clarum* e *G. margarita* apresentaram médias de altura 3,35% e 2,7% inferiores ao tratamento sem micorrização. Houve ajuste quadrático para todos os tratamentos de inoculação (Figura 2B), e verifica-se baixo crescimento no início e um incremento maior em altura no final do ciclo.

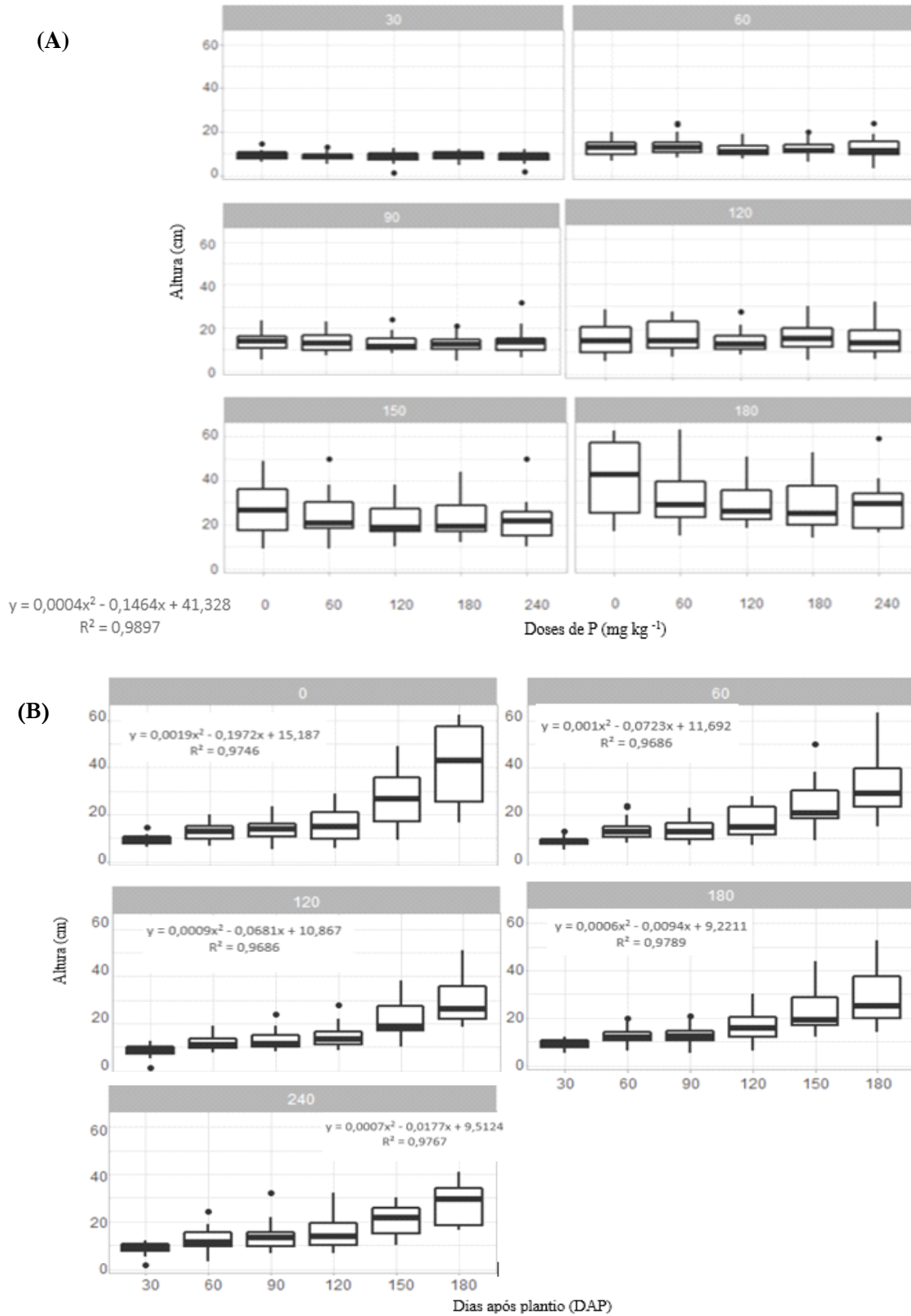
Para diâmetro do coleto, os valores médios obtidos nas mudas de canafístula, aos 180 dias após o plantio, variaram de 4,17 a 6,15 mm (Figura 3A), encontrando-se abaixo ou no nível inferior dos valores descritos por Gonçalves et al. (2000), para caracterizar mudas de espécies nativas de qualidade quanto ao diâmetro do coleto (5 e 10 mm), mas semelhantes aos dados obtidos por Cruz et al. (2012) que obtiveram menor DC de 5,53 e maior DC de 7,59 mm para mudas de canafístula.

De acordo com Scheer et al. (2012), o diâmetro do coleto é importante na avaliação do potencial da muda para sobrevivência e crescimento após o plantio em campo. O maior diâmetro do colo sugere maior alocação de fotoassimilados na parte aérea, podendo ser considerado para indicar a capacidade de sobrevivência de mudas em condições de campo e auxiliar na definição das doses de fertilizantes a serem utilizadas na produção das mudas (Scalon et al., 2001). Segundo Souza et al. (2006), dentro de uma mesma espécie, as plantas com maior diâmetro apresentam maior sobrevivência, devido maior capacidade de formação e crescimento de novas raízes.

Na Figura 3A, observa-se que o incremento em diâmetro apresentou a mesma tendência da altura, não tendo ocorrido efeito significativo das doses de fósforo sobre o crescimento das mudas no início do ciclo, até os 120 dias. A diferença no incremento das mudas em função das doses de fósforo aplicadas foi verificada aos 150 e 180 dias, onde houve ajuste quadrático para a variável. Aos 150 dias, a dose mínima calculada foi  $170 \text{ mg kg}^{-1}$  de fósforo, que propiciou o menor diâmetro do coleto (3,77 mm). Aos 180 dias, o menor diâmetro (3,95 mm) foi proporcionado pela dose mínima calculada de  $209 \text{ mg kg}^{-1}$  de fósforo.

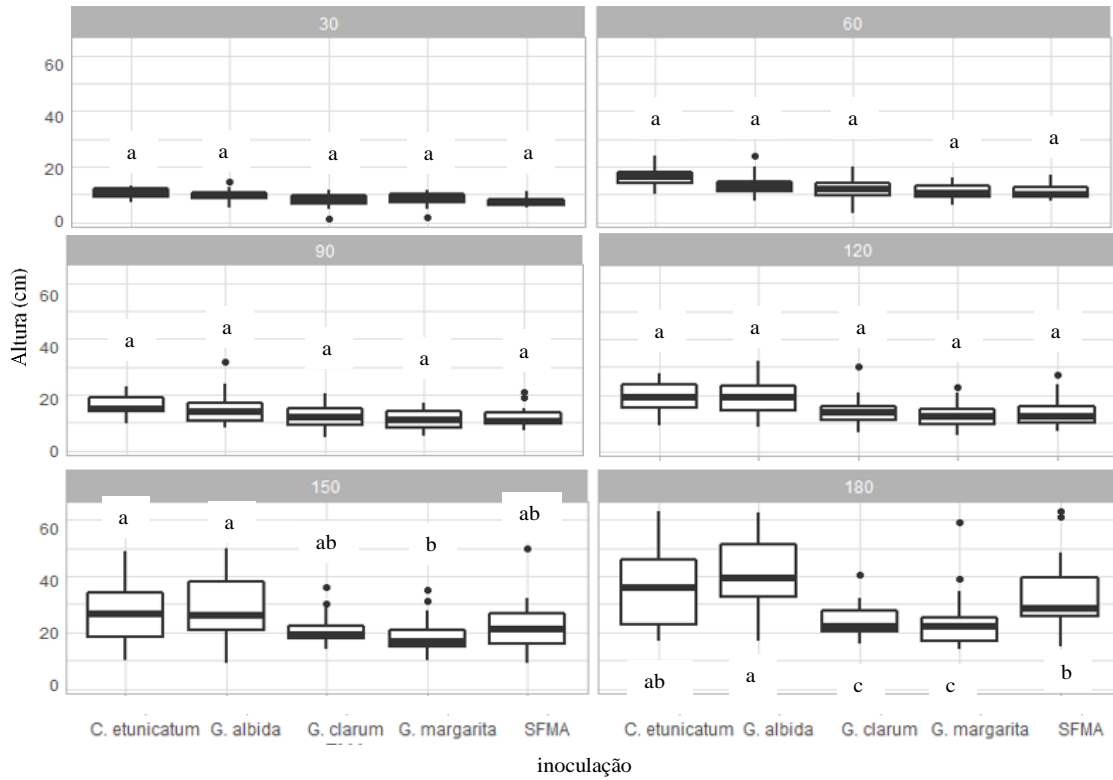
Ainda, na Figura 3B, pode-se acompanhar o padrão de crescimento em diâmetro das mudas para cada dose de fósforo aplicada. O incremento em diâmetro das mudas de canafístula com o tempo apresentou ajuste quadrático para todas as doses de fósforo, tendo as mudas sem aplicação de fósforo (dose zero) maior diâmetro ao final do ciclo. As mudas que não receberam adubação fosfatada obtiveram maior diâmetro médio (6,15 mm) ao final das avaliações.

Os tratamentos com micorrização não apresentaram efeito significativo sobre o incremento em diâmetro do coleto das mudas ao longo das avaliações (Figura 4).

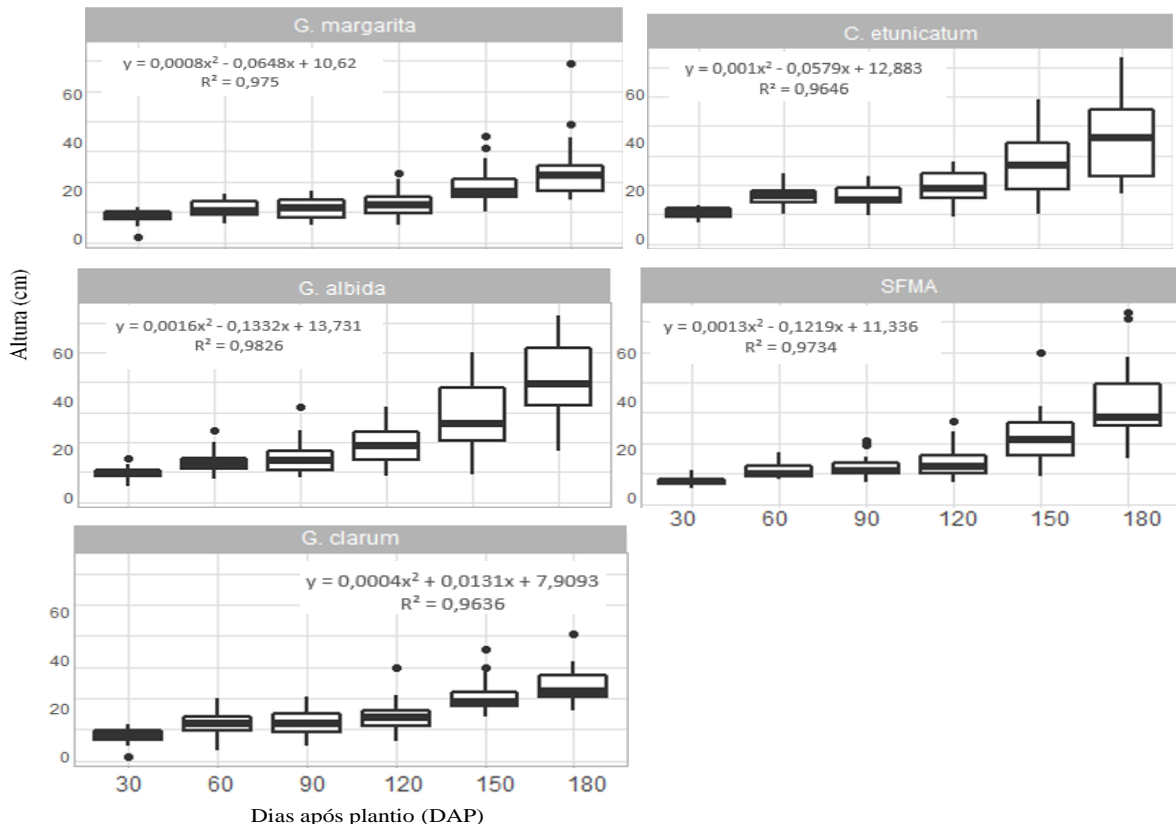


**Figura 1.** (A) Altura (cm) de mudas de canafistula aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após o plantio, sob aplicação de P, e (B) efeito de doses e P (0, 6, 120, 150 e 240  $\text{mg kg}^{-1}$  no tempo).

Ecofisiologia e nutrição de espécies frutíferas e arbóreas

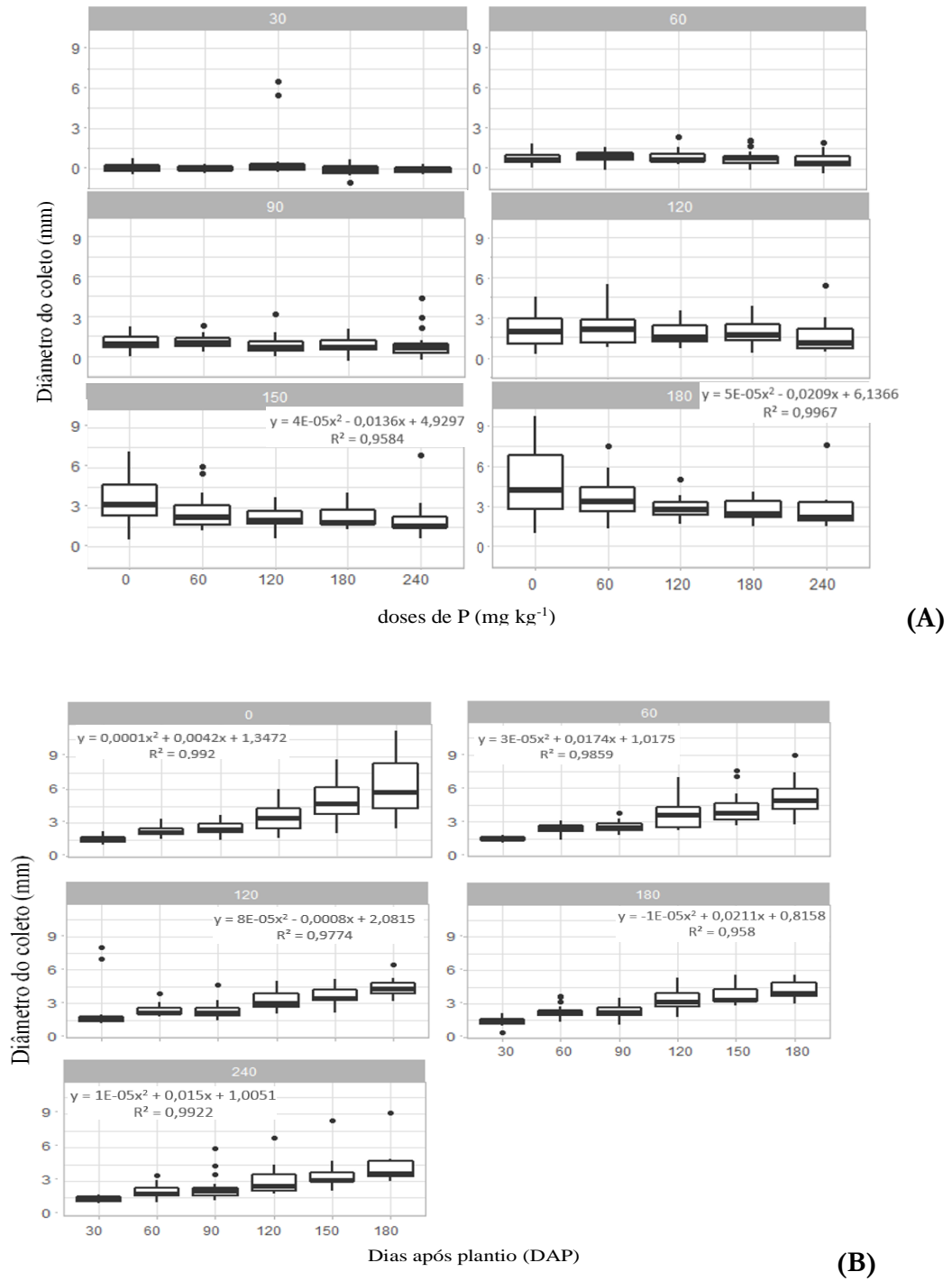


(A)



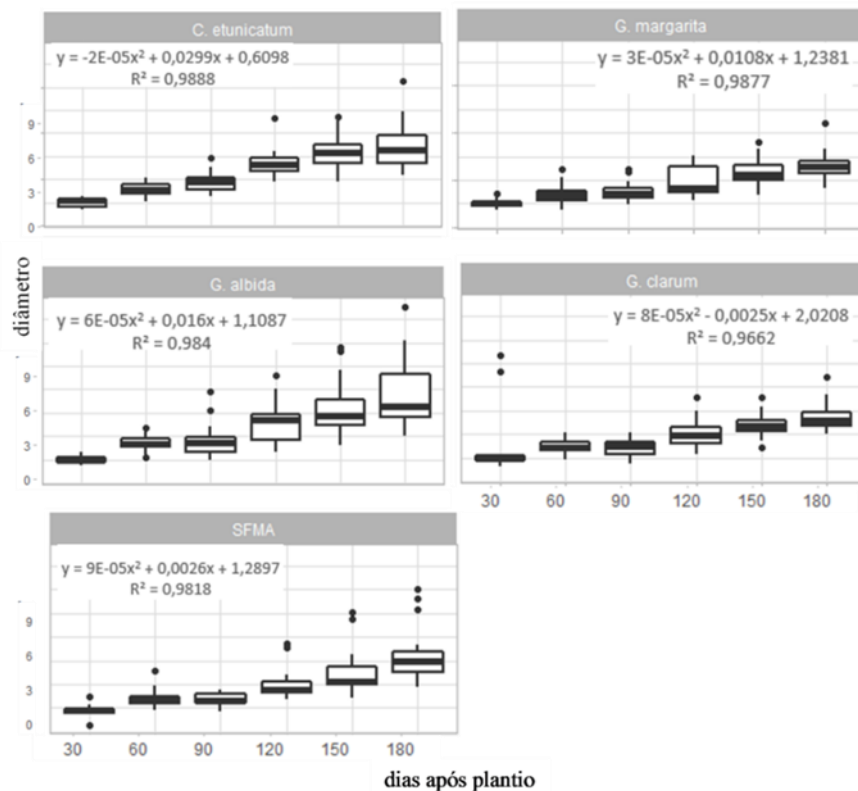
(B)

**Figura 2.** Altura (cm) de mudas de canafistula (A) aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após o plantio sob inoculação com fungos micorrízicos e (B) efeito da inoculação com fungos micorrízicos (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* e *Claroideoglomus etunicatum*) e o controle (sem FMAs) no tempo. (\*Médias seguidas de letras distintas são diferentes entre si a 1% de probabilidade).



**Figura 3.** Diâmetro do coleto (mm) de mudas de canafistula (A) aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após o plantio, sob aplicação de fósforo e efeitos de doses de fósforo (B) (0, 60, 120, 150 e 240 mg kg<sup>-1</sup>) no tempo.





**Figura 4.** Diâmetro do coleto (mm) de mudas de canafístula em função da inoculação com fungos micorrízicos (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* e *Clareoideoglomus etunicatum*) e o controle (sem FMAs) no tempo.

Os dados de crescimento apontam uma superioridade da simbiose entre a canafístula e *G. albida*. Mesmo com o alto grau de variação nas características, percebe-se benefício da presença do fungo para o crescimento das mudas. As associações micorrízicas com *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* se mostraram negativas para o crescimento das mudas de canafístula, as quais apresentaram de modo geral, crescimento inferior ao controle.

A ausência de resposta no período inicial de crescimento para as características altura e diâmetro do coleto, segundo Pasqualine et al. (2007), é atribuída às próprias reservas nutricionais contidas nas sementes, ao tempo necessário para o estabelecimento da simbiose funcional e à própria condição de micotrofia (dependência micorrízica) da planta. De acordo com Silva et al. (2006), a baixa colonização micorrízica pode ser explicada pelo fato de que o estabelecimento da simbiose efetiva com algumas espécies de mudas pode demorar mais de seis meses.

Estudos realizados por Fahey et al. (2016) constataram que a taxa de crescimento relativo aumentou com a colonização por FMA em *Luebea seemanii* e *Tabebuia rosea*, no entanto, não alterou o crescimento de *Ficus insipida* e *Occhrosia pyramidale*, indicando que, mesmo nos primeiros meses de crescimento, a colonização pode ser benéfica para algumas espécies e para outras não.

Para a massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) a interação dose de P x fungos micorrízicos, observaram-se diferenças significativas a 1% de probabilidade no teste F (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores de p para massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca de parte aérea-massa seca de raiz (MSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de canafístula em função da inoculação com fungos micorrízicos e aplicação de diferentes doses de fósforo.

FONTE DE VARIAÇÃO	MSPA	MSR	MST	MSPA/MSP	IQD
FMA	9,433 x 10 <sup>-6</sup> **	1,013 x 10 <sup>-5</sup> **	9,739 x 10 <sup>-7</sup>	0,5200	3,679 x 10 <sup>-6</sup>
DOSE	1,640 x 10 <sup>-7</sup> **	2,500 x 10 <sup>-9</sup> **	2,280 x 10 <sup>-9</sup>	0,2401	1,200 x 10 <sup>-9</sup>
FMA x DOSE	1,696 x 10 <sup>-4</sup> **	7,710 x 10 <sup>-8</sup> **	1,459 x 10 <sup>-6</sup>	0,7149	2,170 x 10 <sup>-8</sup>

\*\* (significativo a  $p < 0,01$ ).

De forma geral o acúmulo de matéria seca obtido, tanto para parte aérea como para raiz foi baixo, tendo em vista a perda de folhas e morte de mudas em razão de ataque de cochonilhas que ocorreu próximo aos 120 dias de plantio. Mudas sem inoculação e inoculadas com *G. albida* e *C. etunicatum*, na ausência de fósforo apresentaram maior teor de matéria seca (parte aérea, raiz e total) que as mudas dos demais tratamentos.

Os teores de matéria seca de parte aérea e raiz são apresentados nas Figuras 5 e 6. Somente sob a dose zero de fósforo houve diferença significativa entre tratamentos com micorrizas para massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR), onde as mudas inoculadas com *G. albida* apresentaram maior desempenho (27,5 g de MSPA, 12,9 g de MSR) , seguidas por *C. etunicatum* (11,37 g de MSPA e 5,09 g de MSR), SFMA (11,13 g de MSPA e 2,76 g de MSR), *G. margarita* (3,07 g de MSPA e 0,99 g de MSR) e *G. clarum* (1,21 g de MSPA e 0,66 g de MSR). Os fungos *G. clarum* e *G. margarita* apresentaram desempenho inferior aos demais tratamentos com micorrizas (Figura 6A e 6B).

A Figura 7 ilustra o acúmulo de matéria seca em cada tratamento com micorrização em resposta às doses de P. Somente mudas inoculadas com *C. etunicatum*, *G. albida* e apresentaram diferenças estatísticas significativas para as doses de fósforo. Houve ajuste quadrático para as variáveis, mostrando a maior eficiência, dos dois simbiontes, no acúmulo de matéria de parte aérea e raiz na ausência de P. As doses mínimas de fósforo calculadas para MSPA (Figura 7A) e MSR (Figura 7B) com inoculação de *G. albida* foram 142 e 166 mg kg<sup>-1</sup> de P, respectivamente e para *C. etunicatum* foram 151 mg kg<sup>-1</sup> de P para MSPA e 142 mg kg<sup>-1</sup> de P para MSR. Os demais tratamentos com fungos micorrízicos não apresentaram diferenças estatisticamente para as doses de fósforo estudadas.

Em acúmulo de massa seca total (MST), os resultados obtidos foram semelhantes aos resultados de MSPA e MSR. As doses mínimas de fósforo calculadas que promoveriam o menor acúmulo de MST

em plantas inoculadas com *G. albida*, e *C. etunicatum* foram 149 e 174 mg kg<sup>-1</sup> de P (Figura 7). Os resultados demonstram que o aumento nas doses de P apresentam maior efeito sobre a simbiose entre as mudas de canafístula e *G. albida*, quando comparada à simbiose com *C. etunicatum*.

Feitosa e Santos (2016), pesquisando os efeitos da inoculação de *G. etunicatum* e doses de P em mudas de duas espécies da família Fabaceae, *Piptadenia stipulacea* (jurema branca) e *Caesalpinia ferrea* (pau-ferro) verificaram que não houve diferença entre as produções de MSPA para os diferentes tratamentos de P nas mudas micorrizadas, e, que na ausência de micorrização a produção de matéria seca foi significativamente inferior às mudas micorrizadas. Os dados de matéria seca obtidos corroboram com os dados de colonização e crescimento, demonstrando superioridade na simbiose com *G. albida*, bem como a desvantagens na inoculação com *G. margarita* e *G. clarum*.

Na Figura 8A e 8B são apresentados os valores de dispersão de IQD obtidos no presente trabalho. Só houve diferença entre os tratamentos com FMAs na ausência de fósforo, onde os maiores valores de IQD foram 4,67; 1,74 e 1,24 para *G. albida*, *C. etunicatum* e SFMA, respectivamente. Nos tratamentos com aplicação de fósforo, os valores de IQD obtidos foram abaixo de 1,0 (Figura 8A).

A avaliação da qualidade das mudas de plantas arbóreas, ainda no viveiro, por meio de índices que expressam relações entre os parâmetros de crescimento, pode ser uma ferramenta para identificar seu adequado desenvolvimento, bem como se as mudas estão com o máximo potencial para sobrevivência após a expedição para o campo (Silva et al., 2012).

De acordo com Caldeira et al. (2012), quanto maior o IQD, melhor a qualidade da muda produzida porém, não há na literatura valores de referência quanto à qualidade para as diferentes espécies arbóreas nativas, o que dificulta a análise dos índices (Ferraz; Engel, 2011). Gomes e Paiva (2011) afirmam que para as mudas serem consideradas de qualidade é necessário IQD maior que 0,2 (*Pseudotsuga Menziesii* e *Picea Abies*). O valor descrito se aplica bem a canafístula, com destaque para os tratamentos com FMAS supracitados.

A Figura 8B ilustra a resposta de mudas sob inoculação com o simbionte específico em relação às doses de fósforo aplicadas. Mudas inoculadas com *G. albida* e *C. etunicatum* submetidos à dose zero apresentaram maior qualidade das mudas com IQD superiores aos demais tratamentos micorrízicos. Foram obtidas, para ambos os tratamentos, curva de ajuste quadrático para IQD em relação das doses de fósforo aplicadas, onde as doses mínimas de fósforo calculadas para os tratamentos *G. albida* e *C. etunicatum* foram 150 e 185 mg kg<sup>-1</sup>. Segundo Gomes et al. (2013) e Caldeira et al. (2008), o IQD é uma característica variável em função da espécie, do manejo das mudas no viveiro, do tipo e proporção do substrato, do volume do recipiente e, principalmente, de acordo com a idade em que a muda foi avaliada. Em *Anadenanthera colubrina* var. cebil a inoculação com *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* não resultou em benefícios no incremento em qualidade das mudas (Soares et al., 2017). No estudo, a simbiose com *G.*

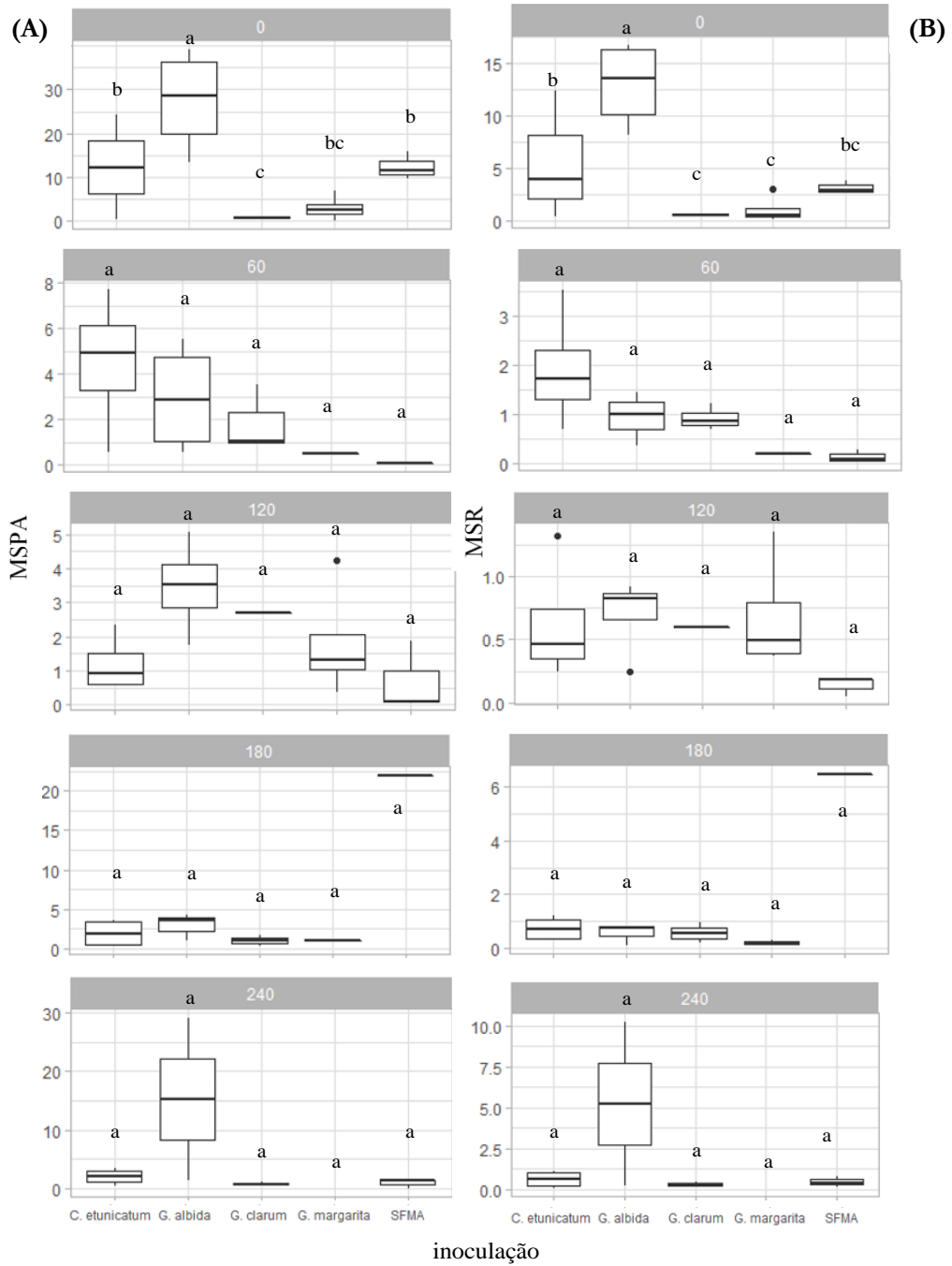
*albida* proporcionou maior qualidade de mudas de canafístula. O índice de clorofila não sofreu influência do uso de FMAs e das doses de P nas avaliações realizadas aos 90 e 120 DAP.

Quanto à dependência micorrízica (DM) e eficiência micorrízica (EM) (Figura 9), as mudas inoculadas com a espécie *G. albida* apresentaram alta dependência e eficiência micorrízica para todas as doses de fósforo avaliadas, exceto na dose 180 mg kg<sup>-1</sup>. O mesmo comportamento foi observado para *C. etunicatum* com destaque para a dose 60 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo, onde a dependência é classificada como alta (Figuras 10 e 11). A eficiência da associação entre FMAs e plantas pode ser quantificada através de um índice obtido através da razão entre a diferença do peso seco de plantas inoculadas e não inoculadas, pelo peso seco de plantas inoculadas, expresso em porcentagem. Os percentuais representam o grau de dependência da planta pelo fungo, onde >75% é considerada dependência muito alta; 51 a 75%, dependência alta; 26% a 50%, dependência média e 0% dependência nula (Moreira; Siqueira, 2006; Miranda, 2008).

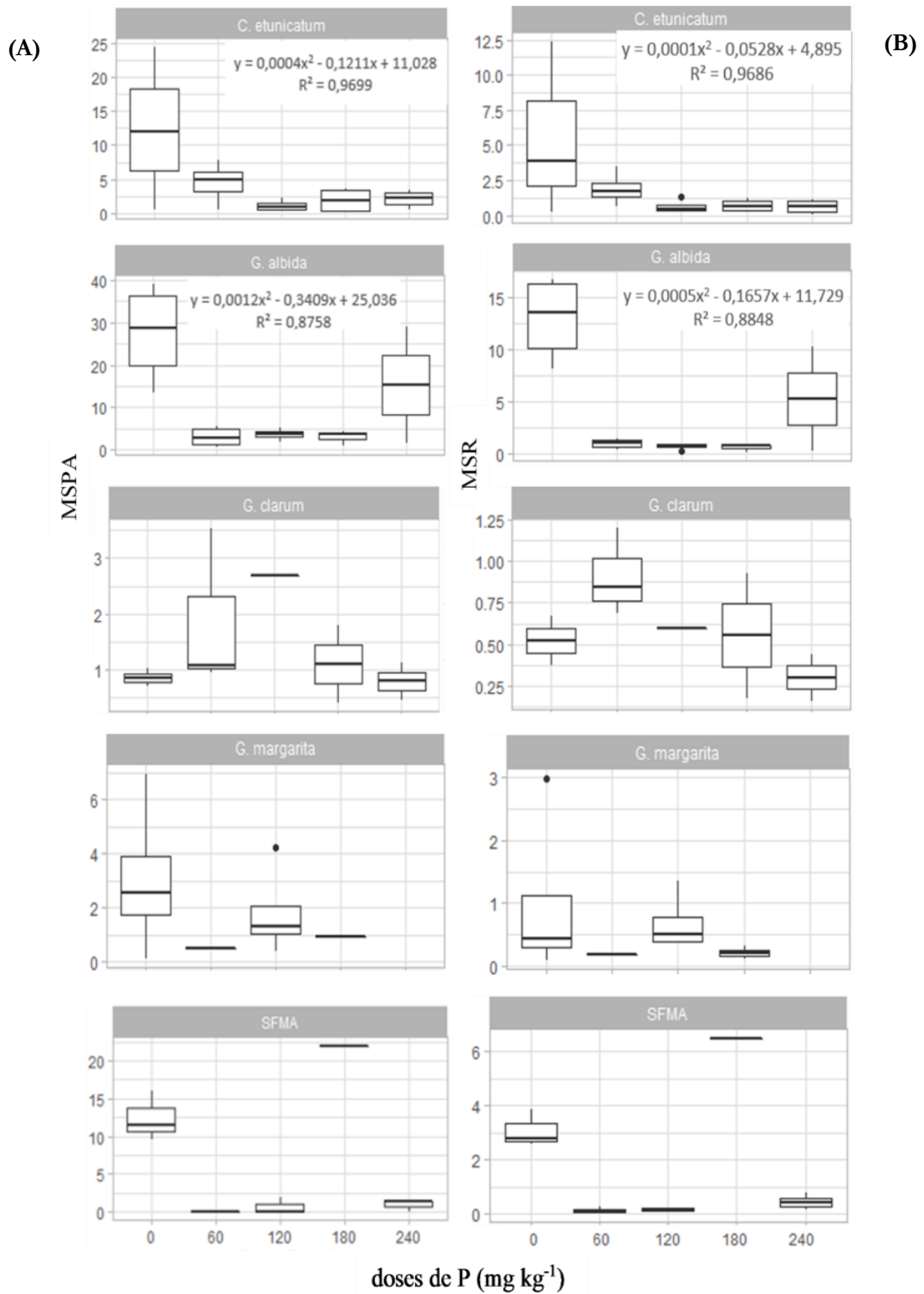
Pode-se verificar também que as respostas quanto à dependência à simbiose foram diferentes em razão do microbionte e das doses de P, onde os simbiontes *G. clarum* e *G. margarita* apresentaram alta dependência para as doses 60 e 120 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo, e valores de dependência micorrízica negativa para as demais doses. Isso sugere que plantas inoculadas com estes fungos e nestas doses de P apresentaram menor acúmulo de massa seca em comparação ao controle e que os microbiontes não encontraram condições favoráveis para beneficiar as mudas, sendo possível caracterizar esta interação como parasítica.

A capacidade do fungo de estimular o crescimento da planta é determinada pelas características dos componentes da simbiose, principalmente do microbionte, que pode apresentar diferentes graus de eficiência, sendo até mesmo ineficaz ou parasítico temporário das plantas hospedeiras. Contudo, a disponibilidade de fósforo no solo é fator determinante na resposta da planta a inoculação com FMA, e indica o grau de benefício da associação que varia quanto à dependência micorrízica (DM) e indica o potencial de benefício da inoculação (Feitosa; Santos, 2016).

Ecofisiologia e nutrição de espécies frutíferas e arbóreas

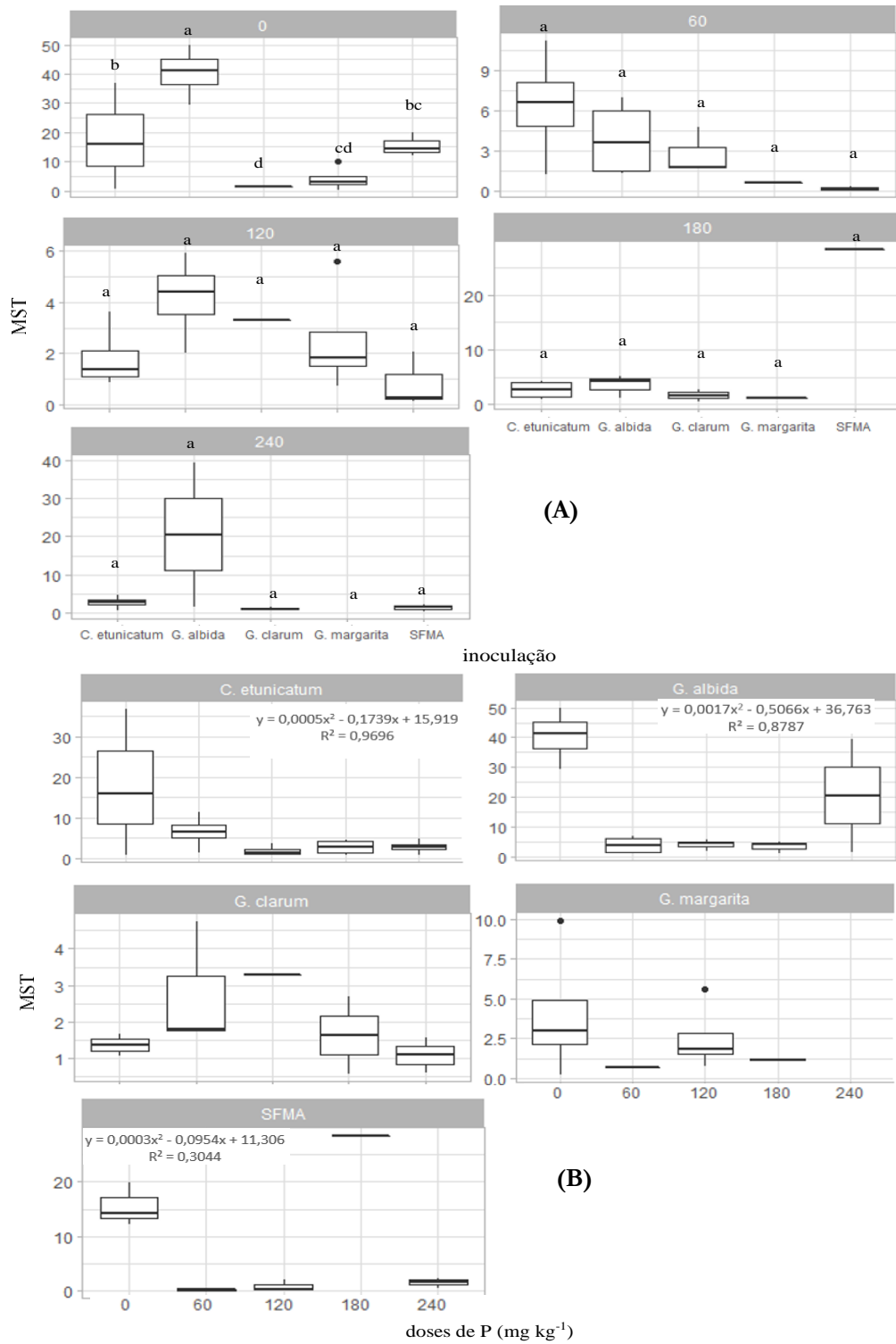


**Figura 5.** Massa seca de parte aérea – MSPA (A) e Massa seca de raiz – MSR (g) (B) de mudas de canafístula submetidas a inoculação com fungos micorrízicos em função das doses 0, 60, 120, 180 e 240 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo. (\*Médias seguidas de letras distintas são diferentes entre si a 1% de probabilidade).



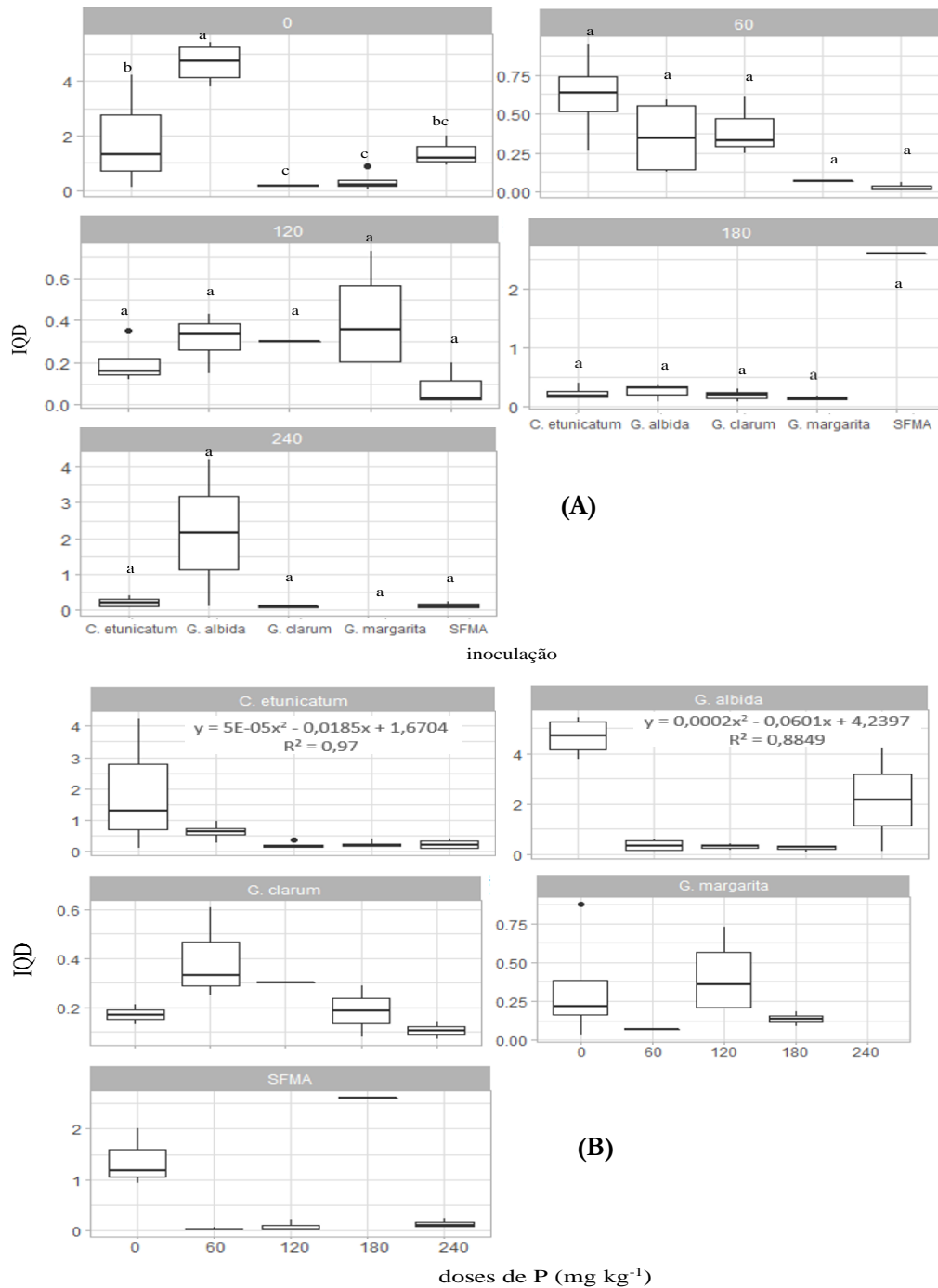
**Figura 6.** Massa seca de parte aérea – MSPA (A) e Massa seca de raiz – MSR (g) (B) de mudas de canafistula inoculadas com fungos micorrízicos (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* e *Clareoideoglomus etunicatum*) e o controle (sem FMAs) sob doses de fósforo.

Ecofisiologia e nutrição de espécies frutíferas e arbóreas



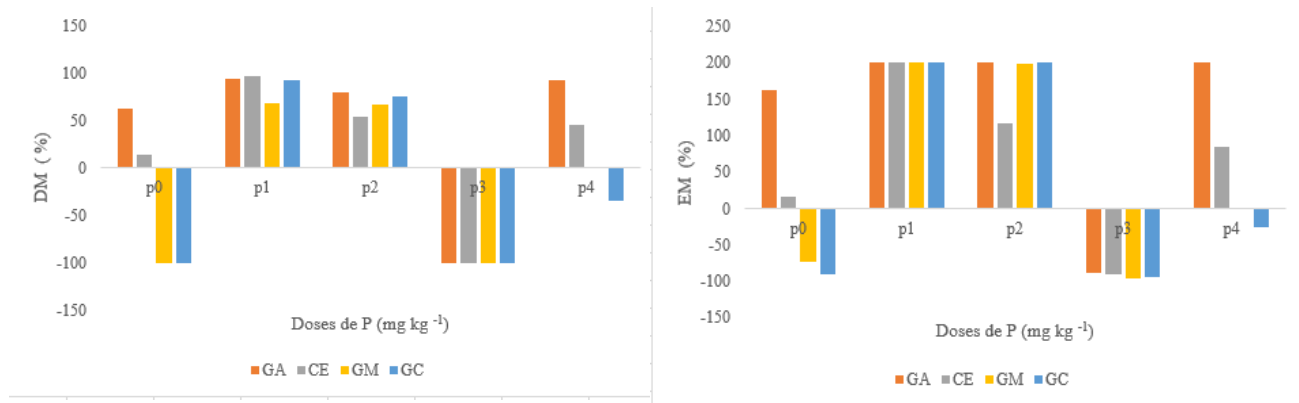
**Figura 7.** Massa seca total (MST) (A) de mudas de canafistula sob inoculação com fungos micorrízicos sob as doses 0, 60, 120, 180, 240 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo e (B) respostas fisiológicas de mudas de canafistula inoculadas com fungos micorrízicos (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* e *Claroideoglossum etunicatum*) e o controle (sem FMAs) sob doses de fósforo (\*Médias seguidas de letras distintas são diferentes entre si a 1% de probabilidade).

Ecofisiologia e nutrição de espécies frutíferas e arbóreas



**Figura 8.** Índice de Qualidade de Dickson - IQD (A) de mudas de canafistula inoculadas com fungos micorrízicos sob as doses 0, 60, 120, 180, 240 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo e (B) respostas fisiológicas de mudas de canafistula inoculadas com FMAs (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* e *Clareoideoglossum etunicatum*) e o controle (sem FMAs) sob doses de fósforo. (\*Médias seguidas de letras distintas são diferentes entre si a 1% de probabilidade).





**Figura 9.** Dependência micorrízica (DM) e Eficiência micorrízica (EM) em mudas de canafístula inoculadas com diferentes FMAs (GA: *Gigaspora albida*; CE: *Clareoideoglossum etunicatum*; GM: *Gigaspora margarita*; GC: *Glomus clarum*).

## CONCLUSÃO

A ação de *G. albida* no desenvolvimento de mudas de canafístula foi maior na ausência de adubação fosfatada. A adubação fosfatada na dose 60 mg kg<sup>-1</sup> P proporcionou melhores condições para micorrização da espécie *C. etunicatum*. A simbiose com as espécies *G. clarum* e *G. margarita* é ineficaz para a produção de mudas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arai FK, Gonçalves GGG, Pereira SB, Comunello E, Vitorino ACT, Daniel O (2010). Espacialização da precipitação e erosividade na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados - MS. *Engenharia Agrícola*, 30(5): 922-931.
- Balota EL, Machineski O, Stenzel NMC (2011). Mycorrhizal efficiency in acerola seedlings with different levels of phosphorus. *The Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54(3): 457-464.
- Brachtvogel EL, Malavasi UC (2010). Volume do recipiente, adubação e sua forma de mistura ao substrato no crescimento inicial de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert em viveiro. *Revista Árvore*, 34(2): 223-232.
- Brançalion PHS, Rodrigues RR, Gandolfi S, Kageyama PY, Nave AG, Gandara FB, Barbosa LM, Tabarelli M (2010). Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. *Revista Árvore*, 34(3): 455-470.
- Brito VN, Tellechea FRF, Heitor LC, Freitas MSM, Martins MA (2017). Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção de mudas de paricá. *Ciência Florestal*, 27(2): 485-497.
- Caldeira MVW, Blum H, Balbinot R, Lombardi KC (2008). Uso do resíduo do algodão no substrato para produção de mudas florestais. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, 6: 191-202.

- Caldeira MVW, Delarmelina WM, Lübe SG, Gomes DR, Gonçalves EO, Alves AF (2012). Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. *Floresta*, 42(1): 77 – 84.
- Carneiro MAC, Siqueira JO, Davide AC (2004). Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 34(3): 119-125.
- Chagnon PL, Bradley RL, Maherali H, Klironomos JN (2013). A trait-based 475 framework to understand life history of mycorrhizal fungi. *Trends plant Science*, 18: 476-491.
- Colodete CM, Souza SB, Barbirato JO, Ruas KF (2014). Novas perspectivas da simbiose micorrízica e seus facilitadores transmembrânicos na interface da troca bidirecional de nutrientes minerais: revisão. *Perspectiva on line: Biologia & Saúde*, 12(3): 8-21.
- Costa CMC, Cavalcante UMT, Goto BT, Santos VF, Maia LC (2005). Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40: 225- 232.
- Coutinho ES, Barbosa M, Beiroz W, Mescolotti DLC, Bonfim JA, Berbara RLL, Fernandes GW (2019). Soil constraints for arbuscular mycorrhizal fungi spore community in degraded sites of rupestrian grassland: *Implications for restoration*. *European Journal of Soil Biology*, 90: 51–57.
- Cruz CAFÉ, Paiva HN, Cunha ACMCM, Neves JCL (2012). Produção de mudas de canafístula cultivadas em latossolo vermelho amarelo álico em resposta à macronutrientes. *Cerne*, 18(1): 87-98.
- Dickson A, Leaf AL, Hosner JF (1960) - Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle*, 36(1): 10-13.
- Dobo B, Asefa F, Asfaw Z (2016). Phosphorus requirement for colonization by arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and effect of AMF inoculants on growth of perennial crops and agroforestry trees. *East African Journal of Science*, 10(2): 77-86.
- Fahey C, Winter K, Slot M, Kitajima K (2016). Influence of arbuscular mycorrhizal colonization on whole-plant respiration and thermal acclimation of tropical tree seedlings. *Ecology and Evolution*, 6(3): 859–870.
- Farias DH, Pinto MAV, Carra B, Schuch MW, Souza PVD (2014). Desenvolvimento de mudas de mirtileiro inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36: 655-663.
- Feitosa AG, Santos DR (2016). Fósforo e fungos micorrízicos no crescimento de mudas arbóreas da caatinga. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 12(4): 392-396.
- Ferraz AV, Engel VL (2011). Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* l. var. *stilbocarpa* (HAYNE) LEE ET LANG.), ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (MART. EX DC.) SANDL.) e guarucaia (*Parapiptadenia rigida* (BENTH.) BRENNAN). *Revista Árvore*, 35(3): 413-423.

- Ferreira DA, Carneiro MAC, Saggin-Junior OJ (2012). Fungos micorrízicos arbusculares em um Latossolo Vermelho sob manejos e usos no cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36: 51-61.
- Gomes JM, Paiva HN (2011). *Viveiros florestais (propagação sexuada)*. Viçosa, UFV, 116p.
- Gomes DR, Caldeira MVW, Delarmelina WM, Gonçalves EO, Trazzi PA (2013). Lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis* L. *Cerne*, 19(1): 123–131.
- Gonçalves JLM, Santarelli EG, Moraes Neto SP (2000) - Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: Gonçalves, J.L.M. & Benedetti, V. Nutrição e fertilização florestal. *Instituto de Pesquisas Florestais*, 310-350.
- Heitor LC, Freitas MSM, Brito VN, Carvalho AJC, Martins MA (2016). Crescimento e produção de capítulos florais de calêndula em resposta à inoculação micorrízica e fósforo. *Horticultura Brasileira*, 34(1): 26-30.
- Hoffmann VL, Lucena SV (2006). *Para entender micorrizas arbusculares*. Empresa Brasileira de Agropecuária Algodão, Doc. 156, Campina Grande, 22p.
- Kiriachek SG, Azevedo LCB, Peres LEP, Lambais MR (2009). Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(1): 1-16.
- Koske RE, Gemma JN (1989). A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycology Research*, 92(4): 488-505.
- Lee EH, Eo JK, Ka KH, Eom AH (2013). Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi and their roles in ecosystems. *Mycobiology*, 41: 121-125.
- Massad MD, Dutra TR, Meireles IESM, Sarmiento MFQ, Santos AR, Menezes ES (2017). Avaliação do crescimento de canafistula em diferentes densidades de mudas por bandeja e volumes de tubetes. *Ecologia e Nutrição Florestal*, 5(1): 1-9.
- M'barki N, Tekaya M, Alssaoul F, Chehab H (2018). Comparative microscopic observations of arbuscular mycorrhizal fungi after colonization of five Tunisian olive cultivars. *African Journal of Agricultural Research*. 13(21): 1095-1100.
- Miranda JCC (2008). Dinâmica de fungos micorrízicos arbusculares e produção de inoculante. In: Miranda JCC. *Cerrado: micorriza arbuscular: ocorrência e manejo*. Planaltina, Empresa Brasileira de Agropecuária Cerrados, 67-86.
- Moreira FS, Siqueira JO (2006). *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2ªed. Lavras, UFLA, 774p.
- Mussi NS, Carvalho MO, Silva MM, Campos ANR, Cunha ACMCM (2013). Substratos orgânicos na produção de mudas de canafistula. *Cadernos de Agroecologia*, 8(2): 1-5.
- 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.
- Paiva N, Gomes M (2000). *Viveiros florestais (cadernos didáticos)*. 2ªed. Viçosa, UFV, 69p.

- Pasqualine D, Uhlmann A, Sturmer SL (2007). Arbuscular mycorrhizal fungal communities influence growth and phosphorus concentration of woody plants species from the Atlantic rain forest in South Brazil. *Forest Ecology and Management*, 245(1/3): 148-145.
- Paterson E, Sim A, Davidson J, Daniell TJ (2016). Arbuscular mycorrhizal hyphae promote priming of native soil organic matter mineralisation. *Plant and Soil*, 408: 243-254.
- Pinheiro J, Bates DM (2019). R Core Team. *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-139. [cit. 2019-09-18]. <URL: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>>.
- Plenchette C, Fortin JA, Furlan V (1983). Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. *Plant and Soil*, 70(2): 199-209.
- Raj BV, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC (1997). *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. 2ª ed. Campinas, Instituto Agrônomo Fundação IAC, 285 p.
- R CT (2018). R: *A language and environment for statistical computing*. Vienna, R Foundation for Statistical Computing. [cit. 2019-09-18]. <<http://www.R-project.org/>>.
- Rosario-Martinez H (2015). *Phia: Post-Hoc Interaction Analysis*. R package version 0.2-1. [cit. 2019-09-19]. <<https://CRAN.R-project.org/package=phia>>.
- Samarão SS, Rodrigues LA, Martins MA, Manhães TM, Alvim LAM (2011). Desempenho de mudas de gravioleira inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em solo não-esterilizado, com diferentes doses de fósforo. *Acta Scientiarum Agronomy*, 33(1): 81-88.
- Santos PC, Freitas MSM, Freitas SJ, Silva MPS (2011). Fungos micorrízicos no crescimento e nutrição de rebentos oriundos de coroa de abacaxi. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 658-665.
- Scalon SPQ, Scalon Filho H, Rigoni MR, Veraldo F (2001). Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23(3): 652-655.
- Scheer MB, Carneiro C, Bressan AO, Santos KG (2012). Compostos de lodo de esgoto para a produção de mudas de *Anadenanthera colubrina* (vell.) Brenan. *Cerne*, 18(4): 613-621.
- Schneider J, Oliveira LM, Guilherme LRG (2012). Espécies tropicais de pteridófitas em associação com fungos micorrízicos arbusculares em solo contaminado com arsênio. *Química Nova*, 35: 709-714.
- Sheldrake M, Rosenstock NP, Revillini D, Olsson PA, Mangan S, Sayer EJ, Wallander H, Turner BL, Tanner EVJ (2017). Arbuscular mycorrhizal fungal community composition is altered by long-term litter removal but not litter addition in a lowland tropical forest. *New Phytologist*, 214: 455-467.
- Silva MA, Silva FSB, Yano-Melo AM (2006). Fungos micorrízicos arbusculares e vermicomposto na aclimação de *Alpinia purpurata* (Viell.) Schum e *Zingiber spectabile* Griff. (Zingiberaceae). *Acta Botânica Brasílica*, 20(2): 249-256.

- Silva RF, Saidelles FLF, Kemerich PDC, Steffen RB, Swarowsky A, Silva AS (2012). Crescimento e qualidade de mudas de Timbó e Dedaleiro cultivadas em solo contaminado por cobre. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, 16(8): 881-886.
- 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 CAM, Oliveira RB, Martins Filho S, Lima JS (2006). Desenvolvimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. *Ciência Florestal*, 16: 243-249.
- Sugai MAA, Collier LS, Saggin-Júnior OJ (2011). Inoculação micorrízica no crescimento de mudas de angico em solo de cerrado. *Bragantia*, 70: 416-423.
- Tabarelli, M.; Aguiar, A.V.; Ribeiro, M.C.; Metzger, J.P.; Peres, C.A. (2010) - Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. *Biological Conservation*, Amsterdã, 143: 2328-2340.
- Trouvelot A, Kough JL, Gianinazzi-Pearson V (1986). Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherch e de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. *In: Gianinazzi-Pearson, V.; Gianinazzi, S. Mycorrhizae: physiology and genetics*. Paris, INRA-Press, 217-221.
- Valladares Neto J, Santos CB, Torres EM, Estrela C, Peres CA (2017). Boxplot: um recurso gráfico para a análise e interpretação de dados quantitativos. *Revista Odontológica do Brasil-Central*, 26(76): 1-6.

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

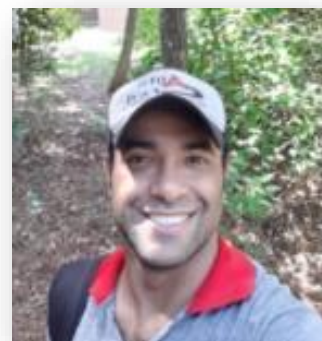
segmentos nodais, 74, 75, 76, 77, 78, 84, 87  
selênio, 19, 22, 24, 26  
sensível ao alumínio, 26  
silício, 19, 22, 24, 25, 28, 30, 31, 35, 36, 37, 38,  
39, 45, 46  
simbiose, 95, 97, 98, 106, 108, 117, 127, 130,  
137, 139, 140, 145, 146  
sombreamento, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 45, 46, 50,  
52, 53, 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](mailto:contato@editorapantanal.com.br)