

**Alan Mario Zuffo**  
**Jorge González Aguilera**  
**(Organizadores)**

# **AGRONOMIA AVANÇOS E PERSPECTIVAS**



Pantanal Editora

2020

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
(Organizadores)

**AGRONOMIA**  
**AVANÇOS E PERSPECTIVAS**



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

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. 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. Leandro Argente-Martínez – ITSON (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. 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>	
A281	Agronomia [recurso eletrônico] : avanços e perspectivas / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2020. 137p.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-991208-6-2 DOI <a href="https://doi.org/10.46420/9786599120862">https://doi.org/10.46420/9786599120862</a>  1. Agronomia – Pesquisa – Brasil. 2. Ecologia agrícola. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González.  CDD 630
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

O conteúdo dos livros e capítulos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do(s) autor (es). O download da obra é permitido e o compartilhamento desde que sejam citadas as referências dos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

**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

Os avanços tecnológicos na Agronomia têm proporcionado o progresso da humanidade. Ao olharmos para o passado podemos observar a transformação que essa área de conhecimento promoveu na nossa agricultura e, conseqüentemente na produção de alimentos, no agronegócio e na indústria. Mas, essa formidável transformação tecnológica continua avançando e proporcionando a melhoria na produção de alimentos.

Graças a tais transformações, por exemplo, foi possível o cultivo de soja em baixas latitudes (< 15°). Essa leguminosa, que hoje tem destaque no cenário mundial, até 1960 se restringiam a cultivos em regiões de latitude superior a 22°. Após 1970, quebrou-se a barreira fotoperiódica da soja com a introdução da característica juvenildade longa e, possibilitou seu cultivo em regiões com latitude inferior a 15°. O Brasil é pioneiro no cultivo de soja em regiões com latitude inferior a 20°. Outros fatos importantes no decorrer da história são: Revolução Verde (1970), o Sistema Plantio Direto (1980), a Biotecnologia (1990), a Agricultura de Precisão (2000), e diversas outras que surgirão para garantir uma agricultura mais eficiente e sustentável.

Ao deparamos com as frutas, grãos, legumes, tubérculos percebemos a importância da Agronomia para a alimentação da sociedade. Assim, os avanços tecnológicos promovem inúmeras benfeitorias. As perspectivas de avanço na Agronomia são excelentes, pois, conforme a história vem demonstrando, sempre é possível progredir, seja no melhoramento das cultivares, nas práticas de manejo do solo e das plantas, no desenvolvimento de novas técnicas, no aperfeiçoamento dos métodos já existente. Graças ao esforço nas áreas de pesquisa, ensino, extensão e produção, o avanço é constante. Assim, olhando os avanços do passado é possível ter perspectivas positivas, mesmo em um cenário tão pessimista como o da atual pandemia do Covid-19.

O e-book “Agronomia: avanços e perspectivas” têm trabalhos que visam otimizar a produção e/ou promover maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: o cultivo de guaco em diferentes ambientes de luz, as características biométricas de plantas e frutos de variedades de mangabeiras, o desempenho fisiológico de sementes de soja no estresse salino, o uso de fertilizante orgânico na produção de rabanete, métodos de superação de dormência em butiá-azedo, aplicação de micronutrientes na soja, uso de pó de basalto no milho e de pó de ametista na soja e o uso do silício e seus benefícios para agricultura brasileira. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora.

Por fim, esperamos que este e-book possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para Agronomia. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Os organizadores


## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>6</b>
CRESCIMENTO E ANATOMIA FOLIAR DE <i>MIKANIA GLOMERATA</i> CULTIVADAS EM DIFERENTES AMBIENTES DE LUZ.....	6
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>17</b>
PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE FRUTOS DE VARIEDADES DE MANGABEIRA.....	17
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>32</b>
BIOMETRIA DE PLANTAS E ASPECTOS FENOLÓGICOS DE VARIEDADES DE MANGABEIRA ( <i>HANCORNIA SPECIOSA</i> GOMES).....	32
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>51</b>
DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SOJA NO ESTRESSE SALINO.....	51
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>63</b>
PRODUÇÃO DE RABANETE CULTIVADA EM DIFERENTES PROPORÇÕES DE FERTILIZANTE ORGÂNICO.....	63
<b>CAPÍTULO VI .....</b>	<b>74</b>
ESCARIFICAÇÃO FÍSICA, MECÂNICA E APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO NA SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA DE SEMENTES DE <i>BUTLA CAPITATA</i> (MART.) BECCARI .....	74
<b>CAPÍTULO VII.....</b>	<b>81</b>
MICRONUTRIENTES VIA FOLIAR NA CULTURA DA SOJA NO CERRADO PIAUIENSE ...	81
<b>CAPÍTULO VIII .....</b>	<b>91</b>
COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO MILHO SAFRINHA NÃO SÃO INFLUENCIADOS POR DOSES DE PÓ DE BASALTO APÓS DOIS ANOS DE APLICADO.....	91
<b>CAPÍTULO IX .....</b>	<b>101</b>
PRODUTIVIDADE E TEOR DE PROTEÍNAS DE GRÃOS DE SOJA CULTIVADAS COM DOSES DE PÓ DE AMETISTA.....	101
<b>CAPÍTULO X .....</b>	<b>107</b>
O USO DO SILÍCIO E SEUS BENEFÍCIOS PARA AGRICULTURA BRASILEIRA: REVISÃO	107
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>137</b>

# Crescimento e anatomia foliar de *Mikania glomerata* cultivadas em diferentes ambientes de luz


Recebido em: 12/06/2020

Aceito em: 17/06/2020

 10.46420/9786599120862cap1

Gildeon Santos Brito<sup>1</sup>

Weyla Silva de Carvalho<sup>1</sup>

Girlene Santos de Souza<sup>1\*</sup> 

Victor Gabriel Souza de Almeida<sup>1</sup>

Anacleto Ranulfo dos Santos<sup>1</sup>

Janderson do Carmo Lima<sup>2</sup>

## INTRODUÇÃO

As plantas medicinais são utilizadas desde os primeiros povos até a atual civilização, uma vez que apresentam propriedades, as quais auxiliam no combate e prevenção de enfermidades. O guaco (*Mikania glomerata Spreng.*), pertencente à família Asteraceae, faz parte desse grupo de plantas, pois age no tratamento de afecções respiratórias, apresentando ação broncodilatadora, sendo indicada no combate à tosse, asma, bronquite, rouquidão e outros sintomas associados a gripes e resfriados. Ressalta-se que a cumarina é uma das substâncias associadas a esse efeito (Czelusniak et al., 2012). Além do mais, essa espécie vegetal possui tal importância, que, ainda no ano de 1929 houve sua inclusão entre as plantas que compuseram a primeira edição da farmacopéia Brasileira (Silva, 1929).

Apesar dessa espécie apresentar potencial para exploração dos seus recursos, pouco se conhece sobre seu comportamento em diferentes condições do ambiente. Diante da importância econômica da espécie para as diversas regiões, são necessários estudos ecofisiológicos que envolvam o crescimento, desenvolvimento, reprodução e fisiologia das plantas. A luz é um dos fatores ambientais que mais influi no desenvolvimento vegetal, seja por meio de fotoestimulação da biossíntese de substâncias, fototropismo, fotomorfogênese

---

<sup>1</sup> Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, N°710, Centro, CEP: 44380-000, Cruz das Almas, Bahia, Brasil;

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Estadual de Feira de Santana, Av. Transnordestina, s/n, Bairro Novo Horizonte Campus Universitário CEP 44.036-900 Feira de Santana, Bahia, Brasil

\* Autor de correspondência: girlene@ufrb.edu.br

ou fotoperiodismo, controlando o metabolismo vegetal (Taiz et al, 2017).

A tolerância inter e intraespecífica a diferentes ambientes sombreados é variável em função do nível e quantidade de luz, proporcionando alterações na altura da planta, expansão da área foliar e quantidade de clorofila a, b e total produzida (Souza et al., 2016). Assim, a fotossíntese pode ser afetada em função de alterações luminosas, podendo ocorrer ajustes no aparato fotossintético que aumentem a eficiência na absorção e transferência de energia para o processo (Souza et al., 2011; Pires et al., 2011).

As respostas das plantas a diferentes condições de luminosidade não estão atreladas apenas ao fornecimento de energia para a fotossíntese, mas também em promover a sinalização ao desenvolvimento por meio de receptores de sensibilidade a luz em diferentes intensidades, qualidade espectral e estado de polarização (Albuquerque et al., 2015).

Para isso, atualmente utiliza-se uma tecnologia que visa manipular tanto a qualidade de luz que chega para as plantas cultivadas em ambientes protegidos, como o conforto térmico, mantendo dessa forma, um microclima relativamente favorável ao crescimento vegetal. São as malhas fotoconversoras e termorrefletoras, que segundo Oren-Shamir et al. (2001) apresentam propriedades ópticas especiais, podendo alterar a composição da luz transmitida para as plantas, otimizando o rendimento dos cultivos.

As malhas metalizadas por alumínio em ambas as faces, promovem a conservação de energia no ambiente e reflexão de parte da energia solar, resultando em menores temperaturas no verão e maiores temperaturas no inverno (Guiselini et al., 2010). Além disso pode favorecer ao aumento da captação de luz pelas plantas através do efeito da difusão, resultando em ganho na atividade fotossintética das plantas (Oren-Shamir et al. 2001).

As malhas fotoconversoras Chromatinet são unidas mais densamente para atingir o efeito de sombreamento e, de acordo com o fabricante, alteram o espectro de luz por elas transmitido. No caso da malha vermelha, esta possui uma maior transmitância em comprimentos de onda acima de 590nm (vermelho) e um pico menor em torno de 400nm (violeta), reduzindo ondas azuis, verdes e amarelas (Brant et al., 2009). Por esse motivo, essas malhas manipulam o espectro da luz incidente de forma que os fótons cheguem até a superfície foliar com os comprimentos de onda favoráveis para os pigmentos fotossintetizantes realizarem a síntese de fotoassimilados. Então, fica claro que esta malha propicia a fragmentação da luz direta em difusa.

Tendo em vista a relevância dessa espécie para a flora medicinal, bem como a importância da qualidade espectral da luz para as plantas, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento vegetativo e a anatomia foliar em plantas de guaco, cultivadas sob diferentes



ambientes de luz.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de setembro a dezembro de 2019, em casa de vegetação da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), na cidade de Cruz das Almas, região situada no Recôncavo da Bahia. Encontra-se a 200 m de altitude acima do nível do mar, latitude 12°40'0" S e longitude 39°06'0" W de Greenwich. Segundo a classificação de Köppen, apresenta clima Aw a Am, tropical quente e úmido. Com pluviosidade média anual de 1224 mm, com maiores ocorrências de chuva no período abarcado entre março e junho.

As mudas foram produzidas por propagação assexuada, utilizando estacas de plantas matrizes oriundas da UFRB, e colocadas em copos descartáveis de 200 mL contendo como substrato esterco bovino + latossolo amarelo por um período de 30 dias. A irrigação foi realizada diariamente em conformidade com as necessidades das plantas.

Com as mudas prontas, procedeu-se o transplante para vasos de plásticos com capacidade de 3 dm<sup>3</sup>, contendo substrato formado pela mistura de solo e húmus de minhoca (Tabela 1), na proporção 2:1. O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado, disposto em parcela subdividida no espaço. Foram testados três ambientes de luz: malha ChromatiNet vermelha, termorefletora aluminet (ambas com 50% de sombreamento) e a pleno Sol (tratamento controle), com cinco repetições sendo cada parcela experimental constituída por uma planta totalizando 15 unidades experimentais.

**Tabela 1.** Características químicas do latossolo amarelo e húmus de minhoca utilizados no experimento.

Tratamentos	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	H+Al	V	M.O	CTC(t)	CTC (T)
	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>			cmol(c)/dm <sup>3</sup>			%		cmol(c)/dm <sup>3</sup>	
Solo 0-20	5,8	0,42	3,91	2,5	1,0	3,51	2,6	57,45	2,02	3,51	6,11
Húmus	7,3	8,53	27,37	4,6	1,8	6,47	2,4	72,94	1,98	6,47	8,87

Dois meses após o transplante foi medida a altura da planta (AL) com uma fita métrica graduada em milímetros, a partir do colo ao ápice da gema terminal; índices de clorofila A (CLA), B (CLB), razão clorofila a/b (CLA/CLB) e clorofila total (CLT) (ICF – Índice de Clorofila Folker), entre 8:00 e 10:00 horas da manhã utilizando o medidor eletrônico Falker modelo-CFL1030, com leituras realizadas em três folhas do terço médio de cada planta; posteriormente as folhas, caule e raiz foram separadas e acondicionadas individualmente em sacos de papel, colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 40

$\pm 2$  °C até atingir massa constante. A partir daí foram determinadas às massas da matéria seca da folha (MSF), caule (MSC), parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) utilizando balança analítica com precisão de  $10^{-3}$ .

Para avaliação anatômica foram coletadas aleatoriamente dez folhas inteiras de cada tratamento do terço médio. As amostras foram armazenadas em álcool 70° para a realização dos cortes anatômicos peridérmicos e transversais.

Os cortes paradérmicos foram efetuados manualmente com auxílio de lâminas de barbear na superfície abaxial das folhas, sendo submetidos ao processo de coloração com safranina a 0,1% em água glicerinada a fim de se observar a quantidade de estômatos, a qual foi feita, utilizando-se 0,5 mm<sup>2</sup> de folha de papel milimetrado para inferência da área foliar observada. Já os cortes transversais foram efetuados também à mão livre no pecíolo e mesofilo, estes foram corados com azul de astra e posteriormente montadas em lâminas semipermanentes, para averiguar o número de feixes vasculares e células do mesofilo (Kraus; Arduin, 1997; Johansen, 1940). As lâminas foram observadas com o auxílio de um microscópio, e as imagens foram fotografadas.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa estatístico Sisvar e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância (Ferreira, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas de *Mikania glomerata sprengel* responderam significativamente em função dos ambientes de luz durante o seu crescimento, podendo ser notados efeitos positivos na utilização dos ambientes de luz.

**Tabela 2.** Altura, massa da matéria seca de folhas (MSF), caule (MSC), parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) de plantas de *Mikania glomerata* submetidas a diferentes ambientes de luz.

Ambientes de	AL (cm)	MSF	MSC	MSPA	MSR	MST
		----- (g)-----				
Malha vermelha	101,56 b	3,924 a	2,712 a	6,636 a	1,782 ab	8,432 a
Malha aluminet	146,54 a	3,806 a	2,138 b	5,944 a	2,104 a	8,061 a
Pleno sol	32,90 c	2,045 b	1,056 c	3,103 b	1,035 b	4,150 b
<b>CV %</b>	<b>20,77</b>	<b>24,16</b>	<b>12,78</b>	<b>17,99</b>	<b>26,29</b>	<b>19,29</b>

\*Médias seguidas pela mesma letra e número, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Plantas crescidas sob malha aluminet apresentaram maior altura, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 2), sendo observado mais de 1 m de diferença em relação aquelas em pleno sol. Esse desempenho ocorreu provavelmente pela

redução da radiação direta em 50% fazendo assim com que, por estratégia adaptativa, as plantas investissem em altura. Paulus et al. (2016) verificaram que plantas de manjeriço apresentaram alterações no crescimento em função das diferentes cores das malhas de sombreamento, sendo que plantas crescidas sob malha aluminet também apresentaram maior crescimento em altura (66,58 cm), corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

As malhas vermelhas e aluminet influenciaram significativamente no acúmulo de fitomassa de folhas, parte aérea, raiz e total, não diferindo entre si e sendo superiores aos valores encontradas em plantas crescidas a pleno sol (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Souza et al. (2017), onde os autores verificaram que plantas de *S. officinalis* crescidas sob malha vermelha apresentaram valores significativos para as variáveis, massa da matéria seca de folhas (MSF), massa da matéria seca do caule (MSC) e massa da matéria seca de raiz (MSR) em relação aos demais tratamentos.



**Figura 1.** Plantas de *Mikania glomerata* sob os tratamentos (ambientes de luz), em casa de vegetação: malha vermelha (A); malha aluminet (B) e a pleno sol (C). Fonte: Os autores, 2019.

O parâmetro referente ao rendimento MSF das plantas de *Mikania glomerata* crescidas sob malhas vermelha e aluminet foram superiores em 52% e 54% respectivamente em relação

aquelas cultivadas a pleno sol. Considerando que as folhas são o principal material comercializado pelas plantas medicinais, esses resultados indicam que o uso dessas malhas coloridas pode ser indicado para esses fins (Figura 1).

Para a massa da matéria seca do caule observou-se diferença significativo nos ambientes sombreados, sendo que plantas crescidas sob a malha vermelha responderam melhor em relação malha aluminet. Fazendo uma comparação entre os resultados encontrados no rendimento de MST, foi possível constatar incremento de 103 e 94% em plantas crescidas sob malha vermelha e aluminet respectivamente, quando comparado aquelas sob pleno sol.

Fica evidenciado que a produção de MST foi estimulada pela modificação da radiação incidente sobre as plantas, provavelmente, o processo fotossintético foi potencializado pela qualidade de luz. Souza et al. (2010) obtiveram resultados semelhantes para as referidas variáveis quando plantas de *Mikania glomerata* e *Mikamia leavigata* responderam positivamente quando foram submetidas ao sombreamento com usos de malhas coloridas, evidenciando com isso, uma plasticidade fenotípica dessas espécies aos espectros e intensidades luminosas estudadas. Com relação aos índices de clorofila a, b e total (Tabela 3) os resultados revelaram efeito significativo em plantas crescidas sob as malhas vermelha e aluminet. Vale salientar que plantas crescidas sob as malhas coloridas não diferiram entre si.

**Tabela 3.** Índices de clorofila a (CLA), b (CLAB), total (CLT) e relação a/b (CLA/CLAB) em plantas de *Mikania glomerata* submetidas a diferentes ambientes de luz.

<b>Ambientes de luz</b>	<b>CLA</b>	<b>CLB</b>	<b>CLT</b>	<b>CLA/CLB</b>
Malha vermelha	40,033 a	14,080 a	54,120 a	2,853 b
Malha aluminet	41,773 a	14,780 a	56,560 a	2,836 b
Pleno sol	23,908 b	6,750 b	30,650 b	3,653 a
<b>CV %</b>	<b>10,62</b>	<b>14,54</b>	<b>11,52</b>	<b>8,18</b>

\*Médias seguidas pela mesma letra e número, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

O índice de CLA foi cerca de 40 % maior nas plantas crescidas sob a malha vermelha e aluminet em comparação aquelas ao pleno sol (Tabela 3). Esse tipo de clorofila está presente em organismos que realizam fotossíntese, é o pigmento essencial na fase fotoquímica, enquanto os demais pigmentos auxiliam na absorção da luminosidade e na transferência dessa energia para os centros de reação. O mesmo comportamento ocorreu para o índice de CLB onde os valores também foram maiores nas plantas cultivadas sob sombreamento, em relação ao ambiente não sombreado. O conteúdo de clorofila na folha de plantas crescidas em ambientes sombreados, é uma referência eficaz para explicar a influência do mecanismo de otimização de absorção de luz por pigmentos fotossintéticos

(Daí et al., 2009).

Ambas as clorofilas desempenham funções diferentes no metabolismo vegetal, a clorofila b absorve energia em comprimento de onda diferentes da clorofila a e a transfere para o centro de reação, maximizando assim, a captura energética que efetivamente atua nas reações fotoquímicas (Taiz et al, 2017). Para o bom funcionamento do metabolismo vegetal, o que importa não é somente a quantidade de luz que chega ao centro de reação para excitar a clorofila, mas também a qualidade da luz. A concentração de clorofila nas folhas constitui um indicador importante na produção de biomassa e na atividade fotossintética das plantas (Taiz et al, 2017).

Alguns autores relatam maiores teores de clorofilas em plantas sombreadas em relação àquelas cultivadas a pleno sol, evidenciando que a quantidade de radiação influencia fortemente os teores de pigmentos (Castro et al. 2005, Lima Júnior et al. 2006, Souza et al. 2010, Lima et al. 2018).

A relação CIA/CIB demonstrou efeito contrário, ou seja, as plantas cultivadas a pleno sol apresentaram valores superiores, diferindo estatisticamente das plantas cultivadas sob as malhas (Tabela 3). Esta redução se deve a menor variação nos índices de clorofila a e b para esse tratamento. A relação entre clorofilas é considerada uma variável de grande importância devido ao fato de indicar perdas foto-oxidativas ocasionadas por irradiações de alta intensidade, de acordo com Hendry & Price (1993) apud Streit et al. (2005).

Vale salientar que a síntese de pigmentos fotossintéticos está relacionada ao local de crescimento e desenvolvimento da espécie vegetal. Ambientes sombreados estimulam a produção desses pigmentos para promover adaptação da cultura à diminuição da incidência de radiação solar, não afetando assim sua produtividade.

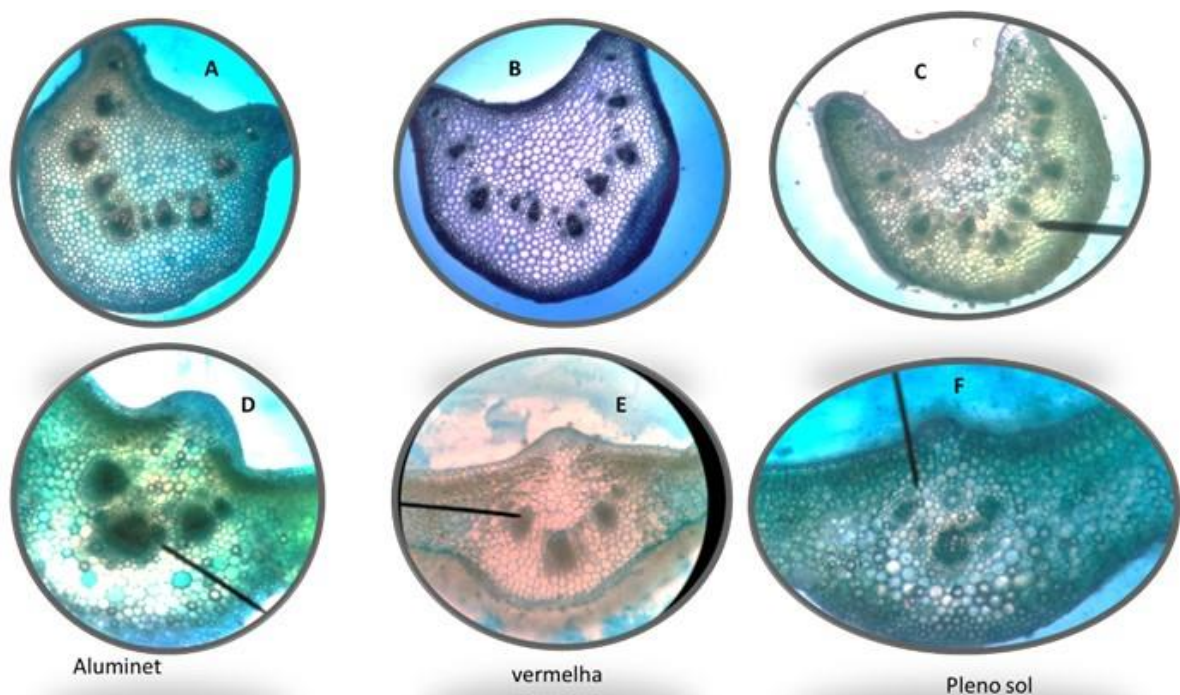
Foram observadas diferenças anatômicas no número de estômatos e feixes vasculares das plantas de guaco cultivadas nos diferentes ambientes. Essas diferenças podem estar relacionadas à intensidade luminosa na qual as plantas foram submetidas durante o experimento, sendo a luz um fator de fundamental importância para as plantas, devido à ação direta ou indireta na regulação do crescimento e desenvolvimento vegetal. A luz influencia a anatomia foliar tanto nos primeiros estágios de desenvolvimento quanto na fase adulta, pois a folha é um órgão bastante plástico e as estruturas internas adaptam-se às condições de luz do ambiente (Oliveira, 2009).

Analisando os cortes paridérmicos, foi possível observar que as plantas cultivadas sob malha vermelha apresentaram maior densidade estomática ( $14/\text{mm}^2$ ), possivelmente pelo fato desta malha aumentar os comprimentos de onda na região do infravermelho.



Ribeiro et al., (2014), observaram esta relação nas plantas de *Talisia esculenta* onde apresentaram também, maior densidade estomática, sob esta malha. A malha aluminet, por sua vez, proporcionou números de estômatos intermediários em comparação aos demais tratamentos ( $9/\text{mm}^2$ ) e, à pleno sol alcançaram menor número de estômatos em torno de  $6/\text{mm}^2$ , contudo, esse dado não condiz com a menção de Santos et al. (2014), na qual folhas que se desenvolveram sob condições de alta luminosidade tendem a ter maior densidade de estômatos.

Não foram observadas diferenças na estrutura anatômica do pecíolo das plantas cultivadas sob a malha vermelha, aluminet e pleno sol. O pecíolo, seccionado transversalmente, demonstrou um contorno côncavo-convexo, foi também observada a presença e vários feixes vasculares (em torno de 8), além de um parênquima fundamental (Figura 1 A, B e C). Além disso, o pecíolo apresentou também camadas de colênquima logo abaixo da epiderme, predominantemente anelar.



**Figura 2.** Corte transversal do pecíolo (A, B e C) e do limbo (D, E e F) de *Mikania glomerata* Spreng cultivado sob malha aluminet (A e D) e vermelha (B e E) e a pleno sol (C e F). A seta indica feixes vasculares. Cruz das Almas-BA, 2019.

A lâmina foliar apresenta mesofilo heterogêneo e dorsiventral formado por camadas de parênquima paliçádico próximo à epiderme adaxial e lacunoso próximo à face abaxial. Pequenos feixes vasculares podem ser observados na região do limbo e o sistema liberolenhoso dispõe-se em forma de arco (Figura 1D, E e F). Nas plantas cultivadas a pleno

sol, uma redução da sinuosidade da nervura principal foi observada, dados estes que corroboram com Bosabalidis et al. (2002), o qual descreve que este é um parâmetro adaptativo às condições de alta radiação e estresse por calor e seca. Diferentes características na anatomia de uma espécie vegetal podem ser encontradas em folhas da mesma planta quando são expostas a distintos tipos de luminosidade (Taiz et al. 2017). Outro fator é a plasticidade fenotípica em que a planta responde a alterações do meio ambiente em que se encontram, modificando a sua expressão fenotípica, mediante ajustamentos morfológicos ou fisiológicos.

## CONCLUSÕES

A qualidade de luz por meio das malhas de sombreamento vermelha e aluminet influencia positivamente o acúmulo de fitomassa nas plantas de *Mikania glomerata* e proporciona maior crescimento em altura.

O uso da malha fotoconversora vermelha e termorefletora favorece o aumento nos índices de clorofila de plantas de guaco.

Nos cortes paridérmicos, o maior número de estômatos/mm<sup>2</sup> é observado nas plantas crescidas sob sombreamento.

Não foram observadas diferenças anatômicas nas estruturas do pecíolo e limbo em relação aos ambientes de cultivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque TCS, Evangelista TC, Albuquerque Neto AAR (2015). Níveis de sombreamento no crescimento de mudas de castanheira do Brasil. *Revista Agro@ambiente*, 9(4): 440-445.
- Bosabalidis AM, Gofids G (2002) Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant Science*, 163(2): 375-379.
- Brant RS, Pinto JEBP, Rosa LF, Albuquerque JB, Ferri PH, Corrêa RM (2009). Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. *Ciência Rural*, 39(5): 1401-1407.
- Castro EM, Pinto JEBP, Melo HC, Soares AM, Alvarenga, AA, Lima Júnior EC (2005). Aspectos anatômicos e fisiológicos de plantas de guaco submetidas a fotoperíodos. *Horticultura Brasileira*, 23(3): 846-850.
- Czelusniak KE, Brocco A, Pereira DF, Freitas GBL (2012). Farmacobotânica, fitoquímica e farmacologia do Guaco: revisão considerando *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schulyz Bip. ex Baker. *Revista Brasileira Plantas Mediciniais*, 14(2): 400-409.


- Daí Y, Shen Z, Liu Y, Wang L, Hannaway D, Lu H (2009). Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg. *Environmental and Experimental Botany* 65: 177– 182.
- Ferreira DF (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, 35(6): 1039-1042.
- Guiselini C, Sentelhas PC, Pandorfi H, Holcman E (2010). Manejo da cobertura de ambientes protegidos: Radiação solar e seus efeitos na produção da gérbera. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(6): 645-652.
- Johansen DA (1940). *Plant Microtechnique*. McGraw-Hill, New York, 523.
- Kraus JE, Arduin M (1997). *Manual básico de métodos em morfologia vegetal*. Editora: EDUR, Rio de Janeiro. 198p.
- Lima JC, Oliveira UC, Santos, AR, Souza, AA, Souza, GS (2018). Proporções de amônio e nitrato no crescimento de plantas de *Lippia alba* (Mill) N. E. Br. cultivadas sob ambientes de luz. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(3); 655-662.
- Lima JR, Alvarenga AA, Castro EM, Vieira CV, Barbosa JPRAD (2006). Aspectos fisioanatômicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. *Revista Árvore*, 30(1): 33-41.
- Oren-Shamir M, Gussakovsky E, Eugene E, Nissim-Levi A, Ratner K, Ovadia R, Giller Y, Shahak Y (2001). Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76(3): 353-361.
- Oliveira MI, Castro EM, Costa LCB, Oliveira C (2009) Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisia vulgaris* L. cultivada sob telas coloridas. *Revista Brasileira Plantas Mediciniais*, 11(1): 56-62.
- Paulus D, Valmorbidia R, Ferreira SB, Zorzzi IC, Nava GA (2016). Biomassa e composição do óleo essencial de manjeriço cultivado sob malhas fotoconversoras e colhido em diferentes épocas. *Horticultura Brasileira*, 34(1): 46-53.
- Pires MVM V, P AAF, Almeida AL, Figueiredo FP, Gomes MM (2011). Photosynthetic characteristics of ornamental passion flowers grown under different light intensities. *Photosynthetica*, 49(4): 593-602.
- Ribeiro SF (2014). Influência de malhas fotoconversoras nos aspectos anatômicos e fisiológicos de *Talisia esculenta* (A. St.- Hil) Radlk. Dissertação de Mestrado, Mestrado em Botânica Aplicada, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 91f.
- Santos MS, Feijó NSA, Secco TM, Mielke MS, Gomes, FP, Costa LCB, Silva DC (2014).


- Efeitos do sombreamento na anatomia foliar de *Gallesia integrifolia* (Spreng) Harms e *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 16(1): 89-96.
- Silva RAD (1929). *Pharmacopeia dos Estados Unidos do Brasil*. Editora: Companhia Editora Nacional, São Paulo, 237p.
- Souza GS, Castro EM, Soares AM, Pinto, JEBP (2010). Características biométricas e fisiológicas de plantas jovens de *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker cultivadas sob malhas coloridas. *Revista Brasileira de Biociências*, 8(4): 330-335.
- Souza GS, Santos AR, Silva JS, Ferreira DR (2011). Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* Schultz Bip. Ex Baker (guaco) cultivadas sob malhas coloridas. *Enciclopédia Biosfera*, 7(2): 1-14.
- Souza RR, Cavalcante MZB, Silva EM, Amaral GC, Brito LPS, Avelino RC (2016). Alterações morfofisiológicas e crescimento de helicônias em função de diferentes ambientes de sombreamento. *Communicata Scientiae*, 7(2): 214-222
- Souza GS, Lima JC, Santos AR, Oliveira UC, Bezerra MN (2017). Produção de fitomassa de *Salvia officinalis* L. cultivada sob malhas coloridas e doses de esterco avícola. *Revista Verde de Agroecologia*, 12(2): 182-186.
- Streit NM, Canterle LP, Canto MW, Hecktheuer LHH (2005). As Clorofilas. *Ciência Rural*, 35(3): 748-755.
- Taiz L, Zeiger E, Moller IM, Murphy A (2017). *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6. Editora: ArtMed, Porto Alegre. 888p.

# Produção e caracterização física de frutos de variedades de mangabeira

Recebido em: 10/07/2020


Aceito em: 15/07/2020

 10.46420/9786599120862cap2

Muza do Carmo Vieira<sup>1\*</sup> 

Eli Regina Barboza de Souza<sup>2</sup> 


Ronaldo Veloso Naves<sup>2</sup> 

Wilson Mozena Leandro<sup>2</sup> 

Jaqueline Lima da Conceição Souza<sup>2</sup> 

Ana Paula Marquez Belo<sup>2</sup> 

Rosângela Vera<sup>2</sup> 

Kerly Cristina Pereira<sup>1</sup> 

## INTRODUÇÃO

A tradição de consumo de frutíferas é encontrada na memória ancestral das condições humanas que remontam ao tempo em que o homem primitivo obtinha da coleta de frutos e da caça de animais o suporte provedor das suas necessidades nutricionais diárias. A sabedoria da razão que permeabiliza a relação do homem com a natureza oferece incentivo para os estudos de espécies frutíferas nativas, sendo objeto de estudos exploratórios, pois a fruta é um componente imprescindível para a composição de uma alimentação saudável, devendo ser consumida diariamente.

A espécie *Hancornia speciosa* Gomes, conhecida popularmente por mangabeira, é uma árvore frutífera, nativa do Brasil e encontrada em várias regiões do país, desde os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas do Nordeste até os cerrados das regiões Centro-Oeste, Norte e Sudeste do país (Soares et al., 2006).

Segundo Monachino (1945), podem existir seis variedades botânicas de mangabeira: *H. speciosa var. speciosa*, *H. speciosa var. maximiliani*, *H. speciosa var. cuyabensis*, *H. speciosa var. lundii*, *H. speciosa var. gardneri* e *H. speciosa var. pubescens*.

Para Almeida et al. (1998), a grande demanda do mercado, aliada à baixa da quantidade de oferta, torna-se um grande empecilho a difusão da mangaba entre a maior parte da população de outras regiões do Brasil. Portanto, a expansão de mercado da mangaba

<sup>1</sup> Instituto Federal Goiano, CEP: 75790-000, Urutaí, Goiás, Brasil.

<sup>2</sup> Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, CEP: 74690-900, Goiânia, Goiás, Brasil.

\*Autor para correspondência: mcvmuza@gmail.com



depende diretamente da implantação de pomares comerciais, pois a produção extrativista não está sendo suficiente para atender sequer a demanda local.

O potencial produtivo da mangabeira é um fator decisivo a sua indicação para o cultivo sistemático com o propósito nutricional, comercial e industrial, razões suficientes para incrementar estudo sobre sua produção, necessitando ainda de ser mais bem elucidado e assim, obter subsídios para a introdução da mangabeira na forma de cultivo.

Realizou-se a presente pesquisa com o objetivo de obter o conhecimento sobre a produção e a produtividade dos frutos de *H. speciosa* das variedades *cuyabensis*, *gardneri*, *pubescens* e *speciosa* no decorrer das safras dos anos de 2012 e 2013.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com as plantas de mangabeira da coleção do banco de germoplasma da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA-UFG), localizado no município de Goiânia-GO, nas coordenadas geográficas: latitude 16°35'12", longitude 49°21'14" W e 730 m de altitude. A pesquisa foi realizada por meio do acompanhamento de duas safras de mangaba, correspondendo aos anos de 2012 e 2013.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw (quente e semiúmido, com estação seca bem definida de maio a setembro), com temperatura média de 22,3°C (Brasil, 1992). O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico, de textura média e relevo suavemente ondulado (Embrapa, 1999). A precipitação média anual do Bioma Cerrado é de 1.500 mm, variando de 750 mm a 2.000 mm (Ádamoli et al., 1987).

A coleção de germoplasma foi implantada em dezembro de 2005, em delineamento experimental de blocos completos casualizados com 58 tratamentos (progênes) e quatro blocos, sendo uma planta por parcela no espaçamento de 5 m x 6 m, totalizando uma área de aproximadamente 6.960 m<sup>2</sup> e 232 acessos individuais. Atualmente há 192 acessos individuais que representam 29 populações naturais e quatro variedades botânicas de *H. speciosa* (*cuyabensis*, *gardneri*, *pubescens* e *speciosa*).

No ano de 2012 foram avaliados 28 matrizes da variedade *cuyabensis*; 114 matrizes para variedade *gardneri*; e 36 matrizes (*pubescens*). No ano de 2013 avaliou-se a mesma quantidade para *cuyabensis* e *pubescens*, e 111 matrizes de *gardneri* e 4 matrizes de *speciosa*.

O levantamento da estimativa da quantidade de frutos por planta foi realizado por meio da contagem dos frutos em sua totalidade, levando-se em consideração o valor médio, determinado a partir da contagem realizada por quatro avaliadores treinados. O levantamento efetuou-se com a contagem dos frutos para cada genótipo de cada variedade (*cuyabensis*,

*gardneri*, *pubescens* e *speciosa*), que compõe o banco de germoplasma. Essa metodologia consistia em dividir subjetivamente a planta em quadrantes, neles contavam-se os galhos e cada fruto contido em cada galho. Deste modo, efetuava-se a soma dos frutos por planta. Cada avaliador realizou uma contagem, que ao final eram somadas à contagem dos demais avaliadores para a obtenção do número médio de frutos por planta.

Para avaliação dos frutos, coletaram-se selecionando os que estivessem sadios e que não apresentassem danos mecânicos. Estes quando coletados foram separados em até três frutos por planta avaliada para a realização da caracterização biométrica, levando-se em consideração cada planta por variedade. Estes foram depositados, à medida da coleta, em caixas de papel adaptada de 24 células contendo um recipiente com a numeração equivalente a cada planta por bloco (Figura 1).



**Figura 1.** Mangabas depositadas em caixa de papel adaptada. Goiânia-GO, 2012.  
Fonte: Muza do Carmo Vieira.

Os frutos foram acondicionados nessas caixas de papelão, à temperatura ambiente, e transportados ao Laboratório de Fitotecnia da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA-UFG) para a realização das análises físicas. A coleta dos frutos, a contagem e o transporte para o Laboratório de Fitotecnia sempre foram realizados no início da manhã da forma mais ágil e rápida possível, normalmente entre 07h30min horas e 10h00min horas.

As análises físicas realizadas em frutos de mangabeira foram: massa do fruto (MF) em gramas (g) com a massa do fruto inteiro, obtida por meio de pesagem individual; diâmetros transversal (DT) e longitudinal (DL) em milímetros (mm) com o auxílio de um paquímetro digital de precisão de 0,01 mm. Para a obtenção da massa dos frutos utilizou-se a balança analítica com 0,001 g de precisão.

Após a caracterização biométrica dos frutos foi realizada sua despolpa para a verificação do número e da massa (g) de sementes e o rendimento de polpa (g). A despolpa das sementes foi realizada retirando todo o excesso de polpa em água corrente e com auxílio de uma peneira de malha fina. Posteriormente, as sementes foram colocadas para secar sob papel toalha por 6 horas e, em seguida, aferida a massa. A massa da polpa mais a casca foram pesadas sem separação das partes. Tanto a massa da semente como da polpa foram obtidas em gramas em balança analítica a 0,001 g de precisão.

A caracterização colorimétrica foi realizada avaliando a coloração da película que recobre o fruto, sendo esta avaliada visualmente segundo as escalas de cores identificadas da seguinte forma: 1) Verde; 2) Verde-amarelo; e 3) Amarelo. Na escala da cor “Verde”, houve um número correspondente igual a “1”; escala da cor “Verde-amarela”, houve um número correspondente igual a “2”; escala da cor “Amarela”, houve um número correspondente igual a “3”; para a obtenção dos dados, foi realizada a média por subespécie.

Os dados foram submetidos à análise de variância, seguido pelo teste de média Tukey ( $p < 0,05$ ) com o auxílio do programa estatístico *Statistical Analysis System* (SAS) versão 9.1 (SAS Institute, 2014) por meio do procedimento *proc anova*. Foram realizadas estatísticas descritivas obtendo os valores médios, mínimos, máximos e também foram determinadas as Correlações de *Pearson* entre as variáveis avaliadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### SAFRA DE MANGABEIRA NO ANO DE 2012

Na safra de 2012 a variedade *cuyabensis* obteve número médio de 877,00 frutos por matriz e massa média de 29,57 g por fruto, o que equivale a 25,93 kg por planta. Para a variedade *gardneri* foi observada a quantidade de 562,00 frutos por planta e massa média de 27,50 g por fruto com produção de 15,45 kg por planta, enquanto que a variedade *pubescens* produziu 122,00 frutos por planta, com massa média de 29,36 g por fruto e 3,58 kg por planta (Tabela 1).

Para os valores máximos por planta, percebe-se que o genótipo da variedade *gardneri*, obteve em número de frutos por planta um dos maiores valores máximos (3.166 frutos por planta), bem como o menor valor mínimo (8 frutos por planta). Quanto ao valor máximo observado entre *gardneri* e *cuyabensis*, existe uma diferença numérica de 91 frutos por planta para a primeira. A variedade *pubescens* alcançou menor valor médio de número de frutos por planta, assim como menor valor mínimo e máximo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores médio, máximo e mínimo da produção de frutos colhidos de 178 matrizes de quatro variedades botânicas de *Hancornia speciosa* (*cuyabensis*; *gardneri*; e *pubescens*), pertencentes ao banco de germoplasma da UFG, da safra de 2012.

Valores	Nº de frutos por planta	Massa do Fruto (g)	Produção por planta (kg)	Produtividade (Kg ha <sup>-1</sup> )	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )
<i>cuyabensis</i> (28 matrizes)					
Média	877,00	29,57	25,93	8.644,297	8,64
Máximo	3.075,00	37,51	115,34	38.447,75	38,44
Mínimo	36,00	15,93	0,57	191,16	0,19
<i>gardneri</i> (114 matrizes)					
Média	562,00	27,50	15,45	5.151,66	5,15
Máximo	3.166,00	35,25	111,60	37.200,50	37,20
Mínimo	8,00	14,76	0,11	39,36	0,03
<i>pubescens</i> (36 matrizes)					
Média	122,00	29,36	3,58	1.119,97	1,19
Máximo	819,00	36,29	29,72	9.907,17	9,91
Mínimo	24,00	13,63	0,08	29,04	0,03

Fonte: Os autores.

As matrizes da variedade *cuyabensis* obtiveram valor médio de produtividade acima das obtidas pelas demais estudadas (*gardneri*, *pubescens* e *speciosa*), para as condições de Goiânia. Araújo et al. (2003), em análise de produção de mangaba em João Pessoa-PB, obtiveram média de produtividade, em dez acessos mais produtivos de uma coleção regional, de 15,97 kg ano<sup>-1</sup> em condição sem adubação (ano de 1998). Os valores observados neste estudo sugerem uma adaptação da variedade *cuyabensis* com possibilidade de seleção de genótipos e sua introdução ao cultivo, pois têm apresentado produtividade promissora.

A variabilidade da quantidade de frutos por planta das variedades de mangabeiras, encontrados no decorrer da avaliação em 2012, foi alta (Tabela 1). Possivelmente, um dos fatores dessa variação é a variabilidade genética, associada aos fatores climáticos da região. Nesse sentido, Silva et al. (2006) revelaram, em estudo sobre a produção de frutos de *H. speciosa* nas condições de Goiânia, ter constatado uma produção média de 113,00 frutos por planta, com massa por planta de 2,34 kg e massa de fruto (MF) de 20,94 g na safra de 2003; e 106,81 frutos por planta, com massa por planta de 2,24 kg e MF de 23,20 g na safra de 2004.

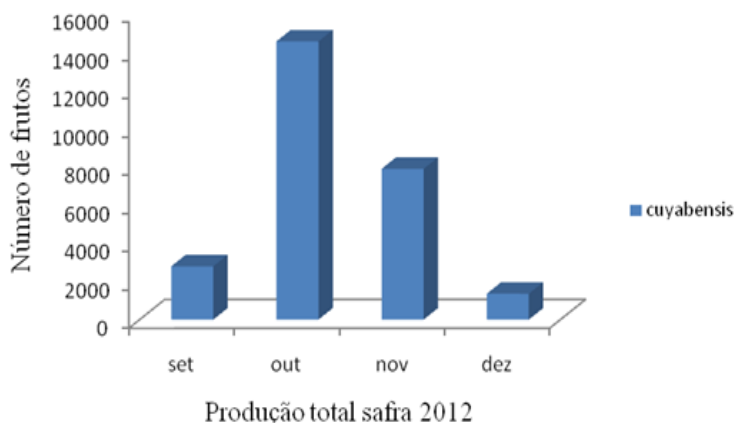
Em trabalho com mangaba no Cerrado, Rezende et al. (2002) observaram que o número de frutos variou de 1 a 188 frutos por planta. Este fato é explicado por Ganga et al. (2009) ao abordarem que, em condições naturais do Cerrado, populações e plantas de *H. speciosa* apresentam grande variação na produção de frutos.

No decorrer da safra do ano de 2012 observou-se um total de produção de

100.101,00 frutos, sendo que a produção média foi de 520,00 frutos por planta. A massa média geral por planta foi de 28,81 g por fruto, enquanto que os diâmetros transversal e longitudinal estabeleceram-se em 33,10 mm e 35,94 mm, respectivamente. O início da queda de frutos, ou “frutos de caída”, começa em setembro, estendendo-se até dezembro do mesmo ano.

A produção por planta em quilogramas foi de 14,98 kg e a produtividade 4,99 t ha<sup>-1</sup>. Estes valores estão inferiores ao encontrado por Grzebieluckas et al. (2011), em estudo sobre cultivo de mangaba em Arenópolis-GO observou que o início da fase produtiva foi aos quatro anos após o plantio, no ano de 2009, e obteve uma média de 36 kg de frutos por planta e produtividade média de 9,70 t ha<sup>-1</sup>.

A produção de frutos das 28 matrizes da variedade *cuyabensis* durante o mês de setembro foi de 2.780 frutos e de 99 frutos por planta; em outubro, foi de 14.524 frutos e 519 frutos por planta; em novembro, foi de 7.870 frutos e 281 frutos por planta; em dezembro, 1.350 frutos e 48 frutos por planta, respectivamente (Figura 1).



**Figura 1.** Produção de frutos de mangaba (*Hancornia speciosa*) por planta, coletados de matrizes da variedade *cuyabensis* estabelecidas no Banco de Germoplasma da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA-UFG) nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2012.

As 114 matrizes da variedade *gardneri* produziram durante o mês de setembro 12.154 frutos e 107 frutos por planta; em outubro, produziram o equivalente a 33.130 frutos e 291 frutos por planta; em novembro, a produção foi de 21.533 frutos e 189 frutos por planta; em dezembro, 2.350 frutos e 21 frutos por planta.

Ao analisar a variedade *pubescens*, constata-se que as 36 matrizes produziram juntas em setembro 469,00 frutos com 13,00 frutos por planta; em outubro, 2.204 frutos e 61,00 frutos por planta; em novembro 1.557 frutos e 43,00 frutos por planta; em dezembro, 179,00 frutos e 5,00 frutos por planta.



É relevante observar que para a variedade *speciosa* não foram constatados índices de frutos nos genótipos analisados no decorrer da safra do ano de 2012, o que pode ser interpretado como a manifestação por parte da planta de um período juvenil mais extenso do que as outras, ou pode estar relacionado a características ambientais, já que em condições naturais, chega a produzir até 100 kg de frutos por planta ao ano, segundo Aguiar Filho et al. (1998).

O pico de maior produção de frutos para todas as variedades ocorreu no mês de outubro, decaindo nos meses seguintes, sem, contudo, cessar a produção, persistindo esta ainda no decorrer do mês de janeiro do ano seguinte. Esses dados levam a inferir a respeito da influência dos eventos climáticos sobre a forte sazonalidade de frutíferas nativas, especialmente a mangaba.

Segundo Lederman et al. (2000) e Espíndola et al. (2003) na região do Nordeste a temperatura média anual adequada para a mangaba var. *speciosa*, estaria entre 24 °C a 26 °C com pluviosidade anual entre 750 mm e 1.600 mm. Os dados da Estação Evaporimétrica revelam que no ano de 2012 a média anual em Goiânia foi de 23,90 °C, com umidade relativa de 71%. Durante o mês de outubro de 2012, essas médias estiveram com temperatura de 26,40 °C e UR de 62,0%, precipitação total de 35,60 mm e insolação total de 240,80 h. Possivelmente, esse conjunto de fatores tenha contribuído para a indução do pré-amadurecimento dos frutos e sua consequente abscisão e queda, uma vez que neste mês houve maior valor de insolação total em 2012.

A maturação do fruto é influenciada pela intensidade de mobilização de fotoassimilados das folhas para os frutos. Quando do desenvolvimento vegetativo, os ápices da raiz e da parte aérea agem como drenos da planta. Os frutos tornam-se os principais drenos para a importação de carboidratos, aminoácidos e outros materiais translocados pelo floema quando ocorre o desenvolvimento reprodutivo (Taiz; Zeiger, 1991).

Segundo Oliveira (2008) os padrões fenológicos reprodutivos de plantas lenhosas do Cerrado são menos dependentes das restrições sazonais impostas pelo clima. Todavia, ao se analisarem os valores de produção da mangaba em 2010, 2011 (Nunes et al., 2011) e 2012, é possível que tenha havido a ação positiva do aumento da umidade relativa e da precipitação para a produção de mangaba da coleção da EA-UFG. Na Paraíba, no decorrer dos meses de julho a setembro ocorre à primeira florada e de outubro a dezembro a segunda florada, com maturação dos frutos acontecendo de 100 a 110 dias (Aguiar Filho et al., 1998), desde a abertura da flor.

Os valores verificados pelos autores já citados permitem caracterizar a oferta de frutos por um período de três meses. Consta-se que a produção de frutos das variedades *cuyabensis*, *gardneri* e *pubescens* avaliadas na população estudada, permite a oferta de frutos de mangaba para os mercados consumidores, durante quatro meses, ou seja, com acréscimo de 30 dias.

Em estudos com mangaba no Cerrado, Narain e Ferreira (2003) relataram ser possível encontrar frutos maduros de outubro a novembro, enquanto que Nunes et al. (2011), em estudo com mangaba do banco de germoplasma da EA-UFG, também obtiveram período de produção desta espécie com início em setembro e estendendo-se até dezembro.

A produção durante um tempo maior permite a colheita de frutos por um período mais extenso, o que pode contribuir para minimizar os efeitos das perdas e perecibilidade pós-colheita, ou seja, pode-se planejar a colheita e o processamento dos produtos a base de frutos de mangabeira.

As variedades de mangabeira no ano de 2012 não apresentaram diferenças nas variáveis físicas, e na coloração da película que recobre o fruto. A variedade *cuyabensis* apresentou frutos com valor médio de 29,57 g de massa; 33,85 mm diâmetro transversal; e 34,88 mm diâmetro longitudinal. Já para variedade *gardneri* esses valores foram: massa (27,50 g); diâmetro transversal (32,88 mm); e diâmetro longitudinal (36,26 mm). A variedade *pubescens* demonstrou valores de: 29,36 g (massa); 32,50 mm (diâmetro transversal); e 36,64 mm (diâmetro longitudinal).

Em frutos obtidos em áreas de Cerrado, nas reservas da Fazenda Água Limpa, Universidade de Brasília (UnB), Jardim Botânico de Brasília e Luziânia-GO, e em campo sujo de encosta, às margens da rodovia Brasília-Goiânia, Parente et al. (1985) obtiveram uma massa média de fruto de 24,60 g. Este valor está próximo a média (28,81 g) verificada neste estudo.

A cor do fruto de mangabeira das variedades variou de verde a verde-amarelado. A média de coloração foi 1,96 para *cuyabensis* e *gardneri* e 1,60 para a *pubescens*. A proporção média de 95,00% dos frutos com coloração verde-amarelado foi verificada para as duas primeiras e 80,00% para variedade *pubescens*. Percebeu-se que no início da safra os frutos apresentavam 96,00% de coloração verde-amarelado, enquanto que ao final da produção eles apresentavam coloração verde em 100% dos frutos não variando esse parâmetro entre as variedades.

Observou-se uma correlação positiva a 1% de significância entre: produtividade dos frutos e produção de frutos (0,94); massa do fruto (0,63); diâmetro longitudinal do fruto (0,92); e diâmetro transversal do fruto (0,92). Estas variáveis estão altamente relacionadas

entre si (Tabela 2).

**Tabela 2.** Coeficiente de correlação entre as variáveis de produção de frutos (PF), massa do fruto (MF), produtividade dos frutos (PRODF), diâmetro transversal do fruto (DTF), diâmetro longitudinal de frutos (DLF) de 178 matrizes de mangabeira (*Hancornia speciosa*) do Banco de Germoplasma da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA-UFG) em 2012.

	PF	MF	PRODF	DTF	DLF
MF	0,28*	1,00			
PRODF	0,94**	0,63**	1,00		
DTF	0,31*	0,30*	0,92**	1,00	
DLF	0,31*	0,33*	0,92**	0,27*	1,00

NS: não significativo; \* e \*\*: significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Fonte: Os autores.

### SAFRA DE MANGABEIRA NO ANO DE 2013

A safra de 2013 apresentou produção inferior a de 2012, a qual foi de 39.437 frutos contabilizados nas plantas de todas as quatro subespécies. A quantidade de frutos produzidos por planta de mangabeira é irregular e sujeita à sazonalidade frequente da região. Dos diversos fatores que podem ter influenciado a variabilidade na produção de frutos nas safras 2012 e 2013, dentre eles uma maior frequência quanto ao volume pluviométrico, segundo Newstrom et al. (1994), a floração e a frutificação são dependentes não só do ambiente em que se desenvolvem as plantas, mas da espécie e de seu estágio de desenvolvimento.

A variedade *cuyabensis* obteve uma quantidade média de 442,00 frutos por matriz; massa média de 29,14 g por fruto, e uma produção de 12,88 kg por planta. Na *gardneri* foi observado um número médio de 234,00 frutos por planta; massa de 26,88 g por fruto; e produção de 6,29 kg por planta, enquanto que a *pubescens* apresentou 78,00 frutos por planta, com massa média de 26,66 g por fruto e produção total de 2,08 kg por planta. Na safra de 2013 houve a presença de frutos em quatro matrizes da variedade *speciosa*, a qual obtiveram em média 12,00 frutos por planta; massa do fruto 15,66 g; produção por planta de 0,19 kg (Tabela 3).

Para a variável número de frutos por planta e produtividade em quilograma por planta e toneladas por hectare, as matrizes pertencentes à variedade *cuyabensis* destacaram-se das demais. A subespécie *gardneri* foi a segunda mais produtiva.

A massa, diâmetro transversal e longitudinal das variedades (*cuyabensis*, *gardneri* e *pubescens*) não diferiram entre si e demonstraram valores médios respectivos de 27,56 g; 33,63 mm; e 36,80 mm. Estas se distinguiram da variedade *speciosa* que apresentou menor valor médio de massa, diâmetro transversal e longitudinal do fruto. Os valores foram

respectivamente: 15,65 g; 23,45 mm; e 24,21 mm. Para a variável cor, não foram verificadas diferenças significativas.

**Tabela 3.** Valores máximos, mínimos e médios da produção de frutos colhidos de 185 matrizes de quatro variedades botânicas de *Hancornia speciosa* (*cuyabensis*; *gardneri*; *pubescens*; e *speciosa*), pertencentes ao banco de germoplasma da UFG, da safra de 2013.

Valores	Nº frutos por planta	Massa do Fruto (g)	Produção por planta (kg)	Produtividade (Kg ha <sup>-1</sup> )	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )
<i>cuyabensis</i> (28 matrizes)					
Média	442,00	29,14	12,88	4293,29	4,29
Máximo	1.744,00	35,54	61,98	20660,59	20,66
Mínimo	24,00	18,10	0,43	144,8	0,14
<i>gardneri</i> (111 matrizes)					
Média	234,00	26,88	6,29	2096,64	2,10
Máximo	1.196,00	36,30	43,41	14471,6	14,47
Mínimo	1,00	17,39	0,02	5,80	0,01
<i>pubescens</i> (36 matrizes)					
Média	78,00	26,66	2,08	693,16	0,69
Máximo	237,00	36,30	8,60	2867,7	2,87
Mínimo	1,00	17,39	0,02	5,80	0,01
<i>speciosa</i> (04 matrizes)					
Média	12,00	15,66	0,19	62,64	0,06
Máximo	26,00	26,80	0,70	232,27	0,23
Mínimo	2,00	2,00	0,00	1,33	0,00

Fonte: Os autores.

Todavia, Alves et al. (2006) salientam que a cor dos frutos na planta de mangabeira do Nordeste var. *speciosa* evoluiu gradativamente de totalmente verde para vermelho-amarelado. Em seguida, para tonalidade avermelhada com fundo totalmente amarelo, quando do fruto maduro e pronto para a abscisão, ou “de caída”, que são os frutos colhidos no chão, com coloração amarela e com grau máximo de desenvolvimento (Carnelossi et al., 2004).

Apesar de algumas plantas da variedade *speciosa* terem produzido em 2013, é necessário à implementação de pesquisas que averiguem com exatidão o fato desta não ter produzido no ano anterior (2012), ou seja, explicar se esse comportamento está realmente relacionado com o seu período maior de juvenilidade ou se está atribuído ao local onde está sendo cultivada.

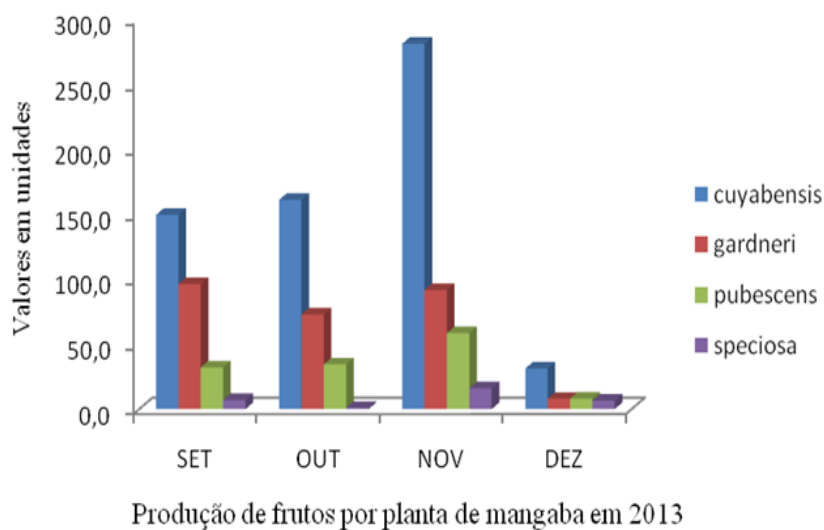
O fenômeno da juvenilidade compreende o período da germinação até o período da produção, podendo durar 12 anos ou mais, dependendo de cada espécie. No decorrer do

período juvenil, não há a produção de frutos (Franzon et al., 2010), o que pode contribuir para que haja um prolongamento para o início da produção da subespécie e, ou, espécie.

A var. *speciosa* parece não ter se adaptado as condições de Goiânia-GO, fato que pode explicar a falta de frutificação no ano de 2012. Segundo Ferreira e Marinho (2007) esta variedade quando propagada por semente (pé franco) começam a produzir a partir de três anos e meio a quatro anos, com possível estabilização da safra ocorrendo de sete a dez anos de idade, dependendo da muda.

Os valores de produção iniciais e finais, bem como o pico de produção, foram diferentes entre os dois anos (2012 e 2013). No estudo da safra de 2012, observam-se valores crescentes gradativos para as três variedades (*cuyabensis*, *pubescens* e *speciosa*), fato não verificado na safra de 2013. No ano de 2013 houve picos de produção em setembro e novembro.

A variedade *gardneri* obteve produção de 96,30 frutos por planta em média, durante o mês de setembro; já para a *cuyabensis*, o pico de produção foi em novembro com 281,3 frutos por planta em média, enquanto que para a *pubescens* e *speciosa*, esses valores foram de 58,50 e 16,00 frutos por planta respectivamente, com pico de produção também no referido mês (Figura 2).



**Figura 2.** Produção média de frutos por planta de *H. speciosa* das variedades *cuyabensis*, *gardneri*, *pubescens* e *speciosa* em Goiânia no decorrer de quatro meses (setembro, outubro, novembro e dezembro) estabelecidas no Banco de Germoplasma da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás em 2013.

Também, os dados médios de produção por planta das variedades em estudo indicam valores que variaram de 149,00 a 7,00 frutos por planta (*cuyabensis* e *speciosa*) em setembro; 80,00 a 34,00 frutos por planta (*gardneri* e *pubescens*) em outubro; 137,00 a 16,00 frutos por planta (*gardneri* e *speciosa*) no decorrer do mês de novembro; valores de 31,00; 8,00; 8,00 e



6,00 frutos/planta em dezembro nas variedades *cuyabensis*, *gardneri*, *pubescens* e *speciosa*, respectivamente (Figura 2).

A massa de sementes por fruto apresentou maior valor médio (4,00 g) para a *cuyabensis*. Esta também se destacou por possuir número de sementes por fruto superior, sendo de 12,00. Observa-se que os frutos de mangaba possuem bom rendimento de polpa, uma vez que os valores médios foram superiores a 85% para as variedades *cuyabensis*, *gardneri*, e *pubescens* (Tabela 4).

Estas variedades (*cuyabensis*, *gardneri*, e *pubescens*) demonstraram ser mais promissoras na produção de frutos na cidade de Goiânia-GO. Desta forma, juntamente com o seu maior rendimento de polpa, seus frutos podem ser promissores para utilização industrial, seja para preparações, de polpas para suco, como para produção de doces, sorvetes e picolés.

**Tabela 4.** Valores médio, máximo e mínimo de massa total de sementes por fruto (MTS), número de sementes por fruto (NSF) e rendimento de polpa de fruto (RP), de quatro variedades botânicas de *H. speciosa* (*cuyabensis*, *gardneri*, *pubescens* e *speciosa*) estabelecidas no Banco de Germoplasma da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás avaliadas em 2013.

Valores	MTS (g)	NSF	RP (%)
<i>cuyabensis</i>			
Média	4,00	12,50	86,75
Máximo	8,31	34,25	96,40
Mínimo	0,66	3,15	81,14
<i>gardneri</i>			
Média	2,84	10,99	89,44
Máximo	6,41	25,27	93,22
Mínimo	1,23	5,05	81,97
<i>pubescens</i>			
Média	2,47	9,96	90,74
Máximo	5,41	17,67	98,64
Mínimo	0,24	2,00	85,09
<i>speciosa</i>			
Média	1,54	7,00	60,78
Máximo	3,21	15,50	99,29
Mínimo	0,25	2,00	40,14

Fonte: Os autores.

É relevante abordar que o desenvolvimento e a expansão do cultivo da mangabeira são características que ocorrem tanto pelo lento crescimento da planta até alcançar a fase produtiva (quatro a cinco anos) como por sua sazonalidade, contribuindo para que a colheita

dos frutos concentre-se, basicamente, em três a quatro meses no ano. Esses entraves poderiam ser superados com o desenvolvimento e a aplicação de práticas culturais e manejos apropriados que não só viessem a acelerar o desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, o início da produção de frutos, mas também a elevação da produção propriamente dita (Lederman; Bezerra, 2003).

## CONCLUSÕES

Nas condições em que o estudo foi realizado, conclui-se que:

A colheita de frutos de mangaba estende-se de setembro a dezembro nas condições de Goiânia-GO.

Há variabilidade na produção de frutos de um ano para o outro em todas as variedades avaliadas de mangaba (*cuyabensis*, *gardneri*, *pubescens* e *speciosa*).

A variedade *speciosa* apresenta menor tamanho de frutos, e menor rendimento de polpa.

As variedades *cuyabensis*, *gardneri*, e *pubescens* apresentam potencial para serem exploradas como frutífera comercial nas condições de Goiânia, GO.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adámoli J, Macedo J, Azevedo LG, Neto JM (1987). Caracterização da região dos Cerrados.

In: Goedert WJ (Eds.). *Solos do Cerrado: Tecnologias e estratégias de manejo*. São Paulo: Nobel, 33-98.

Aguiar Filho SP, Bosco J, Araújo IA (1998). *A mangabeira (Hancornia speciosa): domesticação e técnicas de cultivo*. João Pessoa: EMEPA-PB. 26p.

Almeida SP, Proença CEB, Sano SM, Ribeiro JF (1998). *Cerrado: espécies vegetais úteis*. Editora: Embrapa, Planaltina. 464p.

Alves RE, Carnelossi MAG, Silva SM, Figueiredo RW (2006). Colheita e pós-colheita. In: Silva Júnior JF, Léo AS (Eds.). *A cultura da mangaba*. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 207-219.

Araújo IA, Ferreira EG, Soares KT, Fontinelli IS (2003). Características físicas de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) cultivada na zona da mata paraibana. *Anais...* In: Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da Mangaba. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros.


- Brasil (1992). Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional da Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia *Normas climatológicas: 1961-1990*. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. 84p.
- Carnelossi MAG, Toledo WFF, Souza DCL, Lira ML, Silva GF, Jalali VRR, Viégas PR (2004). Conservação pós-colheita de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). *Revista Ciência e Agrotecnologia*, 28(5): 1119-1125.
- Embrapa (1999). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa Produção de Informação. 412p.
- Espíndola ACM, Carvalho NSG, Almeida CCS (2003). Prospecção, coleta e manutenção de germoplasma de mangabeira em Alagoas. *Anais...* In: Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da Mangaba. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros.
- Ferreira EG, Marinho SJO (2007). Produção de frutos de mangabeira para consumo *in natura* e industrialização. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, 1(1): 9-14.
- Franzon RC, Carpenedo S, Silva JCS (2010). *Produção de mudas: principais técnicas utilizadas na propagação de fruteiras*. Planaltina: Embrapa Cerrados. 56p.
- Ganga RMD, Chaves LJ, Naves RV (2009). Variabilidade de plantas e progênes de populações naturais de *Hancornia speciosa* Gomes do Cerrado. *Revista Scientia Florestalis*, 37(84): 395-404.
- Grzebieluckas C, Campos LM, Selig PM (2011). Cultivo de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) para agregação de valor sustentável às pequenas propriedades rurais: uma análise de viabilidade econômica. *Anais...* In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Engenharia de Produção.
- Lederman I, Bezerra JEF (2003). Situação atual e perspectivas da cultura da mangaba no Brasil. *Anais...* In: Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da Mangaba. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros.
- Lederman IE, Silva Júnior JF, Bezerra JEF, Espíndola ACM (2000). *Mangaba (Hancornia speciosa* Gomes). Jaboticabal: FUNEP. 35p.
- Monachino JA (1945). A revision of *Hancornia* (Apocynaceae). *Lilloa*, 11: 19-48.
- Narain N, Ferreira DS (2003). Tecnologia de alimentos aplicada à mangaba. *Anais...* In: Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da Mangaba. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros.


- Newstrom LE, Frankie GW, Baker HGA (1994). A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Sela, Costa Rica. *Biotropica*, 26(2): 141-159.
- Nunes GHC, Silva SMC, Pires LL, Naves RV, Leonardo BRL (2011). Fenologia e caracterização de plantas de *Hancornia speciosa* da coleção da EA/UFG. *Anais...* In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Goiânia: 62ª Reunião Anual da SBPC.
- Oliveira PE (2008). Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro FJ. (Eds.). *Cerrado ambiente e flora*. Brasília: Embrapa-CPAC, 273-290.
- Parente TV, Borgo LA, Machado JWB (1985). Características físico-químicas de frutos de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) do Cerrado da região do Distrito Federal. *Ciência e Cultura*, 37(1): 95-98.
- Rezende CFA, Naves RV, Chaves LJ, Moura NF, Bernardes TG (2002). Caracterização de ambientes com alta densidade e ocorrência natural de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). *Anais...* In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura.
- SAS Institute. *SAS/STAT User's guide, version 9.1*. Cary, NC: SAS Institute, 2014.
- Silva SMC, Chaves JC, Naves RV (2006). Produção da mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) irrigada e adubada nas condições do estado de Goiás. *Bioscience Journal*, 22(2): 43-51.
- Soares FP, Paiva R, Nogueira RC, Oliveira LM, Silva DRG, Paiva PDO (2006). *Cultura da mangabeira (Hancornia speciosa Gomes)*. Lavras: Universidade Federal de Lavras. 12p.
- Taiz L, Zeiger E (1991). *Plant physiology*. 3. ed. Editora: The Benjamin-Cummings Publishing Company, California. 559p.


# Biometria de plantas e aspectos fenológicos de variedades de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes)


Recebido em: 10/07/2020


Aceito em: 17/07/2020

 10.46420/9786599120862cap3

Muza do Carmo Vieira<sup>1\*</sup> 


Eli Regina Barboza de Souza<sup>2</sup> 

Rosângela Vera<sup>2</sup> 

Wilson Leandro Mozena<sup>2</sup> 

Gesiane Ribeiro Guimarães<sup>3</sup>

Jaqueline Lima da Conceição Souza<sup>4</sup> 

Kerly Cristina Pereira<sup>1</sup> 

## INTRODUÇÃO

A fenologia, segundo a abordagem de Lieth (1974), respalda-se no estudo da ocorrência de eventos biológicos que se repetem ao longo do desenvolvimento do vegetal e das causas e, ou, fatores bióticos e abióticos e sua inter-relação entre as fases caracterizadas por esses eventos, dentro de uma mesma ou de várias espécies. O entendimento dos fatores e da época em que acontecem os eventos relacionados aos aspectos fenológicos nas plantas é determinante para o sucesso da população, já que define os padrões de desenvolvimento dos indivíduos (Rathcke; Lacey, 1985).

O estudo da biologia e da fenologia é um passo relevante para o conhecimento e determinação das espécies nativas do Cerrado. Os dados de fenologia, centrados no conhecimento das fenofases ou época de floração, frutificação e produção, são imprescindíveis para definir a coleta de frutos de espécies comercialmente viáveis e na obtenção de sementes para fins silviculturais (Ribeiro et al., 1982; Talora; Morellato, 2000).

As análises fenológicas também auxiliam os estudos botânicos e ecológicos apoiando trabalhos que estejam relacionados desde a fisiologia de sementes até revisões taxonômicas, servindo de base para elaboração de um plano de manejo que objetive a manutenção de espécies ameaçadas de extinção (Silva; Santos, 2007).

---

<sup>1</sup> Instituto Federal Goiano, CEP: 75790-000, Urutaí, Goiás, Brasil.

<sup>2</sup> Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, CEP: 74690-900, Goiânia, Goiás, Brasil.

<sup>3</sup> Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Umuarama-MG, 38400-902.

<sup>4</sup> Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, CEP: 74690-900, Goiânia, Goiás, Brasil.

\*Autor para correspondência: mcvmuza@gmail.com

A maioria das espécies frutíferas nativas do Cerrado é endêmica. A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) constitui-se uma exceção, ocorrendo em outras regiões, especialmente no Nordeste e Norte do Brasil (Chaves, 2006; Lorenzi, 2000). É uma árvore de porte médio, que varia de 2 m a 10 m de altura, e pode chegar até 15 m. É constituída de copa irregular, tronco tortuoso, ramificado e áspero, ramos lisos e avermelhados. Toda a planta exsuda látex. Possui folhas opostas, simples, pecioladas, podendo ser glabras ou pubescentes, brilhantes e coriáceas. Sua inflorescência possui de uma a sete flores perfumadas e de coloração branca (Aguiar Filho et al., 1998; Lederman et al., 2000; Chaves, 2006; Ganga et al., 2010).

A variedade *speciosa* encontra-se vegetando no Estado do Tocantins nas regiões de divisa com a Bahia, Piauí e Maranhão (Rizzo; Ferreira, 1990). No Estado de Goiás ocorrem duas variedades, *gardneri* e *pubescens*, que se diferenciam pela primeira possuir folhas glabras, e a segunda, folhas pubescentes, na face abaxial (Chaves, 2006). Outras variedades são citadas, além das variedades estudadas por Rizzo e Ferreira (1990), como de ocorrência no Cerrado. São elas: *H. speciosa* var. *cuyabensis* no Mato Grosso, *H. speciosa* var. *lundii* e *H. speciosa* var. *maximiliani* em Minas Gerais (Chaves, 2006; Silva Júnior et al., 2003).

As plantas de mesma espécie podem apresentar heterogeneidade em aspectos como altura, conformação da copa, época de floração e, principalmente, no tamanho de frutos quando provenientes de diferentes regiões, além da variação em relação ao número de sementes (Lederman et al., 2000) e épocas de frutificação (Queiroz; Bianchetti, 2001). Aparentemente, a mangabeira apresenta pouca segregação, conservando muito do patrimônio genético (Lederman et al., 2000).

A mangabeira apresenta um aproveitamento muito diversificado, entretanto, apenas os seus frutos possuem valor comercial relevante. No Nordeste a fruta é útil nas indústrias como matéria-prima para fabricação de sucos e polpas congeladas. Os frutos também podem ser destinados ao consumo *in natura*, e na produção de doces, compotas geleias, licores, xaropes, vinhos, vinagres e sorvetes (Soares et al., 2006).

No Cerrado da região centro-oeste, a mangaba é consumida em grande parte somente pela população local, e pouco conhecida no setor agroindustrial. Entender os processos fenológicos intrínsecos à mangaba e a sua interação com o meio ambiente é importante, pois dessa forma é possível, além da seleção de plantas elites, o estabelecimento e a manutenção de recursos genéticos tanto *in situ* e *ex situ*, como *in vitro*.

Portanto, devido à importância desta espécie é interessante que haja trabalhos sobre sua característica biométrica e comportamento fenológico das plantas para haver melhor



utilização do seu potencial. Assim, objetivou-se avaliar o crescimento; conhecer e determinar o padrão fenológico de quatro variedades de mangabeira (*cuyabensis*, *gardneri*, *pubescens* e *speciosa*) pertencentes ao banco de germoplasma da Escola de Agronomia da Universidade de Goiás, em Goiânia, GO, (EA-UFG) relacionando a frequência das fenofases às condições climáticas no período estudado.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

As progênies de mangabeira utilizadas foram originadas de plantas nativas amostradas no Cerrado, abrangendo 28 populações de *H. speciosa* das variedades botânicas *cuyabensis*, *gardneri*, *pubescens* e *speciosa*. Estas são pertencentes à coleção do banco de germoplasma da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA-UFG), localizado no município de Goiânia, GO, nas coordenadas geográficas: latitude 16°35'12" S, longitude 49°21'14" W e 730 m de altitude.

Para avaliação biométrica das plantas e acompanhamento das fenofases foram selecionadas de modo aleatório, 28 plantas da variedade *cuyabensis*, 16 da variedade *gardneri*, 39 da variedade *pubescens*, e 16 da variedade *speciosa*.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw (quente e semiúmido, com estação seca bem definida de maio a setembro), com temperatura média de 22,3°C (Brasil, 1992). O solo é caracterizado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, de textura média e relevo suavemente ondulado (Embrapa, 1999). A precipitação média anual do Bioma Cerrado é de 1.500 mm, variando de 750 mm a 2.000 mm (Ádamoli et al., 1987).

## **AValiação BIOMÉTRICA DAS PLANTAS**

A avaliação biométrica das plantas foi realizada mediante duas leituras realizadas em janeiro de 2013 e janeiro de 2014. Os dados da altura total da planta foram obtidos utilizando-se altímetro com precisão de  $\pm 2$  mm. A determinação do diâmetro da copa foi obtida mediante utilização de uma trena manual. Com este mesmo instrumento também se aferiu a circunferência do caule a 10 cm do solo.

Foram realizadas análises de solo na profundidade de 0 - 40 cm para determinação da constituição química e física do local onde encontra-se instalado o banco de germoplasma da Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

## FENOFASES

As observações fenológicas foram realizadas de setembro de 2012 a dezembro de 2013, sempre a cada oito dias, nas plantas de mangabeira de quatro variedades (*cuyabensis*, *gardneri*, *pubescens* e *speciosa*). Estimou-se por meio de uma escala de notas variando de 0 a 10, a folhagem, as flores abertas e as brotações novas, em relação ao total da copa da planta. Desta forma, têm-se: 0 = 0% corresponde ao valor mínimo (ausência do fenômeno), 1 = 10%, 2 = 20%, 3 = 30%, 4 = 40%, 5 = 50%, 6 = 60%, 7 = 70%, 8 = 80%, 9 = 90% e 10 = 100% (de ocorrência), de acordo com a metodologia adaptada de Ribeiro e Castro (1986), ou seja, uma avaliação subjetiva para facilitar a coleta de dados.

Foi calculada a média mensal dos eventos fenológicos observados em cada indivíduo considerado. Os dados obtidos foram analisados com o auxílio da estatística descritiva, estimando-se a média, o coeficiente e o intervalo de variação. Realizou-se a análise de variância para verificar possíveis diferenças entre as variedades e as épocas (setembro, outubro, novembro e dezembro). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foram calculadas as correlações de Pearson entre os dados meteorológicos (temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa, precipitação total e insolação total) e as fenofases. As análises de variância e as estimativas de parâmetros foram obtidas com o auxílio do programa estatístico Statistical Analysis System (SAS), versão 9.1 (SAS Institute, 2014) por meio do procedimento *proc anova*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### BIOMETRIA DE PLANTAS DE MANGABEIRA

Durante as épocas de avaliação as plantas da variedade *gardneri* se destacaram das demais, apresentando valores médios de altura de 7,83 m e diâmetro de copa com 5,86 m, enquanto as da variedade *cuyabensis* alcançaram 6,40 m de altura e 6,01 m de diâmetro de copa. Nas plantas da variedade *pubescens*, foram verificados valores médios em altura e de diâmetro de copa de 4,87 m e 4,95 m, respectivamente. A variedade *speciosa* teve média geral de 5,05 m na altura e 4,03 m no diâmetro de copa (Tabela 1). Estes valores sugerem uma possível seleção de plantas das variedades *gardneri* e *cuyabensis* para introdução ao cultivo, já que, com uma altura e diâmetro de copa maiores, as plantas possuem maior área útil para a produção de frutos.

As médias para a variável circunferência do caule da variedade *gardneri*, a 10 cm do solo, foram de 45,11 cm, enquanto, para a *cuyabensis*, esses dados ficaram próximos e

alcançaram 44,21 cm. As plantas da variedade *pubescens* apresentaram circunferência de caule no valor médio de 36,54 cm, e as plantas da variedade *speciosa*, 31,20 cm (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores médios de altura total da planta, diâmetro da copa e circunferência do caule a 10 cm do solo, para as diferentes matrizes das quatro variedades botânicas de *Hancornia speciosa* (*cuyabensis*, *gardneri*, *pubescens* e *speciosa*) com nove anos de idade, estabelecidas no banco de germoplasma da Universidade Federal de Goiás, avaliadas em janeiro de 2013 e janeiro de 2014. Goiânia, GO.

Época de Avaliação	Altura total (m)	Diâmetro da copa (m)	Circunferência do caule (cm)
<i>variedade cuyabensis</i>			
Janeiro/13	6,20	5,84	42,93
Janeiro/14	6,60	6,11	45,50
Média geral	6,40	6,01	44,21
<i>variedade gardneri</i>			
Janeiro/13	7,50	5,35	44,04
Janeiro/14	8,15	6,37	46,18
Média geral	7,83	5,86	45,11
<i>variedade pubescens</i>			
Janeiro/13	4,80	4,84	35,80
Janeiro/14	4,94	5,10	37,27
Média geral	4,87	4,95	36,54
<i>variedade speciosa</i>			
Janeiro/13	4,87	3,99	30,66
Janeiro/14	5,24	4,07	31,73
Média geral	5,05	4,03	31,20

Fonte: Os autores.

Estudos semelhante a este foi realizado por Ferreira et al. (2003) que no período de outubro de 2001 a fevereiro de 2002 avaliaram as características biométricas de plantas cultivadas em pomar nativo no município Baía da Traição-PB, e pomar cultivado em João Pessoa-PB. Estes verificaram que no pomar nativo a altura média de plantas foi de 5,07 m; os diâmetros médios da copa e do colo das plantas foram de 6,20 cm e 0,75 cm, respectivamente. Para o pomar cultivado, a altura média de plantas foi de 2,84 m; os diâmetros médios da copa e do colo foram 3,40 cm e 0,41 cm, respectivamente.

Avaliando populações naturais nos Estados de Goiás, Bahia e Minas Gerais, Rezende et al. (2003), relatam que as médias gerais para os parâmetros foram 2,98 m de altura da planta e 9,67 cm de diâmetro do caule a 10 cm do solo. A mangabeira é uma árvore de porte médio, com 2 m a 10 m de altura, podendo chegar até 15 m, e copa ampla, às vezes mais espalhada que alta (Lederman et al., 2000), sendo que as mangabeiras do cerrado possuem de 4 m a 6 m de altura e de diâmetro da copa (Silva et al., 2001). Assim, percebe-se que os

dados inferidos nesta pesquisa, para biometria de plantas de mangaba, principalmente altura, estão acima da média do que foi relatado por esses autores.

A mangabeira por tratar-se de uma planta não domesticada pode apresentar variabilidade em relação a características biométricas de frutos (Nascimento et al., 2014). Além disso, por ser propagada via sementes apresenta heterogeneidade no tamanho das plantas, sejam referentes à altura, como também ao diâmetro da copa e circunferência do caule.

Neste sentido, estudos que avaliam a taxa de crescimento, a altura da planta, a circunferência do caule, o diâmetro de copa e a produção, com a mangaba do cerrado, ainda precisam ser mais bem elucidados para que se possam definir padrões de plantas que manifestem características agronomicamente desejáveis e, assim, selecionar genótipos superiores para a introdução ao cultivo.

## FENOLOGIA NO ANO DE 2012

Observam-se diferenças significativas na fenofase folhação entre as variedades *cuyabensis* (Figura 1), *gardneri*, *pubescens* e *speciosa*, com as maiores médias nas variedades *cuyabensis* e *gardneri*, cujas notas estão com valores variando entre 5,98 e 4,09, correspondendo, em porcentagem, a aproximadamente 60% e 40%. Para a fenofase floração, a diferença significativa foi constatada entre as variedades *cuyabensis*, *gardneri*, *pubescens* e *speciosa* com médias de 0,54, 0,31, 0,30 e 0,12 respectivamente (Tabela 2).

Quanto à fenofase brotação, houve diferença significativa entre as variedades *pubescens*, *speciosa*, *cuyabensis* e *gardneri*, com médias de 3,60 *pubescens* e 3,45 *speciosa*, enquanto para as variedades *cuyabensis* e *gardneri* os valores foram 1,84 e 1,25, respectivamente.

Os atributos fenológicos analisados estão relacionados às variações que podem ser inerentes aos genótipos em interação com os componentes ambientais, como por exemplo, o clima. Constata-se que as variedades *cuyabensis* e *gardneri* apresentaram maiores índices de folhação e menores de brotação (Tabela 2), sugerindo uma característica de plantas semidecídua em transição para as perenifólias com permanência das folhas na grande maioria dos genótipos (um exemplar da variedade *gardneri* apresentou-se totalmente com folhas caducas).



**Figura 1.** Árvore de mangabeira variedade *cuyabensis*. a) Planta com frutos; b) botões florais e brotos; c) flor de mangabeira; e d) frutos em estágio de desenvolvimento. Goiânia-GO. Fonte: Muza do Carmo Vieira.

Nas diferentes matrizes das espécies *pubescens* e *speciosa*, cujos índices de folhagem foram menores, e maiores os de brotação, durante o período de avaliação foi possível perceber alguns genótipos de *pubescens* e *speciosa* com a manifestação do fenômeno de deciduidade, apresentando-se como plantas semidecíduas em sua grande maioria.

**Tabela 2.** Número de plantas e fenofases (folhagem, floração e brotação) em matrizes de nove anos de idade, de quatro variedades botânicas de *H. speciosa* (*cuyabensis*, *gardneri*, *pubescens* e *speciosa*) pertencentes ao banco de germoplasma da Universidade Federal de Goiás, avaliadas no decorrer do segundo semestre de 2012. Goiânia, GO.

Variedade	Nº de Plantas	Folhagem	Floração	Brotação
<i>cuyabensis</i>	28,00	5,98 a	0,54 a	1,84 b
<i>gardneri</i>	116,00	4,09 a	0,31 a	1,25 b
<i>pubescens</i>	39,00	3,01 b	0,30 a b	3,60 a
<i>speciosa</i>	16,00	2,50 c	0,12 b	3,45 a
Média	48,50	3,90	0,32	2,54
Teste F	0,00	154,51	24,61	77,15
CV%	0,00	11,27	71,65	17,45

CV% = coeficiente de variação. \*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Fonte: Os autores.

Quanto à variedade *cuyabensis*, embora observasse queda de folhas em algumas épocas do ano, esse fenômeno se apresentava tímido quando comparado com as demais variedades estudadas. Estudos fenológicos têm ganhado especial importância na última década devido ao seu papel relevante no manejo e na conservação de vegetações nativas. A fenologia

contribui para o entendimento da regeneração e da reprodução das plantas, da organização temporal e dos recursos dentro das comunidades, das interações planta-animal e da relação da história de vida dos animais que dependem das plantas para alimentação, como herbívoros, polinizadores e dispersores (Talora; Morelato, 2000).

O acompanhamento fenológico demonstrou que nem todas as plantas das quatro variedades de mangabeira produziram flores, uma vez que a nota mínima apresentada por estas foi de 0,00; ou seja, houve ausência desta fenofase. Ainda nota-se que não houve folhagem em algumas plantas da variedade *gardneri*, e *pubescens*. A brotação também não foi notada em todas as plantas das variedades *gardneri*, *pubescens* e *speciosa* (Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores médios, máximos e mínimos para eventos fenológicos observados em matrizes de nove anos de idade de plantas das quatro variedades botânicas de *Hancornia speciosa* (*cuyabensis*, *gardneri*, *pubescens* e *speciosa*), estabelecidas no banco de germoplasma da Universidade Federal de Goiás, avaliadas no segundo semestre de 2012. Goiânia, GO.

Valores	Folhagem	Floração	Brotação
<i>variedade cuyabensis</i>			
Média	5,98	0,54	1,84
Máxima	7,48	1,86	2,96
Mínima	3,54	0,00	1,14
<i>variedade gardneri</i>			
Média	4,09	0,31	1,25
Máxima	7,36	1,00	2,30
Mínima	0,00	0,00	0,00
<i>variedade pubescens</i>			
Média	3,01	0,30	3,60
Máxima	7,36	1,00	6,81
Mínima	0,00	0,00	0,00
<i>variedade speciosa</i>			
Média	2,50	0,12	3,45
Máxima	4,00	0,00	7,36
Mínima	1,00	0,00	0,00

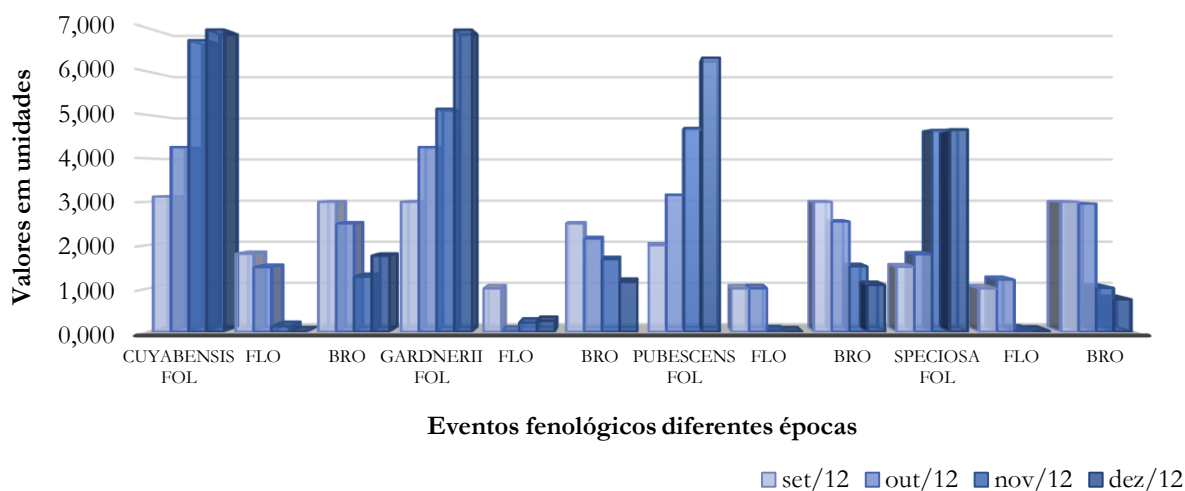
Fonte: Os autores.

A época de floração (Figura 2) estendeu-se desde o início de setembro até novembro (*cuyabensis*) e até dezembro para as variedades *gardneri*, *pubescens* e *speciosa*, sendo que os picos de florescimento para *cuyabensis*, *gardneri* e *pubescens* ocorreram em outubro, época em que também foram produzidos os frutos.

Os resultados mencionados acima assemelham-se aos de Leão Araújo et al. (2019) que avaliaram a fenologia vegetativa e reprodutiva de plantas da espécie *Campomanesia*



*adamantium*, também nativa do Cerrado nos anos de 2016 e 2017 no município de Ipameri-GO e observaram que a brotação e floração iniciam antes das primeiras chuvas, sendo que o pico destas fenofases ocorrem em outubro.



**Figura 2.** Médias de notas para os eventos fenológicos (folhação-FOL, floração-FLO e brotação-BRO) em quatro épocas realizadas para as variedades botânicas *cuyabensis*, *gardnerii*, *pubescens* e *speciosa*, de *Hancornia speciosa*, Goiânia-GO.

A variedade *cuyabensis* se destacou por apresentar, em geral, notas superiores que as demais em relação à folhação (6,99) com pico em dezembro e valores crescentes de setembro (3,12) a dezembro (6,99). Apesar da média numérica geral maior (5,27), essa variedade apresentou valor semelhante ao da variedade *gardnerii* (6,99). A variedade *pubescens* alcançou valores entre 2-6,32, e a variedade *speciosa*, 4,67; no mês de dezembro de 2012.

As variedades *gardnerii*, *pubescens* e *speciosa* apresentaram queda de brotamento de folhas durante o período analisado (setembro-dezembro/2012), enquanto a variedade *cuyabensis*, apresentou queda gradativa de setembro a novembro, com recuperação do brotamento em dezembro.

As amplitudes de queda verificadas de setembro a dezembro para as variedades *gardnerii*, *pubescens* e *speciosa* foram de 53,60%, 64% e 75%, respectivamente. Para a variedade *cuyabensis*, foi observada queda gradativa nas proporções de 16,67% e 57,66% (outubro e novembro) e dezembro com queda 41,1%. A queda de brotamento de folhas foi muito frequente durante o período avaliado.

A existência de variedades botanicamente diferenciadas leva a inferir sobre uma possível evolução com restrição ao fluxo gênico por um longo período de tempo. Na diferenciação existente entre a variedade *speciosa* e as demais, pode-se admitir um mecanismo de isolamento por distância, uma vez que ocorrem em regiões diferentes, o que poderia refletir a história da colonização por diferentes populações ancestrais (Chaves, 2006).

Os estudos fenológicos colaboram para o entendimento da regeneração e da reprodução de plantas, contribuindo, assim, para o conhecimento sobre a forma com que se pode garantir e gerir a sobrevivência e seu manejo, haja vista que esses eventos são de grande importância para a dinâmica das populações e sobrevivência de espécies. Eventos fenológicos reprodutivos sazonais e sincronizados podem representar vantagens adaptativas para muitas espécies tropicais (Talora; Morellato, 2000). Esses dados conduzem à hipótese sobre o processo adaptativo na região, quanto às variedades citadas, e que podem ser introduzidas ao cultivo com chance de oferecer ao mercado consumidor alternativas de produção e diversidade, em relação às variedades cultivadas.

O bioma Cerrado é considerado um dos *hotspots* mundiais em biodiversidade e uma das savanas mais ricas do mundo em biodiversidade (Myers et al., 2000). O termo foi criado em 1988 pelo ecólogo inglês Norman Myers para definir áreas prioritárias de conservação, sendo que no Brasil são dois os *hotspots*: Mata Atlântica e Cerrado (CI-Brasil, 2020). Assim, conhecer para entender os processos fenológicos de espécies nativas, como a mangabeira, promove condições para que, além dos conhecimentos da prática de manejo para sua introdução ao cultivo, haja condições que promovam a manutenção e a conservação de germoplasma, tanto *in situ* quanto *ex situ*.

Constatou-se correlação positiva e significativa entre as variáveis folhagem e brotação; e entre folhagem e as variáveis climáticas avaliadas, como, temperatura mínima; umidade relativa; e precipitação total. A correlação entre folhagem e temperatura máxima foi negativa e significativa apresentando valor de -0,57.

Houve correlação significativa positiva e moderada, entre folhagem e temperatura média (0,57) e folhagem e insolação total (0,51). Esses dados conduzem a hipótese de que as plantas em campo se manifestam diferentemente quanto aos eventos fenológicos e fatores climáticos e ambientais, sendo que em períodos com temperaturas menores pode ocorrer interação positiva para a folhagem, já a temperaturas medianas influenciaram o índice de brotação e floração. Conforme Vencovsky e Barriga (1992), os estudos sobre correlações entre caracteres não permitem levantar dados conclusivos sobre as relações de causa e efeito, mas servem de auxílio como uma medida de associação.

A correlação entre floração e umidade relativa foi negativa e não significativa cujo valor foi -0,31. Já a correlação entre floração e brotação (0,69); floração e temperatura máxima (0,53); floração e temperatura média (0,61); e floração e insolação total (0,44) foram significativas e positivas. Para brotação a correlação foi significativa e positiva apenas para temperatura mínima (0,52); temperatura média (0,81) e umidade relativa (0,21). Esse fato

sugere que as temperaturas de baixas a médias podem estar influenciando no índice de brotamento das variedades estudadas.

### FENOLOGIA NO ANO DE 2013

Na avaliação do ano de 2013 constata-se que houve diferenças significativas quanto à folhagem entre a *cuyabensis* e as demais variedades. Essa variedade obteve média de 5,40, enquanto as variedades *gardneri* e *pubescens* apresentaram valores de 4,83 e 4,43. Para a variedade *speciosa*, essa média foi de 3,87, a menor entre as variedades analisadas. Quanto à floração não foram verificadas diferenças significativas, mas, é possível perceber que a maior média está presente na variedade *cuyabensis* com 0,52 de floração, seguida pela variedade *pubescens* que obteve 0,37.

**Tabela 4.** Número de plantas e fenofases (folhagem, floração e brotação) em matrizes de nove anos de idade, de quatro variedades botânicas de *H. speciosa* (*cuyabensis*, *gardneri*, *pubescens* e *speciosa*) pertencentes ao banco de germoplasma da Universidade Federal de Goiás, avaliadas no decorrer do segundo semestre de 2013. Goiânia-GO.

Variedade	Nº de Plantas	Folhagem	Floração	Brotamento
<i>cuyabensis</i>	28,00	5,40 a	0,52 a	1,50 a
<i>gardneri</i>	116,00	4,83 b	0,36 a	1,30 b
<i>pubescens</i>	39,00	4,43 b	0,37 a	1,31 b
<i>speciosa</i>	16,00	3,87 c	0,20 a	0,84 c
Média	50,75	4,63	0,36	1,24
Teste F	0,00	21,41	1,21	10,66
CV%	0,00	11,67	45,00	24,96

CV%: coeficiente de variação. \*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Fonte: Os autores.

Houve diferença significativa também para o evento brotamento entre as variedades. As maiores médias foram registradas para as variedades *cuyabensis*, *gardneri* e *pubescens*, com 1,50; 1,30 e 1,31; respectivamente. Nesse sentido, Corrêa et al. (2002) abordam que a observação do comportamento de uma mesma espécie em diferentes ambientes também se torna importante na avaliação de suas características genéticas. Ademais, o próprio manejo dos pomares, como o espaçamento entre plantas, as adubações, as podas, entre outros, pode interferir nas fenofases de uma planta, por exemplo, no padrão de florescimento e de frutificação.

Os picos de folhagem para a variedade *cuyabensis* foram verificados durante os meses de novembro e de dezembro com notas entre 7,46 e 7,40, respectivamente. Quanto à floração e a brotamento, nota-se que o menor valor de notas foi verificado em janeiro e fevereiro (0,00

- floração) e dezembro (0,94 - brotação). Os valores máximos foram em outubro (2,11 - floração) e setembro (2,84 - brotação).

A floração na variedade *cuyabensis* foi observada nos meses de março a novembro, com picos em outubro (2,11), maio (0,50), junho (0,23), julho (0,52), agosto (1,23) e setembro (1,18), decaindo a partir do mês de novembro, quando foi registrado o índice de 0,28; chegando a 0,04 em dezembro. A produção de frutos da safra foi avaliada a partir do mês de setembro, quando começaram a cair os primeiros frutos no solo.

Alguns dos maiores valores constatados para os picos de brotações ocorreram, em média, 30 dias antes dos picos de florescimento, fato verificado em julho, broto: 1,52; agosto, flor: 1,23; agosto, broto: 1,44; setembro, flor: 1,18; setembro, broto: 2,84; outubro, flor: 2,11. Essa ocorrência só não foi verificada em outubro, quando ocorreu a brotação de 1,86, com o evento da floração sendo verificado para o mês seguinte com 0,28. Esse fato talvez leve à dedução de que a floração da mangabeira da variedade *cuyabensis* seja influenciada por fatores ambientais relacionados à precipitação, umidade e temperatura, associadas a fatores genéticos, e que estes juntos atuam no sentido de promover a produção e o desenvolvimento dos frutos em períodos mais quentes, com fotoperíodos maiores e maior teor de umidade.

A mangabeira deve apresentar uma variabilidade apreciável em função da grande diversidade de ambientes que ela ocupa, desde as regiões litorâneas da Paraíba a 28 m até 80 m de altitude e umidade relativa do ar em torno de 80% (Aguiar Filho et al., 1998; Moura et al., 2002), até regiões tropicais e subtropicais secas, com até 1.500 m acima do nível do mar (Wisniewski; Melo, 1982). Segundo Andersen e Andersen (1989), há poucas informações sobre variedades, mas é perfeitamente possível que nas diferentes regiões existam genótipos de qualidades distintas.

A variedade *cuyabensis*, apresenta folhagem no decorrer dos 12 meses do ano, ou seja, de janeiro a dezembro. A brotação também pode ser observada no decorrer do mesmo período, porém com índices menores. A floração não ocorreu nos meses de janeiro e fevereiro. Em março houve manifestação mínima do evento (0,04), o mesmo ocorrendo no mês de dezembro com notas no valor de 0,01.

A variedade *gardneri* apresentou dados médios anuais de 4,83 para folhagem, no momento em que a floração foi de 0,37 e 1,31 na escala de notas atribuídas para a brotação de folhas novas. Os valores máximos de folhagem, floração e brotação foram de 6,80; 2,12 e 4,38, respectivamente, e ocorreram nos meses de novembro (folhagem), outubro (floração) e setembro (brotação). A espécie perdeu folhas e brotou durante o ano inteiro, com a manifestação do menor índice para o brotamento sendo verificado no decorrer do mês de

novembro, corroborando com que abordam Nunes et al. (2011), em pesquisa com mangabas cultivadas no Cerrado, em que a emissão de ramos de brotamento pôde ser observada antes, durante ou depois da floração.

A floração foi mais frequente no decorrer dos meses de julho, com notas de 0,60, agosto com nota de 0,75 e outubro com 1,67. Embora em pequenas proporções, percebeu-se que esse evento ocorreu ao longo das avaliações, excetuando-se o mês de março com zero de floração. Notou-se que as flores de julho-agosto deram origem aos frutos colhidos no decorrer da safra iniciada durante o mês de setembro e que o fenômeno de floração ocorrido durante o mês de outubro estaria originando os frutos temporões verificados durante o mês de janeiro do ano seguinte, com média de dias entre o botão floral e o fruto “de caída” após o período de 90 dias.



**Figura 3.** Planta de mangabeira variedade *gardneri*: a) Árvore com frutos; b) conjunto de botões florais; c) À esquerda, flor polinizada, e à direita ao centro, fruto de mangaba. Goiânia, GO. Fonte: Muza do Carmo Vieira.

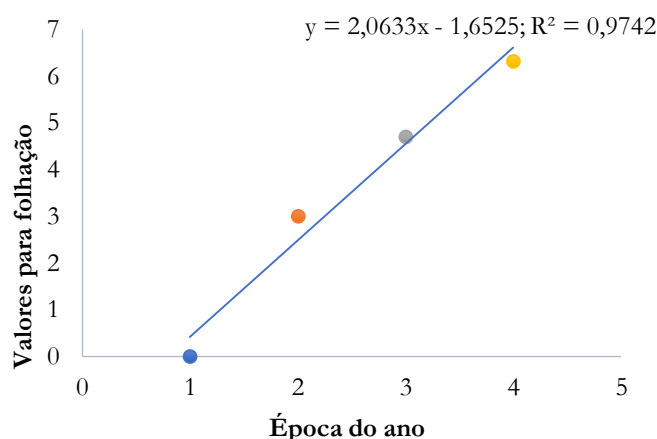
Na variedade *gardneri* (Figura 3) as maiores médias de brotação ocorreram com 30 dias de antecipação para os maiores índices de floração, exceto nos meses de agosto e outubro. Nos demais meses, as médias de brotação foram: junho (1,25); julho, floração (0,60); julho, brotação (1,74); agosto, floração (0,75); agosto, brotação (1,51), setembro, floração (0,17); setembro, brotação (2,33); outubro, floração (1,68); outubro, brotação (1,47); e novembro, floração (0,17).

Para a variedade *pubescens* foram obtidos valores médios de 4,43 para fenofase folhagem, 0,37 para a floração e 1,31 para a brotação. Os valores máximos foram de 5,48; 1,11 e 2,04 entre folhagem, floração e brotação. Os valores mínimos estiveram em 3,33; 0,00 e 0,87, respectivamente. As amplitudes entre os valores máximos e mínimos foram de 39,26% (folhagem), 100% (floração) e 57,35% (brotação). Constatou-se que os menores

índices de floração foram verificados durante o mês de março (0,001) e dezembro (0,00), da mesma forma que ocorreu também para a variedade *gardneri*. A variedade *pubescens* apresentou um genótipo com comportamento caducifólio.

O pico de florescimento para *pubescens* foi no decorrer dos meses de julho, agosto e outubro com 0,63; 1,11 e 0,91; respectivamente. Em maio, esse índice foi de 0,50; onde se obteve a quarta maior média verificada nesta variedade, decaindo a partir do mês de novembro, com ausência total do fenômeno em dezembro. Na maioria das vezes, essas diferenças indicam a importância de se analisar os fatores que podem estar influenciando as diversas formas de expressão dos genótipos autóctones. Isso reforça a ideia de que o estudo da fenologia das espécies é fator fundamental no entendimento e desenvolvimento de metodologias não só de introdução ao cultivo de frutíferas, mas também a manutenção e conservação de germoplasma.

Com a variedade *pubescens* perceberam-se os picos de brotação em junho com: (1,30); julho, floração (0,63); julho com brotação (1,83); agosto, floração com (1,11); setembro, brotação de (2,04); outubro, floração (0,91), decaindo a floração a partir de novembro.



**Figura 4.** Regressão linear entre as características fenológicas folhagem e épocas do ano (1-setembro, 2-outubro, 3-novembro, 4-dezembro) em leituras realizadas para variedade botânica *pubescens*. Goiânia-GO.

A folhagem aumentou conforme a época do ano em plantas da variedade *pubescens* (Figura 4). Possivelmente essa variedade foi influenciada pela ação conjunta dos fatores climáticos, associados às características inerentes à espécie, levando-se a considerar a importância de um maior número de fatores climáticos na análise. Dessa forma, a correlação existente entre os caracteres permite uma orientação na seleção e favorece o aprimoramento dos genótipos para um conjunto de caracteres, e não para eles de forma isolada, tornando possível a seleção indireta de caracteres desejáveis correlacionados positivamente



(Vencovsky; Barriga, 1992).

A variedade *speciosa* apresentou baixo índice de floração com média de notas no valor de 0,20. Constatou-se que, em 2013, o início da ocorrência do evento foi no mês de maio e se estendeu até novembro. O intervalo de variação foi de 0,00 a 0,85; quando ocorreu o pico de florescimento, registrado durante o mês de agosto de 2013.

Quanto à folhagem, a média geral foi de 3,87; com intervalos de 4,85 e 4,72 verificados em novembro e dezembro, respectivamente. Para o evento fenológico brotação, a média foi de 0,84; com intervalo de variação de 0,09 a 1,31 para valores máximos e mínimos. O pico de brotação foi observado no período do mês de julho. O menor valor verificado foi expresso durante o mês de novembro.

A mangabeira da variedade *speciosa*, de ocorrência natural em baixadas litorâneas e tabuleiros costeiros, segundo Aguiar Filho et al. (1998) apresenta duas floradas por ano, sendo uma no início da estação chuvosa (abril/maio), com colheita entre julho e setembro, e a outra no período seco (outubro/dezembro), com colheita entre janeiro e março, enquanto que no cerrado amapaense a mangabeira produz frutos de agosto a novembro (Queiroz; Bianchetti, 2001).

As maiores médias de brotação que precederam as maiores médias para floração ocorreram no mês de julho com 1,31 de brotação, com ocorrência de 0,83 de floração – a maior média observada para o fenômeno nessa variedade. Todavia, índices entre 1,06 e 1,11 (meses de fevereiro, março e abril) não precederam a floração que, nesse caso, não ocorreu durante esses meses.

Segundo Oliveira (2008) os padrões fenológicos de plantas lenhosas parecem ser independentes das restrições sazonais, pelo menos no caso dos processos reprodutivos. Assim, constata-se que esses padrões de variabilidade fenológica ocorreram ao longo das avaliações, para todas as variedades estudadas e em todos os níveis de fenologia abordados (floração, brotação e folhagem), que esses fenômenos ocorrem simultaneamente e variação de índices aconteceram em razão dos eventos meteorológicos e épocas do ano.

Essas elucidaciones corroboram com a premissa de que, além dos fatores climáticos, processos intrínsecos à planta e pressões seletivas bióticas possam estar influenciando a periodicidade das fenofases das variedades avaliadas neste estudo. Poucos trabalhos foram realizados e desenvolvidos na região do Cerrado, havendo a necessidade de um estudo mais abrangente sobre a mangabeira nesse bioma (Ganga et al., 2010).

Na análise de correlação das variáveis avaliadas houve correlação positiva e significativa entre folhagem e brotação (0,03); folhagem e temperatura máxima (0,05); folhagem

e temperatura mínima (0,37); folhagem e temperatura média (0,34); folhagem e umidade relativa (0,13); folhagem e precipitação total (0,41); e folhagem e insolação total (0,26).

Quando avaliados a relação de floração com os dados climáticos houve correlação significativa e positiva entre todos, demonstrando que a temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa, precipitação total e insolação total estão relacionados a fenofase de floração. Já a brotação apresentou correlação significativa e negativa entre temperatura mínima (-0,28); temperatura média (-0,16) e precipitação total (-0,35).

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta pesquisa permitem concluir que:

As diferentes variedades avaliadas (*cuyabensis*, *gardneri*, *pubescens*, e *speciosa*) de mangabeira aos nove anos de idade apresentam diferenças para a variável biométrica altura total da planta.

Nas plantas das variedades *cuyabensis* e *gardneri* houve mais folhagem quando comparadas as das variedades *pubescens* e *speciosa* no acompanhamento fenológico do ano de 2012.

A variedade *speciosa* apresentou menor floração no ano de 2012.

Os maiores índices de floração iniciaram-se em julho e se estenderam até novembro, com picos em agosto para a variedade *speciosa* e *pubescens* e outubro para as variedades *cuyabensis* e *gardneri*.

As fenofases avaliadas como folhagem, floração e brotação apresentaram correlação significativa entre as variáveis climáticas: temperatura média e umidade relativa tanto no acompanhamento fenológico do ano de 2012 quanto no de 2013.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar Filho SP, Bosco J, Araújo IA (1998). *A mangabeira (Hancornia speciosa): domesticação e técnicas de cultivo*. João Pessoa: EMEPA-PB. 26p.
- Andersen O, Andersen VU (1989). *As frutas silvestres brasileiras* São Paulo: Globo. 203p.
- Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional da Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia (1992). *Normas climatológicas: 1961-1990*. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. 84p.
- Chaves LJ (2006). Recursos genéticos no Cerrado. In: Silva Júnior JF, Ledo AS. (Eds.). *A cultura da mangaba*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 5: 75-84.

- CI-Brasil. *Conservação internacional*. Disponível em: <www.conservacao.org>. Acesso em: 5 maio 2020.
- Corrêa PC, Afonso PC, Queiroz MD, Sampaio CP, Cardoso JB (2002). Variation of characteristic dimensions and forms of coffee fruits during drying process *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6(3): 466-470.
- Embrapa (1999). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa Produção de Informação. 412p.
- Ferreira EG, Santos ES, Araújo IA, Franco CFO (2003). Avaliações biométricas de plantas e físico-químicas de frutos de mangabeira de pomares nativo e cultivado. *Anais... In: Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da Mangaba*. Aracaju: Embrapa - CPATC.
- Ganga RMD, Ferreira GA, Chaves LJ, Naves RV, Nascimento JL (2010). Caracterização de frutos e árvores de populações naturais de *Hancornia speciosa* Gomes do cerrado. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(1): 101-113.
- Leão-Araújo EF, Souza ERB, Naves RV, Peixoto N (2019). Phenology of *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg in Brazilian Cerrado. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(2): 1-12.
- Lederman IE, Silva Júnior JF, Bezerra JEF, Espíndola ACM (2000). *Mangaba (Hancornia speciosa Gomes)*. Jaboticabal: FUNEP. 35p.
- Lieth H (1974). Purpose of a phenology book. In: Lieth H (Eds.). *Phenology and seasonality modeling*. Berlin: Springer. p. 3-19.
- Lorenzi H (2000). *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 3. ed. Editora: Instituto Plantarum, Nova Odessa. 368p.
- Moura CFH, Alves RE, Filgueiras HAC, Araújo NCC, Almeida AS (2002). Quality of fruits native to latin america for processing: mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). *Acta Horticulturae*, 2(575): 549-554.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GA, Kent J (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772): 853-858.
- Nascimento RSM, Cardoso JÁ, Coccozza FDM (2014). Caracterização física e físico-química de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no oeste da Bahia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(8): 856-860.
- Nunes GHC, Silva SMC, Pires LL, Naves RV, Leonardo BRL (2011). Fenologia e caracterização de plantas de *Hancornia speciosa* da coleção da EA/UFG. *Anais... In:*

- Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Goiânia: 62ª Reunião Anual da SBPC.
- Oliveira PEAM (2008). Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF. (Eds.). *Cerrado: ecologia e flora*. Brasília: Embrapa Cerrados, 273-290.
- Queiroz JAL, Bianchetti A (2001). *Efeito do armazenamento sobre o poder germinativo de sementes de mangaba (Hancornia speciosa Gomes)*. Macapá: Embrapa Amapá. 4p.
- Rathcke B, Lacey EP (1985). Phenological patterns of terrestrial plants. *Ann. Revista Ecology and Systems*, 16: 179-214.
- Rezende DFA, Naves RV, Chaves LJ, Moura NF, Aguiar AV (2003). Caracterização de ambientes com alta densidade e ocorrência natural de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no Cerrado. Anais... In: Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da Mangaba. Aracaju: Embrapa.
- Ribeiro J, Castro LHR (1986). Método quantitativo para avaliar características fenológicas em árvores. *Revista Brasileira de Botânica*, 9(1): 7-11.
- Ribeiro JF, Gonzalez MI, Oliveira PEM, Melo JT (1982). Aspectos fenológicos de espécies nativas do Cerrado. *Anais...* In: Congresso Nacional de Botânica, Teresina: Sociedade Brasileira de Botânica do Brasil. Universidade Federal do Piauí. 181-198.
- Rizzo JA, Ferreira HD (1990). *Hancornia* G. no estado de Goiás. *Anais...* In: Congresso Nacional de Botânica, Brasília: IBAMA. 363-368.
- SAS Institute. *SAS/STAT User's guide, version 9.1*. Cary, NC: SAS Institute, 2014.
- Silva CBMC, Santos DL (2007). Fenologia reprodutiva de *Melocactus conoidens* Buin. & Bred.: espécie endêmica do município de Vitória da Conquista, Bahia Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(supl.2): 1095-1097.
- Silva DB, Silva JA, Junqueira NTV, Andrade LRM (2001). *Frutas do Cerrado*. Editora: Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. 179p.
- Silva Júnior JF, Ledo AS, Ledo CAS, Tupinambá EA (2003). Caracterização morfológica de genótipos de mangabeira na restinga do complexo estuarino do rio Vaza-barris, Sergipe. Anais... In: Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da Mangaba. Aracaju: Embrapa – CPATC.
- Soares FP, Paiva R, Nogueira RC, Oliveira LM, Silva DRG, Paiva PDO (2006). *Cultura da mangabeira (Hancornia speciosa Gomes)*. Lavras: Universidade Federal de Lavras. 12p.
- Talora DC, Morellato PC (2000). Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 23(1): 13-26.


Vencovsky R, Barriga P (1992). *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Editora: Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto. 496p.


Wisniewski A, Melo CFM (1982). *Borrachas naturais brasileiras III. Mangabeira*. Belém: Embrapa-CPATU. 59p.

# Desempenho fisiológico de sementes de soja no estresse salino

Recebido em: 14/07/2020


Aceito em: 17/07/2020

 10.46420/9786599120862cap4


Priscila Vieira Santiago<sup>1</sup> 

Juliana Joice Pereira Lima<sup>1\*</sup> 


Milane Sales Lobato<sup>1</sup> 

Alcione de Miranda Brito<sup>1</sup> 

José Bonifácio Alves Guimarães Júnior<sup>1</sup> 

Gisleno Ramos Bastos<sup>1</sup> 

Rovênia Pinto Garcia<sup>1</sup> 

Aldeane Souza Mendes<sup>1</sup> 

## INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) é a principal oleaginosa cultivada no mundo, sendo considerada de grande importância econômica, tanto para o mercado externo quanto interno. Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de soja com produção recorde de 119.899.492 milhões de toneladas, cultivada em 36.843,6 milhões de hectares na safra 2019/2020 COM um aumento da área plantada de 2,3%, comparada com a safra de 2018/2019 (Conab, 2020; IBGE, 2020).

A soja é uma importante fonte de proteína sendo destinada, principalmente para o consumo humano e rações animais (Embrapa, 2018). Sendo ela uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo, possuindo dentre suas características para o aumento de sua expansão a fácil adaptação a diferentes condições climáticas (Conab, 2018), onde a mesma possui um número de estudos desenvolvidos todo ano para um melhor desempenho da cultura (USDA, 2016).

A boa qualidade das sementes é um fator de suma importância para o sucesso de qualquer cultura, a qual se busque uniformidade, proveniente de atributos como alta qualidade fisiológica, genética, física e sanitária (Panoff, 2013). Ao utilizar sementes de boa

<sup>1</sup> Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, Piauí, Brasil.

\*Autor para correspondência: julianajoicelima@yahoo.com.br



qualidade, obtém-se um estande mais uniforme, podendo contribuir para maior produtividade.

Há fatores ambientais, chamados estresses ou distúrbios ambientais, que limitam a produtividade agrícola, como por exemplo, o estresse salino (Ashraf; Harris, 2004; Carneiro et al., 2011). A salinidade é um dos mais importantes fatores de estresse abiótico, afetando vários aspectos da fisiologia e bioquímica das plantas, diminuindo seus rendimentos. As plantas sob estresse salino moderado limitam seu crescimento, desenvolvimento vegetal e a produtividade, porém em casos extremos a salinidade pode até levar a morte (Sobhanian et al., 2011).

O manejo inadequado da irrigação e a utilização de água com altas concentrações de sal piora o problema dos solos salinos. Segundo Khan e Panda (2008), afeta a germinação das sementes, ocasionando déficit hídrico e desequilíbrio iônico nas células, resultando em toxicidade e estresse osmótico.

Assim, faz-se necessário a simulação de testes com essa semente para que se saiba o nível de estresse por salinidade por ela suportado, podendo assim ter uma maior adaptação e garantia de manutenção da produtividade. A alternativa econômica mais viável para usar áreas com problemas de salinização dos solos é o uso de cultivares tolerantes (Gheyi et al., 2010). Um dos métodos mais difundidos para determinar a tolerância das plantas ao excesso de sais é a observação da porcentagem de germinação em substratos salinos (Lima; Torres, 2009). Para a cultura da soja, os estresses salino e hídrico provocam efeitos negativos na germinação e vigor das sementes e, em condições de estresses ainda mais severos, as sementes de menor vigor são as mais suscetíveis (Braccini et al., 1996).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do estresse salino induzidos por níveis de salinidade com soluções de cloreto de sódio (NaCl) na germinação e vigor de sementes de duas cultivares de soja.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **CARACTERIZAÇÃO DOS TRATAMENTOS**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitotecnia da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Professora Cinobelina Elvas (CPCE) em Bom Jesus – PI. Foram utilizadas sementes de duas cultivares de soja a TMG 1180 RR e a NS 8338 IPRO, provenientes da Empresa Celeiro sementes.

As sementes foram submetidas à soluções de cloreto de sódio (NaCl) nas concentrações de 0,0 (água destilada); -0,3; -0,6 e -0,9 MPa. As concentrações de NaCl foram calculadas por meio da curva de calibração estabelecida por Braccini et al. (1996), ou seja,

$$yos = 0,194699 + 0,750394 C,$$

Em que  $yos$  = potencial osmótico (Mpa) e  $C$  = concentração ( $g L^{-1}$ ).

Para verificar os possíveis efeitos da salinidade, foram efetuados os seguintes testes: germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea e das raízes das plântulas (CPA e CR) e massa de matéria seca (MS).

### **TESTE DE GERMINAÇÃO**

Utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes, distribuídas em papel *germitest* umedecidas 2,5 vezes o peso do substrato seco com a solução correspondente de cloreto de sódio. Em seguida, os rolos foram colocados em sacos plásticos e mantido em um germinador tipo BOD regulado à temperatura constante de 25°C, por oito dias, e após a semeadura, computou-se a porcentagem germinação e plântulas anormais, para cada repetição (Brasil, 2009).

### **ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO**

Juntamente com o teste de germinação, foram realizadas avaliações diariamente por um período de oito dias, contabilizando sementes com emissão da radícula com no mínimo de 2 mm de comprimento (Ferreira, 2014). Para assim obter o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) calculado através da fórmula de Maguire (1962):

$$IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$$

onde:  $G1, G2, Gn$  = número de plântulas germinadas na primeira, segunda, até a última contagem e  $N1, N2, Nn$  = número de semanas desde a primeira, segunda, até a última contagem.

### **COMPRIMENTO DE PARTE AÉREA E RAIZ**

Ao final do teste de germinação, dez plântulas normais selecionadas aleatoriamente de cada repetição foram utilizadas para avaliar o comprimento da parte aérea e da raiz, com auxílio de uma régua graduada (cm), sendo as avaliações realizadas aos oito dias após a semeadura, e os resultados expressos em centímetro por plântula (Brasil, 2009).

## MASSA SECA DE PLÂNTULAS

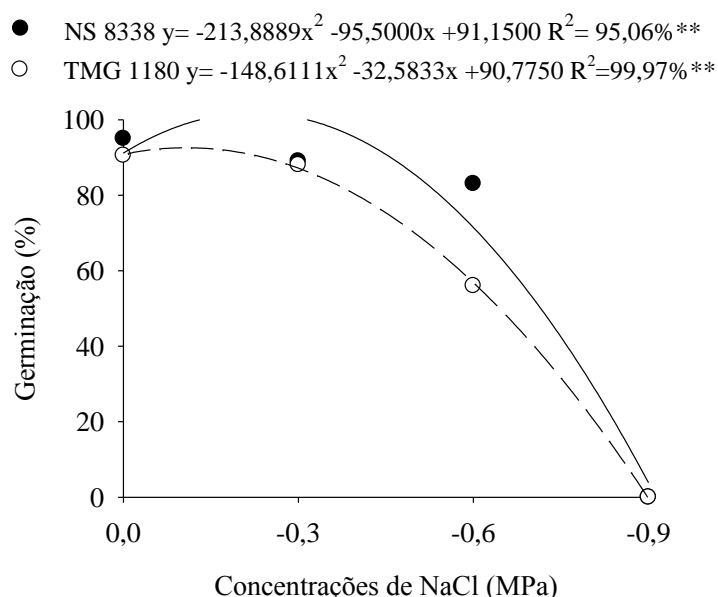
As mesmas plântulas utilizadas na avaliação do comprimento foram acondicionadas em sacos de papel para secar em estufa a  $65^{\circ}\text{C} \pm 72$  horas onde permaneceram até atingir massa constante. Em seguida, foram pesadas em balança analítica, sendo os resultados expressos em mg por plântula (Brasil, 2009).

## PROCEDIMENTO ESTATÍSTICO

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $4 \times 2$ , sendo quatro concentrações de cloreto de sódio e duas cultivares, com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativa pelo teste F a 5%, procedeu-se a análise de regressão ( $p < 0,05$ ), por meio do programa de análises estatísticas SISVAR (Ferreira, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, sementes tratadas com diferentes concentrações salinas apresentaram menor potencial de germinação, para cultivares de soja TMG 1180 e NS 8338, ou seja, os valores médios observados eram mais inferiores à medida que o potencial osmótico do meio se tornou mais negativo (Figura 1).



**Figura 1.** Porcentagem de germinação de sementes de cultivares de soja submetidas ao estresse salino induzido por NaCl.

Quanto aos efeitos do NaCl, observa-se que para as duas cultivares manteve-se o percentual de plântulas normais em torno de 90% até a concentração salina -0,3 MPa.

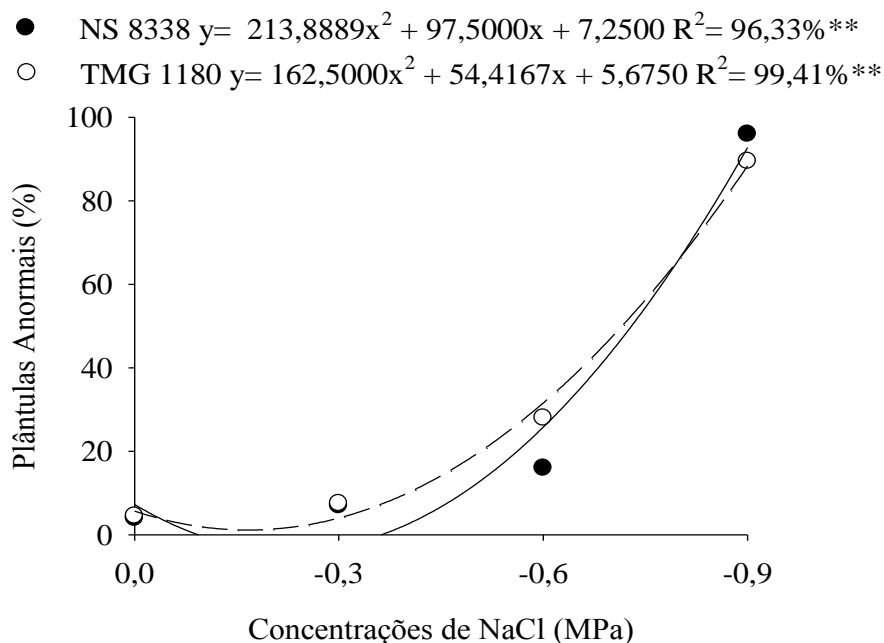
Quando a mesma atingiu -0,6 MPa houve redução no percentual de plântulas normais promovida pela redução do potencial osmótico. Braccini et al. (1996), ao trabalhar com sementes de soja, também verificaram redução na porcentagem de germinação, à medida que os potenciais osmóticos das soluções de NaCl, tornaram-se mais negativos.

Estudando os efeitos do potencial osmótico na germinação de sementes de leguminosas da savana africana (*Combretum apiculatum*, *Colo-phospermum mopane*, *Acacia karroo* e *Acacia torti-lis*), Choinski e Tuohy (1993) verificaram redução da germinação em potenciais a partir de -0,3MPa. Para Van Der Moezel e Bell (1987), o NaCl afeta a germinação pelo efeito osmótico e/ou pelo efeito iônico, dificultando a absorção de água ou facilitando a penetração de íons nas células.

A cultivar NS 8338 na concentração salina -0,6 MPa demonstrou apresentar maior porcentagem de germinação nessa condição, já a cultivar TMG 1180 reduziu o número de plântulas normais, variando o limite de tolerância ao sal, entretanto, apenas na concentração de NaCl -0,9 MPa, ambas apresentaram reduções que tenderam a zero. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (1996) e Braccini et al. (1996) que também usando o NaCl como agente osmótico, observaram decréscimo semelhante na germinação. Lopes et al. (2014) ao analisarem a qualidade fisiológica das sementes e crescimento inicial de plântulas de feijão guandu, submetidos a diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl), observaram que houve redução no potencial germinativo das sementes nos potenciais osmóticos de soluções de NaCl menores que -0,9 MPa.

Os altos teores de sais solúveis, especialmente o NaCl, provocam a redução do potencial hídrico do substrato, induzindo menor capacidade de absorção de água pelas sementes, podendo inibir a germinação, em função dos efeitos osmóticos e tóxicos (Secco et al., 2010), provocando assim, redução do percentual de germinação que refletirá diretamente no número de plantas.

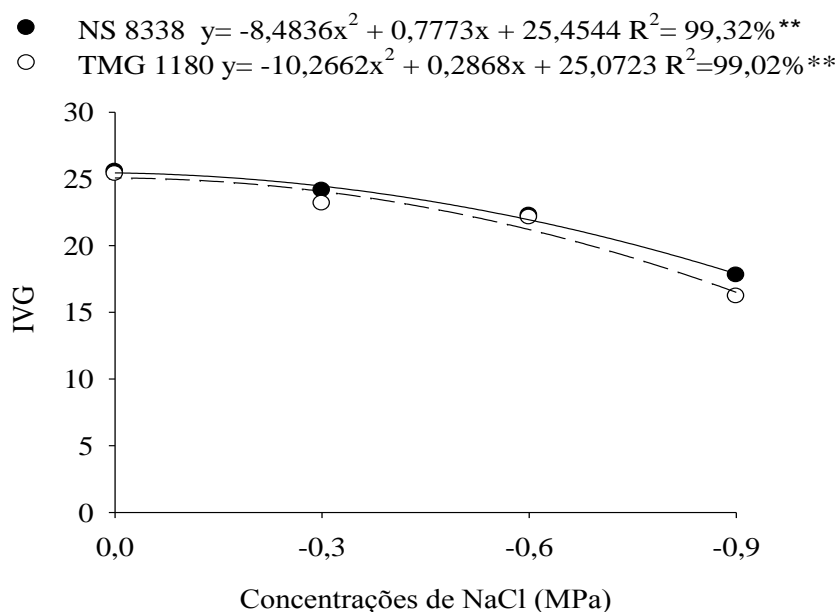
Na avaliação de plântulas anormais (Figura 2), pode-se confirmar o comportamento similar entre as sementes das duas cultivares de soja em que ocorreu o aumento progressivo na formação de plântulas anormais conforme aumentaram as concentrações de NaCl, evidenciado, principalmente, a partir da concentração de -0,6 MPa, obtendo-se maior percentual em -0,9 MPa. O incremento de -0,1MPa na concentração osmótica induzida por NaCl promove o aumento de 5,70% no percentual de plântulas anormais. Resultados semelhantes foram obtidos por Machado Neto et al. (2004), ao constatarem elevados percentuais de plântulas anormais de cultivares de soja no potencial de -1,2 MPa, quando submetidas ao estresse salino em NaCl.



**Figura 2.** Porcentagem de plântulas anormais de cultivares de soja oriundas de sementes submetidas ao estresse salino induzido por NaCl.

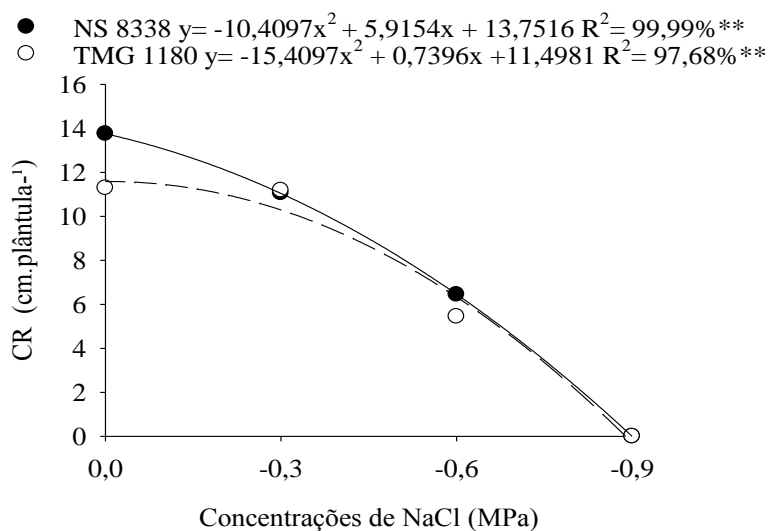
Quanto ao índice de velocidade de germinação (IVG) (Figura 3), nas concentrações de NaCl observa-se maior velocidade de germinação para testemunha (0,0 MPa) e, à medida que a concentração de NaCl na solução tornou-se mais negativa, ocorrendo redução do potencial osmótico do meio, e conseqüentemente, aumento do tempo de embebição de água pelas sementes, ocasionando o prolongamento do processo germinativo (Marques et al., 2011).

Resultado similar foi observado por Bertagnolli et al. (2004) no qual a medida que aumentava os teores de NaCl na solução, o IVE era reduzido nas sementes de soja. Em outros trabalhos com teste de salinidade Almeida et al. (2014) verificou para a cultura de feijão-caupi decréscimos lineares no índice de velocidade de germinação com o aumento das concentrações.



**Figura 3.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de cultivares de soja oriundas de sementes submetidas ao estresse salino induzido NaCl.

Ao analisar o comprimento radicular das plântulas de soja (Figura 4), nota-se que os efeitos foram severos para as duas cultivares, com redução do comprimento pela metade quando a concentração baixou de 0 MPa para -0,6 MPa, chegando a valores nulos na concentração -0,9 MPa.



**Figura 4.** Comprimento de raiz de plântulas (CR) (cm.plântula<sup>-1</sup>) de cultivares de soja oriundas de sementes submetidas ao estresse salino induzido por NaCl.

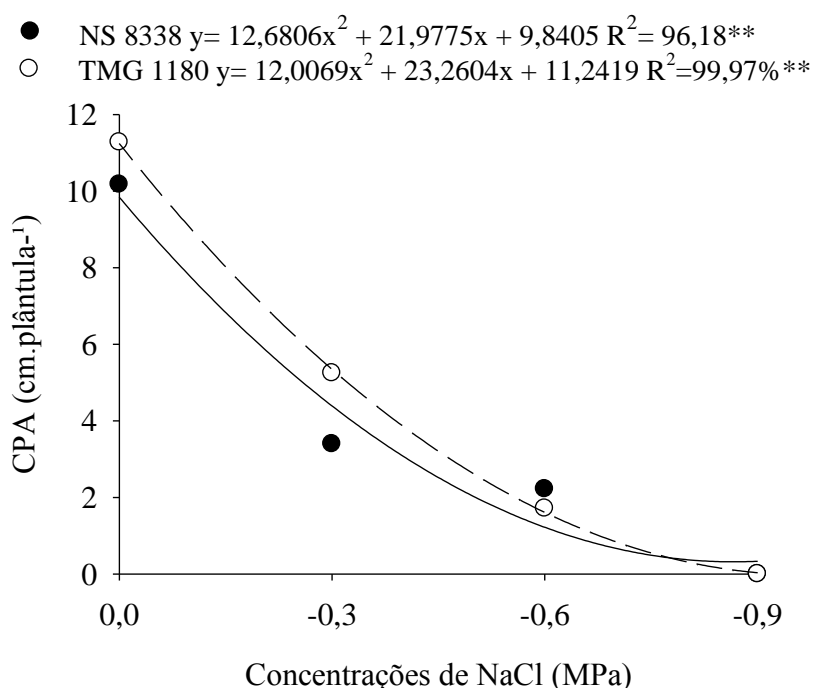
De acordo com Gordin et al. (2012), o estresse salino nas fases iniciais da germinação tem como principal causador de injúria o desbalanço iônico e a toxicidade causada pelo excesso de Na<sup>+</sup>. O baixo potencial hídrico causado pela presença de sais geralmente inibe o



crescimento da parte aérea e radicular da plântula.

Em relação ao comprimento de parte área (Figura 5), demonstraram que ambas as cultivares apresentaram redução no comprimento, quando submetidas a uma concentração acima de -0,3 MPa, e apresentaram um menor comprimento quando submetidas a uma concentração salina de -0,9 MPa.

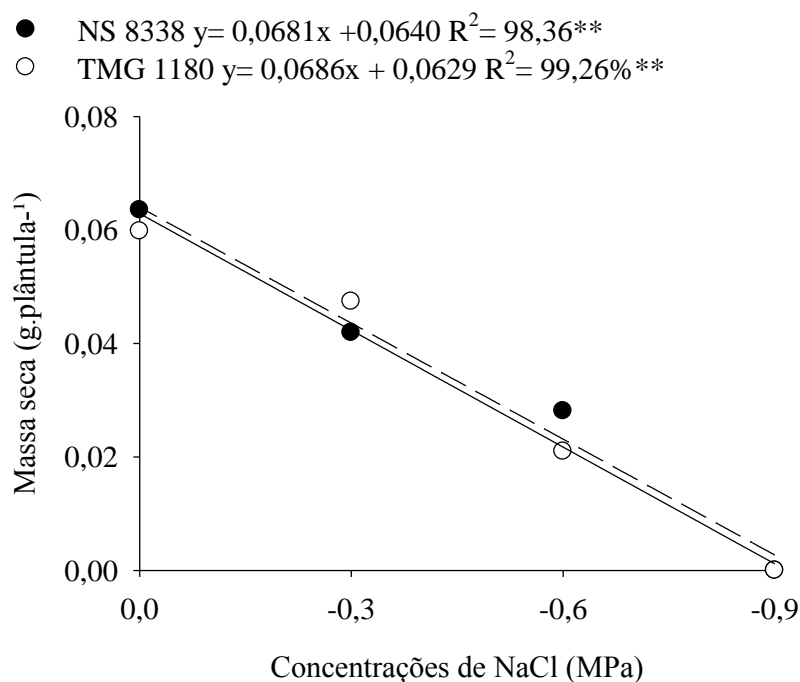
Pode-se observar que à medida que se elevou a salinidade do substrato, houve redução no comprimento de plântulas quando submetida em condições de estresse salino em solução de NaCl, na concentração -0,9 Mpa.



**Figura 5.** Comprimento de parte aérea de plântula (CPA) (cm.plântula<sup>-1</sup>) de cultivares de soja oriundas de sementes submetidas ao estresse salino induzido por NaCl.

A cada -0,1 MPa incrementado na solução reduz-se 3,47cm do comprimento da parte área da cultivar NS 8338 e 3,53cm da cultivar TMG 1180. As cultivares diferiram estatisticamente quando submetida as diferentes concentrações. A redução no crescimento das plântulas quando submetida a estresse salino, além da soja (Moraes; Menezes 2003, Costa et al. 2004, Teixeira et al. 2008), foi observado em outras culturas, como cevada (Anjum et al., 2003), canola (Ávila et al., 2007) e feijão (Machado Neto et al., 2006).

A massa seca de plântulas independente da cultivar de soja utilizada, diminuiu com o aumento da concentração salina induzida por NaCl (Figura 6). A cada -0,1MPa que é diminuído da solução salina tem-se a redução de 0,007 g da massa seca das plântulas das cultivares estudadas.



**Figura 6.** Massa seca de plântulas (g.plântula<sup>-1</sup>) de cultivares de soja oriundas de sementes submetidas ao estresse salino induzido NaCl.

Resultados semelhante foram observados por Carvalho et al. (2012) em que a massa seca de genótipos de soja apresentaram redução quando induzida por NaCl. A diminuição de massa seca está relacionada com a falta de água para o metabolismo, o que reduz a velocidade das reações metabólicas e, conseqüentemente, diminui o acúmulo de matéria seca (Marur et al., 1994). A redução linear no desenvolvimento de plântulas à medida que os níveis de salinidade foram elevados, indica que houve redução do ganho de massa seca nas plântulas para ambos os genótipos, devido a adequação na distribuição das reservas da semente para os tecidos em condições limitantes de água.

## CONCLUSÕES

A resposta ao estresse salino induzido por cloreto de sódio foi dependente do genótipo, entretanto, o aumento da concentração salina ocasionou redução na germinação e vigor das sementes;

A cultivar NS 8338 apresenta melhor desempenho fisiológico em condições de estresse salino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida AQ, Soratto RP, Broetto F, Cataneo AC (2014). Nodulação, aspectos bioquímicos, crescimento e produtividade do feijoeiro em função da aplicação de bioestimulante. *Semina: Ciências Agrárias*, 35: 77-88.
- Anjum F, Yaseen M, Rasool E, Wahid A, Anjum S (2003). Water stress in barley (*Hordeum vulgare* L.): I. Effect on morphological characters. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 40(1): 43-44.
- Ashraf M, Harris PJC. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants (2004). *Plant Science*, 166(1): 3-16.
- Ávila MR, Braccini ADL, Scapim CA, Fagliari JR, Santos JLD (2007). Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. *Revista Brasileira de Sementes*, 29(1): 98-106.
- Bertagnolli C, Cunha C, Menezes S, Moraes D, Lopes N, Abreu C (2004). Qualidade fisiológica e composição química de sementes de soja submetidas ao estresse salino. *Revista Brasileira de Agrociência*, 10(3): 287-291.
- Borges CT, Deuner C, Rigo G A, Oliveira SD, Moraes DD (2014). O estresse salino afeta a qualidade fisiológica de sementes de rúcula. *Enciclopédia Biosfera*, 10(19): 1049-1057.
- Braccini ADL, Ruiz HA, Braccini MDC, Reis MS (1996). Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietilenoglicol. *Revista Brasileira de Sementes*, 18(1): 10-16.
- Brasil (2009). *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: MAPA/ACS. 399p.
- Carneiro MMLC, Deuner S, Oliveira PVD, Teixeira SB, Sousa CP, Bacarin MA, Moraes DMD (2011). Atividade antioxidante e viabilidade de sementes de girassol após estresse hídrico e salino. *Revista Brasileira de Sementes*, 33(4): 752-761.
- Carvalho TCD, Silva SSD, Silva RCD, Panobianco M (2012). Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de soja convencional e sua derivada transgênica RR em condições de estresse salino. *Ciência Rural*, 42(8):1366-1371.
- Conab (2020). *Acompanhamento de safra brasileira de grãos. Décimo levantamento, v. 7, safra 2019/2020, n. 10*. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 1-73.
- Costa PR, Custódio CC, Machado Neto NB, Marubayashi OM (2004). Estresse hídrico induzido por manitol em sementes de soja de diferentes tamanhos. *Revista Brasileira de Sementes*, 26(1): 105-113.

- Choinski JS, Tuohy JM (1993). Effect of water potential and temperature on the germination of four species of african savanna trees. *Annals of Botany*, 68: 227-233.
- Embrapa. (2018). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/soja/cultivo/soja1>> Acesso em: 15 maio 2018.
- Ferreira DF (2014). Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*. 38(2): 109-112.
- Gheyi HR, Dias NS, Lacerda CF (2010). *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Editora: INCTSal. 472p.
- Gordin CRB. et al (2012). Estresse salino na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.). *Acta Botanica Brasílica*, 26(4):966-972.
- IBGE (2020). Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>>. Acesso em: 22 de jul. 2020.
- Khan MH, Panda SK (2008). Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl – salinity stress. *Acta Physiologi Plant*, 30: 81–89.
- Lima BG, Torres SB (2009). Estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). *Revista Caatinga*, 22(4): 93-99.
- Lopes KP, Nascimento MDGR, Barbosa RCA, Costa CC (2014). Salinidade na qualidade fisiológica em sementes de *Brassica oleracea* L. var. itálica. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(5): 2251-2260.
- Maguire JD (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*. 2(2): 176-177.
- Marur CJ, Sodek L, Magalhães AC (1994). Free aminoacids in leaves of cotton plants under water deficit. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 6(2): 103-108.
- Marques EC, Freitas VS, Bezerra MA, Prisco JT, Gomes-Filho E (2011). Efeitos do estresse salino na germinação, emergência e estabelecimento da plântula de cajueiro anão precoce. *Revista Ciência Agronômica*, 42(4): 993-999.
- Machado Neto NB, Custódio CC, Costa PR, Doná FL (2006). Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. *Revista Brasileira de Sementes*, 28(1): 142-148.
- Moraes GAF, Menezes NL (2003). Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. *Ciência Rural*, 33(2): 219-226.
- Panoff B (2013). Botucatu: detecção do gene de peroxidase em sementes de soja pela reação da polimerase em cadeia (pcr). 59p. Dissertação (Mestrado em


Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

- Pelegriani LL, Borcioni E, Nogueira AC, Koehler HS, Quoirin MGG (2013). Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. *Ciência Florestal*, 23(2): 511-519.
- Perez SCJGA, Tambelini M (1995). Efeito dos estresses salino e hídrico e do envelhecimento precoce na germinação de algarobeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30: 1289-1295.
- Santos VLM, Silva RF, Sedyama T, Cardoso AA (1996). A utilização do estresse osmótico na avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max*(L.) Merrill). *Revista Brasileira de Sementes*, 18(1): 83-87.
- Secco LB, Queiroz SO, Dantas BF, Souza YA, Silva PP (2010) Germinação de sementes de melão (*Cucumis melo* L.) em condições de estresse salino. *Revista Verde*, 4(4): 129–135.
- Sobhanian H, Aghaei K, Komatsu S (2011). Changes in the plant proteome resulting from salt stress: toward the of salt-tolerant crops. *Journal of Proteomics*, 74(8): 1323-1337.
- Teixeira LR, de Lucca A, Sperandio D, Scapim CA, Schuster I, Viganó J (2008). Avaliação de cultivares de soja quanto à tolerância ao estresse hídrico em substrato contendo polietileno glicol. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 30(2): 217-223.
- USDA (2016). *United States Department Of Agriculture*. FAZ Databases. Disponível em: < <http://www.fas.usda.gov/data.asp> >. Acesso em: 08 julho.
- Van Der Moezel PG, Bell DT (1987). The effect of salinity on the germination of some Western Australian Eucalyptus and Melaleuca species. *Seed Science and Technology*, 15(1): 239-246.

# Produção de rabanete cultivada em diferentes proporções de fertilizante orgânico

Recebido em: 15/07/2020

Aceito em: 18/07/2020

 10.46420/9786599120862cap5

Cheila Bonati do Carmo de Sousa<sup>1</sup> 

Caliane da Silva Braulio<sup>1</sup> 

Juraci Jesus de Santana Júnior<sup>1</sup> 

Ingrid Rebeca Torres Magalhães<sup>1</sup> 

Júlio César Azevedo Nóbrega<sup>1\*</sup> 

Ângela Santos de Jesus Cavalcante dos Anjos<sup>1</sup>

## INTRODUÇÃO

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é uma olerícola pertencente à família das Brassicaceae, com origem na região mediterrânea, apresenta porte reduzido e raízes globulares de variadas colorações, sendo a coloração avermelhada a predominante (Figura 1), com sabor picante, daí ser consumida, principalmente, na forma de saladas e conservas (Silva et al., 2012). A cultura apresenta ciclo curto, sendo necessários cerca de 30 dias para a colheita, o que requer uma grande quantidade de nutrientes em pouco espaço de tempo (Castro et al., 2016).

A fertilidade do solo é um dos principais fatores que influenciam na produtividade do rabanete, sendo o emprego da adubação uma prática que favorece a produção da cultura. A adubação orgânica é uma prática agroecológica, que possibilita aos agricultores, sobretudo os de base familiar, utilizar insumos disponíveis na propriedade, e desta forma, reduzir os custos de produção com uso de fertilizantes minerais, fato que agrega valor ao produto (Silva et al., 2017), além de se obter uma produção gerando menor impacto ambiental.

A adubação orgânica, além de contribuir para a produção vegetal, através do fornecimento adequado dos nutrientes, também melhora os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (Galvão et al., 2019), fatores que favorecem o crescimento das plantas (Oliveira et al., 2015a). Assim, diferentes formulações de substratos garantem mudas de

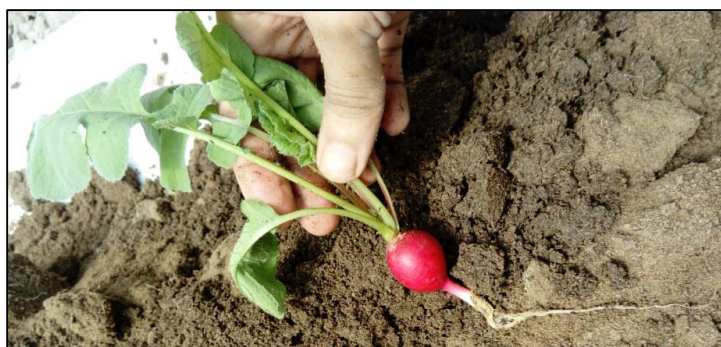
---

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, CEP: 44380-000, Bahia, Brasil.

\* Autor de correspondência: jcanobrega@gmail.com

qualidade, entretanto, o substrato ideal depende da característica e da necessidade de cada espécie (Duarte; Nunes, 2012).

Dentre as fontes de fertilizantes orgânicos, o composto orgânico se caracteriza em termos de utilização e composição, como fonte de adubação orgânica por constituir uma prática alternativa no fornecimento de nutrientes essenciais às culturas, como as hortaliças. Tais plantas, necessitam de grandes aportes de nutrientes em períodos de tempo relativamente curtos e, no caso específico das hortaliças tuberosas, esse aporte é bastante significativo, tanto para o crescimento da parte aérea, quanto para o desenvolvimento de seus tubérculos (Bonela et al., 2017).



**Figura 1.** Rabanete cultivado com composto orgânico em Latossolo Amarelo distrófico, Cruz das Almas – BA. Fonte: Autoria própria.

Em diversos trabalhos são apresentados resultados promissores do uso de diferentes fontes de adubação orgânica no cultivo de rabanete. Silva et al. (2006) avaliando a produção do rabanete, observaram que o húmus de minhoca incrementou a massa fresca das raízes, enquanto o esterco bovino o volume e diâmetro das raízes. Linhares et al. (2010) verificaram maior produtividade comercial de raízes e massa seca de rabanete com uso de adubação orgânica. Do mesmo modo, Oliveira et al. (2015b) observaram maior produtividade de raízes comerciais de rabanete ao incorporar adubação verde ao solo. Lopes et al. (2019) observaram que, o uso do esterco bovino e caprino na dose de 200 g vaso<sup>-1</sup> promoveu maior crescimento e desenvolvimento das plantas de rabanete.

Na região do Recôncavo da Bahia, o cultivo de hortaliças ocorre de forma significativa, tanto como atividade principal, como atividade complementar de renda nas propriedades rurais. Por se caracterizar os solos da região do Recôncavo da Bahia, na maioria como de baixa fertilidade, a exemplo dos Latossolos Amarelos coesos, a prática da adubação se faz necessária visando à melhoria da fertilidade do solo e o aumento da produtividade das culturas. Neste sentido, o uso de insumos locais como fontes de nutrientes se faz necessário



visando reduzir os custos de produção nas propriedades, que na maioria são constituídas por pequenos produtores de base familiar.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o crescimento de plantas de rabanete em um Latossolo Amarelo submetido a doses de resíduo orgânico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de novembro a dezembro de 2018, em casa de vegetação da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no município de Cruz das Almas, BA, geograficamente situado a 12°40'19"S e 39°06'22"W a uma altitude de 225 m.

**Tabela 1.** Caracterização química do composto orgânico utilizado na composição do substrato para o crescimento inicial do rabanete.

Características químicas*	Composto orgânico	
	Seca	Úmida
pH (H <sub>2</sub> O) <sup>1</sup>	-	7,0
pH (CaCl <sub>2</sub> 0,01 M)	-	6,4
Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	-	1,00
Umidade a 60 - 65°C (%)	-	12,03
Umidade a 110°C (%)	-	0,69
Matéria Orgânica (Combustão) (%)	12,10	10,64
Carbono Orgânico (%)	5,99	5,27
Resíduo Mineral Total (R.M.T.) (%)	87,12	76,64
Resíduo Mineral (R.M.) (%)	6,55	5,76
Resíduo Mineral Insolúvel (R.M.I.) (%)	80,57	70,88
Nitrogênio Total (NT) (%)	0,70	0,62
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) total (%)	0,23	0,20
Potássio (K <sub>2</sub> O) total (%)	0,25	0,22
Cálcio (Ca) total (%)	0,57	0,50
Magnésio (Mg) total	0,13	0,11
Enxofre (S) total (%)	0,02	0,02
Relação C/N	-	9
Cobre (Cu) (mg kg <sup>-1</sup> )	15	13
Manganês (Mn) (mg kg <sup>-1</sup> )	127	112
Zinco (Zn) (mg kg <sup>-1</sup> )	35	31
Boro (B) (mg kg <sup>-1</sup> )	234	206
Sódio (Na) (mg kg <sup>-1</sup> )	824	725

<sup>1</sup>Os valores de pH<sub>(CaCl<sub>2</sub>)</sub> foram estimados pela equação de Novais et al. (2007) apud Souza et al. (1989): pH<sub>(CaCl<sub>2</sub>)</sub> = 0,12+0,89 pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>. \*Dados extraído por Moreira et al. (2018).

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), constituído por cinco doses do composto orgânico e solo (0:100; 20:80;

40:60; 60:40; 80:20; v/v), com quatro repetições. As caracterizações químicas do solo e do fertilizante orgânico utilizados no estudo foram realizadas no laboratório de Ciência do Solo da Universidade de São Paulo – ESALQ. Na Tabela 1 são apresentadas as características químicas do composto orgânico utilizado neste trabalho.

O composto orgânico utilizado foi produzido na UFRB, Campus Universitário de Cruz das Almas, oriundo da pilha de compostagem formada de podas de árvores, esterco bovino e caprino, numa relação 3:1:1. O substrato utilizado foi o Latossolo Amarelo distrófico, coletado a 0,20 m na área da fazenda experimental pertencente a mesma Instituição. O solo e a fonte de fertilizante orgânico foram secos ao ar, tamisados em peneira com malha de 4 mm, homogeneizados de acordo aos tratamentos e acondicionados em sacos de polietileno com capacidade de 1,0 L.

O Latossolo Amarelo utilizado neste trabalho apresentou as seguintes características químicas: pH (H<sub>2</sub>O): 5,9; pH (CaCl<sub>2</sub>): 4,7; P: 4 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup>: 54,3 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>: 0,9 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup>: 0,4 cmolc dm<sup>-3</sup>; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: 9,1 mg.dm<sup>-3</sup>; Cu<sup>2+</sup>: 0,85 mg dm<sup>-3</sup>; Fe<sup>2+</sup>: 30,25 mg dm<sup>-3</sup>; Mn<sup>2+</sup>: 2,95 mg dm<sup>-3</sup>; Zn<sup>2+</sup>: 2 mg dm<sup>-3</sup>; B: 0,29; Al<sup>3+</sup>: 0,1 cmolc dm<sup>-3</sup>; Acidez potencial: 2,0 cmolc dm<sup>-3</sup>; Soma de Bases: 1,4 cmolc dm<sup>-3</sup>; T: 3,4 cmolc dm<sup>-3</sup>; Saturação por bases: 41,2%; Saturação de alumínio: 6,67%; MO: < 13,5 g kg<sup>-1</sup>.

As sementes da cultivar Rabanete Vip Crimson foram adquiridas de lote comercial local. A semeadura foi direta, sendo dispostas três sementes por saco a 1 cm de profundidade. O desbaste das plantas foi realizado após 15 dias da semeadura, deixando a planta mais vigorosa.

Aos 35 dias após a semeadura, avaliou-se: altura da planta (H) que foi medida com o uso de uma régua graduada em milímetros (mm); teores de clorofila A, B e Total (A+B), realizadas através de clorofilômetro, modelo ClorofiLOG<sup>®</sup> (leituras realizadas nas folhas do terço inferior, mediano e superior às 9 horas); diâmetro do caule (DC) medido com o auxílio de um paquímetro com precisão de 0,05 mm; número de folhas (NF) e comprimento da raiz (CR) também avaliado com o uso de uma régua graduada (mm).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão pelo teste de Tukey aos níveis de 5 e 1% de probabilidade e teste de normalidade empregando-se o programa estatístico R (R Development Core Team, 2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados apresentados pela análise de variância (Tabela 2), verifica-se que os tratamentos influenciaram significativamente ( $P < 0,05$ ) as plantas de rabanete. Todas as variáveis estudadas foram significativas a 1% de probabilidade.

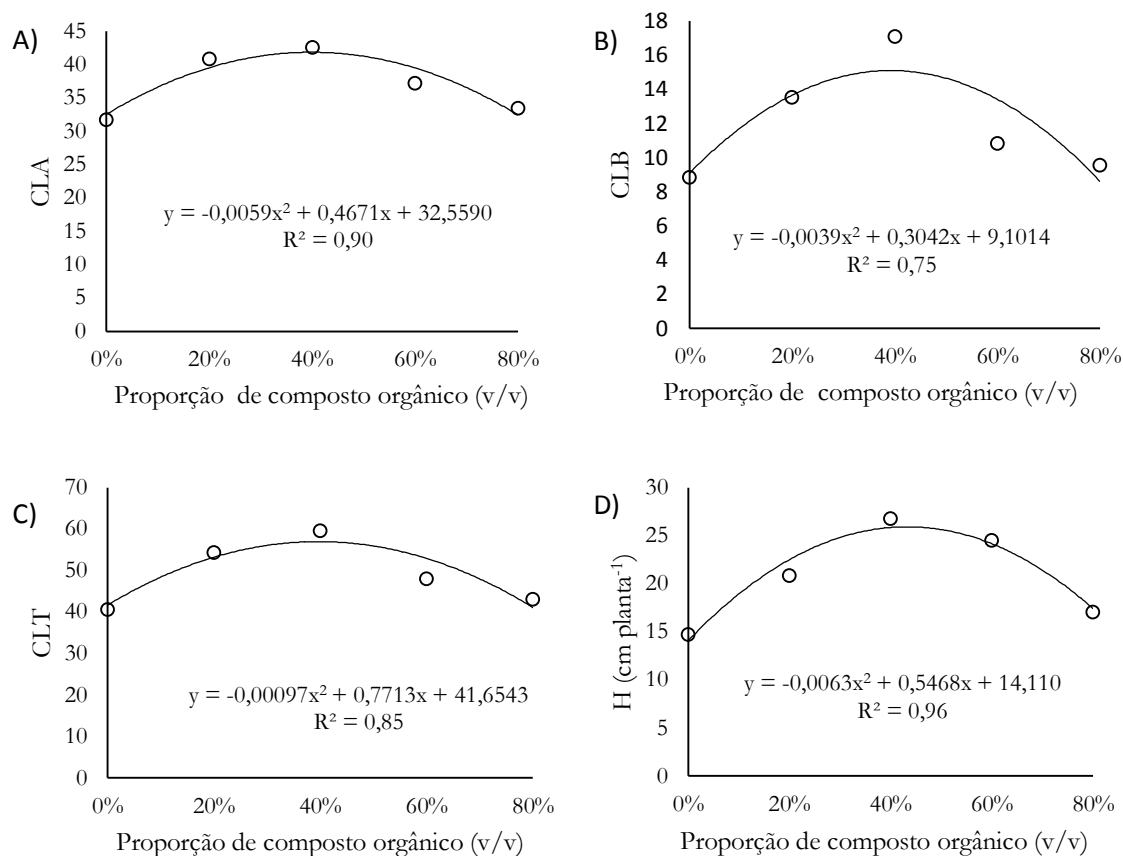
**Tabela 2.** Análise de variância para as variáveis: clorofila A (CLA), clorofila B (CLB), clorofila total (CLT), altura (H), comprimento da raiz (CR) e número de folhas (NF), em plantas de rabanete (*Raphanus sativus* L.) cultivadas com substratos em diferentes doses de composto orgânico em Latossolo Amarelo distrófico.

<sup>1</sup> FV	<sup>2</sup> GL	Quadrado médio					
		CLA	CLB	CLT	H	CR	NF
<b>Tratamentos</b>	4	85,705**	45,226**	249,01**	100,543**	27,0392**	14,925**
<b>CV(%)</b>		6,29	4,37	5,27	4,66	5,76	10,78

<sup>1</sup>FV: fonte de variação, <sup>2</sup>GL: graus de liberdade, CV: Coeficiente de variação. \* significativo a 5% de probabilidade, \*\* significativo a 1% de probabilidade, ns: não significativo. Fonte: Autoria própria.

Com os dados apresentados na Figura 2, observa-se comportamento quadrático com decréscimo nas proporções mais elevadas de composto orgânico para as variáveis: clorofila A, B, Total e altura. A proporção estimada de 39,58% de composto orgânico resultou em uma máxima de 41,79 para CLA, com ganho de 23,97% em relação às plantas cultivadas sem adubação (0% de composto orgânico) (Figura 2A). Observa-se para CLB (Figura 2B), que a proporção estimada de 39% de composto orgânico resultou em uma máxima de 15,03, enquanto a proporção estimada de 39,76% resultou em uma máxima de 59,97 % para a CLT (Figura 2C), representando um ganho de 41,25 e 28,76% em relação as plantas cultivadas sem adubação (0% de composto orgânico), respectivamente.

Observa-se que as plantas de rabanete adubadas com composto orgânico apresentaram maiores médias para clorofila A, B e Total, em relação às plantas sem adubação (0% de composto orgânico), indicando que o composto orgânico utilizado neste estudo, forneceu os nutrientes necessários à realização da fotossíntese, a exemplo do nitrogênio (N) e magnésio (Mg) que fazem parte da molécula da clorofila (Anjos et al., 2020). A fertilidade do solo é considerada um fator chave para o crescimento inicial das plantas, pois as mesmas demandam um suprimento adequado de nutrientes para realização da fotossíntese, de forma a gerar energia necessária ao seu desenvolvimento. De acordo com Costa (2014), os nutrientes, fósforo (P), enxofre (S) e Mg são fundamentais para a fotossíntese, devido à formação do aparelho fotossintético.



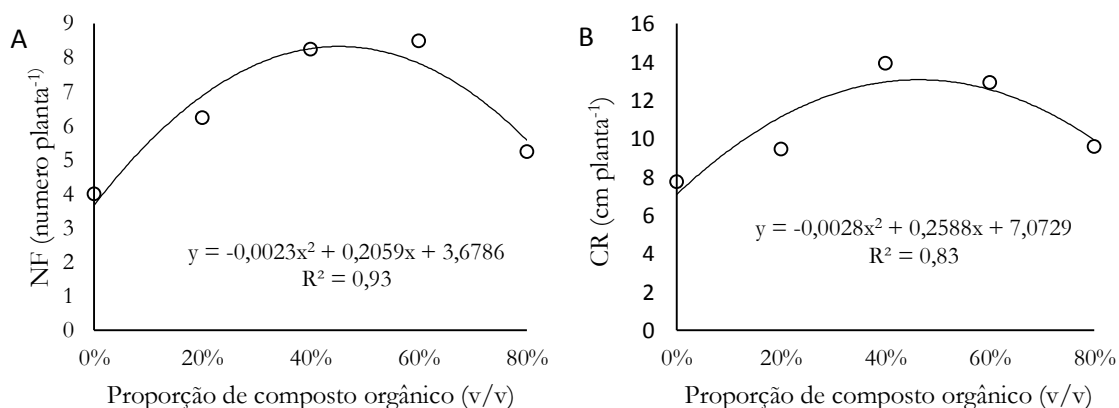
**Figura 2.** Clorofila A (A), clorofila B (B), clorofila Total (C) e altura (D), das plantas de rabanete cultivadas em diferentes proporções de composto orgânico. Fonte: Autoria própria.

No cultivo do rabanete, a média máxima de índice de clorofila SPAD foi de 32,83 aos 29 dias após a emergência sob efeito da adubação verde e com compostos orgânicos (Santos et al., 2016). Em outro estudo, Bonfim-Silva et al. (2020) verificaram que aos 17 dias após a emergência de plantas de rabanete, que o maior índice de clorofila SPAD foi obtido com aplicação de adubo mineral com 50% de saturação por bases, bem como pela utilização de cinza vegetal e fertilizante organomineral na saturação por bases de 80%. Similarmente, doses crescentes de adubação orgânica promovem aumento linear no índice das clorofilas A, B e Total em cultivares de coentro (*Coriandrum sativum* L.) (Anjos et al., 2020).

Plantas de rabanete cultivadas com a proporção estimada de 43,40% obtiveram H máxima de 25,97 cm planta<sup>-1</sup> (Figura 2D), com ganho de 43,17% em comparação as cultivadas sem adubação (0% composto orgânico). Este resultado pode estar relacionado à maior disponibilidade do N proporcionado pela adição do composto orgânico, haja vista que, quando a quantidade disponibilizada é adequada, o N tende a promover maior crescimento em altura de plantas (Souza et al., 2013). A maior altura de plantas de rabanete foi observada, quando sob adubação com organomineral na saturação por bases de 80%

(Bonfim-Silva et al., 2020). Plantas de rabanete, cultivadas em função de níveis e fontes de adubação orgânica, alcançaram uma altura máxima de 9,45 cm planta<sup>-1</sup> aos 15 dias após a emergência e, 11,36 cm planta<sup>-1</sup> aos 30 dias após a emergência (Lopes et al., 2019). O uso da adubação orgânica também proporcionou maior altura de plantas e maior produção de massa seca em folhas de *Melissa officinalis* (Sodré et al., 2013).

A partir dos dados apresentados na Figura 3, também se verificou efeito quadrático com decréscimo em proporções superiores de composto orgânico para o número de folhas (NF) e comprimento da raiz (CR). Em relação ao NF, as plantas adubadas com a proporção estimada de 44,76% de composto orgânico apresentaram máxima de 8 folhas planta<sup>-1</sup> (Figura 3A), com ganhos de 51,75% em relação as plantas controle (0% de composto orgânico). O NF está diretamente ligado aos teores de nutrientes disponíveis no substrato de cultivo e as características morfológicas de cada espécie, que pode apresentar variações de acordo com a época de cultivo e quantidade de composto disponibilizado (Bonela et al., 2017). É neste órgão vegetal que ocorre a fotossíntese, responsável pela produção de fotoassimilados que serão enviados para os órgãos produtivos da planta (Linhares et al., 2011), sendo um dos principais parâmetros morfológicos utilizados para avaliar o crescimento vegetal, uma vez que reflete os resultados da aplicação dos tratamentos a serem avaliados (Lima et al., 2011).



**Figura 3.** Número de folhas (A) e comprimento da raiz (B), das plantas de rabanete cultivadas em diferentes proporções de composto orgânico. Fonte: Autoria própria.

Acredita-se que a fonte orgânica utilizada no presente trabalho, apresenta elevado potencial de fornecimento de nutrientes, quando associado ao solo no substrato de cultivo, influenciando positivamente no NF das plantas de rabanete (Figura 3A), o que consequentemente, contribui para o aumento no acúmulo de fitomassa das plantas. Resultado positivo da adubação orgânica também foi verificado em plantas de rabanete

(Bonfim-Silva et al., 2020), em que as maiores médias no número de folhas foram obtidas quando adubadas com cinza vegetal e organomineral, ao nível de 80% de saturação por bases.

Verifica-se que a adição de composto orgânico apresentou resposta positiva ao crescimento radicular (CR), em que as plantas obtiveram média máxima de 13,05 cm planta<sup>-1</sup> quando cultivadas na proporção estimada de 46,21% de composto orgânico, apresentando ganhos de 40,61% em relação às plantas cultivadas sem adubação (0% de composto orgânico) (Figura 3B). O composto orgânico, a depender de sua composição química, tende a promover aumento da fertilidade dos substratos de cultivo, disponibilizando maiores teores de nutrientes as plantas, como o P e cálcio (Ca), que estão diretamente relacionados com o rápido crescimento das raízes (Moreira et al., 2018). Segundo Dantas et al. (2009), a fonte orgânica, além do fornecimento de nutrientes ao substrato de cultivo é também responsável pela maior retenção de umidade, fato de extrema importância no crescimento das plântulas.

Foi observado no presente estudo que, as proporções elevadas de composto orgânico promoveram decréscimo em todas as variáveis avaliadas (Figura 2 e 3). Esse resultado, provavelmente, pode estar relacionado ao desequilíbrio nutricional promovido pela alta concentração de sais solúveis, presentes no composto orgânico utilizado no substrato de cultivo (Tabela 1). Destaca-se que o desenvolvimento das plantas é prejudicado pelo desequilíbrio nutricional, ocasionado pelo efeito osmótico da salinidade, dificultando assim a absorção de água e nutrientes (Alves et al., 2011).

De modo geral, para todas as variáveis avaliadas, as plantas cultivadas com diferentes doses de composto orgânico apresentaram maiores médias em relação às cultivadas sem adição do composto (0% composto orgânico) (Figuras 2 e 3). Neste sentido, pode-se constatar que as plantas de rabanete respondem positivamente a adubação orgânica, uma vez que, essa cultura demanda grande quantidade de nutrientes (Coutinho Neto et al., 2010; Ferreira et al., 2011). Com isso, a incorporação do composto orgânico ao solo mostrou-se uma prática alternativa eficiente para o crescimento inicial do rabanete, podendo ser implementada nas propriedades rurais para o cultivo da espécie, tendo como finalidade proporcionar melhor crescimento e, conseqüentemente, maior produção da cultura.

## CONCLUSÃO

Plantas de rabanetes cultivadas com composto orgânico apresentaram melhor desenvolvimento em relação às cultivadas com apenas solo.



A adição de composto orgânico oriundo de poda de árvore acrescido de esterco bovino e caprino ao Latossolo promoveu aumento nos índices de clorofilas A, B e Total, número de folhas e crescimento radicular de *Raphanus sativus* L, sendo a proporção do composto orgânico e solo 40:60 (v/v), a mais adequada para cultivo em Latossolo Amarelo da região do Recôncavo da Bahia.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb), pelo apoio financeiro. Agradecem também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves FAL, Ferreira-Silva SL, Silveira JAG, Pereira VLA (2011). Efeito do  $\text{Ca}^{2+}$  externo no conteúdo de,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  em cajueiros expostos a salinidade. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 6(4): 602-608.
- Anjos GL, Moreira GC, Sousa CBC, Dias RM (2020). Qualidade dos parâmetros morfológicos do coentro (*Coriandrum sativum* L.) em plantio com adubação orgânica (Eds.). *Coletânea a Conferência da Terra: línguas, ritos e protagonismo nos territórios indígenas: Agroecologia, Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável* (Tomo II) – Boa Vista: Editora da UFRR. 98-105p.
- Bonela GD, Santos WP, Sobrinho EA, Gomes EJC (2017). Produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes residuais de matéria orgânica. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável* (RBAS), 7(2): 66-74.
- Bonfim-Silva EM, Fernandes GB, Alves RDS, Castañon THFM, Silva TJA (2020). Adubação mineral, orgânica e organomineral na cultura do rabanete. *Brazilian Journal of Development*, 6(5): 23300-23318.
- Castro BF, Santos LG, Brito CFB, Fonseca VA, Bebé FV (2016). Produção de rabanete em função da adubação potássica e com diferentes fontes de nitrogênio. *Revista de Ciências Agrárias*, 39(3): 341-348.
- Costa AR (2014). *Nutrição Mineral em Plantas Vasculares*. Universidade de Évora. 147p.
- Coutinho Neto AM, Orioli Júnior V, Cardoso SS, Coutinho ELM (2010). Produção de matéria seca e estado nutricional do rabanete em função da adubação nitrogenada e potássica. *Revista Núcleos*, 7(2): 105-114.


- Dantas BF, Lopes AP, Silva FFS, Lúcio AA, Batista PF, Pires MML, Aragão CA (2009). Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. *Revista Árvore*, 33(3): 413-423.
- Duarte DM, Nunes UR (2012). Crescimento inicial de mudas de *Bauhinia forficata* Link em diferentes substratos. *Cerne*, 18(2): 327-334.
- Ferreira RLF, Galvão RO, Miranda Junior EB, Araújo Neto SE, Negreiros JRS, Parmejiani RS (2011). Produção orgânica de rabanete em plantio direto sobre cobertura morta e viva. *Horticultura Brasileira*, 29: 299- 303.
- Lima RLS, Severino LS, Ferreira GB, Sofiatti V, Sampaio LR, Beltrão NEM (2011). Casca de mamona associada a quatro fontes de matéria orgânica para a produção de mudas de pinhão-manso. *Revista Ceres*, 58(2): 232-237.
- Linhares PCF, Pereira MFS, Paz AES, Paiva ACC, Bezerra AKH, Fernandes PLO (2011). Efeito residual de espécies espontâneas da caatinga no desempenho agrônômico do coentro. *Cadernos de Agroecologia*, 6(2): 1-5.
- Linhares PCF, Pereira MFS, Oliveira BS, Henriques GPSA (2010). Produtividade de rabanete em sistema orgânico de produção. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 5(5): 94 -101.
- Lopes HLS, Sampaio ASO, Sousa ACP, Lima CD, Souto LS, Silva AM, Maracajá PB (2019). Crescimento inicial da cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.) submetida a níveis e fontes de fertilizantes orgânicos. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, 13(1): 19-24.
- Moreira FM, Nóbrega RSA, Santos R, Silva CC, Nóbrega JCA (2018). Cultivation of *Caesalpinia pulcherrima* Sw. in regional substrates. *Revista Árvore*, 42(2): 1-12.
- Galvão JR, Yakuwa TKM, Costa JCG, Silva DR, Almeida KC, Araújo LB (2019). Óleo essencial e teores de nutrientes da pirioca em resposta à adubação orgânica e à calagem. *Revista Agrogeoambiental*, 11(1): 207-217.
- Oliveira APG, Gandine SMS, Sabino SM, Alves LP, Amaral AA, Carvalho AHO (2015a). Potencialidade do uso de substrato organomineral no desenvolvimento de rabanete. *Enciclopédia Biosfera*, 11 (22): 173.
- Oliveira AK, Lima JSS, Bezerra AMA, Rodrigues GSO, Medeiros MLS (2015b). Produção de rabanete sob o efeito residual da adubação verde no consórcio de beterraba e rúcula. *Revista Verde*, 10 (5): 98-102.
- R Development Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org>.

- Santos JL, Fernandes CDAF, Oliveira LS, Jesus CM, Porto JS, Rebouças TNH (2016). Use of mulches and their effects on the radish crop. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(11): 955-959.
- Silva AFA, Souza EGF, Barros Júnior AP, Neto BN, Silveira LM (2017). Desempenho agrônômico do rabanete adubado com *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. em duas épocas de cultivo. *Revista Ciência Agronômica*, 48(2): 328-336.
- Silva CJ, Costa CC, Duda C, Timossi PC, Leite IC (2006). Crescimento e produção de rabanete cultivado com diferentes doses de húmus de minhoca e esterco bovino. *Revista Ceres*, 53(305): 25-30.
- Silva LFO, Campos KA, Morais AR, Cogo FD, Zambon CR (2012). Tamanho ótimo de parcela para experimentos com rabanetes. *Revista Ceres*, 59(5): 624-629.
- Sodré ACB, Haber LL, Luz JMQ, Marques MOM, Rodrigues ECR (2013). Adubação orgânica e mineral em melissa. *Horticultura Brasileira*, 31(1): 147-152.
- Souza WC, Nóbrega RSA, Nóbrega JCA, Brito DRS, Moreira FMS (2013). Fontes de nitrogênio e caule decomposto de mauritia flexuosa na nodulação e crescimento de *Enterolobium contortisiliquum*. *Revista Árvore*, 37(5): 969-979.

# Escarificação física, mecânica e aplicação de ácido giberélico na superação de dormência de sementes de *Butia capitata* (Mart.) Beccari


Recebido em: 15/07/2020


Aceito em: 18/07/2020

 10.46420/9786599120862cap6

Nicarla da Silva Bispo<sup>1</sup> 

Luiz Carlos Ferreira<sup>2</sup> 

Samuel Mendes Almeida<sup>2</sup> 

Ernesto Filipe Lopes<sup>3</sup> 

## INTRODUÇÃO

*Butia Capitata* (Mart) é uma planta nativa do cerrado brasileiro, pertencente à família Arecaceae, mais conhecida popularmente como butiá-azedo, coco-cabeçudo e coquinho-azedo. Ocorrem nos estados de Minas Gerais, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Bahia, Paraná e Goiás (Lorenzi et al., 2010). Essa espécie apresenta potencial de uso ornamental e alimentício, sendo seus frutos e folhas ricos em fibras. Os frutos são utilizados na forma *in natura* e produção de licores, cachaça, sucos e óleos; já suas folhas na confecção de telhados e outros produtos manufaturados (Rossato et. al., 2007).

O coquinho-azedo é uma das principais frutíferas nativas exploradas economicamente pelas comunidades extrativistas e de agricultores familiares próximos aos locais de ocorrência. Entretanto, o extrativismo de intensa coleta do fruto resulta em uma baixa regeneração dessa espécie (Martins, 2003). Sendo assim, é necessário a execução de trabalhos de recomposição florística para que a espécie se mantenha preservada no bioma e os extrativistas e agricultores continuem sua exploração econômica. O principal mecanismo de propagação das palmeiras é por sementes, entretanto essa espécie de *Butia* apresenta uma germinação lenta e desuniforme (Aquino et al., 2008; Fernandes, 2008; Moura, 2008), devido suas sementes apresentarem dormência, o que torna um empecilho na produção de mudas (Abreu et al., 2005). Nessa espécie, vários métodos vêm sendo empregados na tentativa de superar a dormência das sementes, almejando acelerar e uniformizar o processo germinativo

<sup>1</sup> Universidade Federal do Vales de Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup> Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Januária, Minas Gerais, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

\* Autor de correspondência: nicarladasilvabispo@gmail.com

(Ferreira; Gentil, 2006). Dessa forma, esse trabalho objetivou avaliar a germinação de sementes de *Butia capitata*, submetidas à escarificação física, escarificação mecânica e aplicação de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Fisiologia Vegetal do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Januária. O município está localizado a 15°29' de latitude sul, 44°21' de longitude oeste e altitude de 434 m. A espécie utilizada para avaliação foi *Butia capitata* Mart, cujos frutos foram coletados na região do cerrado na cidade de Januária - MG, em diferentes matrizes. Para extração das sementes, foram coletados os frutos diretamente da árvore quando atingiram a maturidade fisiológica (epicarpo completamente amarelo), ou recolhidos no chão após a queda espontânea, descartando aqueles possuíam sinais de ataque de insetos ou microrganismos. Em seguida, procedeu-se ao despulpamento manualmente, com o auxílio de uma faca, obtendo-se os pirênios (sementes envolvidas pelo endocarpo). Logo após, esses foram lavados em água corrente, e secos à sombra, e permanecendo armazenados sob as condições de ambiente.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições de 25 sementes, sendo os tratamentos: a testemunha (pirênio intacto); escarificação mecânica mais GA<sub>3</sub> (2000 mg.L<sup>-1</sup>); escarificação física, onde as sementes tiveram o endocarpo e o opérculo removidos, promovendo abertura total da cavidade embrionária; escarificação física mais GA<sub>3</sub> (2000 mg.L<sup>-1</sup>) e semente isolada, sem o endocarpo mais GA<sub>3</sub> (2000 mg.L<sup>-1</sup>).

Para a obtenção das sementes isoladas efetuou-se a quebra do endocarpo com um martelo sobre uma bancada, mantendo as sementes (amêndoas) íntegras. Para a escarificação mecânica foi utilizada lixa nº 100 realizada na porção distal do eixo embrionário da semente para facilitar a entrada do ácido giberélico. Para a escarificação física foi utilizado um bisturi para a remoção do opérculo da semente, promovendo abertura total da cavidade embrionária. Para preparo da solução, diluiu-se 300 mg.L<sup>-1</sup> de ácido giberélico em 150 mL de água destilada. As sementes e os pirênios que receberam a aplicação de GA<sub>3</sub> foram emergidas nessa solução por 24 horas. Antes da aplicação dos tratamentos realizou-se a assepsia das sementes e dos pirênios, por meio da imersão em hipoclorito de sódio a 2,5% durante 15 minutos, com posterior lavagem em água corrente.

Foram utilizadas caixas de polietileno, tipo gerbox, as sementes foram distribuídas sobre uma camada de 2 cm de areia. A areia foi previamente peneirada (0, 25-0,50 mm ø),

lavada, esterilizada em estufa a 200°C por 2 horas (Brasil, 2009) e umedecida com água destilada a 60% da capacidade de retenção de água, de acordo Brasil (2009). Em cada caixa, foram colocadas 25 sementes sobre à areia. O ambiente utilizado foi uma BOD, com temperatura de 25°C e luz constante.

Com início do processo germinativo, foram realizadas contagens de quatro em quatro dias, considerando como critério para a germinação a protrusão de 1 mm de radícula. Foram analisadas as variáveis, porcentagem de germinação e índice velocidade de germinação (IVG) de acordo com Maguire (1962). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e testes de média, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, com o uso do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de germinação diferiu estatisticamente em função dos métodos de superação de dormência (Tabela 1). No tratamento sementes isoladas, sem o endocarpo + GA<sub>3</sub> (2000 mg.L<sup>-1</sup>) germinaram aproximadamente 4 sementes em cada repetição, perfazendo um total de 15% de germinação. Houve aumento significativo na germinação para os tratamentos que se realizou a remoção do endocarpo, corroborando com Moura (2008).

**Tabela 1.** Valores médios de germinação de coquinho-azedo (*Butia capitata*), tratadas com escarificação física, escarificação mecânica e ácido giberélico (GA<sub>3</sub>).

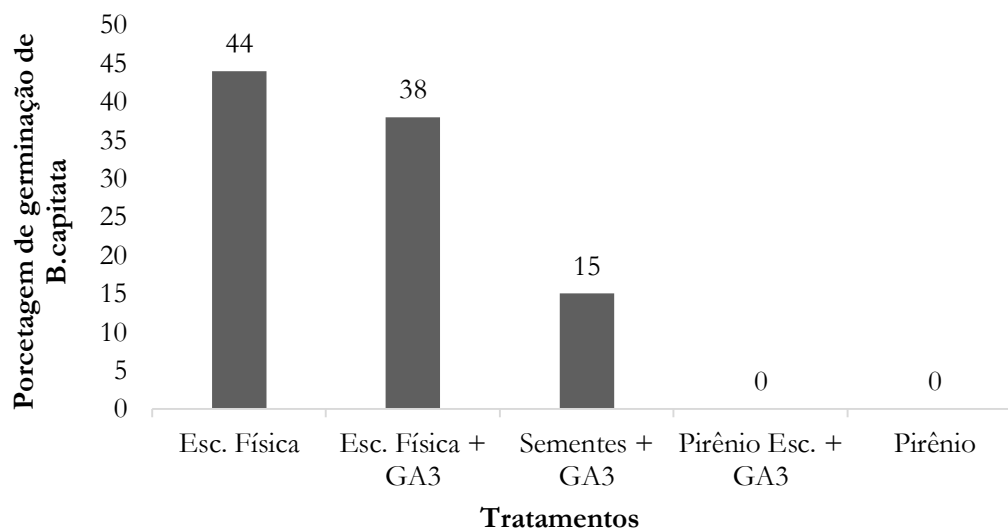
Tratamento	Germinação
Pirênio	0,00 c
Esc. Mecânica + GA <sub>3</sub>	0,00 c
Sementes isoladas + GA <sub>3</sub>	3,75 b
Esc. Física + GA <sub>3</sub>	9,50 a
Esc. Física	11,25 a
DMS	2,49

DMS: Diferença Mínima Significativa. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os tratamentos pirênio intacto e escarificação mecânica com dose de (GA<sub>3</sub>) 2000 mg.L<sup>-1</sup>, não tiveram nenhuma semente germinada, sendo estatisticamente iguais entre si (Tabela 1), sugerindo que o endocarpo funciona como um impedor, e sua eliminação parcial através da escarificação mecânica não é suficiente para promover a germinação das sementes. O endocarpo é uma estrutura rígida e por isso restringe uma série de fatores essenciais à germinação das sementes, como as trocas gasosas, embebição e até mesmo o crescimento embrionário (Souza et al., 2005). Em relação à impermeabilidade do endocarpo e sua interferência na germinação, o mesmo foi demonstrado por (Lopes et al. 2007).



Os tratamentos escarificação física, onde as sementes tiveram o opérculo removido, promovendo abertura total da cavidade embrionária e escarificação física com dose de GA<sub>3</sub> (2000 mg.L<sup>-1</sup>) apresentaram germinação de 44% e 38% respectivamente, quando comparando com a testemunha (Figura 1), sendo considerada satisfatória para a espécie estudada (Lopes et al., 2011). No tratamento com abertura da cavidade embrionária da semente observou-se a primeira germinação a partir do quinto dia após o estabelecimento. Resultados semelhantes foram encontrados por Fior et al. (2011) e Fior (2011) com superação de dormência em *B. capitata*, obtendo germinação de 80 a 90%, respectivamente, indicando que esse tratamento apresenta bons resultados na superação de dormência desta espécie.

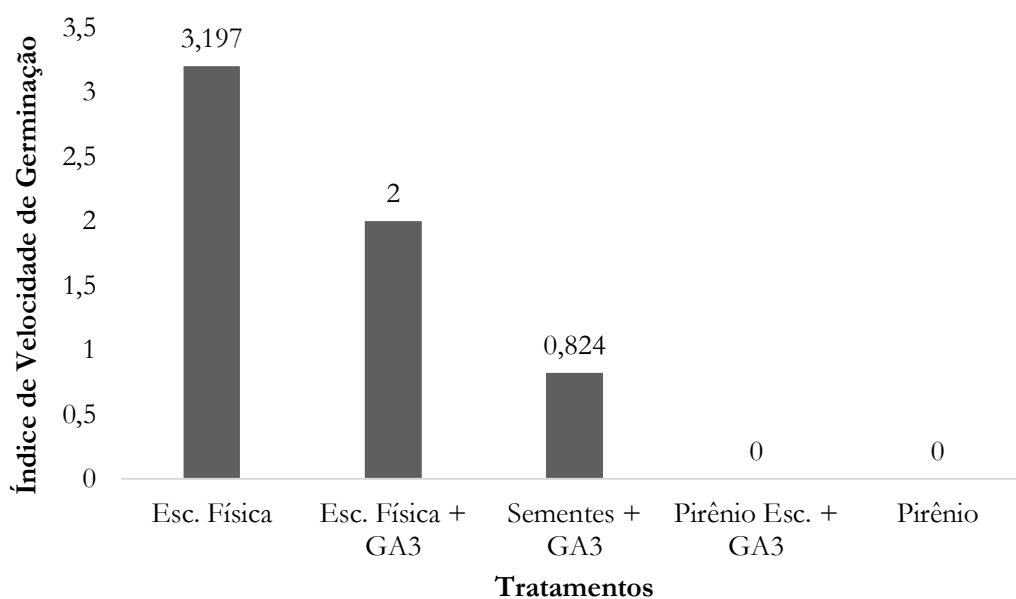


**Figura 1.** Porcentagem (%) média de germinação de *Butia capitata*.

Verificou-se germinação apenas nos tratamentos que se retirou o endocarpo das sementes. Sendo assim a velocidade de germinação foi maior nesses tratamentos (Figura 2). Porém, os tratamentos escarificação física e escarificação física + GA<sub>3</sub> apresentaram percentual de germinação e velocidade de germinação superiores que o tratamento sementes isoladas e demais tratamentos, porém iguais entre si. Para os resultados desses dois tratamentos, constatou-se que aplicação de ácido giberélico não influenciou a germinação, porém promoveu retardo de aproximadamente 60 % na velocidade de germinação. Nesse caso a concentração de GA<sub>3</sub> utilizada pode ter sido alta, considerando que a cavidade embrionária estava totalmente exposta. Esses resultados discordam com o trabalho de Lopes et al. (2011), uma vez que verificou redução do tempo e maior uniformidade no processo de germinativo das sementes dessa mesma espécie, ao associar escarificação à aplicação de ácido

giberélico.

Diante disso, constata-se que apenas a retirada do opérculo foi suficiente para superar a dormência das sementes e promover um percentual de germinação satisfatório. Resultados semelhantes para esse método foram obtidos por Fior et al. (2011), avaliando métodos para superação da dormência de sementes estabelecidas *in vitro* e em germinador, e por Dias (2012) avaliando, em condições *in vitro*, o efeito do GA<sub>3</sub> na germinação de sementes dessa mesma espécie. Esse último autor, reforça que as sementes que não tiveram o opérculo removido, mesmo submetidas ao GA<sub>3</sub> apresentaram baixa germinação, corroborando com os resultados deste estudo.



**Figura 2.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes da *Butia capitata*.

## CONCLUSÃO

A retirada do opérculo da cavidade embrionária superou a dormência das sementes do coquinho-azedo.

À escarificação mecânica do endocarpo e a utilização de GA<sub>3</sub> não superaram a dormência das sementes de coquinho-azedo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu DCA, Nogueira AC, Medeiros ACS (2005). Efeito do substrato e da temperatura na germinação de sementes de cataia (*Drimys brasiliensis* Miers. Winteraceae). *Revista Brasileira de Sementes*, 27(2): 149-157.
- Aquino CF, Lopes PSN, Magalhães HM, Silva HP, Neves JMG (2008). Superação da

- dormência de sementes de coquinho azedo *Butia capitata* (Mart.) Becc. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 20. Vitória. Anais. Vitória: SBF, 2008. 1 CD-ROM. (Digital Congresso Brasileiro de Fruticultura).
- Brasil (2009). *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: Mapa/ACS. 399p.
- Dias DS (2012). Armazenamento e dormência de sementes de *Butia capitata* (Martius) Beccari (Arecaceae). Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros.
- Fernandes RC (2008). Estudos propagativos do coquinho azedo (*Butia capitata* (Mart.) Becc) Arecaceae. 94. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros.
- Ferreira SAN, Gentil DFO (2006). Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). *Acta Amazonica*, 36(2): 141-145.
- Ferreira DF (2008). SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, 6(2): 36-41.
- Fior CS, Rodrigues LR, Leonhardt C, Schwarz SF (2011). Superação de dormência em sementes de *Butia capitata*. *Ciência Rural*, 41(7): 1150-1153.
- Fior CS (2011). Propagação de *Butia odotara* (Barb. Rodr.) Noblick & Lorenzi. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Lopes PSN, Aquino CF, Magalhães HM, Júnior DDSB (2011). Tratamentos físicos e químicos para superação de dormência em sementes de *Butia capitata* (Martius) Beccari. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41(1): 120-125.
- Lopes PSN, Fernandes RC, Magalhaes HM, Silva Junior DB, Fernandes RC, Gomes JAO, Barbosa FS, Carneiro PAP (2007). Absorção de água em sementes de coquinho-azedo. *R. Bras. Agroecologia*, 2(2): 787-790.
- Lorenzi H, Noblick L, Kahn F, Ferreira E (2010). *Flora Brasileira: Arecaceae (Palms)*. 1 ed. Editora: Nova Odessa: Instituto Plantarium de Estudos da Flora. 384p.
- Maguire James D (1962). Speed of germination - Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor 1. *Crop Science*. 2(2): 176-177.
- Martins ER (2003). Projeto conservação de recursos genéticos de espécies frutíferas nativas do Norte Mineiro: coleta, ecogeografia e etnobotânica. Montes Claros: UFMG.
- Moura RC (2008). Caracterização vegetativa e reprodutiva do coquinho-azedo, *Butia capitata* (Martius) Beccari (Arecaceae), no norte de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em

Agroecologia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros. 93p.


Rossato M, Barbieri RL (2007). Estudos etnobotânicos de palmeiras do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Cruz Alta, 2(1): 997-1000.

Souza SCA, Gonzaga APD, Almeida HS (2005). Influência da escarificação tegumentar na germinação de sementes de *Butia Capitata* (Martius) Arecaceae. In: Congresso Nacional de Botânica, 56. Curitiba. Anais. Curitiba: *Sociedade Botânica do Brasil*.


# Micronutrientes via foliar na cultura da soja no Cerrado Piauiense

Recebido em: 13/07/2020

Aceito em: 20/07/2020

 10.46420/9786599120862cap7


Rafael Felipe Ratke<sup>1\*</sup> 

Alan Mario Zuffo<sup>1</sup> 

Henrique Antunes de Souza<sup>2</sup> 

Raphael Vinicius de Souza Martins<sup>3</sup> 

Rogério dos Santos Luz<sup>3</sup>

Paulo Rodrigo Ramos Xavier Pereira<sup>3</sup> 

## INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a principal oleaginosa produzida e consumida no mundo. Sendo que, o Brasil é o segundo maior produtor com área ocupada na safra 2018/2019 foi de aproximadamente 36 milhões de hectares e, o estado do Piauí responde por aproximadamente 2% da cultivada com soja (Conab, 2019). O cultivo de soja no Cerrado Piauiense apresenta desafios principalmente na fertilidade de seus solos, caracterizados pela alta acidez, altos níveis de Al e baixos níveis de P, Ca, Mg e B (Santos; Resende, 2009).

Os avanços nas práticas de manejo da fertilização para aumentar a produtividade são crescentes (Satter; Faganello, 2004). Sendo que, o uso de fertilizantes é feito via solo, porém podem ser aplicados via foliar, incrementando na produção da planta e respondendo de maneira satisfatória quando recebidos de forma adequada (Malavolta, 2006).

Para que as plantas possam se desenvolver além da necessidade da presença de luz, água, temperatura adequada, os elementos minerais são essenciais para composição e nutrição das mesmas, onde esses elementos são divididos em dois grandes grupos, de acordo as quantidades requeridas pela planta, macronutrientes (N, P, K, Ca, S e Mg), e micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn), que fazem parte de moléculas essenciais e

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus Chapadão do Sul (CPCS), Rodovia MS-306, Zona Rural, CEP: 79560-000, Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul, Brasil.

<sup>2</sup> Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa Meio Norte (CNPMPN), Av. Duque de Caixas, nº 5.560, Bairro Buenos Aires, CEP: 64008-780, Teresina, Piauí, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Professora Cinobelina Elvas, Av. Manoel Gracindo, km 01, Planalto Horizonte, CEP: 64.900-000, Bom Jesus, Piauí, Brasil.

\* Autor de correspondência E-mail: rafael.ratke@ufms.br

possuem função estrutural nas plantas e de enzimas possuindo ainda função reguladora, respectivamente (Marschner, 2011). Luchese et al. (2002) relataram que os micronutrientes são imprescindíveis para que a planta consiga completar seu ciclo vegetativo, não podem faltar durante o processo de nutrição das plantas.

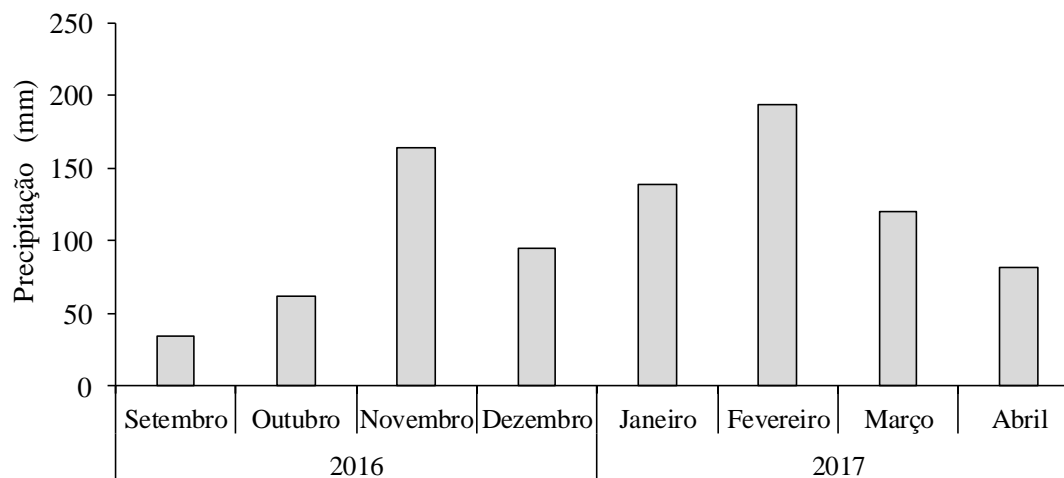
A soja é bastante exigente e possui grande eficiência na absorção e utilização dos nutrientes, principalmente na fase do desenvolvimento da planta em que as exigências nutricionais são maiores, no período que vai de V<sub>2</sub>, ou seja, primeira folha trifoliada completamente desenvolvida, até R<sub>5</sub> que corresponde o início de enchimento de grãos (Barbosa et al., 2016). A disponibilidade adequada dos micronutrientes, boro, molibdênio, cobalto, cobre, manganês, ferro e zinco para a soja, está entre as condições necessárias para a boa produtividade dessa cultura (Resende, 2004).

Nota-se que um dos principais desafios do produtor que deseja uma lavoura nutrida, gerando bons rendimentos e produção, é fazer com que esses nutrientes estejam disponíveis no solo em quantidades suficientes para suprir as necessidades solo-planta, porém a agricultura de hoje exige o uso econômico de insumos, atendendo os critérios de custo benefício, evitando a insuficiência e desequilíbrio que pode gerar uma absorção deficiente de alguns nutrientes e excessivas de outros (Sfredo, 2008). Pois adubar não é simplesmente despejar o fertilizante no solo, engloba diversos fatores e boas práticas para promover o uso eficiente dos nutrientes, sendo assim com a utilização do manejo químico do solo de maneira correta proporciona um equilíbrio na utilização dos níveis mínimos de fertilizantes, evitando desperdícios e má utilização desse recurso (Prochnow; Rossi, 2009).

Com isso, objetivou-se com esse trabalho, avaliar a produtividade de grãos de soja em função da aplicação de micronutrientes via foliar, em Latossolo Amarelo no Cerrado Piauiense.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado em área agrícola na Fazenda Vô Desidério (Latitude: 09 16' 27,44" S; Longitude: 44 44' 52,59" O; altitude: 625 m), na Serra do Quilombo, no município de Bom Jesus, PI, Brasil, durante a safra 2016/2017. O clima da região, segundo classificação de Koppen, é do tipo tropical chuvoso (Aw), com verão chuvoso e inverno seco, com temperatura média de 26,5 °C e precipitação média anual de 1000 mm, com estação chuvosa de outubro a abril, sendo de janeiro a março o trimestre mais chuvoso, com ocorrência de veranicos (Cavalvante *et al.*, 2011). Os dados de precipitação durante a condução do experimento são mostrados na Figura 1.



**Figura 1.** Precipitação mensal acumulada de chuva (mm), ocorrida na área experimental na safra 2016/2017. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O solo da região foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico típico, A moderado, textura franco-arenosa, fase cerrado, relevo plano (Pragana et al., 2012). Antes de iniciar o experimento, o solo foi amostrado na camada 0-0,20 m e as principais propriedades químicas e textural do solo foram analisadas utilizando a metodologia de Silva (2011) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Principais características químicas do solo na área experimental.

pH	H+Al	Al	Ca	Mg	K	SB	T	P	K	S	
H <sub>2</sub> O		cmolc dm <sup>-3</sup>						mg dm <sup>-3</sup>			
5,6	5,94	0,00	2,35	1,32	0,43	4,09	10,03	51,45	167,50	15	
Micronutrientes											
B	Cu	Fe	Mn	Zn	V	m	M.O.	Argila	Silte	Areia	
----- % -----		----- mg dm <sup>-3</sup> -----			----- % -----		----- g/kg -----				
-	0,52	59,77	4,35	2,17	40,8	0,0	22,4	222	3	774	

MO: matéria orgânica, pH: potencial hidroxilônico, P: fósforo, S: enxofre, K: potássio, Ca: cálcio, Mg: magnésio, Al: alumínio, H+Al: acidez potencial, SB: soma de bases, CTC(T): capacidade de troca catiônica a pH 7,0, V: saturação de bases, m: saturação por alumínio, B: Boro, Fe: ferro, Mn: manganês, Cu: cobre, Zn: zinco. Fonte: Laboratório de Análises de Solos, UFPI, Bom Jesus-PI.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, dispostos em esquema fatorial, com quatro repetições. Os tratamentos foram 4 soluções nutritivas, constituídos por 6 micronutrientes (B, Cu, Mn, Zn, B + Cu e Mn + Zn) e cinco doses (0,0, 0,5, 1, 1,5 e 2,0% do elemento na solução nutritiva). Os fertilizantes utilizados para a produção das soluções nutritivas foram: ácido bórico (17% de B); sulfato de cobre (25% Cu); sulfato de manganês (30% Cu) e sulfato de zinco (20% Zn). Cada parcela foi composta por



10 fileiras espaçadas em 0,50 m entre si e com 5 m de comprimento, totalizando 25 m<sup>2</sup>. Como área útil, foram consideradas as quatro linhas centrais, tendo-se desprezado 1 m em cada extremidade, perfazendo uma área de 6 m<sup>2</sup>.

A aplicação dos elementos foi realizada via foliar, com pulverizador do tipo costal pressurizado por CO<sub>2</sub>. Utilizou 375 mL das soluções nutritivas por parcelas, com suas respectivas concentrações de micronutrientes, equivalente 150 litros/ha de volume de calda de pulverização. Aplicou as soluções nutritivas no estágio reprodutivo R<sub>5.2</sub> (grãos perceptíveis ao tato - entre 10-25% granação).

O preparo da área foi realizado com uma dessecação usando glifosato (720 g ha<sup>-1</sup> e.a). Após 10 dias foi realizado a instalação dos ensaios que seguiu o sistema de plantio direto (SPD). A cultura da soja cultivar M8644 IPRO (hábito de crescimento determinado, grupo de maturação 8,6) foi realizada no dia 15 de dezembro de 2016, mecanicamente por meio de semeadora-adubadora, com mecanismo sulcador tipo haste (facão), para SPD, a uma profundidade de aproximadamente três cm, com espaçamento de 0,50 m e 10 sementes por metro, para atingir estande final de 180.000 a 200.000 plantas por hectare. A adubação de base foi constituída de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, cuja fonte foi o de MAP (11% de N-amoniaco e 52% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, cuja a fonte foi o KCl (60% K<sub>2</sub>O).

As sementes de soja foram tratadas com piraclorobina + tiofanato metílico + fipronil (Standak Top<sup>®</sup>) na dose de 2 mL p.c. kg<sup>-1</sup> de semente foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, utilizou-se o inoculante comercial líquido Simbiose Nod Soja<sup>®</sup> (Simbiose: Agrotecnologia Biológica) contendo as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 (concentração mínima de 7,2 x 10<sup>9</sup> células viáveis por mL), na dose de 150 mL para 50 kg de sementes. Para potencializar a nodulação da soja, as sementes também receberam a aplicação de micronutrientes, especialmente, de molibdênio. A fonte utilizada foi o fertilizante comercial para sementes Nódulus<sup>®</sup> Premium 125 (Biosoja) contendo: Mo, 10%; Co, 1%; S, 1%; Ca, 1%; Fe, 0,2%. O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foi realizado conforme a necessidade e recomendações para o cultivo de soja.

Por ocasião da colheita (estádio R<sub>8</sub>) foi avaliado a produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) – determinada com a colheita da área útil da parcela e padronizada para o grau de umidade dos grãos de 13%.

Os dados experimentais foram submetidos aos testes de verificação dos pressupostos de normalidade e homogeneidade. Posteriormente, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), utilizando-se o programa estatístico Sisvar<sup>®</sup> versão 5.3 para Windows (Software de Análises Estatísticas, UFLA, Lavras, MG, BRA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, são apresentadas as imagens ilustrativas da instalação do experimento.



**Figura 2.** Desenvolvimento das plantas de soja no campo (foto da esquerda) e detalhe de sintoma visual de deficiência de Manganês na área testemunha (foto da direita). Fonte: Os autores.

Os resultados da análise de variância não mostraram efeitos significativos ( $P>0,05$ ) para as interações entre os fatores estudados (micronutriente e doses) na produtividade dos grãos da soja (Tabela 2). Portanto, os resultados são apresentados separadamente para os principais efeitos desses fatores.

Para a adubação via foliar de B, Cu, Mn, Zn, B + Cu e Mn + Zn, na fase R<sub>5.2</sub>, tanto na dose testemunha quanto nas demais doses os resultados obtidos não se diferiram, apesar de ser a época de maior demanda de nutrientes pelas plantas entre R<sub>1</sub> a R<sub>5</sub> (Tabela 2). Resultados esses que corroboram com Kappes et al. (2008), os quais, avaliaram cinco doses de B (0, 200, 300, 400 e 500 g ha<sup>-1</sup>) em três épocas de aplicação (V<sub>5</sub>, V<sub>9</sub> e R<sub>3</sub>) e, não verificaram influência na produtividade da cultura da soja. Calonego et al. (2010), relatam que a adubação boratada foliar não interferiu na produtividade de grãos de soja.

**Tabela 2.** Valores médios da produtividade dos grãos soja, obtidas no ensaio com de doses de micronutrientes e doses na soja durante a safra 2016/2017. Bom Jesus, PI, Brasil.

Micronutriente	Dose mgL <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup>	Produtividade dos grãos kg ha <sup>-1</sup>	Média
B	0	2539	2158 <sup>ns</sup>
	0,5	2288	
	1,5	1891	
	2	1917	
Cu	0	2112	1966 <sup>ns</sup>
	0,5	2093	
	1,5	2193	
	2	1464	
Mn	0	1865	2146 <sup>ns</sup>
	0,5	2102	
	1,5	2431	
	2	2185	
Zn	0	2247	2188 <sup>ns</sup>
	0,5	1824	
	1,5	2455	
	2	2455	
B+Cu	0	2436	2224 <sup>ns</sup>
	0,5	1699	
	1,5	1879	
	2	2884	
Mn+Zn	0	1966	2131 <sup>ns</sup>
	0,5	1964	
	1,5	2308	
	2	2286	
CV (%)		28,75%	

<sup>ns</sup> = não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. CV= coeficiente de variação.

Rosolem et al. (2008) testando diferentes doses em aplicação via solo observaram, que apesar ter sido observadas relações entre a absorção de B por plantas de soja com os teores do nutriente no solo, não houve correlação com a produtividade em um latossolo de cerrado. Segundo Santos (2016), isso pode ser justificado devido à competição de fonte e dreno, principalmente no estágio R<sub>2</sub>, onde com o aumento de grãos e legumes por planta, ocorre competição por fotoassimilados, resultando em uma massa menor, no entanto com aumento do número de grãos por planta.

O uso do cobre também não culminou em efeito significativo na produtividade dos grãos da soja (Tabela 2). Esses resultados diferem dos obtidos por Garcia et al. (2009), os quais, verificaram que a aplicação de cobre via foliar constatou maior desenvolvimento e

produtividade dos grãos de soja. A ausência do efeito da adubação com o cobre nesse estudo pode estar relacionada ao teor desse elemento no solo ( $0,52 \text{ mg dm}^{-2}$ ) que é considerado como médio conforme Sousa e Lobato (2004).

Em relação ao Mn, esses resultados são semelhantes aos encontrados por Nava et al. (2011), os quais, ao avaliarem doses de Mn ( $0,00$ ;  $22,35$ ;  $44,70$ ;  $67,05$  e  $89,40 \text{ g ha}^{-1}$ ) em dois estádios de aplicação ( $V_3$  e  $R_2$ ), fertilizante foliar com Mn, não contribuiu para o incremento da produtividade dos grãos da soja em ambos os estádios fenológicos avaliados. Já, Mondo et al. (2012) observaram que houve relação positiva entre o teor de Mn no solo e a produtividade da soja. Por sua vez, Basso et al. (2011) constataram que mesmo com aumento no teor foliar de Mn com a suplementação do micronutriente, não houve incremento na produtividade da soja, porém, o solo continha teor de Mn acima do suficiente. A ausência do efeito da adubação com o cobre nesse estudo pode estar relacionada ao teor desse elemento no solo ( $4,35 \text{ mg dm}^{-2}$ ) que é considerado como médio conforme Sousa e Lobato (2004).

Para o Zn, esses resultados não corroboram com Garcia et al. (2009), ao avaliar a aplicação de Zn e Cu e épocas de aplicação (semeadura e cobertura), observaram que os micronutrientes interferiram significativamente na produtividade da soja, principalmente quando essa é realizada na semente e em seguida uma aplicação via foliar. Inocêncio (2010) também observou incrementos de produtividade dos grãos de soja com aplicação via foliar de Zn. Porém, Gonçalves Júnior et al. (2010), testaram adubação de Zn no Paraná e, não obtiveram respostas satisfatórias com aplicação via solo, relata que as doses não interferiram na produtividade ou nos componentes de produção. Segundo Borkert et al. (2006), em solos do Paraná, acima de  $1,50 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn no solo, a resposta a adubações com esse nutriente se torna pouco provável. A ausência do efeito da adubação com o cobre nesse estudo pode estar relacionada ao teor desse elemento no solo ( $2,17 \text{ mg dm}^{-2}$ ) que é considerado como alto conforme Sousa e Lobato (2004).

Portanto, a aplicação foliar de Cu, Mn e Zn na cultura da soja cultivada em Latossolo Amarelo Distrófico típico no Cerrado Piauiense com teores de  $0,52$ ;  $4,35$ ;  $2,17 \text{ mg dm}^{-3}$  de Cu, Mn e Zn, respectivamente; não promove incremento na produtividade dos grãos. Assim, os teores de micronutriente contidos no solo são suficientes para promover o desenvolvimento das plantas e a produtividade dos grãos.

## CONCLUSÃO

A adubação via foliar de B, Cu, Mn, Zn, B + Cu e Mn + Zn, na fase  $R_{5.2}$  não

incrementou a produtividade dos grãos, independentemente das doses aplicadas. Por isso, conclui-se que, para a nutrição de soja cultivada em solo de média a alta fertilidade com esses micronutrientes, não há necessidade de se aplicar esses micronutrientes durante a formação dos grãos.

## AGRADECIMENTO

Ao agricultor Ronaldo Marafon e Família pelo apoio para a realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbosa JM, Rezende CFA, Leandro WM, Ratke RF, Flores RA, Reis AS (2016). Effects of micronutrients application on soybean yield. *Australian Journal of Crop Science*, 10: 1092–1097.
- Basso CJ, Santi AL, Lamego FP, Giroto E (2011). Aplicação foliar de manganês em soja transgênica tolerante ao glyphosate. *Ciência Rural*, 41(10):1726-1731.
- Borkert CM, Sfredo GJ, Oliveira FA, Castro C, Oliveira-Junior, A (2006). Cálculo do nível crítico de zinco trocável em solos do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Soja, 4, Londrina. *Anais...* Londrina: Embrapa Soja, 2006. CDROM.
- Calonego JC, Ocani M, Ocani M, Santos CH (2010). Adubação borata foliar na cultura da soja. *Colloquium Agrariae*, 5(1):20–26.
- Cavalcante IHL, Martins ABG, Silva-Júnior GB, Rocha LF, Neto RF, Cavalcante (2011). Adubação orgânica e intensidade luminosa no crescimento e desenvolvimento inicial da Pitaya em Bom Jesus-PI. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33 (3):970–983.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira (2019): Grãos, décimo primeiro levantamento*, agosto 2019. Brasília: Conab. 107p.
- Garcia GG, Silva TRB, Secco D (2009). Épocas de aplicação e doses de fertilizante a base de cobre e zinco no rendimento de grãos de soja. *Cultivando o Saber*, 2(4):18-25.
- Gonçalves Júnior AC, Nacke H, Marengoni NG, Carvalho EA, Coelho GF (2010). Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(3): 660-666.
- Inocêncio MF (2010). *Resposta da soja a diferentes alternativas de adubação de restituição de zinco em solo do cerrado*. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Lavras, UFLA. 68p.
- Kappes C, Golo AL, Carvalho MAC (2008). Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agrônômicas e na qualidade de sementes de Soja. *Ciência Agraria*, 9(3):

291-297.

- Luchese EB, Faver LOB, Lenzi E (2002). *Fundamentos da química do solo*. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 159 p.
- Malavolta E (2006). *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 631p.
- Marschner H (2011). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3rd ed. Marschner P, editor. San Diego: Academic Press. 672p.
- Mondo VHV, Gomes Junior FG, Pinto TLF, Marchi JL, Motomiya AVA, Molin JP, Cicero SM (2012). Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. *Revista Brasileira de Sementes*, 34(2): 193-201.
- Nava IA, Gonçalves Jr AC, Guerini VL, Nacke H, Schwantes D (2011). Efeito agroeconômico de adubos formulados contendo zinco de diferentes marcas comerciais no cultivo da soja em um Latossolo vermelho. *Scientia Agraria Paranaensis*, 10(3): 32-44.
- Pragana RB, Ribeiro MR, Nóbrega JCA, Filho MRR, Costa J (2012). Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do Cerrado Piauiense. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 36(5): 1591–1600.
- Prochnow LI; Rossi F (2009). *Análise de Solo e Recomendação de Calagem e Adubação*. Viçosa, MG: CPT, 2009.
- Resende AV (2004). *Adubação da soja em áreas do cerrado: micronutrientes*. 1. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 29p.
- Rosolem CA, Zancanaro L, Biscaro T (2008). Boro disponível e resposta da soja em latossolo vermelho-amarelo do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(6): 2375-2383.
- Santos FC, Resende AV (2009). *A importância da calagem para a agropecuária*. Disponível em: [https://www.agrolink.com.br/culturas/milho/artigo/a-importancia-da-calagem-para-a-agropecuaria\\_102465.html](https://www.agrolink.com.br/culturas/milho/artigo/a-importancia-da-calagem-para-a-agropecuaria_102465.html) > Acesso: 16/05/2017.
- Santos M (2016). *Adubação foliar de boro em associação com cálcio na cultura da soja em sistema de plantio direto*. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Agronomia) Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. 38p.
- Satter A, Faganello A (2004). Semeadura - efeito do tratamento de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sobre a vazão do mecanismo dosador. *Circular Técnica online*. Passo Fundo, RS.
- Sfredo GJ (2008). *Soja no Brasil: Calagem, adubação e nutrição mineral*. 1. ed. Londrina, PR: Embrapa Soja, n. 305.

Silva FS (2011). *Manual de análises de solos, plantas e fertilizantes*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 627 p


Sousa DMG, Lobato E (2004). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 416p.




# Componentes de produção do milho safrinha não são influenciados por doses de pó de basalto após dois anos de aplicado

Recebido em: 15/07/2020


Aceito em: 19/07/2020


 10.46420/9786599120862cap8

Jorge González Aguilera<sup>1\*</sup> 

Alan Mario Zuffo<sup>1</sup> 

Rafael Felipe Ratke<sup>1</sup> 

Renato Jaqueto Goes<sup>1</sup> 


Natalia da Silva Jesus<sup>1</sup> 

Luane Nathalyne da Silva<sup>1</sup> 

Kaline Gabriela de Almeida Marques<sup>1</sup> 

Roney Eloy Lima<sup>1</sup> 

Bruna Izabel Krewer<sup>1</sup> 

Matheus Liber de Godoy<sup>1</sup> 

## INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é considerado o cereal de maior produção mundial empregado na alimentação humana e animal. Segundo o 12º levantamento realizado pelo USDA (*United States Department of Agriculture*), o Brasil ocupou a terceira posição no ranking mundial com 101 milhões de toneladas (t), ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos, cuja a produção foi de 261 e 348 milhões de t na safra 2019/2020, respectivamente (Fiesp, 2020).

No Brasil, o maior volume de produção de milho ocorre na safrinha (fevereiro até julho). A região Centro-Oeste é a principal produtora de milho, sendo que o maior estado produtor é o Mato Grosso (MT) seguido do Mato Grosso do Sul (MS), Goiás (GO) e Distrito Federal (DF). Juntos, produziram na safrinha 2019/2020 de milho uns 53 milhões de t em uma área de 8 milhões de ha (Conab, 2020). Em MS, a de área semeada com o milho safrinha foi de 1.840 mil ha, principalmente na sucessão com a cultura da soja (*Glycine max* L.) que é semeada na safra. A safrinha se consolidou no Brasil como a segunda safra, sendo realizada a cada ano nas principais regiões produtoras de grãos. O aproveitamento das condições

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil.

\*Autor de correspondência: j51173@yahoo.com

climáticas, de solo e os pacotes tecnológicos adotados pelos produtores, garantem essas duas safras no Brasil.

No geral, a produtividade agrícola é dependente de fatores genéticos, nutricionais, ambientais e fitossanitários (Ferneda et al., 2019). Balanços nutricionais de macro e micro nutrientes exigidos pela cultura do milho, garantem o desenvolvimento da cultura e a manutenção dos tetos produtivos. As fontes de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) como base da nutrição das plantas em pequenas e grandes culturas vem experimentando altos preços no mercado internacional nos últimos anos (Manning; Theodoro, 2018). Alternativas mais econômicas, como o uso de pó de rochas ricas em minerais e oligoelementos, proporcionam o ambiente perfeito para uma agricultura sustentável e para a redução dos custos de produção (Nunes et al. 2014; Ramos et al., 2015; Aguilera et al., 2020; Ratke et al., 2020).

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o desempenho agrônomo de híbridos de milho safrinha cultivados em sucessão a soja em local onde tinham sido aplicadas superficialmente doses de pó de basalto.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL**

O experimento foi realizado em área experimental da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul em Chapadão do Sul, MS, Brasil (18°46'17,9 de latitude Sul; 52°37'25,0" de longitude Oeste e altitude média de 810 m), durante a safrinha 2020. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico – LVdf de textura argilosa segundo Embrapa (2006). O clima da região, segundo classificação de Koppen, é do tipo tropical chuvoso (Aw), com verão chuvoso e inverno seco, com precipitação, temperatura média e umidade relativa anual de 1.261 mm, 23,97 °C, 64,23%, respectivamente.

### **DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS**

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, disposto em esquema fatorial  $2 \times 4$ , com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por dois híbridos de milho (HB1: Defender VIP3 da Syngenta, é de ciclo precoce com grãos duros alaranjados e HB2: Pioneer® 30F53VYHR, é de ciclo precoce com ampla adaptação e estabilidade produtiva, mantendo qualidade de grãos), e quatro doses de pó de basalto (0, 1, 3, e 5 t ha<sup>-1</sup>) aplicados superficialmente na safra 2018/2019 (Aguilera et al., 2020). A área

onde foi instalado o experimento teve duas safras de soja antes da condução do presente experimento.

A cultura do milho foi semeada mecanicamente por meio de semeadora-adubadora, com mecanismo sulcador tipo haste (facão), para SPD, a uma profundidade de aproximadamente 3 cm, com espaçamento de 0,45 cm e 3,4 sementes por metro, para atingir estande final de 70.000 a 75.000 plantas por hectare.

## **IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO**

O preparo da área foi realizado com uma dessecação usando os produtos glifosate ( $720 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a.}$ ) + Haloxifope-P-metílico ( $63 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a.}$ ). Após 10 dias foi realizado a instalação dos ensaios que seguiu o sistema de plantio direto (SPD) empregando uma semeadora no plantio. A adubação de base foi constituída de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de MAP (11% de N-amoniacal e 52% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). A adubação de cobertura foi  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , cuja fonte foi o cloreto de potássio aos 40 dias após a emergência (DAE).

As sementes do milho foram tratadas com  $150 \text{ g L i.a.}$  de imidacloprido +  $450 \text{ g L i.a.}$  de tiodicarbe. Durante o desenvolvimento das plantas o manejo de plantas daninhas, pragas e doenças foi realizado empregando produtos segundo a necessidade de controle.

## **MENSURAÇÃO DAS AVALIAÇÕES**

No momento da coleta foi colhida em cada parcela um metro lineal de plantas sendo coletadas as espigas dessas plantas e nelas avaliado o diâmetro da espiga (DE, mm) com auxílio de um paquímetro digital; número de fileira por espiga (NFi, unidade); número de grãos por fileira em cada espiga (NGFi, unidade); número de grãos por espiga (NGE, unidade); umidade de grãos (UG, %) e peso de hectolitro (PHc,  $\text{kg Hl}^{-1}$ ) por amostra; peso de 100 grãos por amostra (P100, g) com auxílio de uma balança analítica de 0,001 g de precisão corrigido para umidade 13% e a produtividade total (Prod,  $\text{t ha}^{-1}$ ) corrigido para umidade 13%. Na Figura 1 se ilustra parte do processo de avaliação realizado pelos autores na obtenção das diferentes variáveis mensuradas no experimento.



**Figura 1.** Imagens ilustrativas do processo de avaliação de milho obtido em experimento de campo conduzido no município de Chapadão do Sul, MS durante a safreinha 2019/2020. Espigas de milho separadas por tratamento (A), sementes após a debulha (B), mensuração da umidade dos grãos (C) e pesagem dos grãos provenientes de cinco espigas (D). Fonte: Rafael Felipe Ratke.

### **Análises Estatísticas**

Os dados coletados das diferentes variáveis medidas foram empregados em análises de variância (Anova) (teste F). Quando significativo, as médias dos híbridos foram comparadas pelo teste F ( $P < 0.05$ ) e quando significativa as diferenças para o fator quantitativo doses de pó de basalto foram ajustadas equações de regressão. Foi utilizado o software Rbio (Bhering, 2017) e o SigmaPlot 10.0<sup>®</sup> (Systat Software Inc.).

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Ao avaliar os dois híbridos de milho nas condições de Chapadão do Sul, MS em áreas onde foi aplicado doses de pó de basalto na safra 2018/2019 conforme Aguilera et al. (2020), verificou-se efeito altamente significativo apenas para a fonte de variação híbrido ( $P < 0.01$ ), na maioria das variáveis com exceção do NFi e PHec (Tabela 1). A falta de efeito significativo para as doses de pó de rocha também foi constatada por Nalon e Oliviera (2009) na cultura do milho e por Aguilera et al. (2020) na cultura da soja. Os coeficientes de variação experimental foram adequados para experimentos de campo e de laboratório, com valores < 16% mostrando a elevada homogeneidade dos dados obtidos e a precisão experimental.

**Tabela 1.** Análise de variância dos componentes de produção do milho safrinha cultivados em função de doses de pó de basalto no município de Chapadão do Sul, MS durante a safrinha 2020.

FV	GL	DE <sup>1</sup> (mm)	NFi (unid.)	NGFi (unid.)	NGE (unid.)	PHec (kg HI <sup>-1</sup> )	P100 (g)	Prod (t ha <sup>-1</sup> )
H	1	***	NS	***	***	NS	*	***
PR	3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
H x PR	3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)		3,19	3,15	8,78	9,67	1,98	11,46	16,68
Média Geral		45,75	16,08	29,43	472,9	67,89	12,94	5,20
Mínimo		43,51	14,8	25,0	399,6	65,2	10,36	3,7
Máximo		50,73	16,8	36,8	617,6	70,2	16,07	7,83

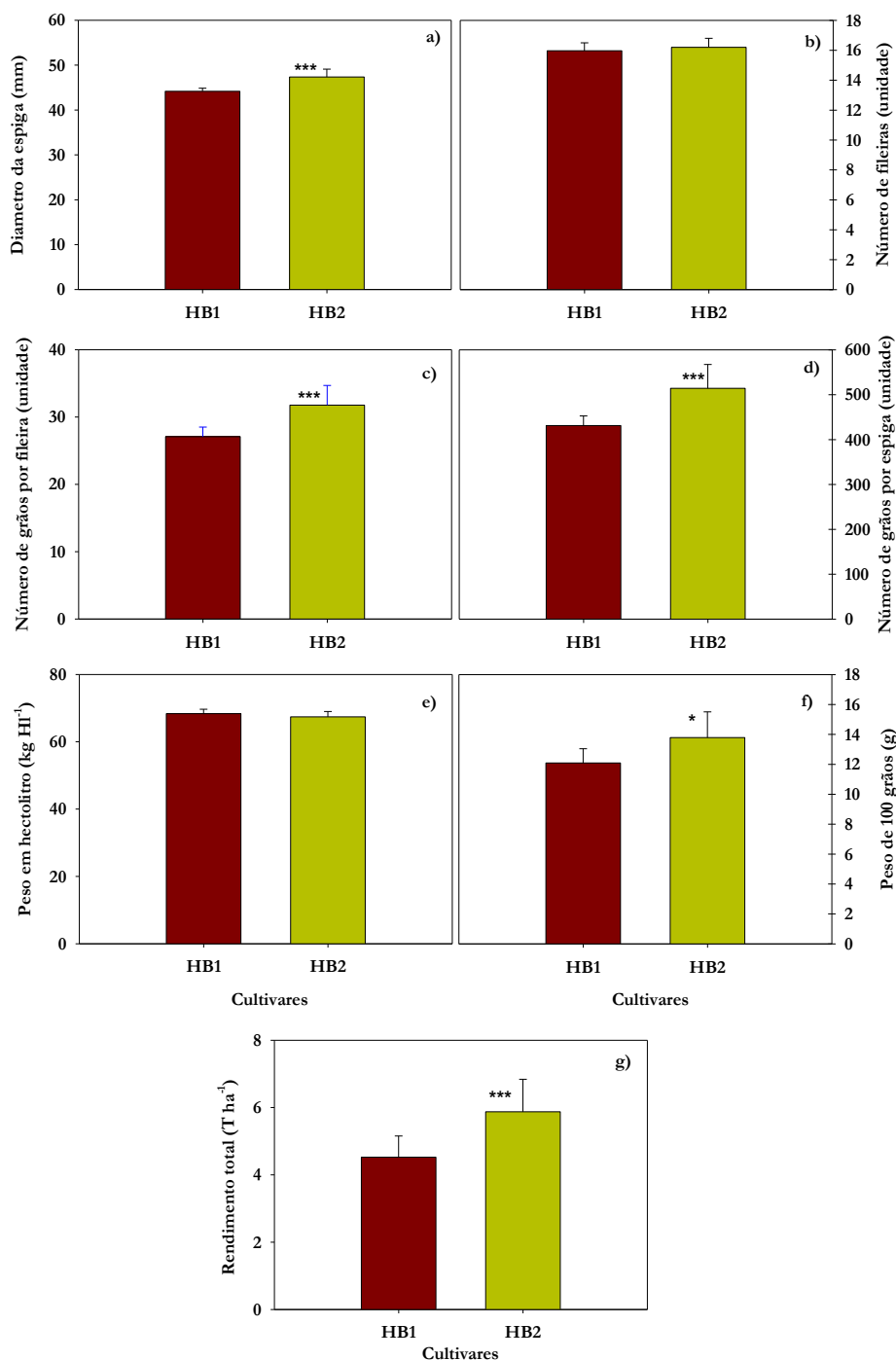
<sup>1</sup>DE: diâmetro da espiga; NFi: número de fileira por espiga; NGFi: número de grãos por fileira em cada espiga; NGE: número de grãos por espiga; PHec: peso em hectolitro; P100: peso de 100 grãos por amostra; Rend: rendimento total por parcela corrigido para umidade 13%. FV: fonte de variação. CV: Coeficiente de variação. NS, não significativo; \* e \*\*\*, significativo ao 5, e 1% de probabilidade pelo teste F do Anova, respectivamente. Fonte dados de pesquisa.

Na ausência de interação entre os fatores avaliados, a comparação do fator híbrido é mostrada na Figura 2, observando-se superioridade do HB2 em relação ao HB1 para todas as características avaliadas mostrando diferenças altamente significativas, com exceção das variáveis NFi (Figura 2B) e PHec (Figura 2E). Pouca informação se tem destes híbridos na literatura. O HB1 (Defender VIP3 ou SYN 7G 17 TL) tem sido caracterizado quanto à severidade da mancha de macrospora (*Stenocarpella macrospora*) através de isolados coletados no sul do Brasil em diversas regiões manifestando resposta diferencial (Piletti, 2013), mas informações de parâmetros fisiológicos e de manejo de nutrição não se tem pelo menos em condições experimentais.

O HB2 (Pioneer<sup>®</sup> 30F53VYHR) é um híbrido marca Pioneer<sup>®</sup> com a tecnologia Leptra<sup>®</sup> de proteção contra insetos e com gene Roundup Ready<sup>™</sup> Milho 2. Este híbrido é recomendado para o estado de MS na safra e na safrinha (coincidindo com o período avaliado em nosso experimento), e nessa última época, os obtentores destacam seu elevado potencial produtivo, ampla adaptação com estabilidade produtiva e qualidade de grãos, elevada resposta ao manejo e precocidade (Pioneer, 2020), atributos que confirmam a superioridade dele em relação ao HB1 para as características avaliadas e as condições ambientais de Chapadão do Sul na safrinha 2020 (Figura 2).

Doses de pó de basalto previamente aplicadas em áreas de plantio direto onde se desenvolveram duas safras de soja 2018/2019 (Aguilera et al., 2020) e 2019/2020 (dados não publicados), foram também avaliadas como um dos fatores em nosso experimento (Tabela 1). O efeito residual ou de longo prazo que a aplicação de pó de basalto aplicado de modo superficial na safra de 2018/2019 pode exercer sob a cultura atual de milho solteiro foi o principal objetivo desta pesquisa. Porém, as doses de pó de basalto empregadas não

superaram estatisticamente ao controle (ausência de pó de basalto), verificado pelo teste F ( $P < 0,05$ ) (Tabela 2).



**Figura 2.** Valores médios das cultivares de milho (HB1: Defender VIP3 e HB2: Pioneer<sup>®</sup> 30F53VYHR) ao serem avaliadas as variáveis diâmetro da espiga (a), número de fileira por espiga (b), número de grãos por fileira (c), número de grãos por espiga (d), peso em hectolitro (e), peso de 100 grãos (f) e rendimento total (g) em experimento de campo conduzido no município de Chapadão do Sul, MS durante a safra 2020. \*\*\* representa diferenças altamente significativas 1% entre as médias  $\pm$  desvio padrão, pelo teste F ( $P < 0,01$ ). Fonte: dados de pesquisa.

Aguilera et al. (2020) relataram ausência de efeitos sob o rendimento de três cultivares de soja na safra 2018/2019, porém, observaram que as doses de pó de basalto testadas contribuíram para obter um melhor tamanho das sementes ao considerar o tamanho de peneira, assim, melhorar a qualidade das sementes obtidas. Para o milho independentemente que não se obtiveram diferenças estatísticas dos valores para DE e NFi foram sempre superiores (valor absoluto) em relação a todas as doses de pó de basalto e o controle (Tabela 2).

**Tabela 2.** Comportamento de milho em diferentes doses de pó de basalto em experimento de campo conduzido no município de Chapadão do Sul, MS durante a safrinha 2020.

Doses (t ha <sup>-1</sup> )	DE (mm)	NFi (unid.)	NGFi (unid.)	NGE (unid.)	PHec (kg HI <sup>-1</sup> )	P100 (g)	Prod (t ha <sup>-1</sup> )
0	44,14±0,66	15,60±0,40	27,27±1,86	425,33±19,84	68,90±0,72	12,32±0,45	4.87±1.06
1	44,24±0,79	15,93±0,50	26,47±1,33	420,93±25,52	68,87±0,98	12,46±0,98	4.34±0.46
3	44,69±0,79	16,27±0,46	27,80±2,03	449,20±22,62	67,50±1,97	11,74±1,54	4.40±0.51
5	43,53±0,22	16,07±0,76	26,80±0,40	430,27±14,91	68,17±1,45	11,83±0,93	4.49±0.59
Sign.	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>1</sup>DE: diâmetro da espiga; NFi: número de fileira por espiga; NGFi: número de grãos por fileira em cada espiga; NGE: número de grãos por espiga; PHec: peso em hectolitro; P100: peso de 100 grãos por amostra; Rend: rendimento total por parcela corrigido para umidade 13%. Sign.: Significância do teste estatístico. NS representa ausência de diferenças significativas entre as médias ± desvio padrão, pelo teste F.

A produtividade dos grãos de milho ao comparar as doses de pó de basalto empregadas por Aguilera et al. (2020) aplicadas inicialmente na cultura da soja é mostrado na Tabela 2. Diferenças não foram encontradas entre as doses empregadas, sendo a doses controle a que maior desempenho manifestou se considerarmos os valores brutos ou absolutos, porém, sim manifestar diferenças estatísticas entre todos os tratamentos. Straaten (2006) relata que a transformação dos minerais que compõem as rochas moídas, depende da atividade biológica presente no solo e, aparentemente, pode ser muito pequena (de longo prazo) ou nula, levando a conclusões precipitadas de que as rochas não podem trazer benefícios para solos agrícolas e plantas cultivadas.

No caso de SPD estas atividades se beneficiam pelo constante aporte de matéria orgânica neste sistema e o estímulo a aumento da vida microbiana, e assim a possibilidade de estimular o desenvolvimento de organismos que disponibilizaram os nutrientes que os pós de rochas aportam. Estes resultados evidenciam que a fonte de pó de basalto empregada e as doses aplicadas não tem sido apropriadas para estimular a cultura do milho e da soja (considerando a safra 2018/2019), o que pode estar associado ao tamanho de partícula deste



resíduo assim como as condições do solo onde foi desenvolvido o experimento que podem em conjunto impossibilitado a liberação de nutrientes e a contatação do benefício direto sob as culturas avaliadas em ambos os trabalhos.

Respostas semelhantes ao trabalhar com soja e milho por um período de 4 anos foram obtidas por Hanisch et al. (2013). Os autores encontraram influência de doses crescentes de pó de basalto, no aumento na disponibilidade de Zn, Cu, Fe, Mg e P no solo, resultado obtido ao longo do tempo, e isso confirma que a liberação de nutrientes do pó de basalto é de liberação lenta. Esse resultado associado com a liberação lenta de nutrientes do pó de basalto, pode explicar a resposta obtida por Aguilera et al. (2020) na cultura da soja e os resultados do presente trabalho em milho.

Os resultados obtidos na presente pesquisa discordam dos que foram obtidos ao empregar resíduos de rochas moídas na estimulação do desenvolvimento de *Theobroma cacao* L. (Anda et al., 2009); *Fragaria ananassa* Duch (Camargo et al., 2012); *Triticum aestivum* L. (Ramezani et al., 2013); *Solanum tuberosum* (Santos et al., 2014) e *Phaseolus vulgaris* L. (Bertoldo et al., 2015). Estas respostas, muitas vezes de longo prazo, permitem afirmar que dois anos após aplicação do pó de basalto nas condições de solo e clima de Chapadão de Sul, não foram suficientes para manifesta-se um efeito positivo sob componentes de produtividade e fisiologia da planta de milho avaliadas e de soja sob as mesmas condições testadas em trabalhos anteriores.

## CONCLUSÕES

A aplicação de pó de basalto não influenciou os componentes de produção do milho safrinha, independentemente do híbrido e da dose empregada.

O híbrido Pioneer<sup>®</sup> 30F53VYHR teve um comportamento superior em todas as variáveis.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS – CPCS). Ao produtor Evandro Loeff e sua equipe, por aportarem o pó de basalto usado no experimento. Agradecemos o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 em nome dos Professores Visitantes JGA e AMZ. À Fundação Chapadão por apoiar com as máquinas agrícolas e sementes para a implementação do experimento em campo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- Aguilera JG, Zuffo AM, Ratke RF, Trento ACS, Lima RE, Gris GA, Morais KAD, Silva JX, Martins WC (2020). Influencia de dosis de polvo de basalto sobre cultivares de soya. *Research, Society and Development*, 9(7): e51973974.
- Anda M, Shamshuddin J, Fauziah CI, Omar SRS (2009). Dissolution of ground basalt and its effect on oxisol chemical properties and cocoa growth. *Soil Science*, 174: 264–71.
- Bertoldo JG, Pelisser A, Silva RP, Favreto R, Oliveira LAD (2015). Alternativas na fertilização de feijão visando a reduzir a aplicação de N-ureia. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45(3): 348-355.
- Bhering LL (2017). Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17: 187-90.
- Camargo CK, de Resende JTV, Camargo LKP, Figueiredo AST, Zanin DS (2012). Produtividade do morangueiro em função da adubação orgânica e com pó de basalto no plantio. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(suplemento 1): 2985-2994.
- Conab (2020). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. Safra 2019/20 - Sétimo levantamento, Brasília, 7(7): 1-66.
- Embrapa (2006). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa. 412p.
- Ferneda BG, Martim CC, da Silva SG, da Silva AC, de Souza AP (2019). Produtividade real e potencial da sucessão soja/milho em região de transição Cerrado-Amazônia. *Agrometeoros*, 27(1): 9-18.
- FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Safra Mundial de Milho (2019). São Paulo: Fiesp. Disponível em: Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - Fiesp. Acessado em maio de 2020. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/attachment/file-20200413143957-boletimmilhoabril2020/>
- Hanisch AL, da Fonseca JA, Balbinot Junior AA, Spagnollo E (2013). Efeito de pó de basalto no solo e em culturas anuais durante quatro safras, em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 3(2): 100-107.
- Manning DAC, Theodoro SH (2018). Enabling food security through use of local rocks and minerals. *The Extractive Industries and Society*, 1-8.
- Nalon JM, Oliveira JRF (2009). Avaliação do Uso de Pó de Basalto e Hiperfosfato de Gafsa na Cultura de Milho em Sucessão a Coquetel de Adubos Verdes no Município de Bituruna-PR. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 4(2): 2282-2285.

- Nunes JMG, Oliveira C, Kautzmann RM (2014). Evaluation of the natural fertilizing potential of basalt dust wastes from the mining district of Nova Prata (Brazil). *Journal of Cleaner Production*, 84: 649-656.
- Piletti GJ (2013). *Resistência de genótipos de milho à mancha de macrospora*. Orientador: Ricardo Trezzi Casa – Lages, Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias / UDESC. 75p.
- Pioneer (2020). *Híbridos de Milho 30F53VYHR*. Acessado em 08 de maio 2020. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/milho/central-de-produtos/produtos/30f53vyhr>
- Ramezani A, Dahlin AS, Campbell CD, Hillier S, Mannerstedt-Fogelfors B, Öborn I (2013). Addition of a volcanic rock dust to soils has no observable effects on plant yield and nutrient status or on soil microbial activity. *Plant Soil*, 367: 419–436.
- Ramos CG, Querol X, Oliveira MLS, Pires K, Kautzmann RM, Oliveira LFS (2015). A preliminary evaluation of volcanic rock powder for application in agriculture as soil a remineralizer. *Science of the Total Environment*, 512–513: 371–380.
- Ratke RF, Andrade T, Rocha S, Sousa A, Dai P, Silva-Filho E, Bertolino L, Zuffo AM, Oliveira A, Aguilera JG (2020). Regional rock dust as a source of phosphorus and potassium for plants. *Research, Society and Development*, 9(7): e497974257.
- Santos JF, da Silva ED, Beserra AC (2014). Produção agroecológica de batata em relação à doses de pó de rocha. *Rev. Tecnologia e Ciência Agropecuária*, 8(1): 29-35.
- Straaten PV (2006). Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78(4): 731-747.


# Produtividade e teor de proteínas de grãos de soja cultivadas com doses de pó de ametista

Recebido em: 15/07/2020

Aceito em: 21/07/2020


 10.46420/9786599120862cap9

Karen Annie Dias de Morais<sup>1</sup> 

Alan Mario Zuffo<sup>1\*</sup> 

Jorge González Aguilera<sup>1</sup> 

Francisco Mendes de Oliveira Neto<sup>1</sup> 

Elicia Lidiane Santos da Silva<sup>1</sup> 

## INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma oleaginosa de grande importância econômica no mercado mundial. Esta leguminosa é dependente de uma boa nutrição do solo para que alcance altos tetos produtivos, que geralmente é realizada por meio de adubação química. Como alternativa tem sido estudado a rochagem (*rock for crops*), que se configura como a incorporação das rochas moídas no solo (Santos et al., 2016).

A rochagem tem como objetivo a remineralização dos solos, por meio da adição de macro e micronutrientes presentes nos resíduos de rochas nas áreas agrícolas (Melo et al., 2012; Theodoro et al., 2012; Aguiar, 2013) e, conseqüentemente promove melhorias nas características químicas do solo. Dentre as rochas disponíveis para o emprego na agricultura está a ametista. Santos et al. (2016) verificaram que o pó de ametista tem elevados teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio; e, que esses resíduos podem contribuir com a adubação dos solos, principalmente em áreas ricas em matéria orgânica devido à contribuição das substâncias húmicas na solubilidade e disponibilidade de alguns nutrientes.

Ao mesmo tempo, é necessário fazer uma agricultura mais sustentável com menores gastos de insumos químicos e aproveitamento de resíduos que sobram das indústrias de mineralização. Haja vista, segundo Korchagin et al. (2019) que grandes quantidades de resíduos de pedra de ametista são acumuladas ao lado de diferentes minas exploradoras no sul do Brasil e, se tornando uma questão ambiental insustentável.

Assim, o uso do pó de ametista pode ser uma alternativa ou complementação ao uso de fertilizantes solúveis e como opção na recuperação de solos degradados e permitir

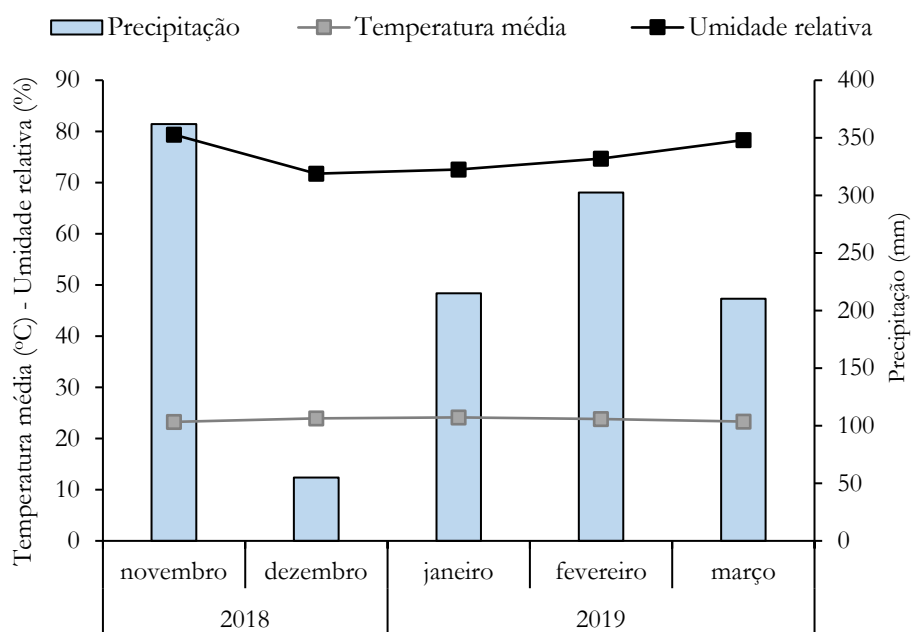
<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil.

\* Autor de correspondência e-mail: alan\_zuffo@hotmail.com

que os agricultores mantenham um solo saudável e produtivo para as culturas sem degradar o agroecossistema (Santos et al., 2016). Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar a produtividade e o teor de proteína dos grãos de cultivares de soja precoce após a aplicação superficial de pó de ametista no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área experimental na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS, Chapadão do Sul, MS (18°46'17,9 de latitude Sul; 52°37'25,0" de longitude Oeste e altitude média de 810 m), na safra 2018/2019. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso (Aw), com verão chuvoso e inverno seco, com precipitação, temperatura média e umidade relativa anual de 1.261 mm, 23,97 °C, 64,23%, respectivamente. Os dados de precipitação durante a condução dos experimentos são mostrados na Figura 1.



**Figura 1.** Médias mensais da temperatura, umidade relativa do ar e, o acúmulo da precipitação pluvial, ocorridas em Chapadão do Sul-MS na safra 2018/19, durante o ciclo da soja. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

**Tabela 1.** Principais propriedades químicas do solo utilizado no experimento.

pH CaCl <sub>2</sub>	MO	P <sub>Mehlich-1</sub>	H+Al	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	CTC	V
	g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						%
4,3	22,8	12,8	5,7	0,37	2,20	0,40	0,27	8,6	33,5

MO: Matéria orgânica. CTC: Capacidade de troca de cátions à pH 7,0. V: Saturação por bases. Fonte: dados de pesquisa.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho. O solo da

área experimental apresentou textura média, contendo 490 g kg<sup>-1</sup> de argila, 460 g kg<sup>-1</sup> de areia e 50 g kg<sup>-1</sup> de silte. Antes de iniciar o experimento, o solo foi amostrado na camada 0-0,20 m e as principais propriedades químicas são apresentadas na Tabela 1.

A correção da acidez do solo foi realizada com a aplicação superficial de 2,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário (CaO: 29%; MgO: 20%; PRNT: 90,1%; PN: 101,5%), visando elevar a saturação por base do solo à 60%. A calagem foi realizada 60 dias antes da implantação do experimento. A semeadura da soja foi realizada no dia 13 de novembro de 2018, mecanicamente distribuindo-se 13 sementes por metro, com espaçamento de 0,45 m. A adubação de base foi constituída de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, cuja fonte foi o superfosfato simples. A adubação de cobertura foi 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, cuja a fonte foi o cloreto de potássio aos 40 dias após a emergência (DAE).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, disposto em esquema fatorial 2×4, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por duas cultivares de soja (Brasmax foco IPRO - hábito de crescimento indeterminado, ciclo médio de 109 dias, grupo de maturação relativa 7,2 e Brasmax desafio IPRO - hábito de crescimento indeterminado, ciclo médio de 113 dias, grupo de maturação relativa 7,4), e quatro doses de pó de rocha [0 (controle), 3, 6 e 9 t ha<sup>-1</sup>], cuja fonte é resíduo de uma mineradora de pedra ametista no Rio Grande do Sul. Para compor essas doses utilizou-se a mistura de granulado (4,80 mm a 1,00 mm) e fino (> 0,84 mm) na proporção 3:1. Os teores totais dos principais elementos químicos no pó de rocha estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Principais atributos químicos do pó de ametista utilizado no experimento.

Elementos químicos	%
Silício (SiO <sub>2</sub> )	48,80
Alumínio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	14,64
Ferro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	16,85
Cálcio (CaO)	8,48
Titânio (TiO <sub>2</sub> )	3,64
Magnésio (MgO)	4,28
Potássio (K <sub>2</sub> O)	2,10
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,74
Manganês (MnO)	0,23

Fonte: dados de pesquisa.

Cada parcela experimental foi constituída de 4 linhas de 3 m de comprimento com 1,80 m de largura, sendo que, para as avaliações foram desconsideradas as duas linhas laterais e, 0,50 m em cada extremidade, a área útil da parcela foi de 1,80 m<sup>2</sup>. Durante o desenvolvimento das plantas, foi realiza o manejo de plantas daninhas, pragas e doenças.

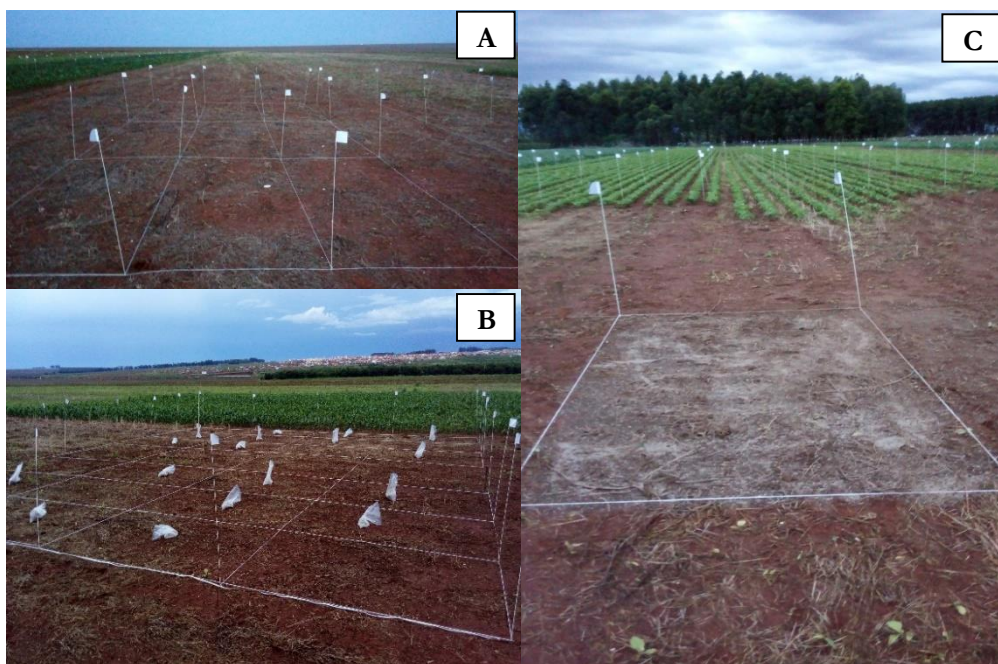


Por ocasião da colheita, determinou-se a produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) - foi colhida as plantas na área útil ( $1,8 \text{ m}^2$ ), padronizada para umidade dos grãos de 13% e, o teor de proteína bruta pelo método de Kjeldahl conforme Detmann et al. (2012).

Os dados experimentais foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e quando significativas as médias foram comparadas pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Sisvar<sup>®</sup> (Ferreira, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, são apresentadas as imagens ilustrativas da instalação do experimento.



**Figura 2.** Imagens ilustrativas da instalação do experimento: a-b) as parcelas experimentais sem a aplicação do pó de ametista e, c) após a aplicação do pó de ametista superficialmente na safra 2018/2019. Chapadão do Sul, MS, Brasil. (Fotos: Alan Mario Zuffo)

Os resultados da análise de variância não mostraram efeitos significativos ( $p > 0,05$ ) para as interações doses de pó de ametista e as cultivares para as características avaliadas (Tabela 3). Os resultados reportaram efeitos significativos entre as cultivares de soja para a produtividade dos grãos, com destaque, para a cultivar Brasmax Desafio IPRO que apresentou produtividade de grãos de  $4623 \text{ kg ha}^{-1}$ . Estas variações estão relacionadas as diferenças no potencial genético e outras características intrínsecas de cada cultivar (Felisberto et al., 2015; Soares et al., 2015). Todavia, em relação aos teores de proteínas nos grãos os valores médios variaram entre 40-42% (Tabela 3), esses níveis são incompatíveis com o padrão exigido pelo mercado internacional (46 a 47%) (Sediyama, 2016).



**Tabela 3.** Análise de variância e valores médios da produtividade e teor proteína dos grãos obtidas no ensaio com doses de aplicação de pó de ametista em duas cultivares de soja precoce na safra 2018/2019. Chapadão do Sul, MS, Brasil.

Fontes de variação	Produtividade dos grãos	Teor proteína dos grãos
Teste F	Probabilidade > F <sup>1</sup>	
Cultivar (C)	<0,01	0,084
Dose (D)	0,713	0,323
Interação (C × D)	0,133	0,372
CV (%)	12,09	3,54
Cultivar <sup>2</sup>	(kg/ha)	%
Brasmax foco IPRO	3526 b	40,08 a
Brasmax desafio IPRO	4623 a	41,71 a
Dose (kg ha <sup>-1</sup> )		
0	4253	41,48
3	3969	40,49
6	4111	40,66
9	3966	39,87

<sup>1</sup> Teste F de Fisher-Snedecor. CV: coeficiente de variação. <sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna não têm diferença, de acordo com o teste F. Fonte: dados de pesquisa.

Quanto as características agronômicas da soja em função das doses pó de ametista, percebe-se que não houve diferença nas características avaliadas (Tabela 3). Esses resultados corroboram aos observados por Hanisch et al. (2013) e Aguilera et al. (2020), os quais verificaram que o pó de basalto não incrementou a produtividade de grãos de soja. A ausência do efeito da aplicação de pó de ametista nas características agronômicas da soja pode estar atribuída ao fato da liberação dos nutrientes químicos que constituem o material (Tabela 2) serem lentos. Segundo Duarte (2010) após a adição de pó de rocha ao solo, o intemperismo químico irá decompor lentamente, podendo liberar de forma gradual os elementos químicos.

## CONCLUSÃO

A aplicação de pó de ametista não alterou a produtividade e o teor de proteínas dos grãos, independentemente das doses e das cultivares.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- Aguilera JG, Zuffo AM, Ratke RF, Trento ACS, Lima RE, Gris GA, Morais KAD, Silva JX, Martins WC (2020). Influencia de dosis de polvo de basalto sobre cultivares de soya. *Research, Society and Development*, 9(7): e51973974.
- Aguiar AP (2013). *Uso do resíduo da mineralização de esmeraldas da Província Esmeraldífera de Nova Era em solo agrícola*. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo horizonte. 98p.
- Detmann E, Queiroz AC, Cabral LS (2012). Avaliação do nitrogênio total (proteína bruta)


- pelo método de Kjeldahl. In: Detmann E, Souza MA, Valadares Filho SC, Berchielli TT, Cabral LS, Ladeira MM, Souza MA, Queiroz AC, Saliba EOS, Pina DS, Azevedo JAG (Eds.). *Métodos para análise de alimentos - INCT - Ciência Animal*. Visconde do Rio Branco: Suprema 1(4): 51-68.
- Duarte WM (2010). Potencial das rochas flogopitito, granito e sienito na disponibilização de pótassio em solos. Dissertação (*Mestrado em Ciências dos Solos*) - Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages. 43p.
- Felisberto G, Bruzi AT, Zuffo AM, Zambiazzi EV, Soares IO, Rezende PM de, Botelho FBS (2015). Agronomic performance of RR soybean cultivars using different pre-sowing desiccation periods and distinct post-emergence herbicides. *African Journal Agricultural Research*, 10(34): 3445-3452.
- Ferreira DF (2008). SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, 6(2): 36-41.
- Hanisch AL, Fonseca JA da, Balbinot Junior AA, Spagnollo E (2013). Efeito de pó de basalto no solo e em culturas anuais durante quatro safras, em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 3(2): 100-107.
- Korchagin J, Caner L, Bortoluzzi EC (2019). Variability of amethyst mining waste: A mineralogical and geochemical approach to evaluate the potential use in agriculture. *Journal of Cleaner Production*, 210: 749-758.
- Melo VF, Uchoa SCP, Dias FO, Barbosa GF (2012). Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. *Acta Amazônica*, 42(4): 471-476.
- Santos EP, Fioreze M, Benatti ME (2016). Composição química e potencialidade do uso de resíduo de extração de pedra ametista como fertilizante agrícola. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 20(1): 515-523.
- Sediyama T (2016). *Produtividade da soja*. Londrina: Mecenaz, 1 ed. 310p.
- Soares IO, Rezende PM, Bruzi AT, Zuffo AM, Zambiazzi EV, Fronzi V, Teixeira CM (2015). Interaction between soybean cultivars and seed density. *American Journal of Plant Sciences*, 6(9): 1425-1434.
- Theodoro SH, Tchouankoue JP, Gonçalves AO, Leonardos O, Harper J (2012). A Importância de uma Rede Tecnológica de Rochagem para a Sustentabilidade em Países Tropicais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5(6): 1390-1407.


# O uso do silício e seus benefícios para agricultura brasileira: revisão

Recebido em: 30/07/2020

Aceito em: 01/08/2020

 10.46420/9786599120862cap10

Gilson Domingos do Mar<sup>1\*</sup> 

Viviane Wruck Trovato<sup>2</sup> 

Elisângela Dupas<sup>3</sup> 

## INTRODUÇÃO

O silício (Si) está presente na solução do solo na forma de ácido monomérico ou monossilício, sendo considerado o elemento mais abundante na crosta terrestre (Matychenkov e Snyder, 1996). Embora não seja um nutriente essencial, o Si fornece vários efeitos benéficos as plantas, como aliviar os efeitos prejudiciais de várias tensões, como a seca, salinidade, calor, frio, toxicidade de metais, desequilíbrio de nutrientes, patógenos e insetos de plantas (Chérif et al., 1992, Liang et al., 2007; Guntzer et al., 2012; Hernandez - Apaolaza, 2014; Zhang et al., 2014; Meharg e Meharg, 2015; Vivancos et al., 2015; Guo et al., 2016; Reynolds et al., 2016; Ning et al., 2014).

A importância do Si para as plantas está diretamente relacionada nas interações planta-ambiente, pois confere melhores condições para tolerarem as adversidades do meio, gerando resultados significativos na produtividade e melhoria na qualidade do produto final (Tubana et al., 2016). Essas respostas positivas ao uso do Si foram observadas em várias espécies de plantas, como o sorgo (Hattori et al., 2007; Yin et al., 2013; Ahmed et al., 2014), trigo (Gong e Chen, 2012), milho (Bakhat et al., 2004; Amin et al., 2014), arroz (Jian et al., 2006; Ming et al., 2012), pepino (Ma et al., 2004), cana-de-açúcar (Keeping, 2017), grama azul de Kentucky (Saud et al., 2014), canola (Habibi, 2014), girassol (Gunes et al., 2008), grão de bico (Gunes et al., 2007), soja (Shen et al., 2010; Guazina et al., 2019), alfafa (Liu e Guo,

<sup>1</sup> Doutorando pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Rodovia Dourados – Itahum, Km 12 – Cidade Universitária, Cx. Postal 533, CEP: 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

<sup>2</sup> Doutoranda pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Rodovia Dourados – Itahum, Km 12 – Cidade Universitária, Cx. Postal 533, CEP: 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

<sup>3</sup> Profa. Dra. do Curso de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Rodovia Dourados – Itahum, Km 12 – Cidade Universitária, Cx. Postal 533, CEP: 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

\* Autor de correspondência: gilsondomar@hotmail.com

2013) e tomate (Shi et al. , 2016).

Para correlacionar a importância do Si e todos os seus benefícios, é importante uma revisão bibliográfica sobre o elemento e suas fontes, para partir disso, gerar informações quanto aos benefícios e vantagens do seu uso.

Diante do exposto, objetivou-se realizar um levantamento bibliográfico sobre o uso do Si na agricultura brasileira, destacando o modo de ação, a importância e os benefícios de sua utilização nas espécies vegetais.

## **FONTES DE SILÍCIO**

Ao procurar uma fonte viável de silício para a agricultura deve-se pensar nas seguintes características: alto conteúdo de Si solúvel, propriedades físicas adequadas, facilidade para a aplicação mecanizada, pronta disponibilidade para as plantas, baixo custo, relações e quantidades de Ca e Mg equilibradas e ausência de metais pesados (Permatasari et al., 2016).

As fontes de Si para uso agrícola variam entre produtos químicos, minerais naturais e subprodutos das indústrias siderúrgicas. As fontes de Si mais utilizadas hoje na agricultura são: wollastonita, metassilicato de cálcio, silicato de potássio, termofosfato, silicato de cálcio e silicato de magnésio, serpentina e sílica gel (Ning et al., 2016).

As plantas também podem ser consideradas fontes de Si, pois possuem quantidades significativas nos resíduos das mesmas, principalmente nas plantas acumuladoras onde o acúmulo deste elemento na parede é maior e quando entra em estado de decomposição, a liberação de Si é lenta, gerando benefícios ao longo do ciclo, porém são insuficientes para atender a demanda por silício na agricultura (Liang et al., 2015).

Toda sílica que é produzida em organismos vivos, tais como em casca de arroz (Athinarayanan et al., 2015), palha de arroz (Wattanasiriwech et al., 2010), espiga de milho (VELmurugan et al., 2015; Shim et al., 2015) bagaço (Usman et al., 2014; Vaibhav et al., 2014) e de animais (exoesqueletos) podem ser usadas como fonte natural alternativa denominada sílica biogênica (Chaves et al., 2009). Uma característica do Si biogênico é apresentar estrutura similar a consistência de um gel, construída a partir da agregação de partículas menores que 5 nm de diâmetro (Perry e Keeling-Tucker, 2003). Para a formação da sílica biogênica, o Si é absorvido pelas raízes das plantas na forma de ácido monossilícico e ácido polissilícico, sendo transportado para as folhas quase na totalidade. Com a saída da água das plantas pela transpiração, o Si é depositado na parede externa das células da epiderme como sílica gel (Carneiro et al., 2015). Uma outra fonte natural alternativa que pode ser é a terra diatomácea, um pó inerte proveniente de algas diatomáceas fossilizadas de mais de 12.000 espécies

diferentes, que possui a sílica como principal componente. É um material leve e de baixa massa específica aparente, cuja coloração varia do branco ao cinza escuro. A sílica presente tem a capacidade de desidratar os insetos, causando sua morte (Banks; Fields, 1995). O uso de terra diatomácea nas lavouras tem como principais vantagens, quando utilizada na dosagem recomendada, não oferecer riscos à saúde de quem consome os grãos ou de outros seres vivos que venham a ter contato com os grãos tratados com este produto.

No grupo de sílica amorfas sintéticas, temos a sílica gel. Um tipo amorfo de  $\text{SiO}_2$  que apresenta estrutura muito porosa. É formada pela acidificação de soluções aquosas de silicato de sódio, o que gera um precipitado gelatinoso. Encontra crescente aplicação na indústria alimentar como agente anti-aglomerante no cacau, sucos de fruta em pó, açúcar e especiarias (Ronda et al., 2015; Greenwood; Earnshaw, 2002).

Há outras fontes de Si que ocorre naturalmente, como a wollastonita e a olivina (Brooks et al., 1999). Todavia existem subprodutos da indústria do aço e do ferro gusa, que são as escórias de siderurgia ricas em Si, que podem atender essa demanda, pois possuem tais características, e algumas delas são fontes promissoras de Si disponíveis.

Fertilizantes de silicato a base de escória são os mais econômicos, referem-se a fertilizantes de silicato de cálcio que são processados utilizando escórias, subprodutos ou resíduos industriais do processamento de ferro e indústrias siderúrgicas. Oficialmente foram tratados como fertilizantes apenas em 1955, onde o Ministério da Agricultura, Florestas e Pescas do Japão tornou-o comercialmente disponível no mercado (Ma; Takashi, 2002).

O fertilizante de silicato de potássio é um produto fabricado com feldspato potássico ou minerais ricos em potassa, por calcinação ou hidrotermia. De acordo com testes em toda China, esses silicatos podem aumentar o rendimento de uma ampla variedade de culturas (Yu; Zhang, 2014), e apenas os silicatos de potássio ou sódio são completamente solúveis em água, geralmente são usados como fertilizantes foliares, pois seu alto custo inviabiliza a aplicação via solo. São rentáveis e eficazes em termos agrícolas, e também sustentáveis, não gerando impactos negativos ao meio ambiente (Liang et al., 2015).

As fontes de Si para utilização na agricultura devem apresentar como características ideais, alta concentração de Si-solúvel, boas propriedades físicas, facilidade para a aplicação mecanizada, pronta disponibilidade para as plantas, boa relação e quantidades de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), baixa concentração de metais pesados e baixo custo.

## SILÍCIO NAS PLANTAS

O Si é absorvido pelas plantas preferencialmente na forma de ácido monossilícico ou

o ácido ortossilícico ( $H_4SiO_4$ ) que são absorvidas pela raiz das plantas (Mitani et al., 2005; Matichenkov; Bocharnikova, 2004), se acumula nos tecidos epidérmicos, e uma camada de membrana de celulose-Si é criada quando os íons Ca e pectina estão presentes, o que fornece proteção à planta (Belanger et al., 2003). O aumento de Si na seiva das plantas leva à polimerização do Si identificada como gel de Si hidratado com moléculas de água (Yamaji et al., 2008).

A concentração de Si difere significativamente nas brotações e raízes das plantas, e essa extensa variação nos diferentes tecidos vegetais é influenciada por vários fatores, dentre diferenças nos mecanismos de captação e transporte de Si (Hodson et al., 2005; Tamai; Ma, 2003)

A absorção de nutrientes pelas plantas depende do potencial da água e da solubilidade dos elementos nos solos. O contato íon-raiz do Si é principalmente via fluxo de massa. Os vasos do xilema são os responsáveis pelo transporte do elemento na planta, e sua distribuição é diretamente dependente das taxas de transpiração dos órgãos. Depois de absorvido o Si é depositado principalmente nas células epidérmicas (Bauer et al., 2016). Embora o Si seja encontrado em abundância nas formas de silicato e oxidase no solo, a solubilidade do Si na solução do solo é um obstáculo para a absorção das plantas, pois o ácido monossilícico é a única forma de Si que as plantas podem absorver.

Sua distribuição na planta está relacionada com a taxa transpiratória das partes do órgão do vegetal. Esta distribuição depende muito da espécie: é uniforme nas plantas que acumulam pouco Si e nas espécies acumuladoras 90% do elemento encontra-se na parte aérea (Ma, 2009; Meena et al., 2014). As plantas podem ser divididas de acordo com sua capacidade de absorção e acúmulo de Si nos órgãos. Esta quantificação é altamente variável entre as espécies (Currie; Perry, 2007).

Por conta da capacidade de cada planta, são divididas em três grupos. As gramíneas absorvem Si da solução do solo de forma passiva, o elemento acompanha o fluxo de massa da água (Myake; Takahashi, 1983) facilitando consequentemente a extração de Si do solo. Plantas de arroz possuem mecanismos específicos de absorção de Si, em que proteínas de membranas são produzidas por expressão de gene específico (Ma; Takashi, 2002). No milho, após a absorção pela planta o Si é depositado na parede da célula vegetal, não se move mais, posteriormente se polimeriza e provoca a formação de uma dupla camada de Si cuticular (Nalin, 2014). Sendo essas consideradas plantas acumuladoras de Si. As plantas acumuladoras exibem teor elevado de Si, sendo a absorção ligada à respiração aeróbica. Plantas consideradas não-acumuladoras com baixo teor de Si, mesmo com altos níveis no meio,

indicando um mecanismo de exclusão: a maioria das dicotiledôneas absorvem o Si mais lentamente que a absorção de água, o que acaba gerando um aumento na concentração do elemento no meio (Artyszak, 2018).

Mesmo para plantas não acumuladoras de Si, vários autores têm demonstrado que este elemento apresenta efeitos benéficos às plantas, melhorando a resistência das mesmas aos estresses bióticos e abióticos (Guntzer et al., 2012).

Sangster (1978) e Hodson et al. (2005), propuseram uma árvore filogenética de plantas acumuladoras de Si, onde espécies ricas em Si têm geralmente baixas concentrações de cálcio e vice-versa. Eles definiram critérios para diferenciar plantas não acumuláveis de plantas acumuladas:

- "Acumuladoras": concentração de Si acima de 1% e Razão  $[Si] / [Ca] > 1$ .
- "Não acumuladoras": concentração de Si abaixo de 0,5% e Razão  $[Si] / [Ca] < 0,5$ .
- Plantas que não atendem a esses critérios são chamadas "Intermediárias".

As vantagens da utilização de silicatos na produção plantas não se restringem somente ao fornecimento de Si para as plantas, pois tais materiais são capazes de promover a elevação dos teores de cálcio e de magnésio trocáveis, aumentam a disponibilidade de fósforo e reduzem a toxidez de ferro, manganês e alumínio e ainda fornecem micronutrientes e possuem propriedades corretoras da acidez de solos, por possuírem em suas composições constituintes neutralizantes (Aziz et al, 2002).

A importância de aplicação de Si para as plantas está relacionada principalmente as folhas mais eretas com diminuição do auto-sombreamento; à redução do acamamento; à maior rigidez estrutural dos tecidos (Mendes; Souza, 2011). A diminuição do auto-sombreamento influencia diretamente na capacidade fotossintética da planta, aumentando a área de radiação, beneficiando processos realizados pela fotossíntese. A eficiência fotossintética depende da fotossíntese, transpiração, condutância estomática, concentração interna de  $CO_2$  e relação entre a concentração interna de  $CO_2$  com a concentração ambiental (Lobo et al., 2014).

A acumulação de Si nos estomas acarreta formação de uma dupla camada de sílica cuticular, a qual, pela redução da transpiração ocasiona menor necessidade de água pelas plantas. Além disso, os benefícios proporcionados pela adubação silicatada podem resultar em maiores teores de clorofila, altura e diâmetro do colmo bem como ganhos de produtividade (Miranda et al., 2018).

O Si tem um papel importante nas relações planta-ambiente, pois pode dar à cultura melhores condições para suportar adversidades climáticas, edáficas e biológicas, tendo como



resultado final aumento e maior qualidade na produção. Segundo Ma e Yamaji (2008) a função do Si é proteger a planta de estresses bióticos e abióticos, porém sua função estende-se ainda a biofortificação de frutos que ocorre a partir da adubação silicatada.

A produção de alimentos pelo setor agrícola mundial é afetada severamente por vários agentes bióticos como insetos-praga, fungos, bactérias, vírus e nematóides. Segundo Epstein (2001) estudos demonstram que o suprimento de Si via solo, foliar, ou solução nutritiva, a várias espécies de plantas contribui de forma significativa na redução da intensidade de várias doenças de importância econômica e também é capaz de aumentar a resistência das plantas ao ataque de insetos e patógenos.

O Si pode conferir resistência às plantas pela sua deposição, formando uma barreira mecânica (Goussain, 2002) tornando-as menos acessíveis às enzimas de degradação e dificultando a penetração de hifas de fungos, em razão da maior resistência mecânica (Ma; Takashi, 2002). Doenças economicamente importantes como a mancha marrom no trigo, brusone, queima das bainhas e mancha parda o arroz, além da antracnose do sorgo e danos causados à cultura da cana-de-açúcar por conta da infestação por pragas (Keeping; Meyer, 2006) têm sido eficientemente controladas pelo fornecimento de Si as plantas.

O Si pode agir como ativador de genes e sinalizador na biossíntese de compostos de defesa, em processo denominado de resistência sistêmica adquirida (RSA), que sintetiza compostos como fitoalexinas, fenóis e fenilpropanóides (Fawe, 2001). As fitoalexinas estão temporariamente nos arredores dos locais de infecção, possuem atividade inibidora sobre fungos, bactérias e nematóides. Os compostos fenólicos são bem conhecidos como substâncias fungitóxicas, antibacterianas e antiviróticas (Lo; Nicholson, 2008). Fenilpropanóides são vias que constituem a sequência comum que gera os diferentes grupos de polifenóis e lignina (Stangarlin et al., 2008).

De acordo com Fawcet et al. (2001), o Si promove a formação de uma barreira física, a qual torna as plantas mais resistentes, pois torna os tecidos foliares mais rígidos, dificultando a alimentação de insetos-pragas. Ao se alimentarem das folhas, colmos e raízes, eles enfrentam um desconforto bucal, ao mastigar ou picar essas partes.

Esses estudos demonstram que o envolvimento do silício em vários aspectos estruturais, fisiológicos e bioquímicos da vida das plantas pode dar às culturas melhores condições para suportar adversidades climáticas, edáficas e biológicas, tendo como resultado um aumento e maior qualidade na produção.

## SILÍCIO NO BRASIL

Uma das primeiras citações na literatura brasileira, foi o estudo de Catani et al. (1959), sobre o crescimento da cana-de-açúcar variedade Co 419 e a absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e Si em função da idade da planta e nas condições de clima e solo de Piracicaba (SP), instalado em 1956 na Estação Experimental de Cana, "Dr. José Vizioli". Os autores observaram que o fósforo foi absorvido em menor quantidade que o Ca, Mg e mesmo o enxofre (S), entretanto o que chamou a atenção dos pesquisadores foi a elevada quantidade de Si absorvida pela cana-de-açúcar.

Em 1957 foi realizado um ensaio com o uso comparativo de corretivos, escórias de siderurgia versus calcários em solos de várzeas do Vale do Rio Paraíba, pois os mesmos apresentavam acidez de média a elevada e muito pouco uso de corretivos de solos tem sido feito, pelo pequeno número de jazidas de calcário existente na região, insuficiente para atender à demanda desse material para a agricultura. Foram estudadas em seis experimentos instalados com utilização de dois tipos de escórias, provenientes da Usina Siderúrgica Nacional de Volta Redonda e da produção de aço em São Caetano e Moji das Cruzes, em culturas de batata e tomate, e os resultados obtidos atestaram o emprego das escórias. Para sua comercialização, entretanto, se faria necessário alterar o grau de moagem, para que sua granulometria satisfizesse às exigências legais (Gomes et al., 1962)

Baseados nesses resultados, e em experimentos que vinham sendo realizados nos Estados Unidos, desde 1916, Wutcke e Gargantini (1962) em 1957, realizaram um ensaio na usina açucareira Ester em Cosmópolis/SP, de materiais corretivos para avaliar a possibilidade de escórias substituir o calcário, devido este material corretivo estar se tornando oneroso aos agricultores, pois as indústrias estavam usando os corretivos para fabricação de cimento, cal, pedrisco, vidro, mármore e ferro (Guimarães, 1958). Além do mais com a expansão do parque industrial brasileiro havia a necessidade da realização de mais pesquisas para o aproveitamento destas escórias. Os resultados obtidos neste ensaio não diferiram entre si em termos de produtividade da cultura da soja, concluindo com isso a escória, com especificações dentro das exigências legais ser uma opção em substituição ao calcário.

Raj e Camargo (1973), determinaram teores críticos de sílica solúvel para 24 perfis de solos do Estado de São Paulo. Segundo esses pesquisadores, a sílica solúvel não tinha sido estudada no Brasil, principalmente por não ser considerado um elemento essencial às plantas. Manechini e Donzelli (1984) sugeriram incluir Si como fonte alternativa em cana-de-açúcar visando uma maior tecnificação na área de nutrição mineral de plantas e fertilidade do solo

para esta cultura, objetivando aumento de produtividade, uma vez que a extração deste elemento pela cultura da cana-de-açúcar é muito alto, com níveis próximos a extração de N. Pelos benefícios indiretos (resistência que confere as plantas no ataque de pragas e moléstias; influência na absorção de outros elementos e efeito na arquitetura das folhas, tornando-as mais eretas) que este elemento promovia em cana-de-açúcar (Ayres, 1966; Fox et al. 1967), em arroz e outras gramíneas (Jones; Handreck, 1967), mostrando assim uma “essencialidade agrônômica” deste elemento, que passou-se a desenvolver pesquisas buscando métodos eficientes de análise de Si no solo, na planta e nos fertilizantes buscando critérios para aplicação de fertilizantes silicatados.

Segundo Fázio e Gutierrez (1989), alguns experimentos realizados até este momento mostraram que os efeitos dos silicatos, na reação do solo, são diferentes daqueles correspondentes ao calcário, ou seja, apresentam reação mais lenta em doses equivalentes em carbonato de Ca.

Ensaio conduzido em Minas Gerais, municípios de São Gotardo, Felixlândia e Uberaba entre materiais corretivos, com granulometria diferente (escórias de siderurgia x calcário dolomítico) utilizando-se o milho híbrido IIMD-7974 evidenciaram que todos os materiais utilizados atuaram favoravelmente sobre a produção de matéria seca, e que as escórias que passaram 100% na peneira com malhas menores que 0,297 mm de diâmetro e maiores que 0,149 mm de diâmetro tiveram comportamento igualou superior ao do calcário dolomítico, porém, as peneiras mais finas, malhas inferiores a 0,149 mm de diâmetro, apresentaram produção menor (Bahia, 1989).

Em 1996 foi fundada em MG uma das primeiras empresas brasileiras com objetivo de reutilizar os resíduos siderúrgicos, a Silifétil Ambiental. Inicialmente, baseando-se em pesquisas americanas onde naquele país as escórias tinham alto potencial de fósforo, o propósito era obtenção de fertilizantes agrícolas, entretanto como já mostrava as pesquisas realizadas no Brasil que as várias escórias tinham alto potencial corretivos e que poderiam fornecer macros e micronutrientes às plantas, aumentar a absorção pelos vegetais de P, K e S, reduzir o teor de Al trocável no solo e ainda os índices de materiais pesados, como Ti, Pb, Cr, Ni, Ba, V, Cd, Sr, não prejudicavam o desenvolvimento vegetativo das plantas nem causaram danos ao solo, passou então a ser utilizada como corretivo de solo (Piau, 1991; Piau, 1995).

Em artigo publicado pela Potafos, Korndörfer e Datnoff (1995), sugerindo a aplicação de Si no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz, atestaram que até então, os materiais silicatados não tinham sido empregados no Brasil pois esses produtos existentes

continham contaminantes e que poderiam trazer dúvidas nos experimentos. Mesmo recentemente, Marafon e Endres (2011), citam que o Si ainda é pouco utilizado pela falta de oferta de fertilizantes silicatados em todas as regiões do Brasil por onerar as despesas com transporte (frete), e também pelo fato de existir ainda uma falta de informação, tanto por parte dos técnicos quanto dos agricultores sobre a importância do Si na agricultura. Além disso, o silicato não era considerado fertilizante nas leis brasileiras e, só recentemente incluído como micronutriente benéfico na Legislação para Produção e Comercialização de Fertilizantes e Corretivos, conforme o Decreto Lei nº. 4.954, de 14 de janeiro de 2004, autorizando a sua comercialização de forma isolada ou em mistura com outros nutrientes (Sena; Castri, 2010), e pela Instrução Normativa nº. 39, de 08 de agosto de 2018, estabelecidas as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura (Mapa, 2019).

A publicação de Barbosa Filho et al. (2000), trouxe grande incentivo para incremento de pesquisas com o Si nas diferentes culturas cultivadas no país. Segundo esses pesquisadores, entre os métodos estudados para avaliar o Si solúvel no solo onde inclui-se os extratores ácidos, como ácido cítrico, acético e acetato de amônio tamponado a pH 4,0, nem sempre se correlaciona com o Si absorvido pelas plantas e, geralmente, subestima a necessidade de fertilização. Em outros países pesquisadores desenvolveram outros métodos que para as condições brasileiras, estas informações não são encontradas na literatura, havendo necessidade, portanto, de investigações mais detalhadas. Ainda, segundo os mesmos autores, uma vez demonstrada a eficiência do Si em reduzir a incidência de doenças do arroz, a fertilização com Si em combinação com doses reduzidas de fungicidas possa constituir-se numa alternativa mais sustentável do manejo de doenças no ecossistema de cerrado.

Até então poucos trabalhos tinham sido publicados, como demonstrado por Korndörfer (1996), que o Si aumenta a produtividade da cana-de-açúcar, além de proporcionar resistência a pragas e doenças e Korndörfer et al. (1999), onde a absorção do Si reduziu o acamamento de plantas de arroz de sequeiro, pelo aumento da resistência da parede celular. Pesquisando o efeito do Si em populações de pulgão-verde do sorgo, Carvalho et al. (1999), verificou que o Si causou redução na preferência e na reprodução deste inseto. Efeito positivo da escória de siderurgia na produção cana-de-açúcar, tem sido relatado na literatura internacional (Anderson, 1991; Raid et al., 1992) e no Brasil outros autores também relataram efeito benéfico do Si para a produção da cana-de-açúcar (Lima Filho et al., 1999).

Em arroz cultivado em várzea, Korndörfer et al. (2001) observaram aumento médio

de produção de grãos, sustentando a produção de matéria verde e de grãos nos tratamentos com Si, aplicado na forma de silicato de cálcio, semelhantes resultados obtidos por Elawad e Green (1979); Korndörfer e Lepsch (2001) em espécies como arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milho, aveia, grama 'Kikuyu', grama 'Bermuda' (Elawad; Green, 1979; Korndörfer; Lepsch, 2001). Prado (2000) avaliando a resposta da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo, observou que o perfilhamento da cana-de-açúcar foi influenciado positivamente pela aplicação da escória de siderurgia, na cana-planta e cana-soca, alcançando a produtividade de 100 e 75 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, superiores às obtidas com a testemunha (cana-planta = 89 e cana-soca = 58 t ha<sup>-1</sup>). Prado e Fernandez (2001), em experimento conduzido a campo, em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico com cana-de-açúcar (SP80-1842), compararam a escória de siderurgia (aciaria) e calcário calcítico acrescido com micronutrientes, equilibrando-se com o da escória, ambos aplicados em doses equivalentes a CaCO<sub>3</sub> iguais a 1,3; 3,6 e 7,5 t ha<sup>-1</sup>. Essas doses tinham por objetivo elevar a saturação por bases do solo a 50; 75 e 100%. Para o rendimento de colmos e para o perfilhamento, a resposta da cana-de-açúcar (média de dois cortes) foi quadrática e linear em função da aplicação do calcário e da escória, respectivamente. Concluíram que o maior perfilhamento, resultante da aplicação da escória de siderurgia, contribuiu para o maior rendimento de colmos da cana-de-açúcar.

Outras pesquisas além das realizadas principalmente com cana-de-açúcar, arroz e gramíneas em geral, começaram a surgir. Trabalhando com o Si em Cafeeiros arábica cv. Catuaí Vermelho submetidos à alta dose de silicato de Ca, Prado e Fernandes, (2001), verificaram que o cafeeiro apresentou redução do crescimento radicular, porém sem comprometimento da funcionalidade e do desenvolvimento da parte aérea das plantas cultivadas sob boa disponibilidade hídrica e suprimento adequado de nutrientes.

Goussain et al. (2002), avaliaram o desenvolvimento de lagartas alimentadas com folhas de milho retiradas de plantas tratadas com Si, em comparação com lagartas alimentadas com folhas de milho não tratadas e verificaram maior mortalidade e aumento de canibalismo em grupos de lagartas ao final do 2º ínstar, e maior mortalidade de lagartas individualizadas no 2º e 6º ínstars, quando foram alimentadas com folhas de plantas de milho tratadas com Si, em comparação com a testemunha. Observaram também que as mandíbulas das lagartas, nos seis ínstars, apresentaram desgaste acentuado na região incisora quando em contato com folhas com maior teor de Si.

Em comparação com o calcário, Korndörfer et al. (2003), atestaram que a aplicação de silicato ao longo de cinco ciclos de cultivo desta cultura a escória de siderurgia e o calcário

calcítico foram semelhantes na correção da acidez do solo.

Tendo em vista o potencial demonstrado pelo silício e pelo ativador sintético benzotriazolol (BTH) como indutores de resistência nas plantas e pelo aumento real da população de moscas brancas na cultura da cana-de-açúcar pode ser utilizada em substituição total ou parcial à aplicação de calcário, e se o solo já estiver corrigido não aplicar mais que 800 kg.ha<sup>-1</sup> de silicato (Brassioli et al., 2009). Correa et al. (2005), avaliando o efeito do silicato de cálcio (CaSiO<sub>3</sub>) e do BTH na indução de resistência a *Bemisia tabaci* biótipo B em plantas de pepino, concluíram que o silicato de Ca e BTH causaram efeitos negativos na população de mosca-branca pela redução da oviposição, aumento do ciclo biológico e mortalidade na fase de ninfa, apresentando-se assim, como produtos alternativos a serem utilizados no manejo integrado de cultura de pepino-branca.

O Si, independente da forma de aplicação, foliar ou no solo, além de atuar como barreira mecânica, pode agir como elicitor do processo de indução de resistência, aumentando a atividade de enzimas relacionadas à defesa das plantas de trigo, a peroxidase, a polifenoloxidase e a fenilalanina amônia-liase (Gomes et al., 2005), o que também foi observado por Gomes et al. 2009, conduzindo pesquisa visando obter subsídios para o manejo de insetos-praga no cultivo da batata inglesa no sistema orgânico, onde a aplicação de Si, mesmo em condições adversas de temperatura e precipitação, contribuiu para a redução das injúrias de dois importantes desfolhadores, *Diabrotica speciosa* e *Liriomyza spp.*, e não influenciou a produtividade da cultura da batateira.

Rosseto et al. (2005), estudando cultivares de cana-de-açúcar em solos com baixo teor de Si, observaram que a cultivar RB84-5486, que apresenta muito joçal (sinônimo de teor alto de silício), e a cultivar RB85-5035 apresentaram maiores acúmulos de Si. Ao mesmo tempo, apresentaram alta tolerância a períodos de stress hídrico, sugerindo a maior absorção de Si desses cultivares pode estar relacionada com a sua maior resistência à seca.

Nove cultivares de alface cultivadas em sistema hidropônico com sílica gel apresentaram menor tamanho quando comparadas às plantas cultivadas em solução sem Si, apesar de, em ambos os casos, terem alcançado tamanho comercial. As plantas tratadas com Si apresentaram menor incidência da queima dos bordos, anomalia fisiológica. Dessa forma, o Si pode ser uma alternativa viável para produção hidropônica de alface, principalmente quando se leva em consideração as novas tendências de mercado por produtos menores e com boa aparência (Luz et al., 2006).

Em 2007, foi realizado o IV Simpósio Brasileiro de Silício na Agricultura pela Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), *campus* de Botucatu, com coordenação do Dr.

Carlos Alexandre Cruciol. Este evento contou com a apresentação de oitenta trabalhos com temas, interação do Si com as doenças; Si na formação de fitólitos; resistência a alumínio devido ao acúmulo de Si em plantas de cerrado; produção, comercialização de fertilizantes contendo Si e a questão da legislação; análise de Si em solo, plantas e fertilizantes; eficiência da aplicação superficial de silicatos na correção de acidez no sistema de plantio direto e aplicação de Si via fertirrigação, dando um grande incentivo para a realização de novos trabalhos e novas alternativas de pesquisas sobre o Si.

Pereira et al. (2007), avaliando extratores e fontes de Si na cultura do arroz em Neossolo Quartzarênico verificaram que a fonte que proporcionou maior teor de Si às plantas de arroz foi sílica gel, e a pior fonte foi a MB-4. Os extratores apresentaram aumento linear do teor de Si no solo com o incremento das doses de wollastonita. Entre os tratamentos, a maior extração de Si ocorreu com o ácido acético; o cloreto de cálcio foi o extrator com a melhor correlação. O carbonato de amônio e o acetato de amônio, além de apresentarem correlações próximas às do cloreto de Ca, tiveram ainda uma melhor distribuição dos pontos, o que discriminou melhor as variações entre as diferentes fontes de Si.

Em estudo realizado com capim elefante hexaploide Paraíso (*Pennisetum hybridum*), Vilela et al. (2007) constataram um aumento de produção de matéria seca, FDN (fibra em detergente neutro), cálcio (Ca), fósforo (P) e maior digestibilidade da matéria seca da forragem com aplicação de silicato.

A utilização do Si como potencializador e indutor de resistência à patógenos, torna-se adequado para o manejo da pinta preta na cultura do tomate, diminuindo o custo de produção, minimizando os impactos ambientais e diminuindo a quantidade de resíduos nos frutos comercializados (Miranda et al., 2008)

Chaves e Farias (2008), comparando as escórias de siderurgia e calcário em diferentes níveis de saturação de bases em solos incubados, concluíram que as escórias representam uma alternativa recomendável em substituição às fontes tradicionais de corretivos ou fertilizantes, pois as mesmas tiveram uma reação de neutralização da acidez do solo mais rápida.

Reis et al. (2008), verificaram que doses de silício não foram suficientes para reduzir o acamamento no cultivar IAC 201 e não interferiram na produtividade de grãos e rendimento industrial dos cultivares de arroz de terras altas irrigado por aspersão utilizadas.

Diversos estudos demonstraram os efeitos benéficos do Si nas culturas, a sua aplicação contribui para redução de problemas fitossanitários, o que pode contribuir para



redução do uso de agroquímicos. Moreira et al. (2010), avaliando a produtividade da soja submetida a três aplicações de silicato de potássio via foliar, relataram aumento de produtividade da ordem de dezenove sacas por hectare, justificando o incremento pela maior produção de matéria seca das plantas. O fornecimento via foliar eleva os teores de Si além de proporcionar aumento do número de vagens e da produtividade para as culturas da soja (Curvelo; Pereira, 2017), feijão e amendoim (Crusciol et al., 2013), em função do Si depositado na parede celular da epiderme das folhas e colmos forma uma dupla camada de sílica-cutícula e sílica-celulose melhorar o fortalecimento e a rigidez da parede celular, aumentar a resistência ao acamamento, melhorar a interceptação de luz e diminuir a transpiração (Hattori et al., 2005; Gunes et al., 2007; Pulz et al., 2008).

Com o objetivo de identificar as fontes que melhor disponibilizam o Si no solo e proporcionam mais crescimento e desenvolvimento da cultura do arroz, Ramos et al. (2008), verificaram que para teores de Si na parte aérea não houve diferença entre wollastonita e fontes de silício em pó e granulado, entretanto, para produção de grãos os produtos em pó superaram em 30% as fontes em grânulo, sendo todas fontes significativamente superior à testemunha.

Maior produtividade de grãos e maior número de vagens por planta na cultura da soja submetida à aplicação foliar com Si, evidenciando a eficiência do produto em fornecer Si à cultura da soja foi conseguido por Curvelo e Pereira (2017), enquanto que características genéticas intrínsecas da cultivar, como a população final de plantas, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos não foram alterados pelos tratamentos o que foi observado por Pelúzio et al. (2008).

Existem três locais reconhecidos de deposição de Si na planta: a parede celular, o lúmen celular e os espaços intercelulares nos tecidos das raízes, talos ou na camada extracelular da cutícula. No interior da planta, mais de 90% do total de Si acumulado encontra-se na forma de ácido silício polimerizado, o qual é de difícil solubilização, e o restante encontra-se na forma coloidal ou iônica. Souza et.al. (2009), avaliando da aplicação de silicato de cálcio sobre a população de ninfas de percevejo castanho das raízes em *Brachiaria brizantha*, concluíram que o silicato de cálcio foi eficiente em reduzir a população de ninfas do percevejo castanho das raízes, aumentar os teores de Ca, Si e pH do solo; aumentar os teores de N, K, Mg e Si na parte aérea da planta e incrementar a produção de massa seca do capim *B. brizantha* cv. Murundu, assim como é incrementada a massa seca e absorção de Si neste capim quando o silicato é associado à adubação (Fonseca et al., 2007).

Em 2009 a Embrapa Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste emitiu a publicação

do livro História e uso do silicato de sódio na agricultura (Lima Filho, 2009) onde são descritos a importância do silício para a vida das plantas e para os seres humanos, processo de fabricação, resultados de pesquisas e interações com outros elementos, que trouxe um excelente suporte de consulta para profissionais que buscam aprofundamento nos estudos sobre o Si na agricultura.

A aplicação de escória siderúrgica no solo aumentou as concentrações foliares de Si e provocou aumento na concentração foliar do Mn e influenciou na redução da concentração foliar do Fe nas variedades de cana-de-açúcar SP791011 e RB72454 respectivamente (Madeiros et al., 2009).

Uma tática recomendada para o manejo de pulgões em trigo é a utilização de inseticidas seletivos, principalmente no tratamento de sementes. Assim, Costa et al. (2009) conduziram uma pesquisa com o objetivo de monitorar o comportamento alimentar de *Schizaphis graminum* alimentado com plantas de trigo tratadas com Si e/ou imidacloprid, além da avaliação de aspectos biológicos do inseto, verificando que as plantas tratadas com silício mostraram-se resistentes a *S. graminum* e de uma maneira geral, a aplicação de Si induziu resistência às plantas de trigo a *S. graminum*, podendo constituir-se numa tática alternativa de manejo de pulgões no início do ciclo desta cultura.

A aplicação de Si via foliar e em fertirrigação, nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango cultivado em casa de vegetação, alterou os teores de ácido cítrico e pH de polpa, elevou os teores totais de açúcares e glicose, reduziu a solubilização da pectina e alterou a luminosidade e coloração interna e externa dos frutos (Figueiredo et al., 2010).

Embora haja inúmeros trabalhos demonstrando o efeito benéfico da adubação com Si sobre o acréscimo da produção de diversas culturas, como, por exemplo, arroz, cana-de-açúcar e batata, entretanto são escassas as informações sobre os benefícios nutricionais do silício para a cultura do milho. Freitas et al. (2011) avaliando o efeito de doses e épocas de aplicação de Si, via foliar, nas características agrônômicas e na produtividade do milho, verificou que todas as variáveis analisadas (altura das plantas e a inserção da primeira espiga, diâmetro de colmo, índice de clorofila foliar, teor foliar de Si, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos, foram influenciadas positivamente pela aplicação de silicato de potássio.

A salinidade na solução do solo afeta o crescimento e desenvolvimentos das plantas, e a aplicação de Si tem trazidos benefícios na diminuição da salinidade, diminuindo as forças de retenção e seu efeito osmótico. Esses benefícios foram observados por Santos et al. 2013,

no desenvolvimento de plantas de algaroba, à medida que o nível de salinidade aumenta e o resultado depende muito da presença ou não do Si.

Recentemente tem se buscado obter fontes foliares de Si que tenham mais eficácia, praticidade, menores doses utilizadas e ser adaptável aos pulverizadores normalmente utilizados por muitos produtores, tem se iniciado trabalhos com ácido silícico estabilizado, até então, praticamente inexistem na literatura trabalhos científicos relacionados com a aplicação de Si via foliar, utilizando esta fonte de Si. A aplicação foliar de Si com esta fonte, elevou os teores de N, P, K e Si na folha-bandeira da cultura de aveia-branca, proporcionando aumento da produção de matéria seca da parte aérea, do número de panículas por m<sup>2</sup>, do número de grãos por panícula e da produtividade de grãos, da ordem de 34%. Na cultura do trigo, a aplicação de Si aumentou os teores de K e Si, a produção de matéria seca da parte aérea e o número de espigas por m<sup>2</sup>, refletindo em aumento de 26,9% na produtividade de grãos (Sorato et al., 2012). Crusciol et al. (2013b), trabalhando com esta fonte foliar, obteve maior teor foliar de Si, proporcionando maior número de vagens por planta e, conseqüentemente, maior produtividade de grãos das culturas da soja, feijão e amendoim. A aplicação dessa fonte de Si aumentou os teores foliares de K, Ca e Si nas culturas do arroz e milho, o número panículas por m<sup>2</sup> do arroz e o número de grãos por espiga do milho, proporcionando maior produtividade de grãos em ambas as culturas (Crusciol et al., 2013a).

Os benefícios que o Si é capaz de promover, tolerância a metais pesados, diminuição na incidência de pragas e doenças, aumento da produtividade, tolerância a seca, entre outros. O efeito de flossilicatos no acúmulo de fitomassa fresca, seca e conteúdo de Si na parte aérea das plantas de milho quando comparado com wollastonita e ao controle, são superiores (Felisberto et al., 2014). Pode ser benéfico na qualidade fisiológica e consequente rendimento de sementes de trigo (Tavares et al, 2014).

Respostas positivas vem sendo obtidas em parâmetros fisiológicos. Em algodoeiro, Ferraz et al. (2014), constataram diferenças significativas para trocas gasosas e eficiência fotoquímica em resposta a aplicação de Si, com aumento da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e eficiência quântica do FSII e aumento da fluorescência da clorofila “a”.

Como uma ferramenta de manejo no controle de pragas, pesquisas indicam novas frentes de interesse, como o controle de nematoides na cultura do café. A indução de resistência utilizando o silicato de potássio no controle do *Meloidogyne paranaensis* no estado do Paraná foi eficiente para reduzir a população do nematoide, entretanto alguns efeitos adversos foram verificados no desenvolvimento das plantas, se fazendo necessários estudos

posteriores para elucidar as relações bioquímicas e moleculares entre a cultura e o *M. paranaensis* (Roldi et al, 2015).

Pouca ênfase tem sido dada ao efeito do Si no crescimento de plântulas de milho transgênicas. Souza et al. (2015), avaliando o efeito da aplicação de silicato de Ca e Mg no crescimento inicial de milho transgênico (*Zea mays* L., híbrido DKB 310 PRO 2) concluíram que a aplicação de silicato de Ca e Mg afetou significativamente, o índice de velocidade de emergência, proporcionou maior altura de plantas, diâmetro do colmo, área foliar, matéria seca da parte aérea e raiz, devido ao efeito corretivo da acidez e neutralização do Al tóxico, pelo Ca e Mg no solo e aumento no pH e saturação de bases que antes da aplicação dos tratamentos apresentaram valores baixos.

Ao utilizar silicato de potássio, Ludwig et al. (2015) verificaram que o Si apresentou pouco efeito no aumento da produção e redução de doenças do tomate, quando aplicado isoladamente, via fertirrigação, porém, há a possibilidade de seu uso visando a proteção das plantas e o aumento da produtividade do tomateiro, para tanto novos trabalhos deverão ser realizados.

A adubação foliar com silicato de K resultou em plantas de mamoeiro mais vigorosas, com menor estresse aos fatores bióticos e abióticos e proporcionando maior crescimento e acúmulo de massa seca de raízes (Sá et al., 2015).

De acordo com os resultados obtidos por Muraro e Simonetti (2016), a utilização de silicato de K via foliar no milho de 2ª safra (ou safrinha), influenciou no desenvolvimento inicial da cultura nos parâmetros, massa fresca da raiz e da planta inteira, e na produtividade e número de grãos por espiga.

Na tentativa de amenizar estresses abióticos, a adubação silicatada tem se mostrado promissora com efeitos positivos no crescimento, nas trocas gasosas e defesas bioquímicas. Fantinato (2018), avaliou os efeitos de uma possível ação do Si na melhoria do comportamento do cacaueteiro diante do estresse causado pelo vento. A avaliação sobre os efeitos do Si demonstrou que a adubação silicatada atuou de maneira positiva promovendo maior robustez, maiores valores de área e diâmetro caulinar, densidade estomática e espessura da folha com aumento da nervura, epiderme adaxial e parênquima paliçádico, melhoria da eficiência intrínseca do uso da água e menor transpiração, além de ter tornado a atividade enzimática eficiente, proporcionando economia energética.

Estudo realizado por Portela (2018) destaca que a utilização de Si em um programa de manejo de pragas do reduz a produção de ninfas e interfere nos aspectos biológicos do pulgão *Aphis craccivora* em feijão-caupi e de fava. O Si aplicado via foliar promoveu maiores

teores de antocianinas em cultivares de morango. A aplicação de Si foi também eficiente em manter a firmeza dos frutos de ambas as cultivares e os fatores de manutenção de qualidade pós colheita (Munaretto et al, 2018).

O Si pode ser uma alternativa para produtores de base ecológica que visam promover uma agricultura sustentável, principalmente para cultura do milho onde ataque de insetos, principalmente da espécie *Spodoptera frugiperda*. Produtos à base de Si torna a planta menos palatável aumentando o estresse alimentar acarretando em maiores taxas de canibalismo e mortalidade, promovendo a resistência natural das plantas de milho (Marchioro et al, 2019).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os avanços que os pesquisadores, produtores, alunos e profissionais vem obtendo na utilização de Si nas diferentes culturas no Brasil, com respostas positivas, possibilitará significativos ganhos de produtividades num futuro breve.

A ampliação de nossos conhecimentos sobre os efeitos benéficos do Si seja em relação a fontes, formas de aplicação, dosagens, absorção, transporte e acúmulo de Si em plantas superiores ampliam novos horizontes.

Novos estudos sobre as espécies que acumulam ou não Si, como são reguladas geneticamente as relações silício-solo-plantas precisam ser mais bem elucidadas. Assim como o papel bioquímico e estrutural do Si na preservação da forma celular e propriedades mecânicas e atuação na defesa contra os estresses bióticos e abióticos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adatia MH, Besford AT (1958). Os efeitos do silício em plantas de pepino cultivadas em solução nutritiva recirculante. *Revista de Botânica*, 58(3): 343-351.
- Ahmed M, Asif M, Hassan F (2014). Augmenting drought tolerance in sorghum by silicon nutrition. *Acta Physiol Plant*, 36: 473-483.
- Amin M, Ahmad R, Basra SMA, Murtaza G (2014). Silicon induced improvement in morpho-physiological traits of maize (*Zea Mays L.*) under water deficit. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 51(1): 187-196.
- Anderson DL (1991). Soil and leaf nutrient following application of calcium silicate slag to sugarcane. *Fertilizer Research*, 30(1): interactions 9-18.
- Artyszak A (2018). Effect of Silicon Fertilization on Crop Yield Quantity and Quality - A Literature Review in Europe. *Plants*, 7(54): 17.
- Athinarayanan J, Periasamy VS, Alhazmi M, Alatihah KA, Alshatwi AA (2015). Synthesis of

- biogenic silica nanoparticles from rice husks for biomedical applications. *Ceramics international*, 41(1): 275-281.
- Ávila FW, Guissan BJ, Marcelo RO, Santos FK (2010). Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado sob solução nutritiva. *Revista Ciência Agronômica*, 41(2): 184-190.
- Ayres AS (1966). Calcium silicate slag as a growth stimulant for sugarcane on low silicon soils. *Soil Science*, 101: 216-227.
- Aziz T, Gill MA, Rahmatullah (2002). Silicon nutrition and crop production: a review. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 39(3): 181-187.
- Bahia VG (1989). Escórias de siderurgia como corretivos da acidez do solo. Trabalhos em casa de vegetação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 24(4): 489-494.
- Bakhat HF, Hanstein S, Schubert S (2009). Optimal level of silicon for maize (*Zea mays* L. cv Amadeo) growth in nutrient solution under controlled conditions. *Proceedings of the 16th International Plant Nutrition Colloquium*, 4p.
- Banks HJ, Fields PG (1995). Stored-grain Ecosystems. In: Wrigley C, Corke H, Seetharaman K, Faubion J (eds). *Encyclopedia of food grains (2 ed)*, (1): 353-409.
- Barbosa Filho MP, Snyder GH, Prabhu AS, Datnoff LE, Korndörfer GH (2000). Importância do silício para a cultura do arroz (uma revisão de literatura). *Potafós: Informações Agronômicas*, 89: 1-8.
- Bauer P, Elbaum R, Weiss IM (2016). Calcium and silicon mineralization in land plants: transport, structure and function. *Plant Science*, 180: 746-756.
- Belanger RR, Benhamou N, Menzies JG (2003). Cytological evidence of an active role of silicon in wheat resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. tritici). *Phytopathology*, 93(4): 402-412.
- Bona, FD, Mori C, Wiethoiter S (2016). Manejo nutricional na cultura do trigo. *Informações Agronômicas*, 154(3): 1-16.
- Brasil (2004). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. *Inspeção e fiscalização na produção e comércio de fertilizantes*. MAPA: 4556.
- Brasil (2019). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 39, de 8 de agosto de 2018. *Inspeção e fiscalização na produção e comércio de fertilizantes*. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-39-2018-fert-minerais-versao-publicada-dou-10-8-2018.pdf>. (Acesso: 25/10/2019).
- Brassioli FB, Prado RM, Fernandes FM (2009). Avaliação agronômica da escória de siderurgia na cana-de-açúcar durante cinco ciclos de produção. *Bragantia*, 68(2): 381-

387.

- Brooks AS, Rozenwald MN, Geohring LD, Lion LW, Steenhuis TS (1999). Phosphorus removal by wollastonite: A constructed wetland substrate. *Ecological Engineering*, 15(2000): 121–132.
- Caires EG, Joris AW, Churka S (2011). Efeitos a longo prazo das adições de cal e gipsita em plantio direto, produtividade de milho e soja e produtividade de milho e soja e propriedades químicas do solo no sul do Brasil. *Rev Bras Ciência do Solo*, 27(2): 45-53.
- Carneiro ME, Magalhães WLE, Muñoz GIB, Nisgoski S, Satyanarayana KG (2015). Preparation and characterization of nano silica from *Equisetum arvense*. *Journal of Bioprocessing and Biotechniques*, 5(1): 7.
- Carvalho SK, Moraes JC, Carvalho JG (1999). Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). *Anais Sociedade Entomológica do Brasil*, 28: 515-510.
- Casarin V (2016). Dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta visando BPUFs. *Informações Agronômicas*, 164(7): 34-75.
- Castro GS, Mancuso A, Menegale MLC (2009). Silício: Interação com o sistema solo-planta. *Revista de Ciências Agronômicas*, 3(1): 435-454.
- Catani R, Arruda H, Pelegrino D, Bergamin Filho H (1959). A absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e silício pela cana de açúcar, Co 419, e o seu crescimento em função da idade. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz De Queiroz*, 16: 167-190.
- Chao YG, Nikolic M, Jun YM, Xi XZ, Chao LY (2018). Silicon acquisition and accumulation in plant and its significance for agriculture. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(10): 14.
- Chaves LHG, Farias CHA (2008). Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo e na disponibilidade de cálcio, magnésio e fósforo. *Revista Caatinga*, 21(5): 75-82.
- Chaves MRM, Dockal ER, Souza RC, Büchler PM (2009). Biogenic modified silica as a sorbent of cadmium ions: preparation and characterization. *Environmental Technology*, 30: 663-671.
- Correa RSB, Moraes JC, Auad AM, Carvalho GA (2005). Silicon and Acibenzolar-S-methyl as resistance inducers in cucumber against the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) Biotype B. *Neotropical Entomology*, 34(3): 429-433.
- Costa AR (2014). Nutrição mineral de plantas vasculares. (*Mestrado em Ciências*) Escola de ciências e tecnologias de Évora.139p.
- Cremonesi MV, Ramalho B, Golfetto P, Krepki LS, Pauletti V (2019). Marcha de absorção,



- taxa de acúmulo e exportação de micronutrientes e alumínio pelo tabaco (*Nicotianatabacum* L.). *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 18(1): 13-23.
- Crusciol CAC, Soratto RP, Castro GSA, Costa CHM, Ferrari Neto J (2013a). Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. *Revista Ciência Agronômica*, 44(2): 404-410.
- Crusciol CAC, Soratto RP, Castro GSA, Costa CHM, Ferrari Neto J (2013b). Leaf application of silicic acid to upland rice and corn. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(6): 2803-2808.
- Currie HA, Perry CC (2007). Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies. *Annals of Botany*, 100(7): 1383-1389.
- Curvelo, C. R. S.; Pereira, A. I. A. Desempenho agrônômico da soja submetida a aplicação de silício via foliar em ambiente protegido. VI Congresso Estadual de Iniciação Científica e Tecnológica do IF Goiano. 2017. 3p.
- Dalastra C, Oliveira H, Samir G, Huger J (2011). Silício como indutor de resistência no controle dos tripses. *Revista de Ciências Agrotecnologia*, 35(3): 531-538.
- Datnoff LEE, Rodrigues FA, Seebold KW (2001). Silício e nutrição de plantas. *Revista de Nutrição Mineral e Doença Vegetal*, 1(3): 233-246.
- Dechen AR, Nachtigall GR (2007). Micronutrientes. *Revista Nutrição mineral de plantas*, 13(3): 327-354.
- Elawad SH, Green Junior VE (1979). Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. *II Riso*, 28: 235-253.
- Epstein E (1994). The anomaly of silicon in plant biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(1): 11-17.
- Epstein E, Bloom AJ (2005). Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. *Revista Nutrição de plantas*, 34(6): 400-456.
- Faquin V (2005). Nutrição de plantas. *Informações Agronômicas*, 1(2):162-183.
- Fatinato DE (2018). Efeitos do vento sobre características estruturais, fisiológicas e bioquímicas de mudas de *Theobroma cacao* L. (malvaceae) e uso do silício como amenizador do estresse. Universidade Federal do Espírito Santo (Tese de Doutorado), 86p.
- Fassbender HW (1978). Química de solos com ênfase em solos da América Latina. *Revista de química do solo*, 2(1): 394-398.
- Fawe A, Menezes JG, Chérif M, Belanger RR (2001). Silício e a resistência nas dicotiledôneas. *Revista de Agricultura Elsevier*, 1(4): 380-403.

- Fázio PI, Gutierrez ASD (1989). Uso de corretivos de acidez do solo comercializados no Estado do Espírito Santo. EMCAPA (*Boletim Técnico*, 12), 27p.
- Felisberto G, Fehr RM, Godoy LJG, Felisberto PAC (2014). Filossilicatos: efeitos no crescimento e na nutrição de plantas de milho e no teor de silício do solo. *Agrarian Academy*, 1(2): 60-61.
- Fernandes L, Souza MG, Rosseto HL (2006). Método de extração de sílica da casca do arroz. *Revista de química*, 2(6): 160-163.
- Ferraz RLS, Beltrão NEM, Melo AS, Magalhães ID, Fernandes PD, Rocha MS (2014). Trocas gasosas e eficiência fotoquímica de cultivares de algodoeiro herbáceo sob aplicação de silício foliar. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(2): 735-748.
- Figueiredo FC, Botrel PP, Teixeira CP, Petrazzini LL, Locarno M, Carvalho JG (2010). Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(5): 1306-1311.
- Filgueiras O (2019). Silício na agricultura: mineral é usado para controlar pragas, aumentar produtividade e qualidade de produtos agrícolas. *Revista Pesquisa Fapesp*, 140(2): 72-74, 2007. Disponível em <<https://revistapesquisa.fapesp.br/2007/10/01/silicio-na-agricultura/>> (Acessado em 12 de abril de 2019).
- Fogaça JRV (2019). Silício. *Revista Brasileira de química*, 2(5): 345-367.
- Fonseca IM, Prado RM, Nogueira TAR, Souza FV, Romualdo LM (2007). Produção de massa seca de plantas de *Brachiaria* no segundo corte em função da aplicação de escória de siderurgia, calcário e nitrogênio. In: Simpósio brasileiro sobre silício na agricultura, 4., 2007. UNESP/FCA. *Anais*: 22-25.
- Fox RL, Silva JA, Younge OR, Plucknett DL, Sherman GD (1967). Soil and plant silicon and silicate response by sugar cane. *Soil Science Society of America Journal Abstract*, 31: 775-779.
- Freitas LB, Coelho EM, Maia SCM, Silva TRB (2011). Adubação foliar com silício na cultura do milho. *Revista Ceres*, 58(2): 262-267.
- Gasho GJ (2001). Fontes de silício para a agricultura. *Revista de Agricultura Elsevier*, 10(5): 197-208.
- Gomes AG, Gargantini H, Guimarães G, Wutke ACP (1962). Competição entre materiais corretivos (escórias de siderurgia x calcário) em solos de várzea do Vale do Paraíba. *Bragantia*, 21: 777-93.
- Gomes FB, Moraes JC, Santos CD, Goussain MM (2005). Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. *Scientia Agricola*, 62(6): 547-551.
- Gomes, FB, Moraes JC, Neri DKP (2009). Adubação com silício como fator de resistência

- a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, 33(1): 18- 23.
- Gomes LS, Furtado ACR, Souza MC (2019). A sílica e suas particularidades. *Revista Virtual Química*, 10(4): 22- 43, 2018. Disponível em <<http://rvq.s bq.org.br>> (Acessado em 13 de abril de 2019).
- Gong HJ, Chen KM (2012). The regulatory role of silicon on water relations, photosynthetic gas exchange, and carboxylation activities of wheat leaves in field drought conditions. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34(4): 1589–1594.
- Goussain MM, Moraes JC, Carvalho JG, Nogueira NL, Rossi ML (2002). Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepdoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, 31(2):: 305-310.
- Gratão PL, Polle A, Lea PJ, Azevedo RA (2005). Diminuição dos efeitos de metais pesados em plantas. *Revista Biologia Funcional das Plantas*, 32(7): 481-494.
- Greenwood NN, Earnshaw A (2002). *Chemistry of The Elements*. (2ed). Elsevier: United Kingdom, 1305p.
- Guimarães JEP (1958). *Problemas técnicos e econômicos da indústria e do consumo de corretivo de acidez no Estado de São Paulo*. 33p.
- Gunes A, Inal A, Bagci EG, Coban S (2007). Silicon-mediated changes on some physiological and enzymatic parameters symptomatic of oxidative stress in barley grown in sodic-B toxic soil. *Journal of Plant Physiology*, 164(6): 807-811.
- Gunes A, Pilbeam DJ, Inal A, Bagci EG, Coban S (2007). Influence of silicon on antioxidant mechanisms and lipid peroxidation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress. *Journal Plant Interactions*, 2: 105–113.
- Gunes A, Pilbeam DJ, Inal A, Coban S (2008). Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(13): 1885-1903.
- Guntzer F, Keller C, Meunier JD (2012). Benefits of plant silicon for crops: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(1): 201-213.
- Guntzer F, Keller C, Meunier JD (2012). Benefits of plant silicon for crops: a review. *Agronomy Sustainable*, 32: 201–213.
- Guo B, Liu C, Ding N, Fu Q, Lin Y, Li H, Li N (2016). Silicon alleviates cadmium toxicity in two cypress varieties by strengthening the exodermis tissues and stimulating phenolic exudation of roots. *Journal of Plant Growth Regulation*, 35(2): 420–429.

- Habibi G (2014). Silicon supplementation improves drought tolerance in canola plants. *Russian Journal Plant Physiology*, 61(6): 784–791.
- Hattori T, Inaga S, Araki H, An P, Morita S, Luxová M, Lux A (2005). Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor*. *Physiologia Plantarum*, 123(4): 459-466.
- Hattori T, Sonobe K, Inanaga S, An P, Tsuji W, Araki H, Eneji AE, Morita S (2007). Short term stomatal responses to light intensity changes and osmotic stress in sorghum seedlings raised with and without silicon. *Environmental and Experimental Botany*, 60(2): 177–182.
- Hernandez-Apaolaza L (2014). Can silicon partially alleviate micronutrient deficiency in plants? A review. *Planta*, 240: 447–458.
- Hodson MJ, White PJ, Mead A, Broadley MR (2005). Phylogenetic variation in the silicon composition of plants. *Annals of Botany*, 96(6): 1027–1046.
- Jian FM, Tamai K, Yamaji N (2006). A silicon transporter in rice. *Nature*, 440(7084): 688–691.
- Jones HP, Handreck KA (1967). Silica in soils, plants and animals. *Advances Agronomy*, 19: 107-149.
- Keeping MG (2017). Uptake of Silicon by Sugarcane from Applied Sources May Not Reflect Plant-Available Soil Silicon and Total Silicon Content of Sources. *Frontiers in Plant Science*, 8(760): 14.
- Keeping MG, Meyer JH (2006). Silício e a resistência das plantas. *Revista de Aplicação Agrícola*, 130(8): 410-420.
- Keeping MG, Reynolds OL (2009). Silício na agricultura: novos insights, novo significado e crescente aplicação. *Revista Anais de Biologia Aplicada*, 3(2): 153- 155.
- Keeping MG, Reynolds OL (2017). Silício na agricultura: Novos insights, novos significados e aplicações. *Revista de biologia aplicada*, 3(5): 153-154.
- Korndörfer GH, Datnoff L (1995). Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. *Informações Agronômicas*, 70: 1-3.
- Korndörfer GH (2006). Eficiência do silício como corretivo de solo. *Revista Campo e Negócios*, 1(42): 84- 85.
- Korndörfer GH, Gascho GJ (1999). Avaliação de fontes de silício para o arroz. *Revista Brasileira de Arroz*, 3(1): 313-316.
- Korndörfer, G. H.; Pereira, H. S.; Camargo, M. S. Silicatos de cálcio e magnésio. (GPSi-IACIAG-UFU, *Boletim Técnico*, 1), 23p.
- Korndörfer GH, Snyder GH, Ulloa M, Powel G, Datnoff LE (2007). Análises de silício na

- planta de arroz. *Revista Nutrição de Plantas*, 3(1): 171-184.
- Korndörfer GH, Arantes VA, Corrêa GF, Snyder GH (1999). Efeito da aplicação de silicato de cálcio em solos cultivados com arroz de sequeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23(3): 635-641.
- Korndörfer GH, Lepsch I (2001). Effect of silicon on plant growth and yield. In: Datnoff L E, Korndörfer GH, Snyder GH (eds.). *Silicon in agriculture*, 1: 133-147.
- Korndörfer GH, Snyder GH, Uchoa G, Datnoff LE (2001). Calibration of soil and plant silicon analysis for rice production. *Journal of Plant Nutrition*, 24: 1071-1084.
- Korndörfer GH, Pereira HS, Nolla A (2003). Análise de silício: solo, planta e fertilizante. (GPSi- IACIAG-UFU, *Boletim Técnico*, 2), 34p.
- Lana RMQ, Korndörfer GH, Zanao Junior L, Silva AF, Lana AMQ (2003). Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. *Bioscience Journal*, 19: 15-20.
- Liang YC, Sun WC, Zhu YG, Christie P (2007). Mechanisms of silicon mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. *Environmental Pollution*, 147: 422-428.
- Liang Y, Nikolic M, Belanger R, Gong H (2015). Silicon sources for agriculture. *Silicon in Agriculture*, 1: 225-232.
- Lima Filho OF (2009). *História e uso do silicato de sódio na agricultura*. Embrapa Agropecuária Oeste, 112 p.
- Lima Filho OF, Lima MTG, Tsai SM (1999). O silício na agricultura. *Informações Agronômicas*, 87: 1-7.
- Liu HX, Guo ZG (2013). Forage yield and water use efficiency of alfalfa applied with silicon under water deficit conditions. *The Philippine Agricultural Scientist*, 96(4): 370-376.
- Lorini I, Ferreira AF, Dememan NA, Martins RRD (2011). Terra de diatomáceas como alternativa no controle de pragas de milho armazenado em propriedade familiar. *Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, 2(4): 32-36.
- Ludwig F, Behling A, Schmitz JAK (2015). Silício na produção e qualidade fitossanitária do tomate (*Lycopersicon esculentum*). *Scientia Agraria Paranaensis*, 14(1): 60-66.
- Luz JM, Guimarães STMR, Korndörfer GH (2006). Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício. *Horticultura Brasileira*, 24: 295-300.
- Ma CC, Li QF, Gao YB, Xin TR (2004). Effects of silicon application on drought resistance of cucumber plants. *Journal Soil Science Plant Nutrition*, 50(5): 623-632.
- Ma, JF (2009). Silicon uptake and translocation in plants. In: *Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI, Department of Plant Sciences*, 7p.

- Ma JF, Takashi E (2002). Efeitos do silício na produção de pepinos. *Revista de Ciências do Solo e Nutrição de Plantas*, 29(3): 71-83.
- Ma JF, Takashi E, Datnoff LE, Snyder GH, Korndörfer GH (2001). Silício na agricultura. *Revista Nutrição Vegetal*, 3(1): 17-39.
- Ma, JF, Yamaji N (2008). Funções e transporte de silício nas plantas. *Revista Ciências da vida Celular e Molecular*, 1(1): 349- 350.
- Madeiros LB, Vieira AO, Aquino BF (2009). Micronutrientes e silício nas folhas da cana-de-açúcar: escória siderúrgica aplicado no solo. *Engenharia Ambiental*, 6(1): 027-037.
- Malavolta, E (2006). *Manual de nutrição mineral de plantas*. Editora Ceres, 631p.
- Malvezi KED, Zano Júnior LA, Müller L, Rosa FRT, Oliveira JCS, Tullio GF (2015). Dinâmica de nutrientes do solo em sistema de plantio direto. *Acta Iguaçu*, 4(3): 10-30.
- Manechini C, Donzelli JL (1984). *Recomendação da adubação e calagem com base na análise e características dos solos: princípios e aplicações*. Copersucar.
- Marafon AC, Endres L (2011). Adubação silicatada em cana-de-açúcar. Embrapa Tabuleiros Costeiros (*Documentos*, 165), 46 p.
- Marchioro ST, Pomari AF, Fernandes ACPP, Sebben MF (2019). Mortalidade e Canibalismo de *Spodoptera frugiperda* em Milho Tratado com Silício. *Revista Cadernos de Agroecologia*, 14(1): 12-16.
- Matichenkov V, Bocharnikova E (2004). Si in horticultural industry. *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops*, 2: 217–228.
- Matychenkov VV, Snyder GS (1996). Mobile silicon-bound compounds in some soils of Southern Florida. *Eurasian Soil Science*, 12: 1165–1173.
- Meena VD, Dotaniya ML, Coumar V, Rajendiran S, Kundu S, Rao AS (2014). A Case for Silicon Fertilization to Improve Crop Yields in Tropical Soils. *Biological Sciences*, 84(9): 505-518.
- Meharg C, Meharg AA (2015). Silicon, the silver bullet for mitigating biotic and abiotic stress, and improving grain quality, in rice? *Environ. Exp. Bot.* 120: 8–17.
- Mendes LS, Souza CHE, Machado VJ (2011). Adubação com silício: influência sobre o solo, planta, pragas e patógenos. *Revista do Centro Universitário de Patos de Minas*, 2(1): p. 51-63.
- Ming DF, Pei ZF, Naeem MS, Gong HJ, Zhou WJ (2012). Silicon alleviates peg-induced water-deficit stress in upland rice seedlings by enhancing osmotic adjustment. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 198: 14–26.
- Miranda GB, Valadares Junior R, Moraes WB, Cardoso CR, Jesus Junior WC, Silva MVDA



- (2008). Manejo Integrado da Pinta Preta do Tomateiro com o Uso de Silício e Fungicidas. In: *Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. Anais*, 3p.
- Miranda L, Silva P, Moraes TR, Santos JRE, Carvalho F D, Viana L, Pardo J, Maluf RP (2018). Aplicação de silício na cultura do milho. *Revista Ciência Agroambientais*, 14(2): 1-6.
- Mitani N, Jian FM, Iwashita T (2005). Identification of the silicon form in xylem sap of rice (*Oryza sativa* L.). *Plant and Cell Physiology*, 46(2): 279–283.
- Moreira AR, Fagan EB, Martins KV, Souza CHE (2010). Resposta da cultura da soja a adubação de silício foliar. *Bioscience Journal*, 26(3): 413-423.
- Munaretto LM, Botelho RV, Resende JTV, Schwarz K, Sato AJ (2018). Productivity and quality of organic strawberries pre-harvest treated with silicon. *Horticultura Brasileira*, 36: 040-046.
- Munaro MF, Simonetti APMM (2016). Aplicação foliar de silício no milho 2 a safra: Influência na produtividade. *Revista Cultivando o Saber*, 9(4): 559-568.
- Myake KL, Takashi E (1983). Solo fertilizado e reserva de silício em plantas. *Revista Kyoto*, 5(2): 112-123.
- Ning D, Liang Y, Liu Z, Xiao J, Duan A (2016). Impacts of Steel-Slag-Based Silicate Fertilizer on Soil Acidity and Silicon Availability and Metals-Immobilization in a Paddy Soil. *Plos One*, 11(12): 15.
- Pelúzio JM, Fidelis RR, Almeida Júnior AJ, Santos GR, Didonet J (2008). Comportamento de cultivares de soja sob condições de várzea irrigada no sul do estado do tocamtins, entressafra 2005. *Bioscience Journal*, 24(1): 75-80.
- Pereira HS, Barbosa NC, Carneiro MAC, Korndörfer GH (2007). Avaliação de fontes e de extratores de silício no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(2): 239-247.
- Pereira HS, Barbosa NC, Carneiro MAC, Korndörfer GH (2007). Avaliação de fontes e de extratores de silício no solo. *Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(2): 239-247.
- Pereira PJ, Rezende PM, Malfitano SC, Lima RK, Corrêa LVT, Carvalho ER (2007). Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja. *Revista de Ciência e Agrotecnologia*, 34(4): 908-913.
- Permatasari N, Suchahya TN, Nandiyanto ABD (2016). Review: Agricultural Wastes as a Source of Silica Material. *Indonesian Journal of Science & Technology*, 1(1): 82-106.
- Perry CC, Keeling-Tucker T (2003). Model studies of colloidal silica precipitation using biosilica extracts from *Equisetum telmateia*. *Colloid and Polymer Science*, 281: 652-664.



- Piau WC (1995). Efeitos de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (*Zea mays* L.). CENA/USP (*Tese Doutorado*), 124p.
- Piau WC (1991). Viabilidade do uso das escórias como corretivo e fertilizante. CENA/USP (*Tese Mestrado*), 99p.
- Portela GLF (2018). Indutores de resistência ao pulgão *Aphis craccivora* Koch, 1854 em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*( L.) Walp e fava. Universidade Federal do Piauí. (*Tese Doutorado*), 66 p.
- Prado RM, Fernandes FM (2001). Resposta da cultura da cana-de-açúcar à aplicação de escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25: 201-209.
- Prado RM, Fernandes FM (2001). Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(9): 1199-1204.
- Pulz AL, Cruscicol CAC, Lemos LB, Soratto RP (2008). Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. *Revista Ciência do Solo*, 3(1): 151-159.
- Queiroz DL, Camargo JMM, Dedecek RA, Oliveira EB, Zano KMR, Melido RCN (2018). Absorção e translocação de silício em mudas de *Eucalyptus camaldulensis*. *Revista Ciência Florestal*, 28(1): 632-640.
- Raid RN, Anderson DL, Ulloa MF (1992). Influence of cultivar and amendment of soil with calcium silicate slag on foliar disease development and yield of sugar cane. *Crop Protection*, 11: 84-88.
- Raij BV, Camargo AO (1973). Sílica solúvel em solos. *Bragantia*, 32(11): 223-236.
- Ramos LA, Korndörfer GH Nolla A (2008). Acúmulo de silício em plantas de arroz do ecossistema de várzea submetido à aplicação de diferentes fontes. *Bragantia*, 67(3): 751-757.
- Reis MA, Arf O, Silva MG, Sá ME, Buzetti S (2008). Aplicação de silício em arroz de terras altas irrigado por aspersão. *Acta Scientiarum Agronomy*, 30(1): 37-43.
- Reynolds OL, Padula MP, Zeng R, Gurr GM (2016). Silicon: potential to promote direct and indirect effects on plant defense against arthropod pests in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 7(744): 13.
- Rodrigues FA, Oliveira LA, Korndörfer AP, Korndörfer GH (2011). Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. *Revista de Informações Agronômicas*, 1(134): 14-20.
- Roldi M, Dias-Arieira CR, Dorigo OF, Silva AS, Machado ACZ (2015). Controle de

- Meloidogyne paranaensis em cafeeiro mediado pela aplicação de silício. *IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, 4p.
- Ronda L, Bruno S, Campanini B, Mozzarelli B, Abbruzzetti A, Viappiani C, Cupanee A, Levantino M, Bettati S (2015). Immobilization of Proteins in Silica Gel: Biochemical and Biophysical Properties. *Current Organic Chemistry*, 19(1): 17.
- Sá FVS, Araújo JL, Oliveira FS, Silva LA, Moreira RCL, Silva Neto AN (2015). Influence of silicon in papaya plant growth. *Científica*, 43(1): 77–83.
- Sangster AG (1978). Silicon in roots of higher plants. *American Journal of Botany*, 65: 929–935.
- Santos LCA, Moura SR, Barreto LP (2013). Efeito da salinidade sobre o crescimento inicial e nutrição mineral de algaroba (prosopis juliflora) submetida à aplicação de silício. *XIII Jornada de ensino, pesquisa e extensão – JEPEX*. 3p.
- Santos MMM (2018). Biofortificação do tomateiro com silício via pulverização foliar com diferentes fontes. UEP/FCAV (*Tese de Mestrado*), 42p.
- Saud S, Li X, Chen Y, Zhang L, Fahad S, Hussain S, Sadiq A, Chen Y (2014). Silicon application increases drought tolerance of Kentucky Bluegrass by improving plant water relations and morphophysiological functions. *The Science World Journal*, 2014: 10.
- Savio FL, Silva GC, Teixeira IR, Borém A (2011). Produção de biomassa e conteúdo de silício em gramíneas forrageiras sob diferentes fontes de silicato. *Revista Ciências Agrárias*, 32(1): 103-110.
- Sena, M. C.; Castro, S. H (2010). Legislação e fiscalização do uso de silício na agricultura. In: *Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura*, 5, Anais: 183-202.
- Sengik ES (2003). Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas. *Revista Ciências Agrárias*, 1(2): 22-46.
- Shen XF, Zhou YY, Duan LS, Li ZH, Eneji AE, Li JM (2010). Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. *Journal Plant Physiol*, 167: 1248–1252.
- Shi Y, Zhang Y, Han W, Feng R, Hu Y, Guo J, Gong H (2016). Silicon enhances water stress tolerance by improving root hydraulic conductance in *Solanum lycopersicum* L. *Frontiers in Plant Science*, 7(196): 15.
- Shim J, Velmurugan P, Oh BT (2015). Extraction and physical characterization of amorphous silica made from corn cob ash at variable pH conditions via sol gel processing. *Journal Of Industrial And Engineering Chemistry*, 30: 249-253.
- Soratto RP, Crusciol CAC, Castro GSA, Costa CHM, Ferrari Neto J (2012). Leaf application of silicic acid to white oat and wheat. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36: 1538-1544.

- Souza EA, Moraes JC, Amaral JL, Liberato RD, Bonelli EA, Lima LR (2009). Efeito da aplicação de silicato de cálcio em *Brachiaria rizantha* cv. marandu sobre a população de ninfas do percevejo castanho das raízes *Scaptocoris carvalhoi* Becker, 1967, características químicas do solo, planta e produção de matéria seca. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(6): 1518-1526.
- Souza JPF, Martins GLM, Pereira AC, Binotti FFS, Maruyama WI (2015). Efeito de silicato de cálcio e magnésio no crescimento inicial de milho transgênico. *Revista de Agricultura Neotropical*, 2(3): 13–17.
- Taiz L, Zeiger E (2010). Fisiologia vegetal envolvendo silício. *Revista de fisiologia vegetal*. 8(2): 72-81.
- Tamai K, Ma JF (2003). Characterization of silicon uptake by rice roots. *New Phytologist*, 158(3): 431–436.
- Tavares LC, Fonseca DAR, Rufino CA, Oliveira S, Brunos AP, Villela FA (2014). Adubação silicatada em trigo: qualidade e rendimento de sementes. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 113(1): 94-99.
- Tubana BS, Babu T, Datnoff LE (2016). A Review of Silicon in Soils and Plants and Its Role in US Agriculture: History and Future Perspectives. *Soil Science*, 181(9): 10.
- Ueno RK, Neumann M, Marafon F, Basi S, Rosário JG (2011). Dinâmica dos nutrientes do solo em áreas destinadas à produção de milho para forragem. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, 4(1): 182–203.
- Usman AM, Raji A, Waziri NH, Hassan MA (2014). A Study on silica and alumina potential of the savannah bagasse ash. *Journal Of Mechanical And Civil Engineering*, 11(3): 48-52.
- Vaibhav V, Vijayalakshmi U, Roopan SM (2014). Agricultural waste as a source for the production of silica nanoparticles. *Spectrochimica acta part A. Molecular And Biomolecular Spectroscopy*, 139: 515-520.
- Velmurugan P, Shim J, Lee KJ, Cho M, Lim SS, Seo SK, Cho KM, Bang SK, Oh BT (2015). Extraction, characterization, and catalytic potential of amorphous silica from corn cobs by sol-gel method. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 29: 298-303.
- Vilela H, Andrade RA, Vilela D (2019). Efeito de níveis de Silmag (Silicato) sobre a correção do solo, produção e valor nutritivo do Capim Elefante Paraíso (*Pennisetum hybridum*). *Agronomia o portal da ciência e tecnologia*. Disponível em [http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos\\_efeitos\\_niveis\\_silmag.htm](http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_efeitos_niveis_silmag.htm) (Acesso em: 23/10/2019).
- Vitti GC, Domeniconi CG (2014). Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta.

*Revista FUNEP*. 10(4): 32-37.

- Vivancos J, Labbe C, Menzies JG, Belanger RR (2015). Silicon-mediated resistance of *Arabidopsis* against powdery mildew involves mechanisms other than the salicylic acid (SA)-dependent defence pathway. *Molecular Plant Pathol*, 16: 572–582.
- Wattanasiriwech S, Wattanasiriwech D, Svasti J (2010). Production of amorphous silica nanoparticles from rice straw with microbial hydrolysis pretreatment. *Journal of non-crystalline solids*, 356(25): 1228-1232.
- Wutke ACP, Gargantini H (1962). Avaliação das possibilidades de escórias de siderurgia como corretivos da acidez do solo. *Bragantia*, 21: 795-805.
- Yamaji N, Mitatni N, Jian FM (2008). A transporter regulating silicon distribution in rice shoots. *The Plant Cell*, 20(5): 1381–1389.
- Yin LN, Wang SW, Li JY, Tanaka K, Oka M (2013). Application of silicon improves salt tolerance through ameliorating osmotic and ionic stresses in the seedling of *Sorghum bicolor*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(11): 3099–3107.
- Yu Z, Zhang YF (2004). Silício como agente contra salinização em pepinos. *Revista Planta e Ciência*, 167(564): 345-367.
- Zhang Q, Yan C, Liu J, Lu H, Duan H, Du J, Wang W (2014). Silicon alleviation of cadmium toxicity in mangrove (*Avicennia marina*) in relation to cadmium compartmentation. *Journal of Plant Growth Regulation*, 33(2): 233–242.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

adaptação..... 13, 22, 52, 53, 93, 98  
 ametista..... 103, 105, 106, 107, 108  
 Arecaceae..... 75, 80, 81

### B

biometria.....33, 36  
 brotação..38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46,  
 47, 48  
*Butia capitata*..... 75, 76, 77, 78, 79, 80  
*Butia Capitata* (Mart)..... 75

### C

cerrado ... 37, 38, 47, 49, 75, 76, 84, 87, 89,  
 90, 117, 120  
 cloreto de sódio..... 53, 54, 55, 56, 60, 61  
 coquinho-azedo.....75, 77, 79, 80

### D

dormência das sementes.....76, 79

### E

escarificação física .....75, 76, 77, 78  
 estresse abiótico..... 53

### F

fenologia ..... 31, 32, 38, 43, 50, 51  
 fitomassa..... 11, 15, 17, 70, 123  
 floração ..26, 33, 34, 38, 39, 41, 42, 43, 44,  
 45, 46, 47, 48

### G

germinação .. 27, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60,  
 61, 62, 63, 75, 77, 78, 79, 80, 81  
*Glycine max*..... 63, 82, 90, 92, 103  
 guaco .....7, 8, 13, 15, 17

### H

*Hancornia speciosa* Gomes ..... 18, 30, 31, 32,  
 33, 34, 49, 50, 51  
 híbrido.....95, 96, 97, 100, 116, 124

### M

mangaba. 18, 19, 22, 23, 24, 25, 29, 30, 31,  
 32, 34, 38, 45, 49, 50

milho.... 90, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 100,  
 101, 109, 110, 112, 116, 118, 122, 123,  
 124, 125, 127, 129, 130, 132, 134, 135,  
 137

### N

NaCl..53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63

### P

palmeiras ..... 75, 81  
 pirênio..... 76, 77  
 Pirênio ..... 77  
 pó de basalto..92, 93, 95, 98, 99, 100, 101,  
 107, 108  
 produção de frutos ..21, 22, 23, 24, 25, 26,  
 27, 29, 30, 36, 44  
 produtividade..... 13, 19, 22, 23, 25, 26, 27,  
 53, 61, 64, 65, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89,  
 93, 94, 98, 99, 104, 106, 107, 109, 113,  
 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122,  
 123, 124, 127, 129, 130, 132, 134, 135  
 proteína .....52, 104, 106, 107

### Q

qualidade da luz..... 13  
 qualidade fisiológica.....52, 56, 61, 62, 123

### S

safrinha.....92, 93, 95, 97, 98, 100, 124  
 salinidade.....53, 54, 57, 59, 60, 62, 71, 72,  
 109, 122, 136  
 sementes 21, 29, 33, 34, 38, 50, 52, 53, 54,  
 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 75,  
 76, 77, 78, 79, 80, 81, 85, 89, 90, 94, 95,  
 98, 100, 105, 122, 123, 137  
 soja...52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62,  
 63, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93,  
 94, 95, 98, 99, 100, 103, 104, 105, 106,  
 107, 108, 109, 115, 121, 123, 127, 128,  
 134  
 superação de dormência ..... 75, 77, 78, 80

### V

vigor..... 53, 60, 61, 62, 63, 80



## **Alan Mario Zuffo**

Graduado em Agronomia pela UNEMAT. Mestre em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) UFPI. Doutor em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) UFLA. Pós-Doutorado em Agronomia na UEMS. Prof. UFMS em Chapadão do Sul.



## **Jorge González Aguilera**

Graduado em Agronomia pelo ISCA-B (Cuba). Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (Cuba). Mestrado em Fitotecnia e Doutorado em Genética e Melhoramento pela UFV e Pós-Doutorado na Embrapa Trigo. Prof. UFMS em Chapadão do Sul.

ISBN 978-659912086-2



### **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)