

# **PESQUISAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**

## **VOLUME X**



**Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera**  
Organizadores

**Alan Mario Zuffo**  
**Jorge González Aguilera**  
Organizador

**Pesquisas agrárias e ambientais**  
**Volume X**



Pantanal Editora

2022

Copyright© Pantanal Editora

**Editor Chefe:** Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

**Editores Executivos:** Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

**Diagramação:** A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

### Conselho Editorial

#### Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos  
Profa. Msc. Adriana Flávia Neu  
Profa. Dra. Allys Ferrer Dubois  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior  
Profa. Msc. Aris Verdecia Peña  
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva  
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo  
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu  
Prof. Dr. Carlos Nick  
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos  
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva  
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos  
Prof. Msc. David Chacon Alvarez  
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira  
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira  
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão  
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins  
Prof. Dr. Fábio Steiner  
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza  
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez  
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles  
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira  
Prof. Msc. Javier Revilla Armesto  
Prof. Msc. João Camilo Sevilla  
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales  
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski  
Prof. Msc. Lucas R. Oliveira  
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela  
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez  
Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann  
Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior  
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos  
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla  
Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira  
Profa. Msc. Núbia Flávia Oliveira Mendes  
Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira  
Profa. Dra. Patrícia Maurer  
Profa. Msc. Queila Pahim da Silva  
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty  
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke  
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes  
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)  
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos  
Msc. Tayronne de Almeida Rodrigues  
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca  
Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira  
Profa. Dra. Yilan Fung Boix  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

#### Instituição

OAB/PB  
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã  
UO (Cuba)  
IF SUDESTE MG  
Facultad de Medicina (Cuba)  
ISCM (Cuba)  
UFESSPA  
UEA  
UNEMAT  
UFV  
AJES  
UFGD  
UEMS  
IFPA  
UNICENTRO  
IFMT  
UFMG  
URCA  
ISEPAM-FAETEC  
IFG  
UEMS  
UFF  
(Colômbia)  
UNAM (Peru)  
IFRR  
UCG (México)  
Mun. Rio de Janeiro  
UNMSM (Peru)  
UFMT  
Mun. de Chap. do Sul  
IFPR  
Tec-NM (México)  
Consultório em Santa Maria  
UFJF  
UEG  
FAQ  
UNAM (Peru)  
SEDUC/PA  
IFB  
IFPA  
UNIPAMPA  
IFB  
UO (Cuba)  
UFMS  
UFPI  
UFG  
UEMA  
IFB  
  
UFPI  
FURG  
UO (Cuba)  
UFT

Conselho Técnico Científico  
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior  
- Esp. Maurício Amormino Júnior  
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
P472	Pesquisas agrárias e ambientais [livro eletrônico] : volume X / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2022. 177p.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-65-5872-269-4 DOI <a href="https://doi.org/10.46420/9786558722694">https://doi.org/10.46420/9786558722694</a>  1. Ciências agrárias – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. CDD 630
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

**Pantanal Editora**

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

## Apresentação

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book “Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume X” é a continuação de uma série de volumes de e-books com trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas e animais. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas:

mapeamento do estande e distribuição longitudinal de plantas de milho; variabilidade espacial da fertilidade do solo antes e após aplicação de calcário para o cultivo da soja; variabilidade espacial de micronutrientes catiônicos do solo; variabilidade espacial da fertilidade do solo e mapas de recomendação; modelagem estatística utilizando o método de heatmap para a avaliação da cultura da laranja irrigada com água residuária; água tratada magneticamente na cultura da alface e do rabanete; omissão de Nutrientes em Espécies Florestais Nativas do Brasil; água tratada magneticamente estimula a produtividade do rabanete e da alface; plantas medicinais e seu potencial controle sobre patógenos de culturas agrícolas; melhoramento genético do feijão-fava (*Phaseolus Lunatus*); seletividade de inseticidas a *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), alterações morfológicas em variedades de cana-de-açúcar induzidas pela restrição hídrica. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e do ambiente, 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 e Ciências Ambientais Volume X, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este ebook possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Os organizadores

## Sumário

<b>Apresentação</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo I</b>	<b>6</b>
Plantas medicinais e seu potencial controle sobre patógenos de culturas agrícolas	6
<b>Capítulo II</b>	<b>20</b>
Melhoramento Genético do Feijão-fava ( <i>Phaseolus Lunatus</i> )	20
<b>Capítulo III</b>	<b>51</b>
Seletividade de inseticidas a <i>Trichogramma Pretiosum</i> Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de <i>Helicoverpa Armigera</i> (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)	51
<b>Capítulo IV</b>	<b>66</b>
Alterações morfológicas em variedades de cana-de-açúcar induzidas pela restrição hídrica	66
<b>Capítulo V</b>	<b>88</b>
Mapeamento do estande e distribuição longitudinal de plantas de milho	88
<b>Capítulo VI</b>	<b>96</b>
Variabilidade espacial da fertilidade do solo antes e após aplicação de calcário para o cultivo da soja	96
<b>Capítulo VII</b>	<b>108</b>
Variabilidade espacial de micronutrientes catiônicos do solo	108
<b>Capítulo VIII</b>	<b>118</b>
Variabilidade espacial da fertilidade do solo e mapas de recomendação	118
<b>Capítulo IX</b>	<b>127</b>
Modelagem estatística utilizando o método de <i>heatmap</i> para a avaliação da cultura da laranja irrigada com água residuária	127
<b>Capítulo X</b>	<b>137</b>
Omissão de Nutrientes em Espécies Florestais Nativas do Brasil	137
<b>Capítulo XI</b>	<b>151</b>
Água tratada magneticamente estimula a produtividade do rabanete	151
<b>Capítulo XII</b>	<b>159</b>
Impacto da irrigação com água tratada magneticamente na alface lisa	159
<b>Capítulo XIII</b>	<b>168</b>
Produtividade da alface crespa é impactada pelo uso de água tratada magneticamente	168
<b>Índice Remissivo</b>	<b>175</b>
<b>Sobre os organizadores</b>	<b>177</b>

# Variabilidade espacial de micronutrientes catiônicos do solo<sup>1</sup>

Recebido em: 09/03/2022

Aceito em: 14/03/2022

 10.46420/9786558722694cap7

Karina Maraschi Pereira<sup>2</sup> 

Jorge Wilson Cortez<sup>3\*</sup> 

Realdo Felix Cervi<sup>4</sup> 

Salvio Napoleão Soares Arcoverde<sup>5</sup> 

## INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma cultura de grande importância socioeconômica para o Brasil (Dalchiavon et al., 2012). Nesse cenário, o sistema de produção de grãos no Brasil vem experimentando profunda transformação com a adoção de tecnologias e ferramentas envolvidas no gerenciamento da propriedade rural (Trentin et al., 2018). Sendo assim, o estudo da variabilidade espacial da fertilidade do solo de uma propriedade agrícola é uma excelente ferramenta, pois gera informações importantes para o estabelecimento de estratégias de manejo de fertilizantes e corretivos (Burrough et al., 1996).

Uma das opções de manejo utilizadas para minimizar os efeitos da variabilidade na produtividade das culturas é a adoção da agricultura de precisão (AP), que representa um conjunto de técnicas e procedimentos utilizados para que os sistemas de produção agrícola sejam otimizados, tendo como objetivo principal o gerenciamento da variabilidade espacial (Molin, 2000).

A variabilidade espacial do solo é uma consequência de complexas interações dos fatores e processos de sua formação, sendo influenciada pelas práticas de manejo e pelas culturas (Li et al., 2007; Zanão Junior et al., 2007; Chaves e Faria, 2009; Gontijo et al., 2012; Rutkowska et al., 2014). Estas influenciam as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, causando alterações no movimento e

---

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado em Agronomia do primeiro autor.

<sup>2</sup> Enga. Agra. Mestre em Agronomia. Egressa da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Rodovia Dourados-Itahum km 12, Cidade Universitária, Dourados/MS, Brasil.

<sup>3</sup> Eng. Agr. Doutor, Professor, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Rodovia Dourados-Itahum km 12, Cidade Universitária, Dourados/MS, Brasil.

<sup>4</sup> Eng. Agr. Mestre em Agronomia. Egresso da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Rodovia Dourados-Itahum km 12, Cidade Universitária, Dourados/MS, Brasil.

<sup>5</sup> Eng. Agríc. e Ambiental, Doutor, Professor Visitante, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Rodovia Dourados-Itahum km 12, Cidade Universitária, Dourados/MS, Brasil.

\* Autor correspondente: jorgecortez@ufgd.edu.br

na redistribuição de compostos mais solúveis e, portanto, na variabilidade dos índices de pH do solo e dos seus de micronutrientes (Zanão Junior et al., 2007).

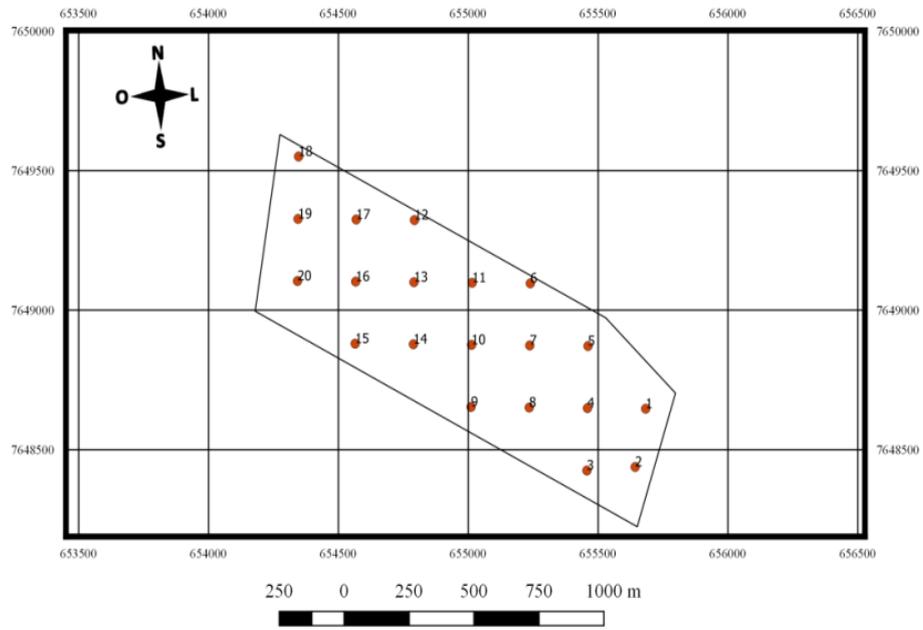
Apesar dos benefícios das tecnologias de AP, estas ainda são pouco utilizadas em algumas regiões do Brasil, tendo como principais motivos da baixa utilização, a amostragem de solo em grade e a adubação a taxa variada a lanço. Esse tipo de amostragem pressupõe que há dependência espacial dos parâmetros de solo analisados, dentro da área trabalhada (Soares Filho e Cunha, 2015). Os solos de Cerrado se caracterizam pela baixa fertilidade natural e necessitam da aplicação de altas doses de corretivos e de fertilizantes para garantir a obtenção de boa produtividade. Nesse contexto, a utilização correta de micronutrientes é imprescindível para a maximização dos macronutrientes, resultando em nutrição mineral adequada (Vitti e Grandó Junior, 2006). Contudo, poucas informações são disponíveis sobre a variabilidade espacial de micronutrientes (Gontijo et al., 2012).

Portanto, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial e disponibilidade de micronutrientes do solo (Fe, Cu, Mn, Zn) e pH em  $\text{CaCl}_2$  ao longo da área de estudo por meio de mapas bidimensionais.

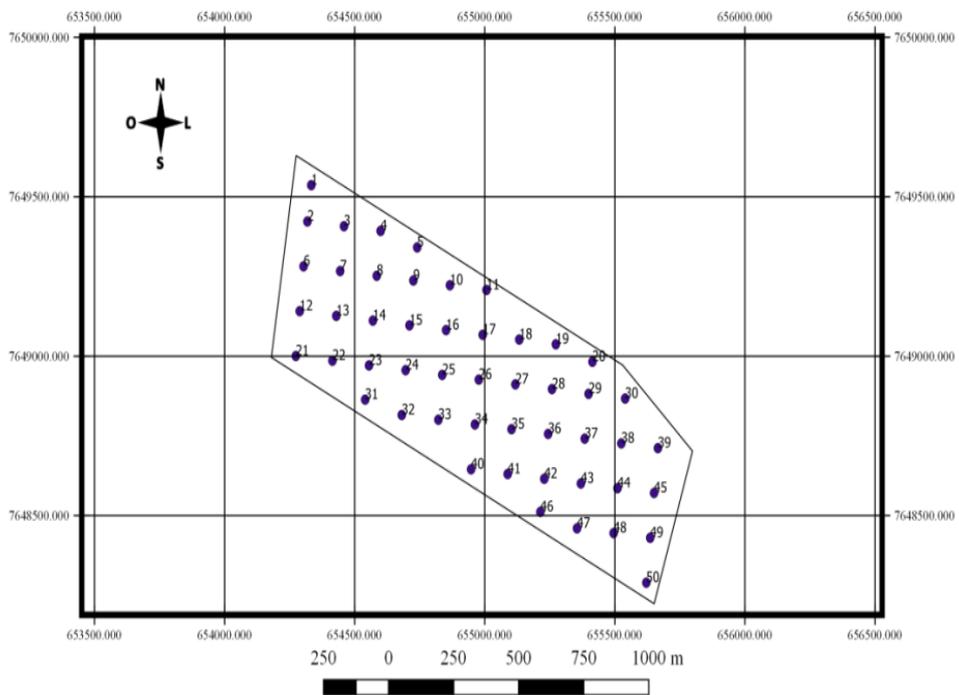
## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado na Fazenda Água Santa, localizada no município de Maracaju - MS, Brasil. Na latitude de  $-21^\circ 25' \text{ S}$  e longitude de  $-55^\circ 49' \text{ W}$ , fuso horário 21S, e altitude de 380 m acima do nível do mar. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Am (tropical de monções), com precipitações médias anuais de 1200 mm; temperaturas máximas e mínimas de  $33^\circ\text{C}$  e  $19,6^\circ\text{C}$ , respectivamente. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (Santos et al., 2018), textura argilosa, com sua caracterização física na camada de 0,00 a 0,20 m composta por 56,8% de argila, 16,3% de Silte e 26,9% de Areia.

A área experimental vinha sendo explorada com pecuária, com bovinocultura de corte por mais de 40 anos. Com vegetação pastagem predominante a *Brachiaria humidicola*. Selecionou-se uma área de aproximadamente 100 ha, sendo alocados (20) pontos amostrais compostos, com grid de 5 ha (Figura 1). A coleta no grid de 5 ha foi realizada no dia 10/04/2018, com amostrador de rosca acoplado a veículo motorizado, sendo ao redor de cada ponto amostral retiradas 12 subamostras na profundidade de 0,00-0,20 m, cujos dados médios estão na Tabela 1.



(a)



(b)

**Figura 1.** Área e grade amostral inicial de 5 ha (a) e após a aplicação de calcário, grid a cada 2 ha (b).  
Fonte: os autores.

**Tabela 1.** Análise química de alguns atributos do solo em 10/04/2018 e 01/11/2018 (Média). Fonte: os autores.

pH em CaCl <sub>2</sub>	M.O (g dm <sup>-3</sup> )	SB %	CTC (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	V %	H+Al	Fe	Cu	Mn	Zn
					-----mg dm <sup>-3</sup> -----				
10/04/2018									
5,01	40,15	51,05	109,03	46	52,95	78,33	8,91	98,48	1,08
01/11/2018									
5,32	42,4	51,13	114,4	44	55,89	104,52	14,10	98,49	1,09

pH: Acidez; M.O: Matéria Orgânica; CTC: Capacidade de troca de cátions; V: Saturação por Bases; H+Al: Acidez Potencial; Fe: Ferro; Cu: Cobre; Mn: Manganês; Zn: Zinco.

Com os dados da análise de solo, da coleta do dia 10/04/2018, foram elaborados mapas de recomendação de calagem tendo como critério a recomendação pela Fundação MS em que deve-se elevar saturação por bases a 70% em solos argilosos, com CTC entre 8 e 11 cmol dm<sup>-3</sup>, nível bom de matéria orgânica e níveis altos de Zn, Cu e Mn, considerando-se o PRNT de 85-90% do calcário magnesiano (CaO 45 - 48% MgO 6 - 10%) e calcítico (CaO 50 - 53% e MgO 00 - 03%) em taxa variável, provenientes da região de Bonito, MS, incorporado ao solo juntamente com a brachiaria, com a utilização de grade aradora e grade niveladora entre os dias 02/05/2018 a 05/05/2018. Posteriormente, no dia 28/10/2018 foi aplicado doses de taxa fixa de cloreto de potássio (100 kg ha<sup>-1</sup>) a lanço.

Após a calagem realizou-se nova coleta (01/11/2018) na área, com grade amostral de 2 ha, tendo 50 pontos (Figura 1), com 12 subamostras por ponto, na camada de 0,00-0,20 m, com a utilização de amostrador de rosca acoplado a veículo motorizado.

Após a coleta das amostras de solo, do dia 01/11/2018, o solo foi encaminhado para um laboratório comercial, onde foram analisados os atributos pH, Fe, Cu, Mn e Zn. A obtenção dos micronutrientes foi pelo método de extração via Mehlich 1 e o pH em CaCl<sub>2</sub> conforme Silva et al. (1999). A interpretação dos micronutrientes (Tabela 2) no solo foi baseada em Souza e Lobato (2004).

Os dados dos micronutrientes do solo e do pH foram inicialmente submetidos a análise descritiva para obtenção de medidas de tendência central e dispersão. Posteriormente procedeu-se à análise geoestatística e obteve-se o semivariograma.

A fim de analisar a variabilidade espacial dos micronutrientes e pH da área do estudo, foi realizada a confecção de mapas por meio do interpolador Krigagem Ordinária com o software de plataforma livre e aberto o QGIS.

**Tabela 2.** Limites e interpretação dos teores de pH e micronutrientes do solo. Fonte: Adaptado de Souza e Lobato (2004).

Faixas	pH em CaCl <sub>2</sub>	Fe*	Cu	Mn	Zn
Baixo	<4,4	<25	<0,4	<1,9	<1,0
Médio	4,5-5,5	25,0-40,0	0,5-0,8	2,0-5,0	1,1-1,6
Alto	5,6-5,8	>40,0	>0,8	>5,0	>1,6

pH - acidez, Fe – ferro, Cu – cobre, Mn – manganês e Zn – Zinco. MA: muito alto. \*Adaptado de Souza e Lobato (2004)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH estava médio (5,01) (Tabela 1) e após a aplicação e reação do calcário, o pH do solo passou para 5,32 (Tabela 3), considerado um valor médio de acidez para o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja (Tabela 2). Os Latossolos são provenientes de rochas eruptivas básicas, se caracterizam por ter uma baixa fertilidade natural, com baixa saturação por base e altos teores de ferro e manganês nos horizontes superficiais (Santos et al., 2018), corroborando com as características do solo de estudo. Apesar de ter aplicado dose média de calcário magnésiano (3605 kg ha<sup>-1</sup>) e calcário calcítico (1808 kg ha<sup>-1</sup>), o pH não teve um aumento relevante pela alta aplicação desses corretivos. Isso se justifica devido ao poder tampão do solo, que é definido como a resistência do solo à alteração do pH, sendo necessário mais que uma correção. Quanto mais elevado é o teor de matéria orgânica do solo e CTC, o teor de argila e o de óxidos, maior será o poder tampão, pois são fontes de H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> para a solução do solo (Lopes, 1998). Fato que se encontrou no presente trabalho.

Observou-se que as concentrações de Fe, Cu e Mn, eram considerados altos para a cultura da soja, já o Zn apresentou-se médio (Tabela 3). Após a aplicação de calcário, houve um aumento em valores absolutos de Fe (104,92 mg dm<sup>-3</sup>), Cu (14,10 mg dm<sup>-3</sup>), Mn (98,49 mg dm<sup>-3</sup>) e Zn (1,09 mg dm<sup>-3</sup>) na camada de solo influenciada pelo manejo (0,00-0,20 m), considerados altos com base nos critérios de Souza e Lobato (2004). Apesar do teor do pH da área experimental ter aumentado, segundo estudos realizados por Malavolta (1979), verifica-se que o pH nas faixas entre 4,5 e 5,5, são valores nos quais propõem uma maior disponibilidade de micronutriente catiônicos no solo. A medida em que o pH aumenta, os teores de Fe, Cu, Mn, e Zn diminuem devido ao aumento da CTC (maior fixação) e precipitação de cátions em solução, na forma de hidróxidos insolúveis. De maneira geral, a disponibilidade desses elementos depende do valor do pH e sua dinâmica é inversamente proporcional ao mesmo.

**Tabela 3.** Estatística descritiva dos micronutrientes do solo e pH. Fonte: os autores.

Parâmetros	pH	Fe	Cu	Mn	Zn
	CaCl <sub>2</sub>	(mg dm <sup>-3</sup> )			
Média	5,32	104,92	14,10	98,49	1,09
DP	0,34	29,96	1,41	13,76	0,42
Variância	0,12	897,67	1,99	189,42	0,17
CV (%)	6,40	28,56	10,01	13,97	38,26
Mínimo	4,60	58,00	10,20	52,90	0,40
Mediana	5,30	105,00	14,00	99,60	1,00
Máximo	6,50	174,00	17,60	141,30	2,10
Amplitude	1,90	116,00	7,40	88,40	1,70
As	0,76	0,43	-0,47	-0,75	0,50
Curtose (k)	1,82	-0,55	1,68	4,54	-0,46
RJ	0,98	0,97	0,98	0,92	0,99
P	0,081 <sup>ns</sup>	<0,010*	>0,10 <sup>ns</sup>	<0,010*	>0,10 <sup>ns</sup>

ns: distribuição normal pelo teste de Ryan-Joiner (Similar a Shapiro-Wilk). \*: distribuição significativa pelo teste de Ryan-Joiner (Similar a Shapiro-Wilk). CV.: coeficiente de variação. DP: desvio padrão. As: Assimetria. RJ: Ryan-Joiner. P: probabilidade.

Diante dos resultados encontrados no presente trabalho, os Latossolos Vermelhos Distroférricos, têm como principal limitação a baixa fertilidade do solo, porque são solos distróficos com baixa saturação por bases. Estudos realizados por Zanão Junior et al. (2007) confirmam que os maiores teores de Zn e Mn nos primeiros 10 cm de solo podem ser explicados pela maior quantidade de matéria orgânica na referida camada, uma vez que esta, é uma das principais fontes destes nutrientes no solo. A disponibilidade do Cobre também pode ser influenciada por esse componente, que é um dos principais reservatórios do elemento (Costa, 2009). Condizente com este trabalho, no qual apresentou um alto índice de matéria orgânica (Tabela 1).

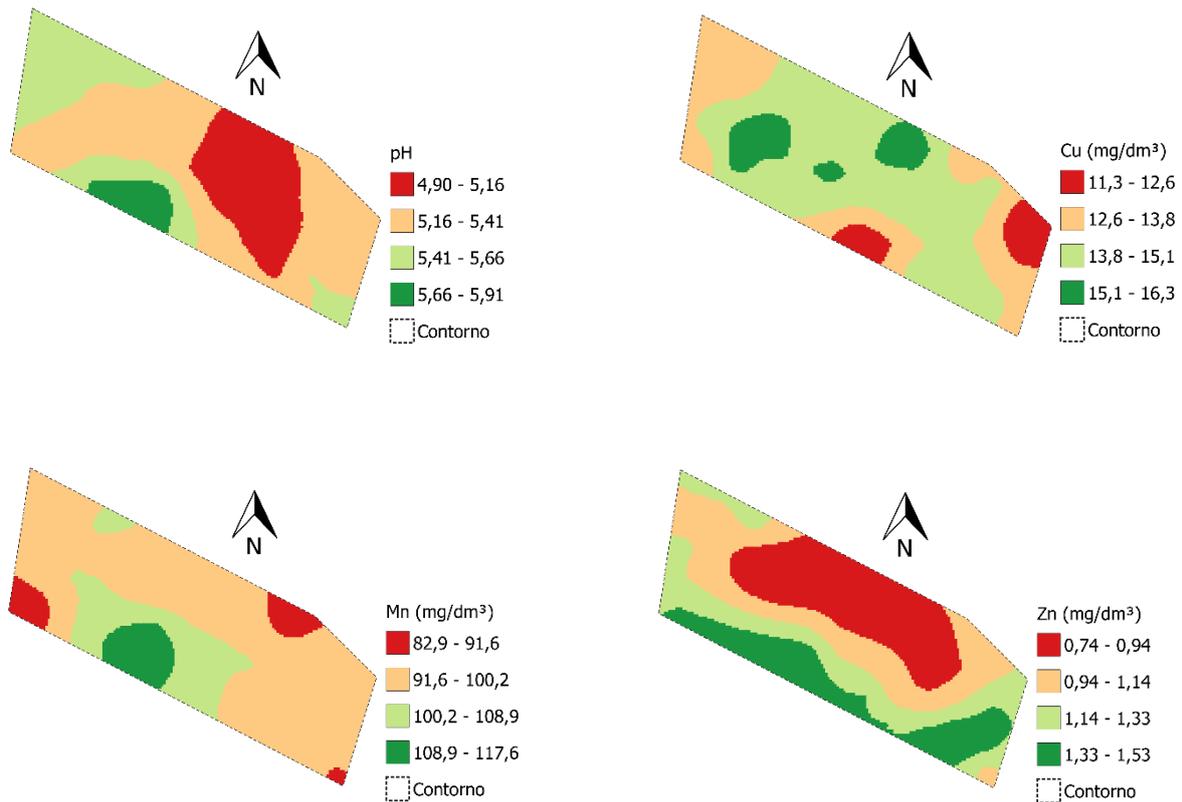
O coeficiente de variação (CV) é calculado a fim de obter informações sobre a dispersão e a distribuição das variáveis em estudo. As variabilidades dos atributos foram classificadas com base nos critérios de Pimentel-Gomes (2009) para experimentos de campo com culturas agrícolas, que considera os valores de CV como baixos, quando são inferiores a 10%, médios, quando estão entre 10 e 20%, altos, quando estão entre 20 e 30%, e muito altos quando são superiores a 30%. A análise mostrou que o pH (Tabela 3) teve CV considerado baixo (6,40%), tendo seus conjuntos de dados mais parecidos entre si, havendo mais homogêneos, e conseqüentemente uma menor variabilidade. O CV de Cu (10,01%) e Mn (13,97%), foram classificados como médio, tendo um grupo de dados com menor homogeneidade e uma variabilidade moderada, comparado com o pH. Já o CV do Fe (28,26%) e Zn (38,26%) foram

considerado altos e muito altos, respectivamente, tendo seus conjuntos de dados com os valores amostrais mais contrastantes entre si. Sugerindo alta heterogeneidade em torno da média entre os atributos químicos nos compartimentos do terreno. Isso evidencia que o Zn e o Fe são elementos que ocorrem segundo uma distribuição aleatória no espaço e apresenta grande variação ao redor da média, mostrando-se um elemento crítico para o adequado manejo do ponto de vista da agricultura de precisão. Referida heterogeneidade pode ter várias causas, dentre as quais merecem destaque: processos de formação do solo, acúmulo e distribuição das partículas do solo em função da forma do relevo e do fluxo de água na área (Artur et al., 2014).

O desvio padrão (Tabela 3) determina o quanto os valores dos dados oscilaram em torno da média central. Quanto mais próximo a zero for o valor obtido, menos dispersos serão os valores. O pH, o Cu e o Zn obtiveram desvio padrão com os valores de 0,34; 1,41; e 0,42, respectivamente, apresentando uma baixa dispersão, oscilação em torno da média e amplitude dos dados e, conseqüentemente, uma distribuição normal pelo teste de Ryan- Joiner. Os valores de 29,96 e 13,76 correspondem ao Fe e Mn, respectivamente, onde apresentaram uma alta oscilação em torno da média, demonstrando uma maior amplitude, havendo uma alta dispersão dos dados. Além do mais, apresentaram uma distribuição significativa pelo teste de Ryan- Joiner.

O pH e o Cu mostraram dependência espacial de seus dados, considerado forte, condizente com o semivariograma, em que as curvas apresentaram melhor ajuste ao modelo de função quadrática dos dados. O Zn e o Mn apresentaram uma dependência espacial classificada como moderada, pois ambos apresentaram no semivariograma alguns pontos distantes da curva. Diferente do Fe que demonstrou uma dependência espacial considerada fraca e mostrou uma curva de semivariância com maior diferença em relação às demais. A dependência espacial fraca pode ser devido à baixa densidade amostral em relação ao tamanho da área, resultando em vizinhos próximos com valores discrepantes, associada à variabilidade. Essa variabilidade do Fe pode ser explicada pelas áreas onde o solo pode ter maior umidade. Em condições anaeróbias, elevadas quantidades de Fe na forma reduzida (Fe 2+) são liberadas para a solução do solo e, conseqüentemente, aumentam a sua possibilidade de absorção pelas plantas, podendo, em casos de excesso, atingir níveis de toxidez prejudiciais à cultura (Schmidt et al., 2013). Assim, não foi gerado o mapa da distribuição do Fe para a área de estudo.

O pH em partes da área apresentou manchas (Figura 2), porém, houve uma distribuição uniforme do mesmo ao longo da unidade produtiva com predominância da faixa alaranjada entre 5,16 a 5,4, esse resultado se dá devido ao seu baixo CV, apontando uma baixa variabilidade. Essa homogeneidade é consequência da suavização ocorrida no processo de interpolação por meio da krigagem (Santos et al., 2011).



**Figura 2.** Variabilidade espacial do pH e micronutrientes. Fonte: os autores.

Apesar de o mapa temático de Cu (Figura 2) apresentar algumas manchas, este apontou uma maior predominância de teores entre 13,8- 15,1 mg dm<sup>-3</sup>, havendo maior uniformidade no mapa estimado, concordando com seu baixo CV. O mesmo ocorre com o Mn (Figura 2), que apresentou ao longo da área, predominância da faixa de 91,6 mg dm<sup>-3</sup> a 100,2 mg dm<sup>-3</sup>. Sendo assim, tem maior uniformidade desse micronutriente devido ao seu baixo CV. Enquanto que para o Zn (Figura 2) é possível observar sua distribuição ao longo da área, resultando em variabilidade alta, devido o valor de CV que apresentou muito alto.

Estes mapas, que mostram a distribuição espacial dos micronutrientes na área estudada após a correção à taxa variável, servirão de base para o acompanhamento, nos próximos anos, do efeito da aplicação em relação ao comportamento dos referidos elementos. A separação da área em regiões uniformes também permitirá um planejamento adequado do manejo da fertilidade das mesmas, no sentido de evitar que ocorra deficiência dos elementos para as culturas, como a da soja, ou que os níveis dos mesmos aumentem a ponto de se tornarem tóxicos. Assim, após anos da prática de aplicação de fertilizantes em taxa variável, há redução na variabilidade e elevação dos teores de nutrientes, entretanto, é necessário identificar regiões com potencial produtivo distinto, para atuar com manejo diferenciado (Gimenez e Molin, 2018).

## CONCLUSÕES

O pH apresentou menor variabilidade na área experimental, enquanto que o Cu e Mn foram classificados com uma variabilidade moderada, seguido de Fe e Zn que demonstraram alta variabilidade espacial na área estudada.

As concentrações de Fe, Cu e Mn foram considerados altos, já o Zn apresentou-se média concentração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Artur A et al. (2014) Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, 18(2):141-149.
- Burrough PA et al. (1996). Using public domain geostatistical and GIS software for spatial interpolation. *Photogrammetric. Engineering & Remote Sensing*, 62(7):845-854.
- Chaves LHG, Farias CHA (2009) Variabilidade espacial de cobre e manganês em Argisolo sob cultivo de cana-de-açúcar. *Revista Ciência Agronômica*, 40(2):211-218.
- Costa WPLB (2009) Alterações na fertilidade do solo e teores de metais pesados em solos cultivados com videira. Universidade Federal Rural de Pernambuco (Dissertação), Recife. 80p.
- Dalchiavon FC et al. (2012). Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto. *Revista Ciência Agronômica*, 43(3):453-461.
- Gimenez LM, Molin JP (2018). Agricultura de Precisão sob a perspectiva de seus diversos atores. *Informações agronômicas*, 162(?):15-19.
- Gontijo I et al. (2012). Variabilidade e correlação espacial de micronutrientes e matéria orgânica do solo com a produtividade da pimenta-do-reino. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36(4):1093-1102.
- Li BY et al. (2007). Soil micronutrient availability to crops as affected by long-term inorganic and organic fertilizer applications. *Soil and Tillage Research*, 96(1-2):166-173.
- Lopes AS (1998). Manual Internacional de fertilidade do solo: Traduzido e adaptado. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS. 177p.
- Malavolta E (1979). ABC da adubação. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres. 256p.
- Molin R (2000) Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho. Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária. p.1-2.
- Pimentel-Gomes F (2009). Curso de estatística experimental. 15. ed., Piracicaba: Fealq. 451 p.
- Rutkowska B et al. (2014). Stepień Soil micronutrient availability to crops affected by long-term inorganic and organic fertilizer applications. *Plant Soil Environmental*, 60(5):198-203.
- Santos HG et al. (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa. 356p.

- Santos PC et al. (2011). O emprego da geoestatística na determinação do tamanho “ótimo” de amostras aleatórias com vistas à obtenção de estimativas dos volumes dos fustes de espécies florestais em Paragominas no estado do Pará. *Ciências Florestais*, 41(2):213-222.
- Shmidt F et al. (2013). Impacto do manejo da água na toxidez por ferro no arroz irrigado por alagamento. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37(5):1226-1235.
- Silva WM et al. (1999). Eficiência de extratores de fósforo em dois latossolos do Mato Grosso do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 34(12):2277- 2285.
- Soares Filho R, Cunha, JPAR (2015). Agricultura de precisão: particularidades de sua adoção no sudoeste de Goiás – Brasil. *Engenharia Agrícola*, 35(4):689-698.
- Sousa DMG, Lobato E (2014). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 416p.
- Trentin RG et al. (2018). Soybean productivity in Rhodic Hapludox compacted by the action of furrow openers. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 40(1):e35015.
- Vitti GC, Grandó Jr. N (2006). O uso de micronutrientes na maximização da produção. *Visão Agrícola*, 5(?):24-26.
- Zanão Júnior LA et al. (2007). Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. *Ciência Rural*, 37(4):1000-1007.

## Índice Remissivo

- A**
- água tratada magneticamente, 152, 153, 156,  
157, 158, 161, 165, 166, 167, 170, 173, 174  
alface, 169, 170, 172, 173, 174  
amarelecimento, 140  
Angico-amarelo, 145  
arborização urbana, 139  
aroeira, 144
- B**
- baru, 145  
Bignoniaceae, 139
- C**
- cálcio, 139  
cedro doce, 141  
cerejeira, 142  
clorose, 140  
Controle de patógenos, 19  
controle químico, 54  
copaíba, 140  
*Croton heliotropifolius*, 7, 8, 13, 14  
cupuaçuzeiro, 142
- D**
- deficiência de nitrogênio, 140  
desenvolvimento, 161, 165, 166
- E**
- enxofre, 139  
Exigências nutricionais, 144
- F**
- Fertilidade do solo, 108  
fitoterápicas, 145  
Fósforo, 139
- H**
- heatmap, 130, 132, 133, 134, 135  
hortaliças, 160
- I**
- ipê-amarelo, 139  
ipê-roxo, 141  
irrigação, 152, 153, 155, 157, 160, 161, 162, 163,  
164, 166
- J**
- jequitibá-branco, 146
- L**
- Lactuca sativa*, 160, 169, 172  
lodo de esgoto, 129, 130, 131, 132, 133, 134,  
135
- M**
- macronutrientes, 139  
magnésio, 139  
Mapas de recomendação, 125  
massa seca, 141  
mogno - brasileiro, 146  
Mulungu, 147
- N**
- nitrogênio, 139  
nutriente faltante, 143
- O**
- omissão, 139  
ornamental, 139
- P**
- parasitoide, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61  
paricá, 147  
pequi, 143  
pinhão-manso, 143  
pinheiro do paraná, 139  
potássio, 139  
produção, 170, 174  
produtividade, 152, 158  
propriedade medicinal, 140
- R**
- rábano, 156, 158  
raquitismo, 140  
reflorestamento, 139

**S**

seletividade, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 61, 63

**V**

Variabilidade espacial, 116

**T**

Trichogramma, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61

## Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 165 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 127 resumos simples/expandidos, 66 organizações de e-books, 45 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto na UEMA em Balsas. Contato: [alan\\_zuffo@hotmail.com](mailto:alan_zuffo@hotmail.com).



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Atualmente, possui 69 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 48 organizações de e-books, 32 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: [j51173@yahoo.com](mailto:j51173@yahoo.com), [jorge.aguilera@ufms.br](mailto:jorge.aguilera@ufms.br).



**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)