



**FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA**

**THIAGO LUCAS SILVA LIMA**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA FERTILIDADE DO SOLO EM CANA-DE-  
AÇÚCAR EM SISTEMA CONVENCIONAL**

**Publicação nº: 10/2018**

GOIANÉSIA/GO

2018



**FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA**

**THIAGO LUCAS SILVA LIMA**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREA CULTIVADA  
COM CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Agronomia da  
Faculdade Evangélica de Goianésia, como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Bacharel em Agronomia

**Me: Gustavo Henrique Mendes Brito**

GOIANÉSIA/GO

2018

**ASSOCIAÇÃO EDUCATIVA EVANGÉLICA  
FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA  
CURSO DE AGRONOMIA**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA FERTILIDADE DO SOLO EM CANA-DE-  
AÇÚCAR EM SISTEMA CONVENCIONAL**

Thiago Lucas Silva Lima

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA APRESENTADA COMO  
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE  
BACHAREL EM AGRONOMIA.**

**APROVADA POR:**

---

GUSTAVO HENRIQUE MENDES BRITO, MESTRE  
Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG  
ORIENTADOR

---

ANA CLAUDIA OLIVEIRA SÉRVULO, MESTRE  
Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG  
EXAMINADORA

---

RODRIGO FERNANDES DE SOUZA, MESTRE  
Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG  
EXAMINADOR

**Goianésia/GO, 14 de junho de 2018.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

LIMA, T. L.S , variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada com cana-de-açúcar em sistema convencional; Orientação de Gustavo Henrique Mendes Brito – Goianésia, 2018. 20p. Monografia de Graduação – Faculdade Evangélica de Goianésia, 2018.

1. Amostragem. 2. krigagem. 3. Variabilidade da fertilidade do solo.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LIMA, T. L.S. VARIABILIDADE ESPACIAL DA FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA CONVENCIONAL; Orientação de Gustavo Henrique Mendes Brito – Goianésia, 2018. 24p. Monografia de Graduação

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Thiago Lucas Silva Lima

GRAU: BACHAREL

ANO: 2018

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia permissão para reproduzir cópias desta Monografia de Graduação para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta Monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

## Thiago Lucas Silva Lima

Nome: DO AUTOR

CPF: 012.965.891-02

Endereço: rua 15, 480A Universitário, Goianésia-GO

Email: thiagomax45@hotmail.com

## DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, a minha esposa Zayra Julliana meu filho Davi Lucas, aos meus pais Valdivino Machado e Ismênia de Fatima, meus sogros, Cleide Maria e Valderi Lopes e aos meus irmãos, Christian e Hallanna .”

“Ao Curso de Agronomia da Faculdade Evangélica de Goianésia e às pessoas com quem convivi nesses espaços ao longo desses anos. A experiência de uma produção compartilhada na comunhão com amigos nesses espaços foram a melhor experiência da minha formação acadêmica”.

## AGRADECIMENTOS

- Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada, pois sem ele eu não teria forças para essa longa jornada,
- *Agradeço* a meus professores, do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta monografia.
- *Agradeço* a meu professor orientador, que teve paciência e que me ajudou bastante a concluir este trabalho
- Agradeço também ao minha esposa, Zayra Julliana, que de forma especial e carinhosa me deu força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldades, quero agradecer também ao meu filho, Davi Lucas, que embora não tivesse conhecimento disto, mas iluminou de maneira especial os meus pensamentos me levando a buscar mais conhecimentos.
- Aos meus pais, Ismênia De Fatima e Valdivino Machado, meus sogros, Cleide Maria e Valderi Lopes e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida
- Aos meus pastores, João José Braga e José Edelson,
- À Igreja Batista Nacional, pois foi nesse meio que aprendi o valor da minha fé e, para além do Curso de Agronomia, foi aqui onde aprendi a refletir e duvidar e nunca encarar a realidade como pronta. Aqui aprendi a ver a vida de um jeito diferente.
- E aos meus colegas Ney Pereira e Wendy Pereira que me ajudaram.

## RESUMO

### VARIABILIDADE ESPACIAL DA FERTILIDADE DO SOLO EM CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA CONVENCIONAL

Para um melhor manejo da cana de açúcar, é indispensável o conhecimento da variabilidade da fertilidade do solo. Objetivou-se com o trabalho analisar a variabilidade dos atributos através de ferramentas geoestatística, e determinar zonas de manejo específicas através dos mapas de recomendação. Foi realizada amostragem de solo, georreferenciada por grade regular de 200x200m, ou seja, um ponto a cada 4 ha com profundidade de 0,00-0,20 e 0,20-0,40m. Avaliou-se valores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), pH, potássio (K), alumínio (AL), capacidade de troca de cátions (CTC), Argila, matéria orgânica (MO), saturação por bases (V). Foi feita análise estatística para verificar a normalidade dos dados, em seguida realizada a interpolação dos pontos coletados, através do software geoestatístico ArcGIS. Com os resultados foram criados mapas de recomendação, indispensáveis para tomada de decisões. Através destes será possível usar aplicações em taxa variada, melhorando assim as características químicas do solo e reduzindo o gastos com insumos.

**Palavras-chave:** Amostragem, Krigagem, Variabilidade da fertilidade do solo

## **ABSTRACT**

### **Spatial variability of soil fertility in sugar cane in conventional system**

For better sugar cane management, knowledge of soil fertility variability is indispensable. It was aimed at the work to analyze the variability of the attributes through Geostatistical tools, and to determine specific management zones through the recommendation maps. Soil sampling was performed, georeferenced by regular grid of 200x200m, i.e. one point every 4 ha with depth of 0.00-0.20 and 0.20-0, 40m. Values of calcium (Ca), magnesium (Mg), PH, Potassium (K), aluminium (AL), cation exchange Capacity (CTC), clay, organic matter (MO), base saturation (V) were evaluated. Statistical analysis was made to verify the normality of the data, then performed the interpolation of the collected points, through the Geostatistical software ArcGIS. With the results were created recommendation maps, indispensable for decision-making. Through these it will be possible to use applications at a varied rate, thus improving the chemical characteristics of the soil and reducing the expenses with inputs.

**Keywords:** Sampling, Kriging, Soil fertility variability



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	12
2.1 -CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	12
2.2 - AMOSTRAGEM GEOREFERENCIADA E ANALISES QUÍMICAS.....	12
2.3. ESTATÍSTICA DESCRITIVA .....	13
2.4.ANÁLISE GEOESTÁTICA .....	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
4. CONCLUSÕES.....	21
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos objetivos da agricultura de precisão (AP) é desenvolver mecanismos para melhorar a produtividade das lavouras, e isto tem sido feito a partir de amostragens georreferenciadas que visam identificar a variabilidade espacial da fertilidade do solo (OLIVEIRA, 2016; CARVALHO et al., 2003). Estas amostragens são feitas a partir da definição de malhas amostrais que representem todo talhão, as características do local e possibilitam elaboração de mapas de atributos que avaliam a deficiência nutricional, determinando assim as demandas locais que foram destacadas pelos mapas (MONTARINI et al., 2016; SILVA, 2009; TSCHIEDEL e FERREIRA, 2002).

O conhecimento da variabilidade espacial da fertilidade dos solos auxilia em um bom planejamento e gerenciamento de práticas agrícolas, pois diminui a sua variabilidade horizontal (em superfície) e vertical (em profundidade), dando assim mais condições de cultivos e melhorando a rentabilidade do produtor (SILVA et al., 2003). Deste modo, ao se determinar a variabilidade espacial dos solos com auxílio da geoestatística, é possível estabelecer zonas de manejo, aumentar a produtividade da cultura explorada e criar estratégias que visem o maior equilíbrio dos nutrientes encontrados no solo (PEREIRA et al., 2014; AMADO et al., 2009).

A geoestatística ou estatística espacial estuda a caracterização da variável aleatória, ou função regionalizadas assim sendo, pontos próximos tem a possibilidade de ser mais parecidos, que pontos distantes, partindo do pressuposto que a dependência tem relação com a distância entre as amostras (TEIXEIRA, 2013). Os mapas finais dos atributos são criados pelo uso da geoestatística, que realiza a interpolação dos dados, estimando os valores nos locais não amostrados, representando assim toda grade amostral, através dos mapas de recomendações (SOUZA et al., 2014).

Alguns métodos de interpolação são usados na geoestatística, como triangulação, vizinhos mais próximos, mínima curvatura, inverso da distancias e krigagem. Molin (2015) define a técnica da krigagem como a mais utilizada para a interpolação de dados, pois buscar reduzir a variação do erro, influenciando a dependência espacial dos locais amostrados, usando a modelagem de semivariogramas.

A krigagem é um estimador geoestatístico que estima valores em lugares não amostrados, para tal, leva-se em consideração a dependência espacial obtida pelo semivariograma. Então, essa ferramenta usada dentro da geoestatística que tem a finalidade de dar suporte para a técnica de krigagem, que expressa a reação da variável em determinada região, indicando o parentesco entre os pontos coletados (OLIVER 2013).

Como base no exposto, o objetivo com este trabalho foi analisar a variabilidade espacial da fertilidade do solo em área de cultura de cana de açúcar, usando ferramentas da geoestatística, para interpolar os dados coletados nas amostras de solo, fazendo assim uma interpretação dos espaços não coletados, para determinação de zonas de manejo.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

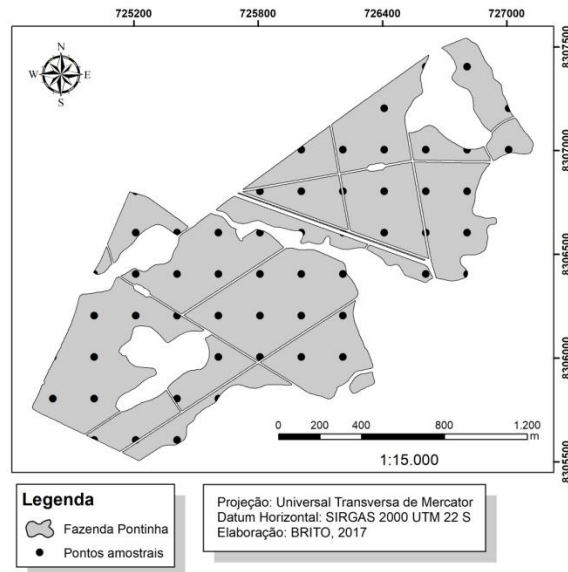
### **2.1 -CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O estudo foi realizado em uma área de cultivo comercial de cana-de-açúcar na Fazenda Pontinha, da empresa Jalles Machado, no município de Goianésia, Goiás. A fazenda está localizada entre as coordenadas geográficas de 15°18'29" S, 48°53'41" W, altitude média de 640 m, com clima da região tropical úmido, invernos secos, verões chuvosos e temperatura variando em torno dos 20° C a 25°C

A área de estudo possui 187,68ha, com cultivo de cana de açúcar, no estágio de primeiro corte, a cultura foi plantada no mês de janeiro de 2016, após preparo de solo convencional, usando correção e adubação de solo exigidas, foi realizado plantio mecanizado, foi usada a variedade de cana-de açúcar foi a CTC-9003 e CTC-15, de ciclo médio, com espaçamento 1,5m entre linhas, com profundidade do sulco de 25cm, No manejo é utilizada a vinhaça pura, como meio adubação de cobertura,

### **2.2 - AMOSTRAGEM GEOREFERENCIADA E ANALISES QUÍMICAS**

A amostragem georreferenciada foi realizada antes do plantio, a partir da determinação de uma grade regular 200x200m, ou seja, um ponto a cada 4 ha com profundidade de 0,00-0,20m e 0,20-0,40m, conforme apresentado na Figura 1. Cada ponto foi georreferenciado utilizando aparelho de Sistema de Posicionamento Global, com o sistema de correção, diferencial em tempo real via satélite geoestacionário, com serviço fornecido pelo próprio fabricante do GPS.



**Figura 1\_Mapa Fazenda Pontinha**

Em um raio de um metro em torno de cada ponto amostral foram coletadas cinco amostras simples, tendo como objetivo formar amostra composta para análise química do solo. Em seguida cada amostra foi encaminhada para o laboratório de análise de solos para determinar valores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), pH, potássio (K), alumínio( AL), capacidade de troca de cátions(CTC), Argila, matéria orgânica(MO), Saturação por bases(V).

### 2.3. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Foi realizado análise estatística descritiva dos atributos químicos calculando a média, mediana, moda, mínimo, máximo (medidas de posição), desvio padrão (dispersão), variação, assimetria, curtose (distribuição), para analisar a normalidade e a frequência dos atributos avaliados (ZONTA, 2014).

### 2.4. ANÁLISE GEOESTÁTICA

Para os atributos do solo foram realizados estudos da variabilidade espacial por análise geoestatística conforme a metodologia proposta por Vieira (2000) para identificar a dependência espacial de uma variável, interpolar os dados amostrados utilizando a técnica de krigagem.

## 2.5. MAPAS DE FERTILIDADE

Os mapas de fertilidade foram elaborados conforme metodologia proposta por (SILVA et al., 2011). Os resultados da interpolação por krigagem foram reclassificados seguindo os padrões de fertilidade máxima, mínima e média estabelecida pela empresa .

Avaliação de Análises de Fertilidade				
Macronutrientes				
	UND	Muito Baixo	Medio	Alto
K	cmol <sub>c</sub> /dm <sub>3</sub>	< 0,07	0,15 a 0,30	0,30 a 0,6
		Baixo	Medio	Alto
MO	g/kg	< 15	15 a 30	>30
Ca <sup>++</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sub>3</sub>	< 1	1 a 3	> 3
Mg <sup>++</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sub>3</sub>	< 0,5	0,5 a 1	> 1
Al <sup>+++</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sub>3</sub>	< 0,5	0,5 a 1,5	> 1,5
H+AL		x		
pH	CaCl <sub>2</sub>	< 5,5	5,5 a 6,5	> 6,5
CTC T	cmol <sub>c</sub> /dm <sub>3</sub>	< 5	5 a 10	> 10
v	%	< 40	40 a 70	> 70
Argila	%	< 30	30 a 60	> 60

Figura 2\_ Tabela de padrões de fertilidade

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise da estatística descritiva foi possível observar em termos gerais que as variáveis analisadas possuem distribuição normal, pois os valores das medias medianas estão bem similares entre si e o coeficiente de curtose e assimetria estão bem próximos a zero.

Guimarães et al. (2016) avaliaram a variabilidade espacial de atributos físicos do solo para áreas de Latossolo, Argissolo e Cambissolo ocupadas por pastagens e verificaram que alguns parâmetros apresentaram assimetria e curtose abaixo de zero e coeficiente de variação acima do valor 1, indicando uma provável normalidade,

Segundo Dalchiavon et al. (2012) a variabilidade de um atributo pode ser classificada de acordo com a magnitude de seu coeficiente de variação (CV), nos indicando variação dos dados obtidos em relação à média, quanto menor for o seu valor, mais homogêneos serão os dados. Classificando-o como baixo ( $CV < 10\%$ ), médio ( $10\% < CV < 20\%$ ), alto ( $20\% < CV < 30\%$ ) e muito alto ( $CV > 30\%$ ), vimos na tabela 1, que MO, Argila, SAT\_AL, V% teve classificação alto e muito alto, o restante dos parâmetros foi baixo e médio.

**Parâmetros analisados em profundidades 0,00-0,20 m**

<i>medidas estatísticas</i>	<b>g/kg</b>		<b>cmol/dm<sup>3</sup></b>					<b>%</b>	
	<i>MO</i>	<i>pH</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>K</i>	<i>Al</i>	<i>V</i>	<i>CTC</i>	<i>Argila</i>
Média	20,711	5,086	0,776	2,505	0,426	0,199	53,656	6,659	33,162
Erro padrão	0,824	0,068	0,079	0,212	0,028	0,054	2,947	0,224	1,135
Mediana	19,11	5	0,69	1,96	0,41	0	57,89	6,3	34,32
Modo	19,11	4,9	0,2	1,92	0,39	0	#N/D	8,2	#N/D
Desvio padrão	5,016	0,415	0,483	1,295	0,172	0,333	17,92	1,367	6,904
Coef de Variação	25,165	0,172	0,233	1,677	0,029	0,111	321,481	1,87	47,673
Coef de Curtose	0,281	-0,999	-0,637	-0,944	0,337	2,084	-0,772	-0,642	-0,923
Coef de Assimetria	0,929	0,076	0,52	0,377	0,62	1,784	-0,486	0,304	0,041
Intervalo	20,54	1,4	1,8	4,69	0,75	1,12	64,47	5,8	25,65
Mínimo	13,49	4,4	0,04	0,53	0,15	0	17,14	4,1	21,05
Máximo	34,03	5,8	1,84	5,22	0,9	1,12	81,61	9,9	46,7
Soma	766,31	188,2	28,72	92,71	15,77	7,39	1985,3	246,4	1227
Contagem	37	37	37	37	37	37	37	37	37

**Parâmetros analisados em profundidades 0,20-0,40 m**

<i>medidas estatísticas</i>	<b>g/kg</b>		<b>cmol/dm<sup>3</sup></b>					<b>%</b>	
	<i>MO</i>	<i>pH</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>K</i>	<i>Al</i>	<i>V</i>	<i>CTC</i>	<i>Argila</i>
Média	7,898	2,332	0,298	0,738	0,111	0,274	19,869	2,735	16,108
Erro padrão	1,488	0,404	0,07	0,183	0,023	0,07	4,181	0,485	2,89
Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Modo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desvio padrão	9,051	2,459	0,428	1,113	0,144	0,427	25,434	2,952	17,6
Coef de Variação	81,932	6,047	0,183	1,239	0,02	0,183	646,934	8,716	309,78
Coef de Curtose	-0,815	-1,969	0,903	4,249	0,429	-0,057	-0,049	-1,671	-1,571
Coef de Assimetria	0,648	0,136	1,413	2,023	1,152	1,236	1,065	0,287	0,35
Intervalo	29,06	6	1,39	4,37	0,52	1,22	79,49	7,8	47,8
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	29,06	6	1,39	4,37	0,52	1,22	79,49	7,8	47,8
Soma	292,25	86,3	11,06	27,32	4,11	10,16	735,17	101,2	596
Contagem	37	37	37	37	37	37	37	37	37

Mg-Magnésio, MO-Matéria orgânica, Ca-calcio, K-Potássio, Al- Alumínio, CTC- Capacidade de troca de cátions,

**Figura 3\_ Medidas estatísticas descritivas de atributos químicos nas profundidades 0-0,20 e 0,20-0,40 m**



Após o ajuste automático dos semivariogramas os dados foram interpolados por krigagem, indispensáveis para a agricultura de precisão, pois através desses mapas conseguimos determinar zonas específicas de manejos, possibilitando uma melhor homogeneização de toda a área, através de aplicações de insumos em taxa variada.

Os mapas foram reclassificados como baixa, media e alta fertilidade (figura4, figura 5), essa classificação, mostra lugares que deveram ser feita correção diferenciada dos nutrientes, para uma melhor homogeneização do solo analisado.

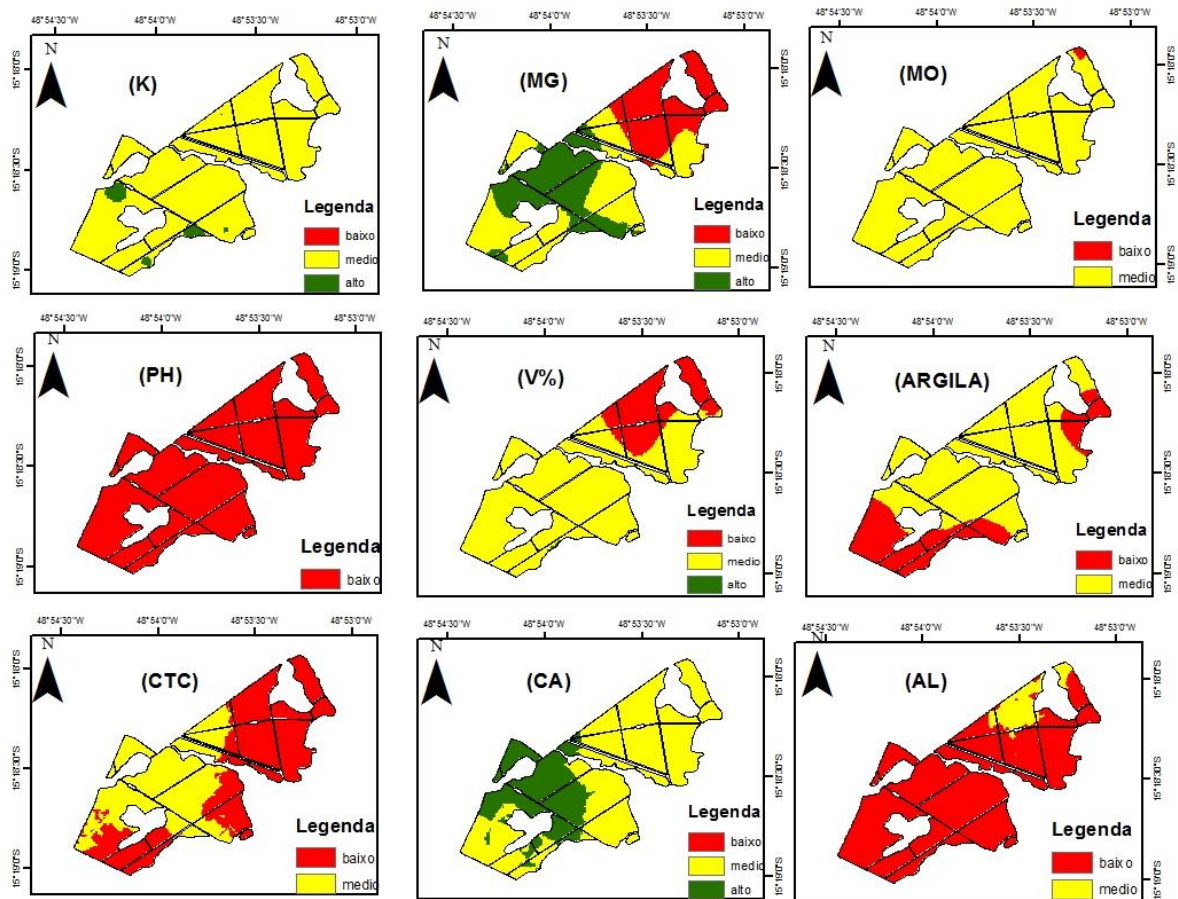


Figura 4 \_Mapas de krigagem dos atributos :cálcio(CA), magnésio(Mg),Ph, potássio(K), alumínio( AL), capacidade de troca de cátions(CTC), Argila, matéria orgânica(MO), saturação por bases(V%) em profundidade 0,00-0,20m.

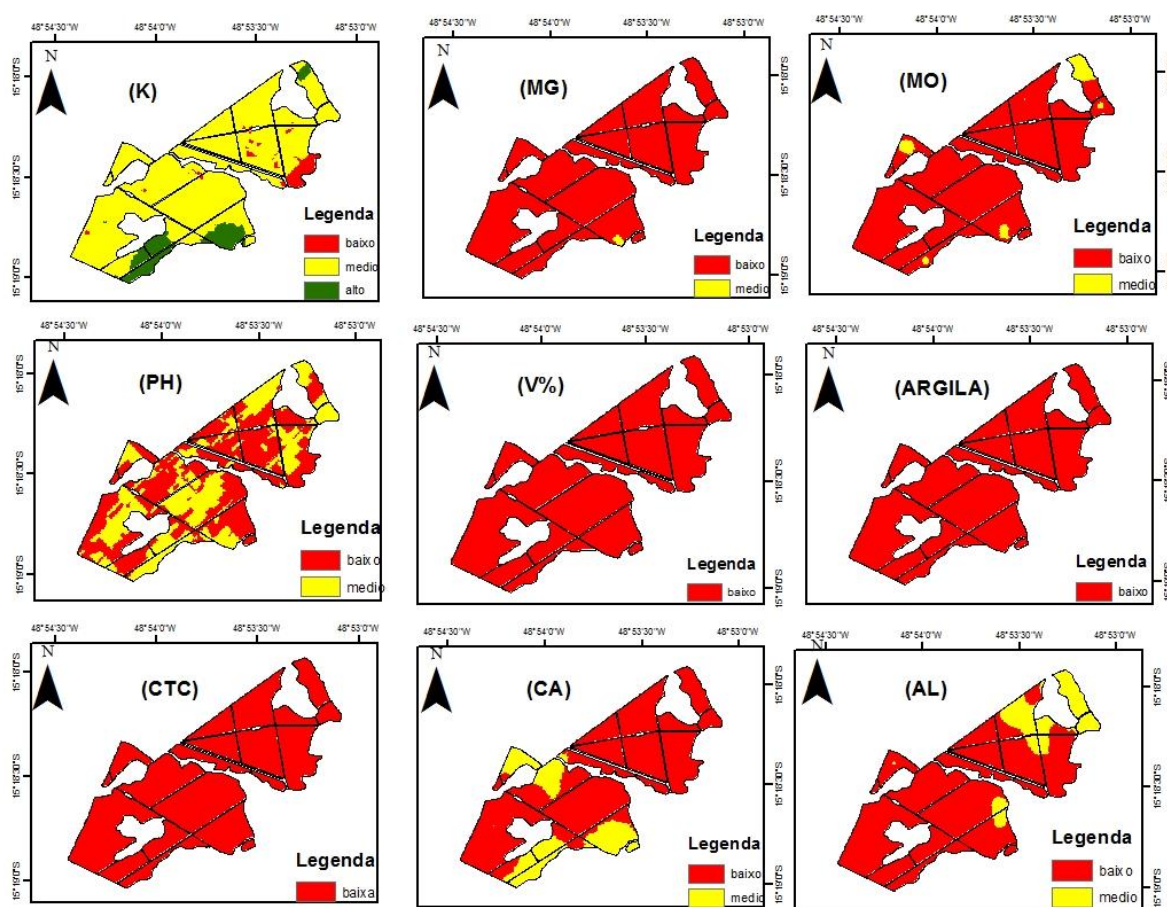


Figura 4\_Mapas de krigagem dos atributos :cálcio(CA), magnésio(Mg),Ph, potássio(K), alumínio( AL), capacidade de troca de cátions(CTC), Argila, matéria orgânica(MO), saturação por bases(V%) em profundidade 0,20-0,40m

De acordo com a figura 2, 100% da área na profundidade de 0,00 a 0,20m está com níveis de pH menores que 5,5, sendo considerados de baixa fertilidade para produção. Na figura 3 analisamos que profundidade de 0,20 a 0,40m 58% da área está classificada como baixa fertilidade,e 42% media fertilidade com valores médios entre 5,5 a 6,5  $\text{CaCl}_2$ . O pH ácido ajuda na absorção de micronutrientes, como Fe Cu Mn Zn – Cl Mo, onde alguns pode se tornar tóxico para planta, interferindo no desenvolvimento e na produtividade da cana-de-açúcar(OLIVEIRA et al.,2005).

Para os teores de (K), 97,20% da área estão classificados como média fertilidade entre 0,15 a 0,30 $\text{cmol}_c/\text{dm}_3$ , e 2,79% como alta com teores entre 0,30 a 0,6  $\text{cmol}_c/\text{dm}_3$ .Na profundidade de 0,20 a 0,40m 3,51% está classificada como baixa, 87,27% estão na faixa de media produtividade e 9,22% alta.

Potássio um dos nutrientes mais absorvidos pela cultura da cana-de-açúcar, Dalchiavon et al. (2017). onde seus níveis exigidos para uma boa produtividade estão

entre 0,30 a 0,60  $\text{cmol}_c/\text{dm}_3$  mostrando assim uma variabilidade entre os níveis em todo o talhão. Provavelmente esse teor elevado está ligado a sucessivas aplicações de (K) anualmente através da aplicação de vinhaça pelo processo de fertirrigação. como cobertura, para um melhor desenvolvimento da cana soca, vimos que possivelmente em alguns valores deveria ser revisto a aplicação desse nutriente pois em alguns níveis em excessos pode acontecer a contaminação do lençol freático, DA SILVA et al (2007).

Para o teor de (Ca) observamos que 70,74% dos teores em profundidade 0,00 a 0,20m estão entre 1 a  $3\text{cmol}_c/\text{dm}_3$ , classificando como média na avaliação da fertilidade do solo, e 29,25% estão na faixa alto teor, acima de  $3\text{cmol}_c/\text{dm}_3$ , em profundidade 0,20m a 0,40m , 81,67% estão abaixo de  $1\text{cmol}_c/\text{dm}_3$  considerando baixo teor e 18,33% da área está na faixa de média entre 1 a  $3\text{cmol}_c/\text{dm}_3$ . (Mg) apresentou teores abaixo de  $0,5\text{cmol}_c/\text{dm}_3$  em pelo menos 26,79% da área de 0,00 a 0,20m de profundidade, classificando como baixo teor, e 49,91% como média fertilidade entre  $0,5$  a  $1\text{cmol}_c/\text{dm}_3$ , e 30,29% acima de  $1\text{cmol}_c/\text{dm}_3$  ficando como alto teor seguindo a tabela de classificação da fertilidade do solo.

Barbosa Filho *et al.* (2001), mostram que em alguns solos do cerrado, podem ter deficiência de Ca e Mg, sem ter problemas com o Al. Sendo assim, a aplicação de Ca e Mg aos solos tem a importância de melhorar as condições químicas aumentando a produção da cultura. Pelo simples papel do cálcio no crescimento radicular (RITCHEY *et al.*, 1982).

Para os valores de alumínio (Al) em profundidade de 0,00 a 0,20m os níveis encontrados foram 91,35% classificados como abaixo de  $0,5\text{cmol}_c/\text{dm}_3$  e 8,65% da área está com níveis médios de alumínio entre  $0,5$  a  $1,5\text{cmol}_c/\text{dm}_3$ , na profundidade de 0,20m a 0,40m 85,19% está com nível abaixo de  $0,5\text{cmol}_c/\text{dm}_3$  considerados baixos e 14,81% está na faixa de  $0,5$  a  $1,5\text{cmol}_c/\text{dm}_3$ ,o alumínio, está ligado diretamente a produtividade, pois em alguns níveis prejudicam o desenvolvimento radicular, inibindo o alongamento do eixo principal, as raízes laterais e nas pontas se tornam mais grossas. O sistema radicular é reduzido, poucas ramificações laterais, ocupando pequeno volume de solo, o que prejudica a planta na absorção de água e nutrientes no perfil do solo.,(STEINER, 2012).

Os valores da saturação por bases (V%) em profundidade de 0,00 a 0,20m tivemos 20,28% classificada como baixa, 78,63% como media e 0,09% como alta, de 0,20 a 0,40m toda a área foi classificada como baixa saturação por bases, diante desses dados vemos a necessidade de elevar a saturação acima de 70%, para neutralizar ácidos do solo, através da calagem Dalchiavon et al. (2017), principalmente em camadas mais profundas, usando a técnica de aplicação variada, seguindo mapas de recomendações gerados.

Para matéria orgânica (MO) tivemos 99,46% considerando médio teor entre 15 a 30 g/kg e 0,54% abaixo de 15g/kg, em profundidade 0,20 a 0,40m 96,05 ficou com valores abaixo do nível mínimo, 3,95% da área está na faixa entre 15 a 30 g/kg, a classificação da variabilidade, muito alta no teor MO, Pode ser explicado por sucessivos processos de despalha da cana-de-açúcar, proveniente da colheita mecanizada.

Quanto a (CTC), 54,97% da área de profundidade 0,00 a 0,20m está abaixo do nível de  $5\text{cmol}_d/\text{dm}^3$  exigidos pela cultura para uma boa produção, 45,03% está entre 5 a  $10\text{cmol}_d/\text{dm}^3$  classificando como médio, já em profundidade de 0,20 a 0,40m 100% da área está considerada com nível baixo. Explicando assim os níveis baixos de argila em camadas mais profundas devido ao solo mais arenoso e uma boa MO em camadas superficiais devido ao processo de despalha da cana-de-açúcar, aumentando o teor de matéria orgânica essencial para uma elevação da (CTC) (MENDOZA et al.,2000) .

#### **4. CONCLUSÕES**

A krigagem se mostrou útil ao determinar a variabilidade dos nutrientes no solo nas profundidades de 0,00-0,20m e 0,20-0,40m.

Os nutrientes analisados tiveram variabilidade independente da profundidade.

Na profundidade de 0,20 a 0,40 somente o potássio apresentou nível médio de fertilidade, os demais nutrientes tiveram baixa disponibilidade.

Concluimos que os nutrientes podem ter variância no espaço, mostrando assim a importância da geoestatística no levantamento de informações úteis para agricultura de precisão.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T.J.C.; PES, L.Z.; LEMAINSKI, C.L. & SCHENATO, R.B. Atributos químicos e físicos de Latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. **R. Bras. Ci. Solo**, V33, 2009

BARBOSA FILHO, M.P.; SNYDER, G.H.; ELLIOTT, C.L.; DATNOFF, L.E. Evaluation of soil test procedures for determining rice-available silicon. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.32, p.1779-1792, 2001

CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, 2003.

DA SILVA, Mellissa AS; GRIEBELER, Nori P.; BORGES, Lino C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 108-114, 2007.

DALCHIAVON, F. C.; Carvalho, M. de P. e; Andreotti, M.; Montanari, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p. 453-461, 2012.

DALCHIAVON, F. C., Carvalho, M. D. P., Montanari, R., & Andreotti, M. Sugarcane productivity correlated with physical-chemical attributes to create soil management zone. **Revista Ceres**, v. 60, n. 5, p. 706-714, 2013.

DALCHIAVON, F. C., Bem, E. A. D., Carvalho, M. D. P., Sarto, M. D., Montanari, R., & Kaneko, F. H.. Relações da produtividade de cana-de-açúcar com atributos químicos de um Argissolo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 60-69, 2017.

MOLIN, José Paulo; DO AMARAL, Lucas Rios; COLAÇO, André. **Agricultura de precisão**. Oficina de Textos, 2015.

MONTANARI, R., de Souza Lima, E., Lovera, L. H., Ferrari, S., & Queiroz, H. A.. Correlação dos componentes vegetativos da cultura da pupunha e dos atributos químicos do solo. **REVISTA DE AGRICULTURA NEOTROPICAL**, v. 3, n. 2, p. 25-33, 2016.

MENDOZA, H.N.S.; LIMA, E.; ANJOS, L.H.C.; SILVA, L.A.; CEDDIA, M.B. & ANTUNES, M.V.M. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **R. Bras. Ci.Solo**, 24:201-207, 2000.

WILDING, L\_P. Pedogenesis and Soil Taxonomy. **I. Concepts and Interactions**, p. 83-116, 1983.

OLIVEIRA, I. P.; Pinho; Cristiane; ROCHA, Flávia da; P.; dos. Manutenção e correção da fertilidade do solo para inserção do cerrado no processo produtivo. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, São Luís de Montes Belos, v. 1, n.1, p. 50-64, 2005.

OLIVER, Margaret; BISHOP, Thomas; MARCHANT, Ben (Ed.). **Agricultura de precisão para sustentabilidade e proteção ambiental** . Routledge, 2013.

PEREIRA, G., Mendonça, P., Júnior, J., Teixeira, D., Oliveira, I., & Júnior, J.. Modelagem espaço temporal da perda de solo por erosão em cenários de cultivo de cana-de-açúcar (pp. 584-588). **Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto**, v. 3, n. 3, 2014.

RITCHEY, K. Dale; SILVA, J. Eurípedes; COSTA, Ubirajara F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savanna oxisols. **Soil Science**, v. 133, n. 6, p. 378-382, 1982.

SILVA, FABIO CESAR DA SILVA (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

STEINER, F., Zoz, T., Junior, A. S. P., Castagnara, D. D., & Dranski, J. A. L. . Efeitos do alumínio no crescimento e na absorção de nutrientes em plantas jovens de pinhão-manso. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1779-1788, 2012.

SILVA, V. R., Reichert, J. M., Storck, L., & Feijó, S.. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.6, p.1013-1020, 2003.

TEIXEIRA, MBR. **Comparação entre estimadores de semivariância. 2013. 122p.** 2013. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária)–Universidade Federal de Lavras, 2013.

TSCHIEDEL, M. & FERREIRA, M.F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ci. Rural**, 32:159-163, 2002.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, G. R. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. **Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2000.

ZONTA, J. H., Brandão, Z. N., Medeiros, J. D. C., Sana, R. S., & Sofiatti, V.. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada com algodoeiro no Cerrado do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 18, n. 6, 2014.

