

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**LUIZ ALFREDO PASSONI**

**ELABORAÇÃO E COMPARAÇÃO DE MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO DE  
ELEMENTOS QUÍMICOS DO SOLO POR MEIOS DE TÉCNICAS  
GEOESTATÍSTICAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2014**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**LUIZ ALFREDO PASSONI**

**ELABORAÇÃO E COMPARAÇÃO DE MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO DE  
ELEMENTOS QUÍMICOS DO SOLO POR MEIOS DE TÉCNICAS  
GEOESTATÍSTICAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2014**

LUIZ ALFREDO PASSONI

ELABORAÇÃO E COMPARAÇÃO DE MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS  
QUÍMICOS DO SOLO POR MEIOS DE TÉCNICAS GEOESTATÍSTICAS

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Agronomia da  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Câmpus Pato Branco, como  
requisito parcial à obtenção do título de  
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Adão Robson Elias

PATO BRANCO

2014

**Passoni, Luiz Alfredo**

ELABORAÇÃO E COMPARAÇÃO DE MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS DO SOLO POR MEIOS DE TÉCNICAS GEOESTATÍSTICA / **Luiz Alfredo Passoni**.

Pato Branco. UTFPR, 2014

**202** f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. **Adão Robson Elias**.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2014.

Bibliografia: f. **xxx** – **xyy**

1. Agronomia. 2. **Agricultura de precisão**. I. **Elias, Adão Robson**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.

CDD: 630



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Pato Branco  
Curso de Agronomia



**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**Trabalho de Conclusão de Curso - TCC**

**ELABORAÇÃO E COMPARAÇÃO DE MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO DE  
ELEMENTOS QUÍMICOS DO SOLO POR MEIOS DE TÉCNICAS  
GEOESTATÍSTICAS**

Por

LUIZ ALFREDO PASSONI

**Esta página deverá ser substituída, ao final, pela "ATA DE DEFESA DA MONOGRAFIA" que deve ser baixada na página do TCC de Agronomia!**

Monografia apresentada às . . . horas . . . min. do dia . . . de . . . . . de 2014 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

---

**Prof. Dr. XXX**  
UTFPR

---

**Prof. Dr. WWW**  
UTFPR

---

**Prof. Dr. Adão Robson Elias**  
UTFPR  
Orientador

Visto da Coordenação:

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marlene de Lurdes  
Ferronato**  
Coordenadora do TCC

Eu dedico esta monografia primeiramente a Deus, o que seria de mim sem a fé que eu tenho dele, Depois a minha família, em especial ao meu pai Elmo Rogério Passoni e a minha mãe Lucinei Fernandes Passoni.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada.

Dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas, aos meus amados pais Elmo Rogério Passoni e Lucinei Fernandes Passoni, que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Aos meus irmãos Mariana e João Arthur, que de alguma forma me ajudaram a chegar nessa etapa da minha vida.

Aos meus amigos, pelas alegrias, tristezas. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro de produção melhora tudo o que tenho produzido na vida.

Ao professor Adão Robson Elias. Pela paciência na orientação, sempre me acompanhando nos trabalhos e na elaboração dos mapas e sempre me incentivando, que tornou possível a conclusão desta monografia.

Ao amigo e companheiro de profissão Gledson Storti, proprietário da CERES AGRICULTURA DE PRECISÃO, que forneceu os materiais necessários para a construção desta monografia.

Enfim, a todos que de alguma forma me ajudaram diretamente e indiretamente no decorrer do caminho.





## RESUMO

PASSONI, Luiz Alfredo. Elaboração e comparação de mapas de distribuição de elementos químicos do solo por meios de técnicas geoestatísticas. 46 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

Com o presente trabalho objetivou-se fazer uma comparação entre mapas de fertilidade pré-existentes de uma área agrícola, com mapas construídos utilizando recursos da geoestatística. Foram comparados os mapas dos elementos Fósforo e Potássio e criado um mapa para o elemento químico alumínio, a partir das informações obtidas em uma análise química de solo. O presente estudo constatou que houve muitas diferenças nas representações das concentrações dos elementos presentes no solo, devido ao fato das amostras não apresentarem dependência espacial adequada.

**Palavras-chave:** Agricultura de precisão. Geoestatística. Mapas.

## ABSTRACT

PASSONI, Luiz Alfredo. Development and comparison of soil chemical elements distribution maps by means of geostatistical techniques. 46 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2014.

The present work aimed to make a comparison between pre-existing fertility maps of an agricultural area, with maps constructed using resources of geostatistics. We compared the maps of the elements phosphorus and potassium and created a map for the chemical element aluminum, from the information obtained in a chemical analysis of soil. This study found that there were many differences in the representations of the concentrations of the elements present in the soil, due to the fact that the samples do not give adequate spatial dependence.

**Keywords:** Precision Agriculture. Geostatistics. Maps.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Localização da área e dos pontos onde foram coletadas as amostras de solo. . UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014.....	6
<b>Tabela 1</b> - Planilha de dados das coordenadas e variáveis. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014. ....	8
<b>Figura 3</b> –Número de lags. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014.....	9
<b>Figura 4</b> –Componentes do variograma/ajuste matemático. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014.....	10
<b>Figura 5</b> –Variograma do elemento químico Fósforo. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014. ....	11
<b>Figura 6</b> –Variograma do elemento químico Potássio. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014.....	12
<b>Figura 7</b> –Variograma do elemento químico Alumínio. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014.....	12
<b>Figura 8</b> –Mapa elemento químico Fósforo (SURFER). UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014. ....	15
<b>Figura 9</b> –Mapa elemento químico Fósforo. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014.....	16
<b>Figura 10</b> –Mapa elemento químico potássio (SURFER).. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014. ....	17
<b>Figura 11</b> –Mapa elemento químico Potássio. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014. ....	18
<b>Figura 12</b> –Mapa elemento químico Alumínio (SURFER). UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014.....	19
<b>Figura 13</b> –Mapa do elemento Alumínio nas profundidades de 20-40 cm. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014.....	20

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

CEP	Código de Endereçamento Postal
PR	Unidade da Federação – Paraná
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

## LISTA DE ABREVIATURAS

AP	Agricultura de precisão
GPS	Global Positioning System.
M	Unidade de comprimento – metros.
ha	Unidade de área – hectare.
cm	Unidade de comprimento - centímetros.

## LISTA DE SÍMBOLOS

C	Elemento químico - carbono
O	Elemento químico - oxigênio
H	Elemento químico - hidrogênio
N	Elemento químico - nitrogênio
P	Elemento químico - fósforo
K	Elemento químico - potássio
Ca	Elemento químico - cálcio
Mg	Elemento químico - magnésio
Fe	Elemento químico - ferro
Mn	Elemento químico - manganês
Zn	Elemento químico - zinco
Cu	Elemento químico - cobre
B	Elemento químico - boro
Mo	Elemento químico - molibdênio
Cl	Elemento químico - cloro
Ni	Elemento químico - níquel
ATP	Adenosina trifosfato
Ph	Potencial hidrogenionico

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 GERAL .....	3
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>6</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>11</b>
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>22</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>
<b>GLOSSÁRIO.....</b>	<b>26</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>27</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento das áreas de cultivo e maior qualidade dos produtos agrícolas, houve a necessidade de se obter níveis tecnológicos mais altos. Também a busca pela conservação do meio ambiente, a atividade agrícola busca novos métodos e técnicas de produção, aliados à eficiência e maior controle dos resultados obtidos no campo, em relação ao que se pratica atualmente.

Em certas regiões, a agricultura está baseada no plantio de grandes áreas (monocultura), dentre os principais problemas que promovem a redução da produtividade agrícola de extensas áreas estão: a distribuição inadequada do calcário, sementes, adubos, herbicidas e inseticidas no campo. O que tem provocado quebras de safras em várias regiões agrícolas.

Em resposta, para diminuir os problemas, e com o avanço da tecnologia, foi possível que satélites, computadores e sensores auxiliassem na agricultura. Então foi criado um novo sistema, que há alguns anos já vem sendo utilizado pelos agricultores de países com maiores recursos tecnológicos, chamado de *Precision Agriculture*, *Precision Farming*, e no Brasil como Agricultura de Precisão. Com isso esse sistema tem a capacidade de conhecer cada metro quadrado da lavoura, que foi perdido à medida que as áreas cultivadas foram crescendo.

A agricultura de precisão é uma tecnologia que utiliza em conjunto sinais de satélite, imagens, dados e softwares para interpretação de dados geoprocessados, isto é, recolhe e reuni informações da área cultivada, sempre com a localização precisa.

Com os avanços da tecnologia na agricultura, pesquisadores tem visto que as áreas de cultivo não podem ser tratadas como homogênea para à medição de variáveis terras agrícolas. Com isso, a variabilidade espacial é importante para que a aplicação dos insumos agrícolas seja mais eficaz para um melhor aumento de produtividade, reduzindo os custos de produção. Em consequência disso, surgiu a geoestatística para auxiliar na efetividade da aplicação desses produtos.

A geoestatística provém de um tipo de estatística que avalia a dependência espacial nas amostragens. Ela surgiu na África do Sul, quando o Engenheiro D. G. Krige, em 1951, trabalhando com os dados de concentração de ouro, afirmou que não pode encontrar sentidos nas variâncias se não levasse em



consideração a distância entre as amostras (Farias 2002a). Assim a geoestatística, permite que as ciências agrárias sejam mais concretas, principalmente por considerar a variação espacial de um maior número de variáveis que interferem nos sistemas de produção agrícola (Silva et al., 2010).

Com isso o presente trabalho objetivou-se em comparar mapas pré-existentes de uma área em estudo, com os seguintes elementos químicos: o fósforo, potássio e o alumínio. Com eles, pretende-se elaborar mapas com a distribuição espacial dos elementos referidos e usar técnicas geoestatísticas, os quais serão comparados com outros mapas elaborados a partir dos mesmos dados que foram construídos a partir de softwares comerciais de Agricultura de Precisão.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Comparar os mapas pré-existentes da área de estudo, que foram elaborados por uma empresa privada do setor agrícola, a partir de softwares comerciais de Agricultura de Precisão, com mapas elaborados a partir de técnicas geoestatísticas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Geoestatística

Segundo Vieira (2000), a importância da geoestatística na agricultura de precisão é caracterizar a variabilidade espacial dos atributos do solo e poder fazer uma estimativa, usando o princípio da variabilidade espacial para identificar relações desses atributos no espaço e no tempo, e também permitirem estudar padrões de amostragem corretas.

A geoestatística foi importante para entender a variabilidade espacial de diversas variáveis que existe na agricultura, com isso permite-se a interpretação dos dados em sua variabilidade natural, considerando a dependência espacial na área em estudo (Batista & Zimback, 2010).

O conhecimento das variabilidades espacial e temporal dos fatores relacionados à produção agrícola, contém uma informação de muita importância para a tomar uma decisão em quais práticas de manejo para serem adotadas na produção agrícola (Molin, 2002).

#### 3.2. GPS

Segundo Monico (2000), o GPS resultou da fusão de dois programas financiados pelo governo norte-americano para desenvolver um sistema de navegação de abrangência global, o *Timation* e *System 621B*, sob a responsabilidade da marinha e da força aérea. Ele tem como princípio básico de navegação a medida dos seus usuários e quatro satélites (MONICO, 2008). Como o seu objetivo original era a definição instantânea de posição, velocidade e o tempo de um usuário em qualquer lugar na terra, ou próximo a ela, independentemente das condições atmosféricas, em um referencial global homogêneo, usando como base as medidas em distancias (MONICO, 2008).

O GPS é uma ferramenta de grande importância para a agricultura de precisão, auxiliando os agricultores na tomada de decisão para aplicação de fertilizantes e corretivos no solo.

#### 3.3. Agricultura de precisão

Agricultura de precisão, também chamada de AP, é uma maneira de gerir o campo produtivo, metro a metro, levando-se em conta o fato de que cada

talhão tenha propriedades diferentes (ROZA, 2000). O principal conceito é aplicar os insumos no local correto e no momento adequado as quantidades necessárias à produção agrícola(MANZATTO et al., 1999). Segundo Batchelor et al. (1997) a agricultura de precisão é uma técnica de manejo na qual os produtores são capazes de identificar a variabilidade dentro de um campo, e então manejar aquela variabilidade para aumentar produtividade e os lucros.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL

#### 4.1.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O presente trabalho foi realizado na localidade chamada fartura, localizada no interior da cidade de Vitorino – Paraná ( $26^{\circ}18'S$ ,  $52^{\circ}45'O$  e altitude 800 m). O talhão em que foram retiradas as amostras de solo para posterior análise química em laboratório é denominado TH baio, onde esta área corresponde a um total de 66,06 hectares, com 33 pontos amostrais conforme apresenta a Figuras 1.



**Figura 1** - Localização da área e dos pontos onde foram coletadas as amostras de solo.

Após serem coletadas as amostras de solo, as mesmas foram encaminhadas pela empresa de agricultura de precisão para um laboratório de solos para sua posterior análise química. Com os resultados das análises foram construídos alguns mapas referentes aos elementos químicos de solo levantados e analisados. Para confecção dos mapas, a empresa usou um software comercial. Para a continuidade deste estudo escolhido três elementos químicos, o Fosforo, Potássio e o Alumínio e os seus respectivos mapas produzidos pela empresa, os quais foram usados para comparação com os mapas produzidos a partir de técnicas

geoestatísticas. Outros materiais foram necessários para a realização do projeto, são eles um notebook, o software SURFER® versão 8.0(2002) e software EXCEL.

#### 4.2 MÉTODOS

Foram coletadas as coordenadas de cada ponto amostrado. Em seguida as coordenadas geográficas de longitude(X) e latitude(Y), foram transformadas em coordenadas UTM, sendo que todas as coordenadas estavam referenciadas ao sistema de referência WGS-84. Essa transformação de coordenadas geográficas para UTM, para cada ponto amostral, foi colocada em ordem numérica crescente de cada ponto, ou seja, do 1 ao 33 em uma planilha Excel para melhor organização dos dados coletados.

Os dados coletados foram inseridos no software SURFER® versão 8.0(2002). O mapa foi construído a partir das posições espaciais obtidos no campo e são representados pelos valores de X, Y e Z. As coordenadas são os valores X, posição do ponto no eixo da coordenada Leste-Oeste, e Y, posição Norte-Sul e Z os valores das variáveis a que foram avaliadas, que neste estudo foram os elementos Fósforo, Potássio e o Alumínio.

Foi usado o variograma, para medir a variação dos valores das variáveis das amostras. A medição espacial considera geralmente a distância entre amostras e/ou a orientação delas.

Os mapas de contorno foram formados a partir dos resultados obtidos através das informações obtidas no variograma. Os mapas de contorno apresentam curvas com valores chamadas de isolinhas, onde cada curva representa a ligação entre os pontos de cada variável.

Para uma visualização semelhante aos mapas gerados pelos softwares comerciais, foi gerado o contorno do mapa do terreno, e em seguida foram criadas as escalas de cor, iguais aos dos mapas gerados pelo software comercial, para que a sua comparação seja mais adequada, possibilitando uma melhor visualização conforme mostra as Figuras 8, 10 e 12.

PONTOS	S	O	Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	Potássio (%)	Alumínio (%)	X	Y
1	26°18'13"	52°45'57"	4,9	2,4	0	323719.187551	7089488.45573
2	26°18'17"	52°45'55"	6	2,4	0	323776.339742	7089366.12397
3	26°18'22"	52°45'54"	8,1	1,9	0,9	323806.176139	7089212.64091
4	26°18'26"	52°45'52"	8,6	2,7	0	323863.326478	7089090.30885
5	26°18'30"	52°45'51"	3,5	2,1	0,8	323892.741396	7088967.59800
6	26°18'24"	52°45'47"	4	2,1	0,9	324001.160311	7089153.74603
7	26°18'20"	52°45'49"	2,5	1,8	1	323944.011091	7089276.07864
8	26°18'15"	52°45'50"	4,4	2,3	3,9	323914.176270	7089429.56192
9	26°18'11"	52°45'52"	1,9	2,1	1,8	323857.025197	7089551.89421
10	26°18'06"	52°45'54"	0,4	2,4	1,8	323799.452952	7089704.99865
11	26°18'06"	52°45'49"	6,6	3,3	0,8	323938.132995	7089706.89145
12	26°18'10"	52°45'47"	2,6	2,2	0,8	323995.283838	7089584.55882
13	26°18'14"	52°45'46"	4,1	1,4	0,7	324024.698214	7089461.84775
14	26°18'19"	52°45'44"	3,8	1,8	0	324082.266876	7089308.74247
15	26°18'23"	52°45'42"	6,2	1,8	0	324139.414862	7089186.40932
16	26°18'22"	52°45'38"	1,5	2,6	0,8	324249.935103	7089218.69332
17	26°18'17"	52°45'39"	1,8	2,1	0,8	324220.104043	7089372.17711
18	26°18'13"	52°45'41"	2	1,6	3,9	324162.956170	7089494.51059
19	26°18'08"	52°45'42"	1,9	1,7	0,8	324133.123700	7089647.99422
20	26°18'04"	52°45'44"	3,2	1,9	2,5	324075.973974	7089770.32739
21	26°18'02"	52°45'39"	5,6	3,3	4,6	324213.816231	7089833.76178
22	26°18'07"	52°45'37"	5,6	1,9	4,7	324271.383881	7089680.65576
23	26°18'11"	52°45'36"	4,6	1,6	6,1	324300.795733	7089557.94422
24	26°18'16"	52°45'34"	7,6	1,7	0,7	324358.361369	7089404.83788
25	26°18'20"	52°45'33"	3,4	1,7	1,6	324387.771971	7089282.12618
26	26°18'10"	52°45'31"	4,4	1,5	3,8	324439.055231	7089590.60400
27	26°18'06"	52°45'33"	2,9	2,6	1,8	324381.908706	7089712.93836
28	26°17'56"	52°45'31"	3,5	2,8	0,7	324433.489673	7090021.41595
29	26°18'00"	52°45'29"	4	2,2	1,4	324490.341541	7089899.08136
30	26°18'04"	52°45'28"	2,4	2,8	0	324519.751602	7089776.36944
31	26°18'03"	52°45'23"	2	5,2	0	324658.013874	7089809.02671
32	26°17'58"	52°45'25"	3	2	0,8	324600.450482	7089962.13421
33	26°17'54"	52°45'26"	4,2	1,9	0	324571.040925	7090084.84627

**Tabela 1** - Planilha de dados das coordenadas e variáveis.

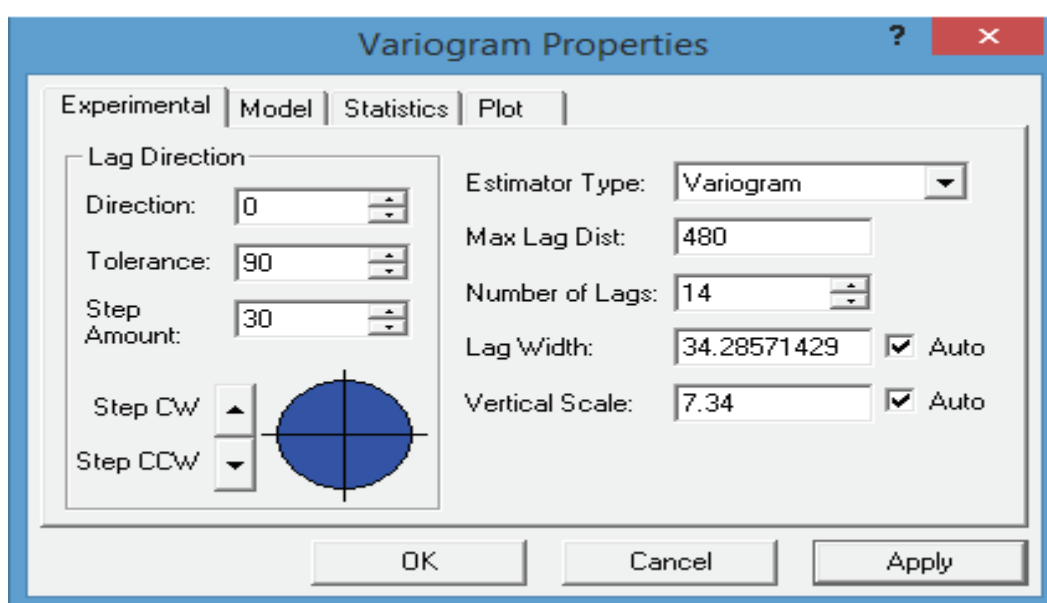
#### 4.2.1 VARIOGRAMA

O variograma é a ferramenta básica para poder descrever quantitativamente a variação no espaço de um fenômeno regionalizado. O conjunto de dados é definido a partir da comparação dos valores obtidos simultaneamente em dois pontos a partir de uma determinada direção. Após a análise dos dados, foram gerados os variogramas para cada elemento individualmente, para que pudessem ser ajustados a partir de um modelo matemático apropriado. Com isso foram utilizados três modelos diferentes, cada um se adequando melhor para cada situação, sendo eles o modelo de Exponencial, modelo Gauss e o modelo Esférico.

A partir da geoestatística, foi feito um ajuste das covariâncias. Com isso o ajuste foi feito pelo numero de lags de cada variograma conforme apresentados na Figura 3.

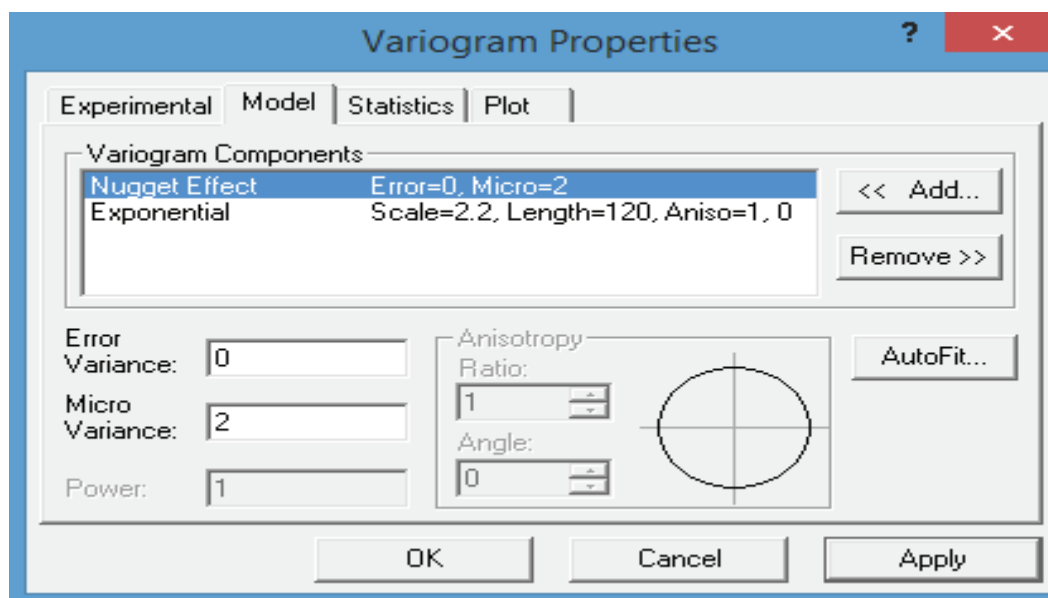
Os Lags controlam a direção do qual o variograma é visto. A Direção específica e a direção focal para o cálculo do variograma experimental. De acordo com a notação padrão utilizada na geoestatística, esse sentido é dado usando uma convenção matemática:  $0^\circ$  é ao longo do eixo X positivo, e  $90^\circ$  é ao longo do eixo Y positivo. A direção não é dada como um azimute.

Definindo o numero de lags, começou a ser feito o ajuste dos dados. Assim começando pelo efeito pepita e a contribuição, em seguida é feito os ajustes no alcance e o patamar do modelo matemático escolhido, conforme mostra a Figura 4.



**Figura 2** – Número de lags.



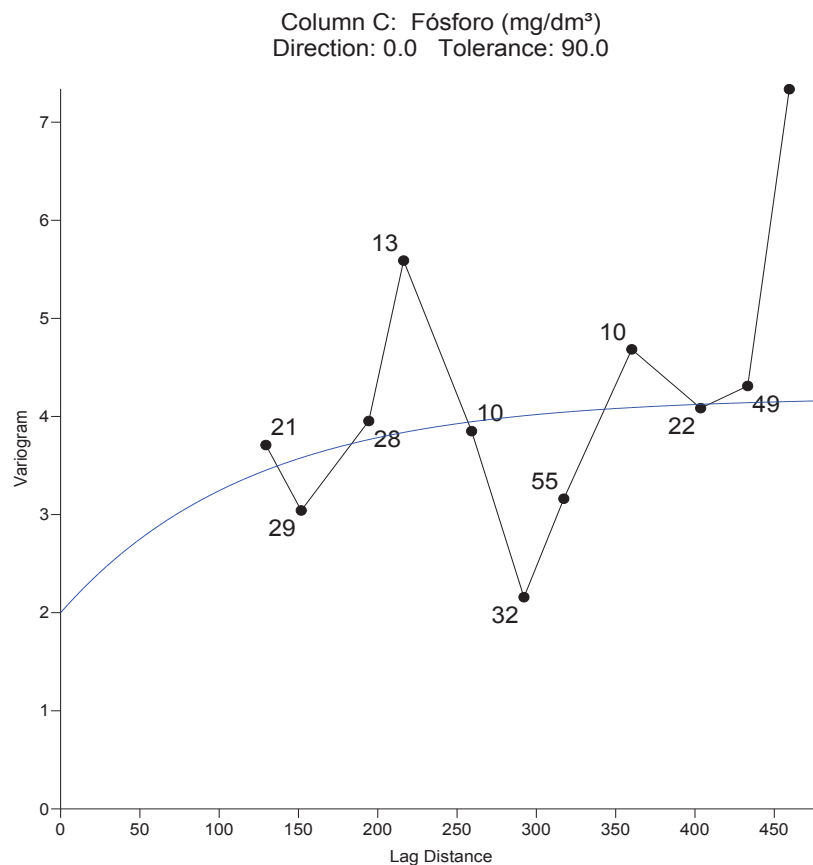


**Figura 3** – Componentes do variograma/ajuste matemático.

Com todos os ajustes dados feitos, foram definidos os modelos de variograma para os elementos em estudo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultados obtidos neste estudo, pode-se verificar que houve grandes diferenças entre os mapas produzidos pela empresa e os mapas elaborados a partir de modelos geoestatísticos. Acredita-se que tal situação tenha ocorrido devido ao uso de técnicas diferentes de elaboração dos mapas, assim como no caso da empresa, o uso de software que não dão liberdade de analisar adequadamente a distribuição espacial das variáveis regionalizadas, ou seja, se houve ou não uma dependência espacial adequada. Desta forma, pode-se verificar nos variogramas apresentados pelas figuras 5, 6 e 7, que não houve um ajuste variográfico adequado, pois a dependência espacial da variável fósforo, potássio e alumínio foram baixas ou quase inexistentes.



**Figura 4** – Variograma do elemento químico Fósforo.

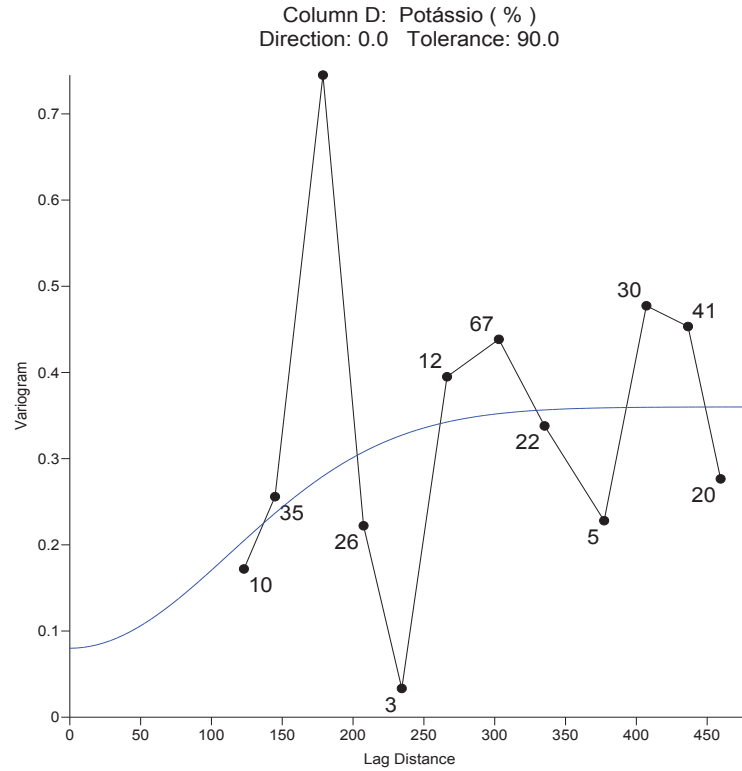


Figura 5 – Variograma do elemento químico Potássio.

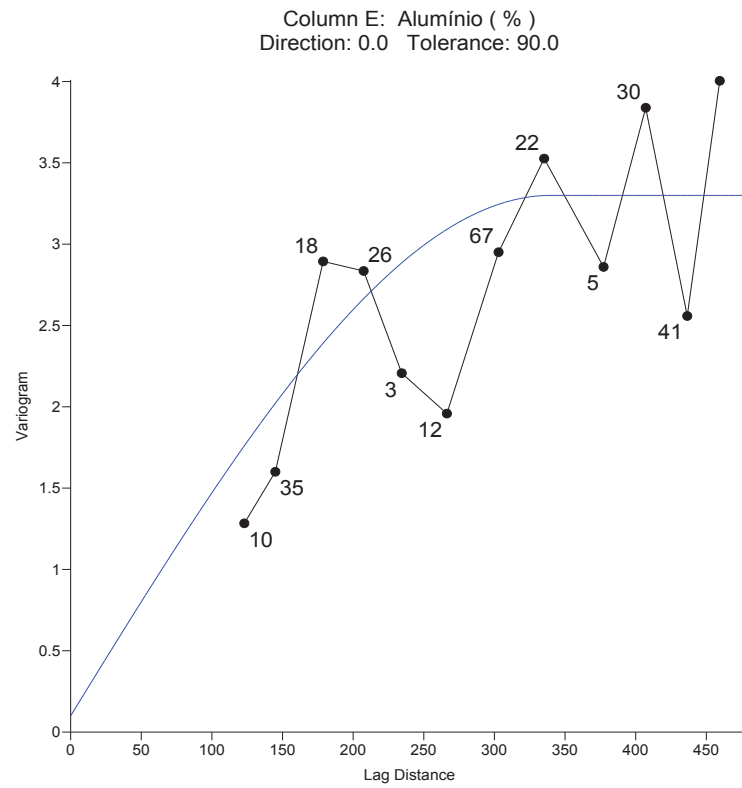


Figura 6 – Variograma do elemento químico Alumínio.

Após o processo de confecção dos mapas conforme as figuras 8, 10, e 12 dos elementos químicos citados, foram feitas as comparações com os mapas elaborados pela empresa, vistos nas figuras 9 e 11. Nestes mapas elaborados pela empresa, pode-se perceber a ausência de dependência espacial, pois tudo indica que os mapas foram elaborados a partir de ajustes de modelos lineares, os quais não utilizam parâmetros geoestatísticos.

Os resultados da análise geoestatística mostraram que todas as variáveis analisadas quase não apresentaram dependência espacial. As variáveis em estudo foram ajustadas ao modelo exponencial, gaussiano e esférico. Isso significa que os variogramas demonstram a variância dos dados experimentais.

O comportamento espacial do fósforo se distribui no terreno de forma mais aleatória. Ocorreu diferença de concentração em vários pontos da área, onde pode ser visto nas Figuras 8 e 9. Na região central do mapa a maior concentração de fosforo é de  $3,14\text{mg/dm}^3$  e nos mapas da empresa ela varia entre  $1,77\text{ mg/dm}^3$  e  $3,14\text{mg/dm}^3$ . Pontos isolados no mapa da Figura 8 deve-se a concentração de  $1,77\text{mg/dm}^3$ . Altas concentrações, como foi visto no mapa comercial, como  $8,6\text{ mg/dm}^3$  não foram observados no mapa elaborado a partir de técnicas de geoestatística. Algumas diferenças se deve a escala de cor, onde cada cor representa a concentração de fosforo, enquanto nos mapas comerciais se deve a um intervalo, ou seja, uma concentração e outra.

No potássio também ocorreu diferenças na representação espacial da concentração do potássio conforme as Figuras 10 e 11. A concentração dos elementos é descrita conforme mostram os mapas, porem a concentração varia nos pontos amostrais. As concentrações mais altas no mapa geoestatístico aparecem nos teores de 3,29% a 3,92%, enquanto no mapa comercial é de 5,20%.

O elemento alumínio não foi feito comparações cartográficas entre os mapas de concentração do elemento, pois a empresa fez a coleta de duas amostras na área em estudo, com uma profundidade de entre 20 – 40 cm, conforme a figura 13, porém como possuímos as informações do elemento na análise de solo das profundidades de 10-20 cm, os dados foram organizados e gerados um novo mapa para o elemento conforme a Figura 13. Com isso foi possível demonstrar os prováveis teores de alumínio na área estudada.

Assim, conclui-se que houve diferenças nas concentrações dos elementos na elaboração dos mapas de agricultura de precisão.



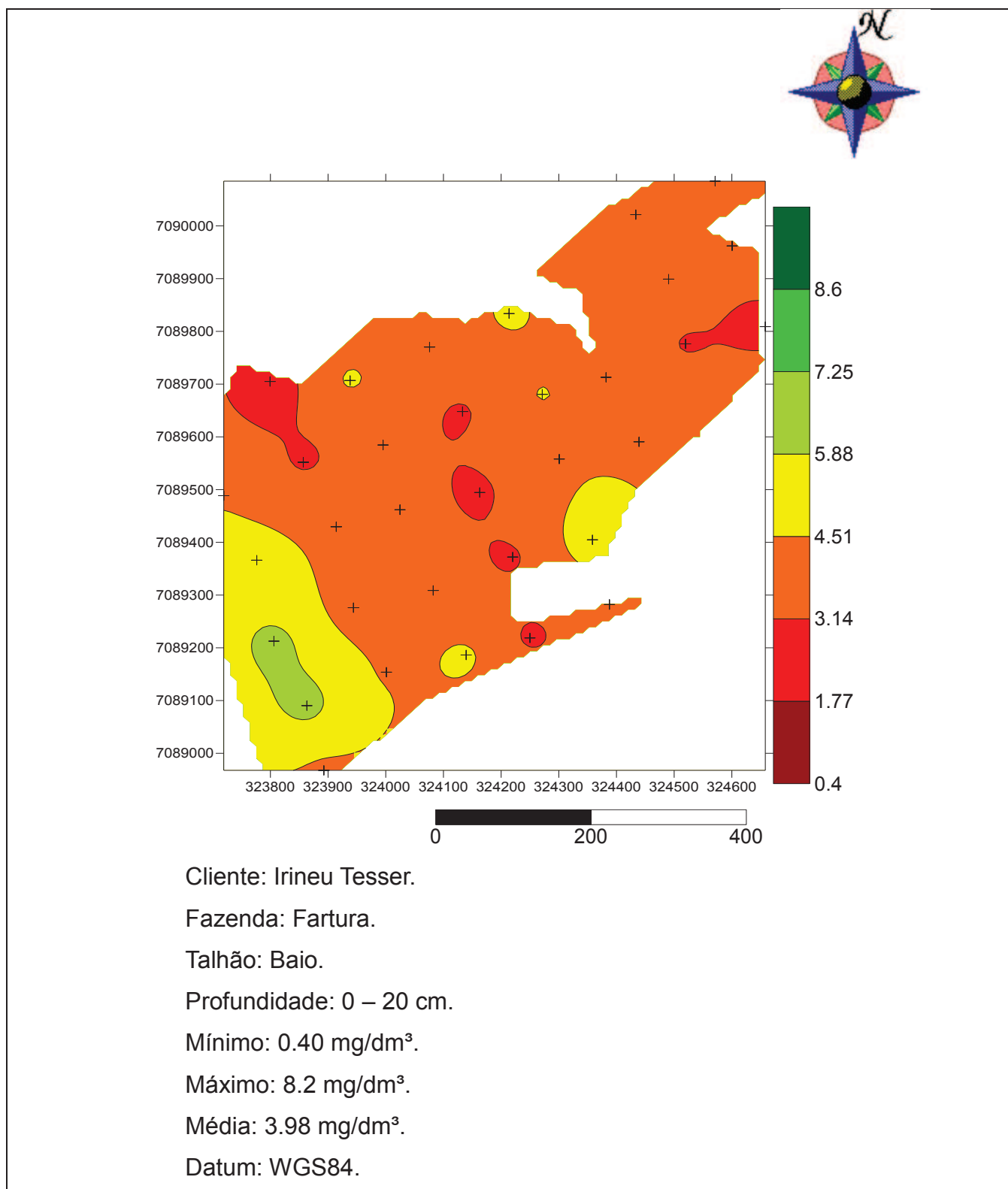
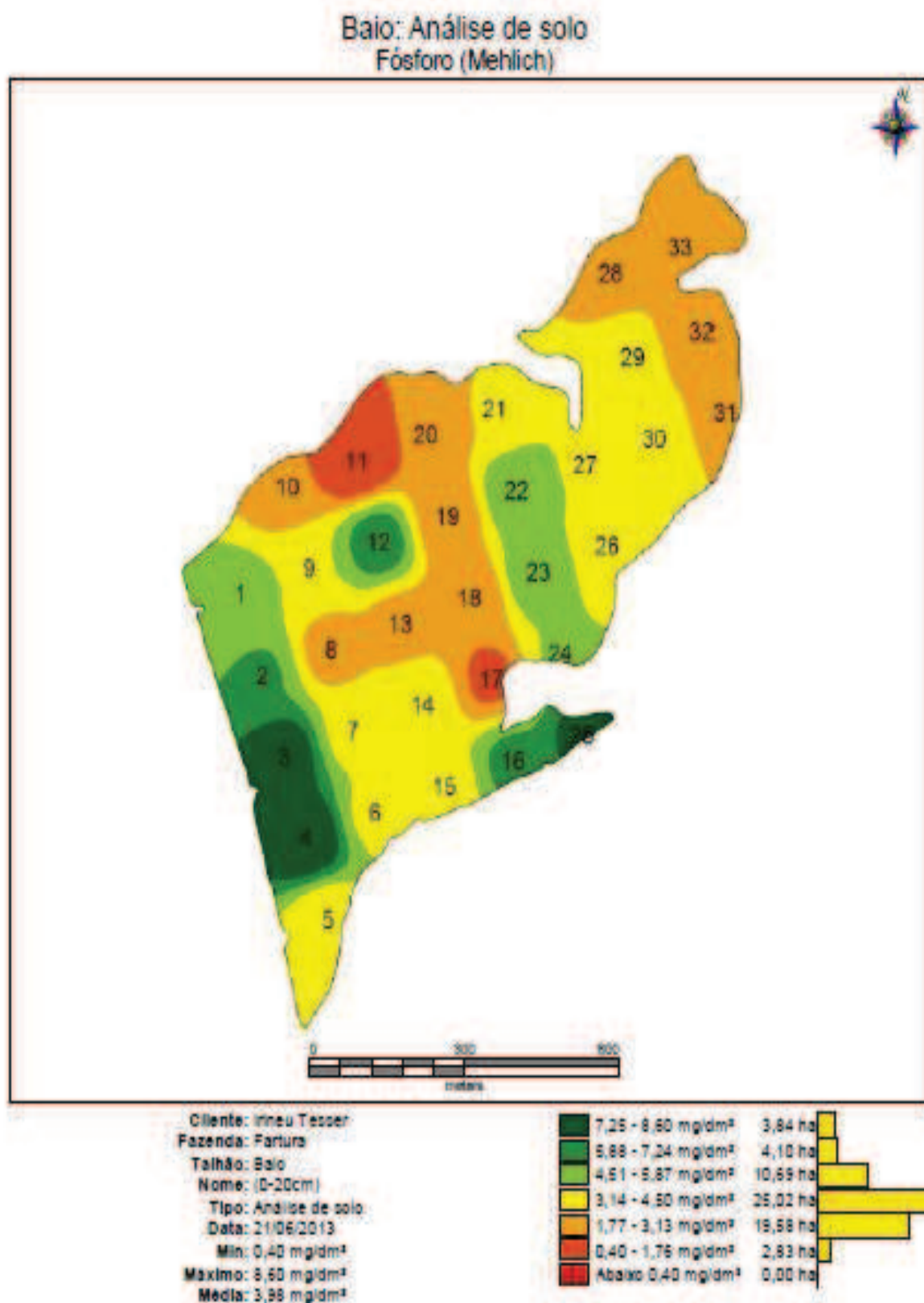
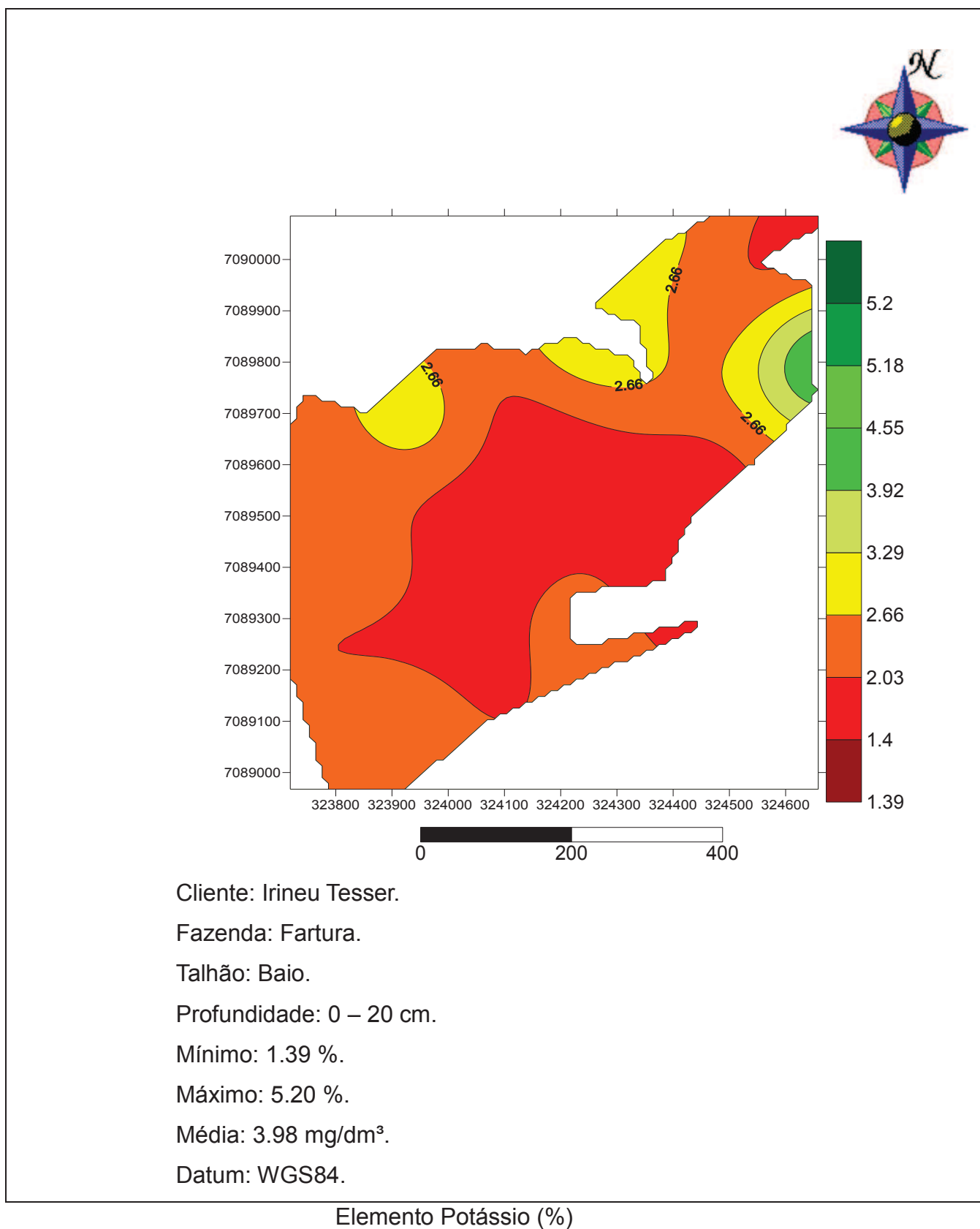
Elemento Fósforo (mg/dm<sup>3</sup>)

Figura 7 – Mapa do elemento químico Fósforo



**Figura 8** – Mapa do elemento químico Fósforo.



**Figura 9** – Mapa do elemento químico potássio.



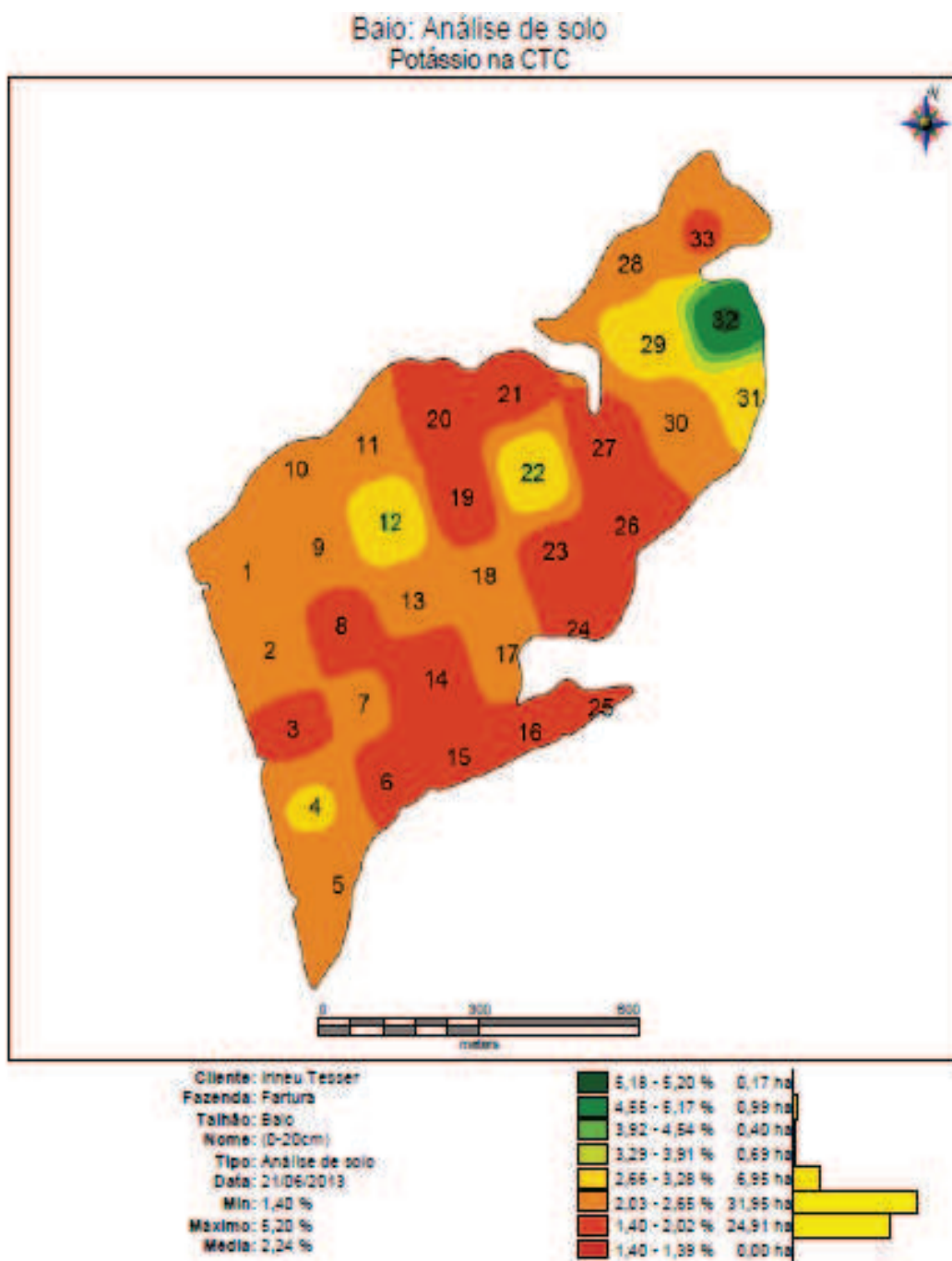
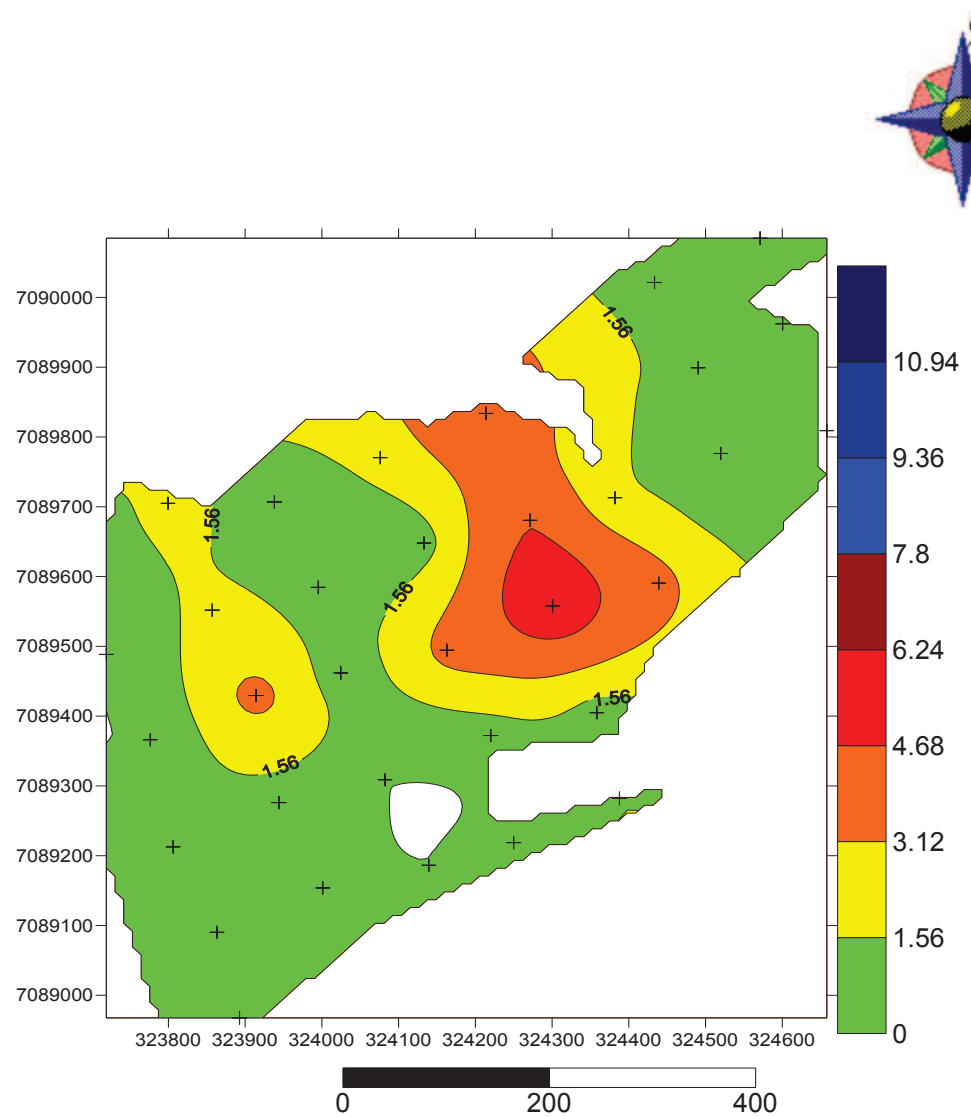


Figura 10 – mapa do elemento químico Potássio.

### Elemento alumínio (%)



Cliente: Irineu Tesser.

Fazenda: Fartura.

Talhão: Baio.

Profundidade: 0 – 20 cm.

Mínimo: 0 %.

Máximo: 10.94%.

Média: 6.24%.

Datum: WGS84.

**Figura 11** - mapa do elemento Alumínio.

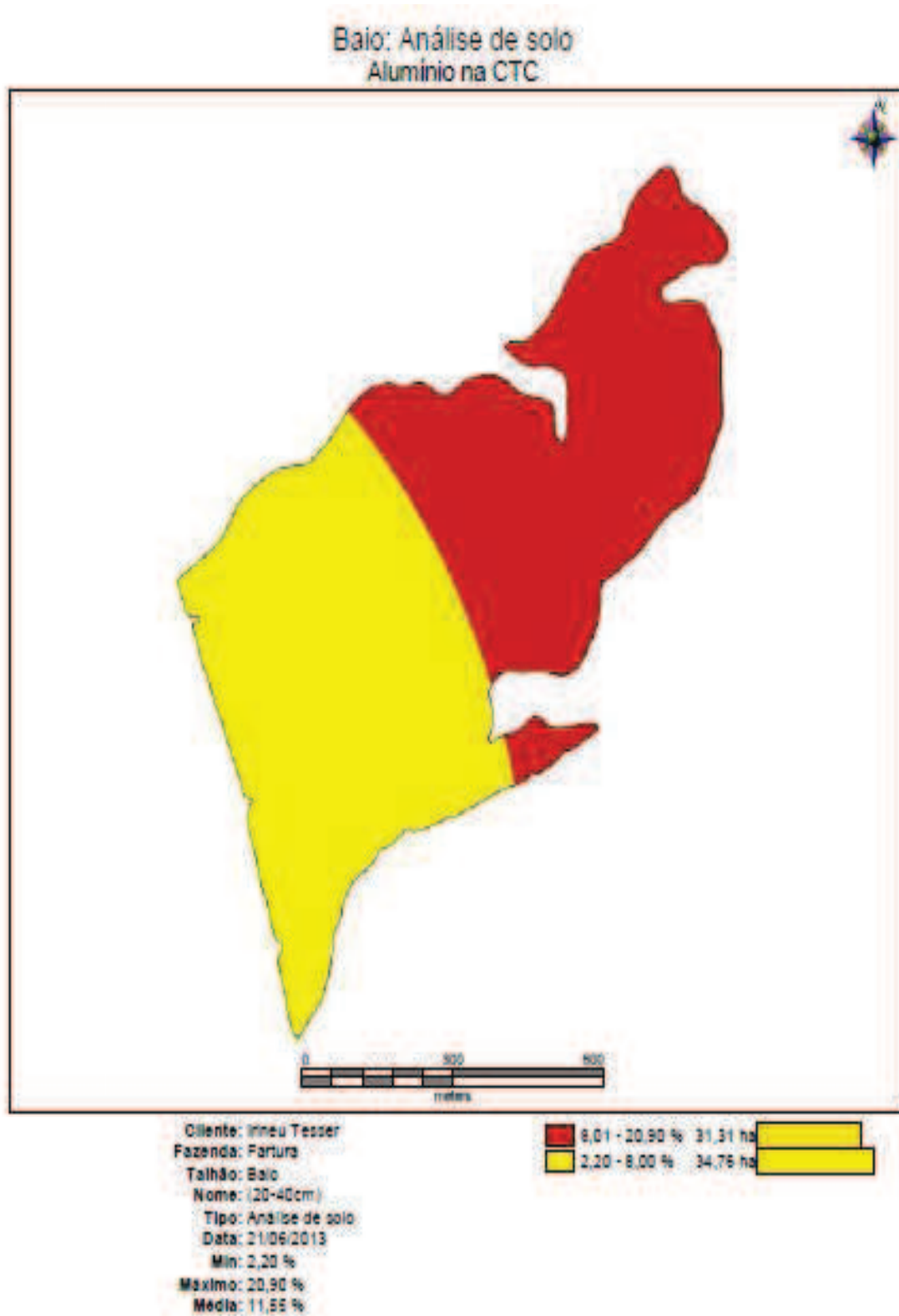


Figura 12 – mapa do elemento químico alumínio.



## 6 CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste trabalho é possível concluir que:

- Os mapas produzidos neste estudo possuem grandes diferenças em relação aos mapas produzidos pela empresa de AP. Isso se deve pelas diferentes técnicas para elaboração dos mesmos;
- O uso das técnicas de geoestatística demonstrou que é quase inexistente a dependência espacial entre as amostras estudadas;

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste estudo foi possível perceber que existem grandes divergências entre o mapeamento de AP comercial e um mapeamento embasado em técnicas geoestatísticas. Acredita-se que isto ocorra pela deficiência do uso de geoestatística em empresas, principalmente quando trata-se do ajuste de variogramas.

Para afirmar qual dos mapas está mais próximo da realidade, seria necessário um trabalho de campo junto ao agricultor proprietário da área, pois somente ele poderia confrontar a teoria com a prática.

## REFERÊNCIAS

- BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. 414p.
- BATCHELOR, B.; WHIGHAM, K.; DEWITT, J., et al. **Precision agriculture: introduction to precision agriculture**. Iowa Cooperative Extension, 1997. 4p. <http://www.extension.iastate.edu/Pages/precisionag/prec-ag.pdf> em 18 Ago. 1999.
- BATISTA, I.F. & ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de nutrientes e produção de alface cultivada em ambiente protegido**. Irriga, 15:401-413, 2010.
- CAPELLI, N.L. **Agricultura de precisão - Novas tecnologias para o processo produtivo**. LIE/DMAQAG/FEAGRI/UNICAMP, 1999. Disponível na Internet. <http://wwwbases.cnptia.embrapa.br/cria/gip/gipap/capelli>. docem 15 Out. 1999.
- FARIAS, P.R.S.; BARBOSA, J.C.; VIEIRA, S.R.; SÁNCHEZ-VILA, X.; FERRAZ, L.C.C.B. Geostatistical analysis of the spatial distribution of *Rotylenchulus reniformis* on cotton cultivated in crop rotation. **Russian Journal of Nematology**, Moscow, v.10, p.1-9, 2002a.
- MANZATTO, C.V.; BHERING, S.B.; SIMÕES, M. **Agricultura de precisão: propostas e ações da Embrapa solos**. EMBRAPA Solos, 1999. Disponível na Internet. <http://www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/proj01/proj01.htm> em 01 Out. 1999.
- MOLIN, J.P. **Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade**. Eng. Agríc. 22:83-92, 2002.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: Descrição, Fundamentos e Aplicações**. 1ª ed. São Paulo: Unesp, 2000a. p 287.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Unesp, 2008. 476p.
- ROZA, D. **Novidade no campo: Geotecnologias renovam a agricultura**. Revista InfoGEO, n 11 - jan/fev, 2000. [http://www.infogeo.com.br/Revista/materia\\_11.htm](http://www.infogeo.com.br/Revista/materia_11.htm) em 21 Mai. 2000.
- SALET, R.L. et al. **Atividade do alumínio na solução de solo do sistema plantio direto**. Revista Científica Unicruz, Cruz Alta, v.1, p.9-13, 1999.
- SILVA AS, LIMA JSS, XAVIER AC & TEIXEIRA MM (2010). **Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo vermelho-amarelo húmico cultivado com café**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34:15-22.

TAYLOR, G.J. **The physiology of aluminum phytotoxicity.** In: SIEGAL, H.; SIEGAL, A. (Eds). *Metals ions in biological systems*. New York: Marcel Dekker, 1988. p.123-163.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1- 54



## ÍNDICE DE APÊNDICES E ANEXOS

ANEXO A - Laudo laboratorial da análise química do solo referentes as 33 amostras da área de estudo .....	34
---	----

**ANEXOS**

ANEXO A – Laudo laboratorial da análise química do solo referentes as 33 amostras da área de estudo.

117723/2013	01 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117724/2013	01 TH_Baio Prof.: 20 a 40 cm
117725/2013	02 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117726/2013	02 TH_Baio Prof.: 20 a 40 cm
117727/2013	03 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117728/2013	04 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117729/2013	05 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117730/2013	07 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117731/2013	08 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117732/2013	09 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm

Determinação	Unidade	Amostras									
		117723	117724	117725	117726	117727	117728	117729	117730	117731	117732
Fósforo (Resina)	mg/dm <sup>3</sup>	24	8	16	11	26	53	29	26	14	15
Fósforo (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	4,9	0,5	6	2,1	8,1	8,6	3,5	4	2,5	4,4
Matéria Orgânica (Oxidação)	g/dm <sup>3</sup>	42	33	34	34	34	32	39	34	33	40
Carbono Orgânico Total	g/dm <sup>3</sup>	24	19	20	20	20	19	23	20	19	23
pH (CaCl2)	-	5,4	5,3	6,1	5	5,6	5,6	5,6	5,5	5,4	5,1
pH Tampão (SMP)	-	6,29	6,27	6,43	5,68	6,22	6,33	6,28	6,2	6,15	5,95
Potássio (Trocável)	mmolc/dm <sup>3</sup>	2,8	0,8	2,8	0,8	2,1	3,1	2,8	2,3	1,8	2,4
Cálcio (Trocável)	mmolc/dm <sup>3</sup>	53	36	52	28	47	50	60	45	36	35
Magnésio (Trocável)	mmolc/dm <sup>3</sup>	28	21	33	8	29	32	37	30	24	20
Acidez total (H+Al)	mmolc/dm <sup>3</sup>	31	32	27	59	34	30	31	34	36	45
Sódio (Mehlich)	mmolc/dm <sup>3</sup>	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-
Acidez trocável (Al) (KCl)	mmolc/dm <sup>3</sup>	0	2	0	20	1	0	1	1	1	4
Acidez residual (H)	mmolc/dm <sup>3</sup>	31	30	27	39	33	30	30	33	35	41
Capac. de troca de cátions	mmolc/dm <sup>3</sup>	114,8	89,8	115	95,8	112,1	115,1	130,8	111,3	97,8	102,4
Soma de bases trocáveis	mmolc/dm <sup>3</sup>	83,8	57,6	88	36,8	78,1	85,1	99,8	77,3	61,8	57,4
Saturação por bases	%	73	64	77	38	70	74	76	69	63	56
Saturação por Al	%	0	3,34	0	35,21	1,26	0	0,99	1,28	1,59	6,51
% de Potássio na C.T.C.	%	2,4	0,9	2,4	0,8	1,9	2,7	2,1	2,1	1,8	2,3
% de Cálcio na C.T.C.	%	46,2	40,1	45,2	29,2	41,9	43,4	45,9	40,4	36,8	34,2
Enxofre (Fosfato de Cálcio)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-
% de Magnésio na C.T.C.	%	24,4	23,4	28,7	9,4	25,9	27,8	28,3	27	24,5	19,5
Boro (Água Quente)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	1,79	-	-	-	-	-	-	-
% de Alumínio na C.T.C.	%	0	2,2	0	20,9	0,9	0	0,8	0,9	1	3,9
Cobre (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	6,3	-	-	-	-	-	-	-
% de Hidrogênio na C.T.C.	%	27	33,4	23,5	40,7	29,4	26,1	22,9	29,6	35,8	40
Ferro (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-
Manganês (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	57,5	-	-	-	-	-	-	-
Relação Ca/K	-	18,9	45	18,6	35	22,4	16,1	21,4	19,6	20	14,6
Relação Ca/Mg	-	1,9	1,7	1,6	3,5	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,8
Zinco (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	2,1	-	-	-	-	-	-	-
Relação Mg/K	-	10	26,3	11,8	10	13,8	10,3	13,2	13	13,3	8,3
Argila (HMFS + NaOH)	g/kg	-	-	-	-	-	647	-	-	678	-
Silte (HMFS + NaOH)	g/kg	-	-	-	-	-	256	-	-	252	-
% de Sódio na C.T.C.	%	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-
Areia Total (HMFS + NaOH)	g/kg	-	-	-	-	-	97	-	-	70	-

117733/2013	10 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117734/2013	11 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117735/2013	12 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117736/2013	13 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117737/2013	14 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117738/2013	15 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117739/2013	16 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117740/2013	17 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117741/2013	18 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117742/2013	19 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm

Resultados		Amostras									
Determinação	Unidade	117733	117734	117735	117736	117737	117738	117739	117740	117741	117742
Fósforo (Resina)	mg/dm <sup>3</sup>	13	12	15	16	21	24	23	14	16	10
Fósforo (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	1,9	0,4	6,6	2,6	4,1	3,8	6,2	1,5	1,8	2
Matéria Orgânica (Oxidação)	g/dm <sup>3</sup>	39	37	49	34	44	39	32	34	40	36
Carbono Orgânico Total	g/dm <sup>3</sup>	23	21	28	20	26	23	19	20	23	21
pH (CaCl <sub>2</sub> )	-	5,1	5,1	5,2	5,2	5,4	5,7	5,7	5,7	5,5	5,2
pH Tampão (SMP)	-	6,04	5,95	6,07	6,08	5,79	6,22	6,15	6,08	5,94	5,7
Potássio (Trocável)	mmol/dm <sup>3</sup>	2,4	2,7	4,1	2,6	2	2,5	2,1	3,4	2,7	2,1
Calcio (Trocável)	mmol/dm <sup>3</sup>	44	40	51	49	56	67	48	58	59	45
Magnésio (Trocável)	mmol/dm <sup>3</sup>	26	23	29	29	30	39	32	31	25	23
Acidez total (H+Al)	mmol/dm <sup>3</sup>	41	45	39	39	53	34	36	39	45	58
Sódio (Mehlich)	mmol/dm <sup>3</sup>	-	-	0,2	-	-	-	0,2	-	-	0,2
Acidez trocável (Al) (KCl)	mmol/dm <sup>3</sup>	2	2	1	1	1	0	0	1	1	5
Acidez residual (H)	mmol/dm <sup>3</sup>	39	43	38	38	52	34	36	38	44	53
Capac. de troca de cátions	mmol/dm <sup>3</sup>	113,4	110,7	123,3	119,6	141	142,5	118,3	131,4	131,7	128,3
Soma de bases trocáveis	mmol/dm <sup>3</sup>	72,4	65,7	84,3	80,8	88	108,5	82,3	92,4	86,7	70,3
Saturação por bases	%	64	59	68	67	62	76	70	70	66	55
Saturação por Al	%	2,69	2,95	1,17	1,23	1,12	0	0	1,07	1,14	6,64
% de Potássio na C,T,C	%	2,1	2,4	3,3	2,2	1,4	1,8	1,8	2,6	2,1	1,6
% de Calcio na C,T,C	%	38,8	36,1	41,4	41	39,7	47	40,8	44,1	44,8	35,1
Enxofre (Fosfato de Calcio)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	25	-	-	-	25	-	-	24
% de Magnésio na C,T,C	%	22,9	20,8	23,5	24,2	21,3	27,4	27	23,6	19	17,9
Boro (Água Quente)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	1,44	-	-	-	1,39	-	-	1,48
% de Alumínio na C,T,C	%	1,8	1,8	0,8	0,8	0,7	0	0	0,8	0,8	3,9
Cobre (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	5,5	-	-	-	5,7	-	-	6,5
% de Hidrogênio na C,T,C	%	34,4	38,8	30,8	31,8	36,9	23,9	30,4	28,9	33,4	41,3
Ferro (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	12	-	-	-	11	-	-	14
Manganês (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	80	-	-	-	50,5	-	-	52
Relação Ca/K	-	18,3	14,8	12,4	18,8	28	26,8	22,9	17,1	21,9	21,4
Relação Ca/Mg	-	1,7	1,7	1,8	1,7	1,9	1,7	1,5	1,9	2,4	2
Zinco (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	3,7	-	-	-	3	-	-	3,5
Relação Mg/K	-	10,8	8,5	7,1	11,2	15	15,6	15,2	9,1	9,3	11
% de Sódio na C,T,C	%	-	-	0,2	-	-	-	0,2	-	-	0,2
Argila (HMFS + NaOH)	g/kg	-	-	681	-	-	-	-	-	-	-
Silte (HMFS + NaOH)	g/kg	-	-	261	-	-	-	-	-	-	-
Silte + Argila (HMFS + NaOH)	g/kg	-	-	942	-	-	-	-	-	-	-
Areia Total (HMFS + NaOH)	g/kg	-	-	58	-	-	-	-	-	-	-

117743/2013	20 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117744/2013	21 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117745/2013	22 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117746/2013	23 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117747/2013	24 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117748/2013	25 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117749/2013	27 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117750/2013	27 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117751/2013	28 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm
117752/2013	29 TH_Baio Prof.: 0 a 20 cm

Resultados		Amostras									
Determinação	Unidade	117743	117744	117745	117746	117747	117748	117749	117750	117751	117752
Fósforo (Resina)	mg/dm <sup>3</sup>	11	13	17	24	21	36	22	17	21	18
Fósforo (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	1,9	3,2	5,6	5,6	4,6	7,6	3,4	4,4	2,9	3,5
Matéria Orgânica (Oxidação)	g/dm <sup>3</sup>	36	38	44	41	43	37	45	47	34	32
Carbono Orgânico Total	g/dm <sup>3</sup>	21	22	26	24	25	21	26	27	20	19
pH (CaCl <sub>2</sub> )	-	5,3	5,2	5,1	5	4,9	5,6	5,4	5,2	5,2	5,3
pH Tampão (SMP)	-	5,98	5,75	5,59	5,42	5,57	6,25	5,89	5,61	5,86	5,72
Potássio (Trocável)	mmolc/dm <sup>3</sup>	2,1	2,3	4,2	2,8	2,1	2,4	2,2	2	2,9	3,9
Cálcio (Trocável)	mmolc/dm <sup>3</sup>	49	42	42	44	41	60	54	44	41	53
Magnésio (Trocável)	mmolc/dm <sup>3</sup>	28	21	18	23	22	47	24	22	20	25
Acidez total (H+Al)	mmolc/dm <sup>3</sup>	43	55	85	78	67	33	47	64	49	57
Sódio (Mehlich)	mmolc/dm <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2
Acidez trocável (Al) (KCl)	mmolc/dm <sup>3</sup>	1	3	6	7	8	1	2	5	2	1
Acidez residual (H)	mmolc/dm <sup>3</sup>	42	52	59	71	59	32	45	59	47	56
Capac. de troca de cátions	mmolc/dm <sup>3</sup>	122,1	120,3	129,2	147,8	132,1	142,4	127,2	132	112,9	139,1
Soma de bases trocáveis	mmolc/dm <sup>3</sup>	79,1	65,3	64,2	69,8	65,1	109,4	80,2	68	63,9	82,1
Saturação por bases	%	65	54	50	47	49	77	63	52	57	59
Saturação por Al	%	1,25	4,39	8,55	9,11	10,94	0,91	2,43	6,85	3,03	1,2
% de Potássio na C.T.C.	%	1,7	1,9	3,3	1,9	1,6	1,7	1,7	1,5	2,6	2,8
% de Cálcio na C.T.C.	%	40,1	34,9	32,5	29,8	31	42,1	42,5	33,3	36,3	38,1
Enxofre (Fosfato de Cálcio)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23
% de Magnésio na C.T.C.	%	22,9	17,5	13,9	15,6	16,7	33	18,9	16,7	17,7	18
Boro (Água Quente)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5
% de Alumínio na C.T.C.	%	0,8	2,5	4,6	4,7	6,1	0,7	1,6	3,8	1,8	0,7
Cobre (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,7
% de Hidrogênio na C.T.C.	%	34,4	43,2	45,7	48	44,7	22,5	35,4	44,7	41,6	40,3
Ferro (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11
Manganês (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59
Relação Ca/K	-	23,3	18,3	10	15,7	19,5	25	24,5	22	14,1	13,6
Relação Ca/Mg	-	1,8	2	2,3	1,9	1,9	1,3	2,3	2	2,1	2,1
Zinco (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,2
Relação Mg/K	-	13,3	9,1	4,3	8,2	10,5	19,6	10,9	11	6,9	6,4
Argila (HMFS + NaOH)	g/kg	-	-	-	-	692	-	-	-	665	-
Silte (HMFS + NaOH)	g/kg	-	-	-	-	268	-	-	-	287	-
% de Sódio na C.T.C.	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1
Areia Total (HMFS + NaOH)	g/kg	-	-	-	-	40	-	-	-	48	-
Silte + Argila (HMFS + NaOH)	g/kg	-	-	-	-	960	-	-	-	952	-

117753/2013 30 TH\_Baio Prof.: 0 a 20 cm  
 117754/2013 31 TH\_Baio Prof.: 0 a 20 cm  
 117755/2013 32 TH\_Baio Prof.: 0 a 20 cm  
 117756/2013 33 TH\_Baio Prof.: 0 a 20 cm  
 117757/2013 TH\_Baio Prof.: 0 a 20 cm

Resultados		Amostras				
Determinação	Unidade	117753	117754	117755	117756	117757
Fósforo (Resina)	mg/dm <sup>3</sup>	21	25	20	20	24
Fósforo (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	4	2,4	2	3	4,2
Matéria Orgânica (Oxidação)	g/dm <sup>3</sup>	35	38	43	32	37
Carbono Orgânico Total	g/dm <sup>3</sup>	20	22	25	19	21
pH (CaCl <sub>2</sub> )	-	5,2	5,4	5,9	5,7	6,1
pH Tampão (SMP)	-	5,55	6,05	6,42	6,23	6,53
Potássio (Trocável)	mmolc/dm <sup>3</sup>	3,1	3,7	7,3	2,5	2,4
Cálcio (Trocável)	mmolc/dm <sup>3</sup>	48	58	63	57	58
Magnésio (Trocável)	mmolc/dm <sup>3</sup>	23	30	42	31	40
Sódio (Mehlich)	mmolc/dm <sup>3</sup>	0,1	-	-	-	-
Acidez total (H+Al)	mmolc/dm <sup>3</sup>	68	40	27	33	24
Acidez trocável (Al) (KCl)	mmolc/dm <sup>3</sup>	2	0	0	1	0
Acidez residual (H)	mmolc/dm <sup>3</sup>	66	40	27	32	24
Capac. de troca de cátions	mmolc/dm <sup>3</sup>	142,2	131,7	139,3	123,5	124,4
Soma de bases trocáveis	mmolc/dm <sup>3</sup>	74,2	91,7	112,3	90,5	100,4
Saturação por bases	%	52	70	81	73	81
Saturação por Al	%	2,62	0	0	1,09	0
Enxofre (Fosfato de Cálcio)	mg/dm <sup>3</sup>	19	-	-	-	-
Boro (Água Quente)	mg/dm <sup>3</sup>	1,35	-	-	-	-
Cobre (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	4,7	-	-	-	-
Ferro (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	13	-	-	-	-
Manganês (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	37	-	-	-	-
Zinco (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	2,4	-	-	-	-
% de Potássio na C.T.C.	%	2,2	2,8	5,2	2	1,9
% de Cálcio na C.T.C.	%	33,8	44	45,2	46,2	46,6
% de Magnésio na C.T.C.	%	16,2	22,8	30,2	25,1	32,2
% de Sódio na C.T.C.	%	0,1	-	-	-	-
% de Alumínio na C.T.C.	%	1,4	0	0	0,8	0
% de Hidrogênio na C.T.C.	%	46,4	30,4	19,4	25,9	19,3
Relação Ca/K	-	15,5	15,7	8,6	22,8	24,2
Relação Ca/Mg	-	2,1	1,9	1,5	1,8	1,5
Relação Mg/K	-	7,4	8,1	5,8	12,4	16,7
Argila (HMFS + NaOH)	g/kg	698	-	-	-	-
Silte (HMFS + NaOH)	g/kg	257	-	-	-	-
Silte + Argila (HMFS + NaOH)	g/kg	955	-	-	-	-
Areia Total (HMFS + NaOH)	g/kg	45	-	-	-	-