

## Definição da malha de amostragem do teor foliar de nitrogênio em videira para obtenção de zonas de manejo\*\*

Patricia dos Santos Nascimento\*<sup>2</sup>, Juliano Athayde Silva\*<sup>3</sup>,  
Bruno Ricardo Silva Costa<sup>3</sup>, Luís Henrique Bassoi\*<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Doutora, Agronomia pela UNESP FCA, Botucatu

<sup>2</sup>Pós-graduandos, Engenharia Agrícola, Univasf, Juazeiro

<sup>3</sup>Pesquisador, Embrapa Semiárido Petrolina (PE)

\*E-mails: patysn@yahoo.com.br, julianoathayde@hotmail.com, bruno.ricardo.silva@hotmail.com, luis.bassoi@embrapa.br

\*\*Parte da Tese de Doutorado da primeira autora apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem), da FCA/UNESP campus de Botucatu

**Resumo:** Um dos fatores limitantes ao emprego da agricultura de precisão consiste na necessidade de uma alta densidade amostral para detecção da variabilidade existente na área de cultivo, para uma posterior delimitação de zonas homogêneas. Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de delimitar malhas amostrais quanto ao teor foliar de nitrogênio total ao longo do ciclo de cultivo da videira. O estudo foi realizado no município de Petrolina-PE, no Vale do Submédio São Francisco, em um pomar de videira cv. Thompson Seedless irrigado por microaspersão. Para a avaliação do teor foliar de N total foi utilizado um medidor portátil de clorofila. As leituras foram realizadas em folhas completamente expandidas e com bom aspecto fitossanitário em 4 momentos durante o ciclo da cultura (29/30; 36/37; 43/44 e 91/92 dias após a poda de produção). Em cada uma das épocas analisadas foram testadas diferentes densidades amostrais para avaliar as mudanças da distribuição espacial de N em relação à amostragem original. Os dados das diferentes épocas e densidades amostrais foram analisados pela geoestatística, interpolação por krigagem e geração de mapas de contorno, os quais auxiliaram na identificação das zonas de manejo. A aplicação da ferramenta geoestatística possibilitou a visualização da evolução do teor de nitrogênio total ao longo do ciclo da videira. A redução da densidade amostral possibilitou a identificação de correspondência comportamental nas diferentes épocas avaliadas.

**Palavras-chave:** geoestatística, clorofila, semiárido

### Definition of the sampling grid of foliar nitrogen content in grapevine to obtain management zones

**Abstract:** One of the limiting factors to the use of precision agriculture is the need of a high sampling density to detect variability in an agricultural area, for further delineation of homogeneous zones. This research was carried out to define the sampling grid of relative chlorophyll content throughout a grapevine growing cycle. The study was carried out in the Lower Middle São Francisco Valley, Petrolina, State of Pernambuco, Brazil, in an orchard of grapevine cv. Thompson Seedless irrigated by microsprinklers. A portable chlorophyll meter was used to evaluate the total foliar N content. The readings were taken on fully expanded leaves and good phytosanitary conditions in 4 times during the 2011 growing season (29/30, 36/37, 43/44 and 91/92 days after pruning). In each of the time different sampling grids were analyzed to evaluate the changing on N spatial distribution in relation to the original sampling. Data from different sampling times and intensities were analyzed by geostatistical kriging interpolation and generation of contour maps, which aided in the identification of management zones. The application of geostatistics tool allowed the visualization of the evolution of the total N concentration throughout the growing cycle. The reduction in sampling grid allowed the identification of a matching behavior in different periods evaluated.

**Keywords:** geostatistic, chlorophyll, semi-arid

## 1. Introdução

A compreensão da variabilidade de parâmetros que se correlacionam com a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas têm trazido bons resultados para o setor agrícola. Nesse contexto, a agricultura de precisão (AP) surge como uma aliada dos produtores, auxiliando na tomada de decisão em relação às práticas agrícolas realizadas em uma unidade de produção. O emprego das técnicas de agricultura de precisão pode auxiliar na identificação de áreas com potencial para produção de frutos com melhor qualidade e, até mesmo, na compreensão dos fatores que a determinam.

Um dos fatores limitantes ao emprego da agricultura de precisão consiste na necessidade de uma extensa grade amostral, a qual é necessária para a representação espacial da distribuição do parâmetro avaliado. Isso muitas vezes inviabiliza a aplicação da AP em função da elevação dos custos com amostragem. Nesse contexto, foi desenvolvido o conceito de zonas de manejo que consiste na identificação de áreas menores, mas que sejam dependentes espacialmente, permitindo assim um manejo mais localizado nos pontos em que seja necessário tal tratamento. Segundo Rodrigues Junior et al. (2011), uma zona de manejo é definida como uma sub-região do campo que apresenta uma combinação de fatores limitantes de produtividade e de qualidade para a qual se pode aplicar uma dose uniforme de insumos, facilitando a aplicação das técnicas de AP.

O nitrogênio (N) é um importante indicativo nutricional da videira, estando correlacionado inclusive ao teor de clorofila no tecido foliar. Estudos com várias espécies indicam que os índices obtidos com os medidores portáteis do teor foliar de clorofila apresentaram correlação positiva com a suficiência de N, podendo este ser considerado um índice apropriado para avaliar o estado de N das culturas (BLACKMER; SCHEPERS, 1995; GIL et al., 2002; FONTES; ARAÚJO, 2007). De acordo com Rodrigues Junior et al. (2011), zonas de manejo obtidas por meio dos valores do medidor portátil de clorofila e concentrações de nutrientes foliares, podem levar a um entendimento melhor da variabilidade nutricional da cultura e tais zonas

de manejo podem ser utilizadas como orientação para futuras amostragens, facilitando a otimização desta operação. Assim o objetivo deste trabalho foi a identificação de zonas homogêneas quanto ao teor foliar de N total em diferentes intensidades amostrais ao longo do ciclo de cultivo da videira de mesa em Petrolina - PE.

## 2. Material e Métodos

O estudo foi realizado em Petrolina-PE, no Vale do Submédio São Francisco. A área experimental foi instalada no lote 180 do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Núcleo 5 (latitude S 9° 23' 12,8", longitude W 40° 38' 13,8", altitude 394 m). O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 2006). Para a realização do estudo foi selecionada uma área com 20 fileiras de plantas e 82 plantas por fileira, em um pomar de videira cv. Thompson Seedless sobre o porta-enxerto SO4, plantada em maio de 2004 no espaçamento de 4 x 2,5 m, irrigada por microaspersão, com 1 difusor por planta, e conduzida no sistema de latada. Não foi necessário o georreferenciamento das plantas, pois as fileiras e a plantas em cada fileira eram numeradas pelo próprio produtor, o que viabilizou o referenciamento das mesmas.

Para a avaliação do teor foliar de N total foi utilizado um clorofilômetro portátil KONICA SPAD 502 Plus. O medidor de clorofila fornece leituras que correspondem ao teor do pigmento clorofila presente na folha. Os valores são calculados com base na quantidade de luz transmitida pela folha em duas regiões de comprimento de onda (650nm e 940nm), nas quais a absorção pela clorofila é diferente (MINOLTA, 1989).

As leituras foram realizadas durante o ciclo de produção da videira com início da poda de produção em 18 de abril de 2011 e início da colheita em 9 de agosto de 2011, em folhas completamente expandidas e com bom aspecto fitossanitário em 4 momentos durante o ciclo da cultura: 29/30; 36/37; 43/44 e 91/92 dias após a poda de produção (dapp). As leituras foram realizadas sempre no período da manhã em todos os dias de observação. Para cada par de dias de avaliação eram coletadas informações nas 20

fileiras e em plantas alternadas (plantas ímpares), totalizando assim 41 plantas por fileira e um total de 820 plantas dentro da área experimental (Figura 1a). A calibração do equipamento foi realizada a partir da medida índice relativo de clorofila com o equipamento e em seguida coleta de folhas com diferentes tonalidades de cor verde, nos dias 18, 25 e 31 de maio de 2011 (respectivamente 30, 37 e 43 dias após a poda). Depois de coletada as folhas utilizadas para a calibração, as determinações dos teores foliares de N total foram realizadas no Laboratório de Solo, Água e Planta da Embrapa Semiárido. Assim, a relação linear entre a leitura do clorofilômetro e o teor foliar total de N foi determinada.

As observações realizadas nos diferentes dapp foram submetidas à análise por meio do programa GS+ 7,0 com o objetivo de observar a distribuição dos dados e ajuste do variograma experimental que melhor representasse os dados coletados. Uma vez ajustado um modelo matemático ao variograma, utilizou-se a técnica de krigagem para realizar a interpolação dos dados para os locais não amostrados sem tendência e com variância mínima (VIEIRA, 2000; CARVALHO; ASSAD, 2005; GREGO; VIEIRA, 2005). O índice de dependência espacial (IDE) dos atributos que é dado por  $[C/(C_0+C)] \cdot 100$ , foi determinado e classificado, segundo Zimback (2001), assumindo, assim, os seguintes intervalos: dependência espacial baixa para  $IDE < 25\%$ , moderada para  $25\% < IDE < 75\%$  e forte para  $IDE > 75\%$ .

A grade amostral utilizada para a condução desse estudo constitui-se numa técnica bastante laboriosa para o dia a dia do produtor rural, inviabilizando, portanto seu uso de forma corriqueira na propriedade. Com o objetivo de dar maior praticidade ao usuário de tais técnicas, foram realizadas simulações utilizando um menor número de pontos amostrais, por meio de um maior espaçamento entre as plantas analisadas, para verificar a permanência ou não das zonas de manejo selecionadas quando utilizada a grade efetivamente coletada no campo. Para tanto foram eliminados alguns pontos de amostragem da planilha tida como testemunha (820 pontos) e refeito todos os procedimentos estatísticos e geoestatísticos. Assim foram gerados mapas

de distribuição espacial com os 820 pontos de amostragem e simulações com 410, 180, 90 e 45 pontos (respectivamente Figuras 1 a, b, c, d, e).

### 3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os parâmetros geoestatísticos para os diferentes períodos de avaliação e intensidades amostrais. De maneira geral, o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados coletados foi o exponencial nas diferentes datas de avaliação e intensidade amostral. Exceções foram observadas ao utilizar a densidade amostral de 45 pontos, a qual obteve melhor ajuste ao modelo esférico aos 36/37, 43/44 e 91/92 dapp. Aos 36/37 dapp foi observado efeito pepita puro para as intensidades amostrais iguais a 180 e 90 pontos. A variação na intensidade amostral realizada aos 29/30 dapp apresentou ajuste ao modelo exponencial em todas as intensidades avaliadas com dependência espacial variando de média a forte. As avaliações realizadas aos 43/44 e 91/92 dapp apresentaram correspondência quanto ao ajuste matemático nas intensidades amostrais testadas. Os variogramas construídos quando se utilizou 820 e 410 pontos de amostragem ajustaram-se ao modelo exponencial em todos os períodos avaliados. O índice de dependência espacial nas diferentes intensidades amostrais e períodos de avaliação variaram entre moderado e forte.

A redução do número de pontos amostrais contribuiu para que o variogramas se afastasse do seu formato original comportamento semelhante também foi observado por Souza e Souza (2011) e Kerry e Oliver (2008). Nas avaliações realizadas aos 29/30 e 36/37 dapp observa-se uma grande proximidade no comportamento gráfico para as intensidades amostrais de 820 e 410 pontos nas distâncias avaliadas (Figura 2a e b). Com exceção dos 91/92 dapp o comportamento gráfico das diferentes intensidades amostradas são mais próximas até a distância de aproximadamente 40 metros, a partir dessa distância de maneira geral os comportamentos gráficos tendem a se afastar do comportamento obtido ao utilizar 820 pontos

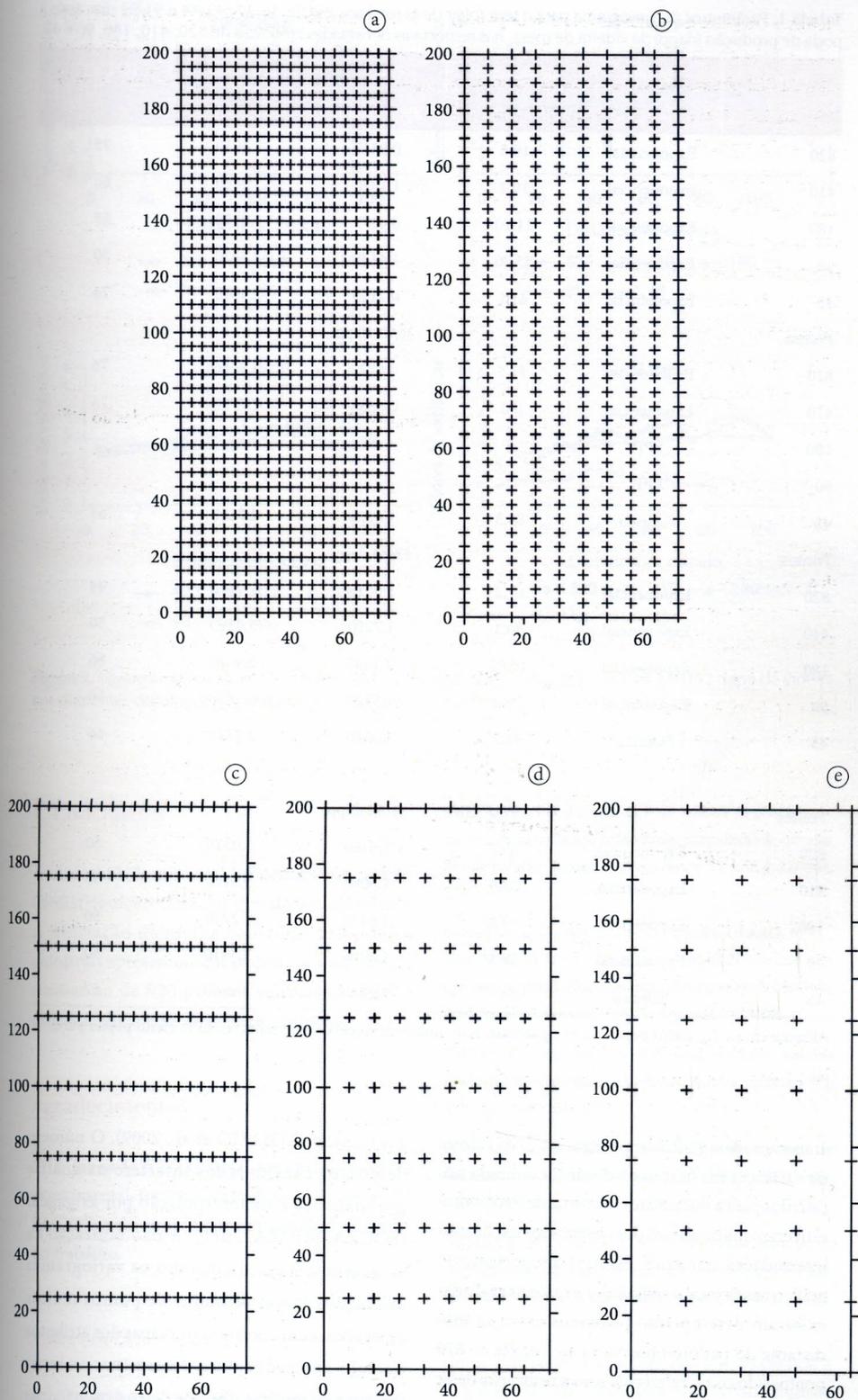


Figura 1. Croqui das diferentes densidades de amostragem 820(a); 410(b); 180(c); 90(d) e 45(e).

**Tabela 1.** Parâmetros do variograma para o teor foliar de N total aos 29/30; 36/37; 43/44 e 91/92 dias após a poda de produção (dapp) da videira de mesa, nas respectivas densidades amostrais de 820, 410, 180, 90 e 45.

Pontos	Modelo	Alcance (m)	$C_0$	$C_0+C$	IDE (%)
<b>29/30 dapp</b>					
820	Exponencial	10.5	0.8317	3.4030	75
410	Exponencial	19.2	1.1370	3.3480	66
180	Exponencial	11.10	0.4177	3.0390	87
90	Exponencial	55.20	1.4130	2.8270	50
45	Exponencial	41.1	0.7113	2.9590	76
<b>Pontos 36/37 dapp</b>					
820	Exponencial	11.5	0.6772	2.8160	76
410	Exponencial	9.6	0.6686	2.7770	76
180	EPP				
90	EPP				
45	Esférico	85.3	1.0270	2.7600	63
<b>Pontos 43/44 dapp</b>					
820	Exponencial	61.2	1.6619	2.9510	44
410	Exponencial	86.1	1.7290	3.4590	50
180	Exponencial	16.05	0.4060	2.9020	86
90	Exponencial	76.2	1.5920	3.1850	50
45	Esférico	91.2	1.0060	2.9720	66
<b>Pontos 91/92 dapp</b>					
820	Exponencial	65.7	1.5180	3.0370	50
410	Exponencial	57.6	1.5080	3.0170	50
180	Exponencial	99.6	1.6370	3.2750	50
90	Exponencial	69.3	1.6700	3.3410	50
45	Esférico	84.9	1.2870	3.9840	67

Alcance em m;  $C_0$ : efeito pepita;  $C_0+C$ : patamar; IDE: índice de dependência espacial; EPP: efeito pepita puro.

amostrais. Aos 91/92 dapp (Figura 2 d) os valores de variância em função da distância utilizada nos cálculos para a intensidade amostral de 820 pontos estiveram muito abaixo dos observados nas demais intensidades amostrais, assim o comportamento gráfico nas demais intensidades amostrais avaliadas exibiram desempenho próximos entre si, mas distante do padrão observado ao utilizar os 820 pontos tido como referência para a realização desse estudo por englobar um número maior de pontos.

A diminuição do número de amostras corresponde a mapas mais dissimilares em relação

a referência (COELHO et al., 2009). O número de pontos considerados interfere na análise geoestatística e na interpolação por krigagem (SOUZA; SOUZA, 2011). A não utilização da krigagem é sugerida quando os variogramas calculados forem oriundos de pontos muitos espaçados, caso contrário os mapas dos atributos do solo utilizados para determinar as taxas variáveis de fertilizantes e de defensivos não irão refletir os principais padrões de variação presente (KERRY; OLIVER, 2008)

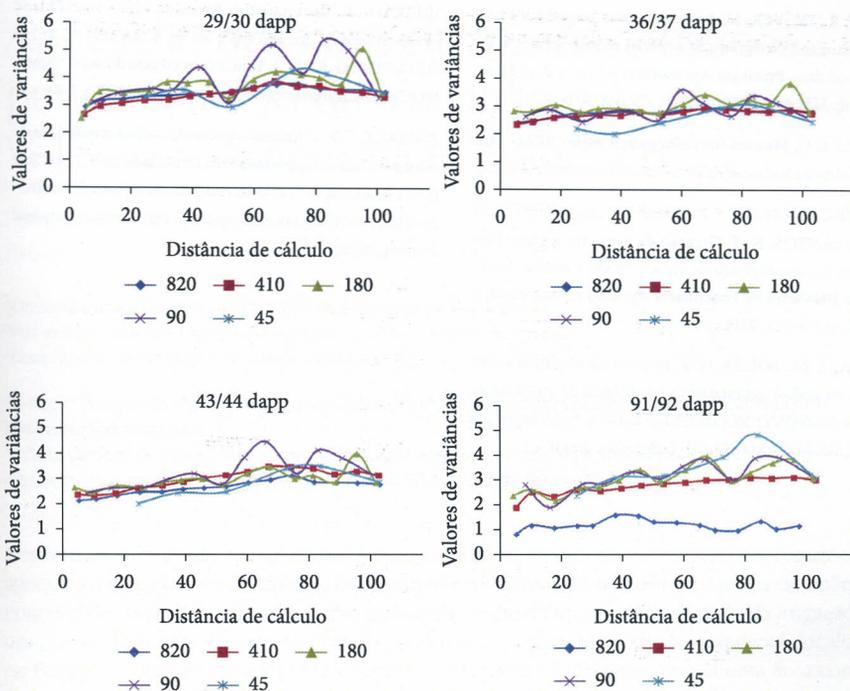


Figura 2. Variogramas escalonados do teor foliar de N total aos 29/30; 36/37; 43/44 e 91/92 dapp da videira nas diferentes densidades amostrais.

#### 4. Conclusões

A densidade amostral influenciou no padrão de distribuição espacial dos dados coletados. A utilização da malha contendo 410 pontos amostrais apresentou um padrão de distribuição similar ao de 820 pontos, validando assim a utilização da menor densidade amostral.

#### Agradecimentos

À fazenda Sasaki pela concessão da área experimental, fornecimento de dados e apoio, e à FACEPE, pelo apoio financeiro para a realização do trabalho.

#### Referências

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. *Journal of Production Agriculture*, v. 8, n. 1, p. 56-60, 1995. <http://dx.doi.org/10.2134/jpa1995.0056>

CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D. Análise da precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. *Engenharia Agrícola*, v. 25, n. 2, p. 377-384, 2005.

COELHO, E. C.; SOUZA, E. G.; URIBE-OPAZO, M. A.; PINHEIRO NETO, R. Influência da densidade amostral e do tipo de interpolador na elaboração de mapas temáticos. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 31, n. 1, p. 165-174, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa SPI: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FONTES, P. C. R.; ARAÚJO C. *Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro*. Viçosa: UFV, 2007. 148 p.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 29, n. 2, p. 169-177, 2005.

GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362002000400020>

KERRY, R.; OLIVER, M. A. Determining nugget:sill ratios of standardized variograms from aerial photographs to kriging sparse soil data. **Precision Agriculture**, v. 9, n. 1-2, p. 33-56, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-008-9058-0>

MINOLTA, C. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osaka: Minolta Radiometric Instruments Divisions, 1989. 22 p.

RODRIGUES JUNIOR, F. A.; VIEIRA, L. B.; QUEIROZ, D. M. de.; SANTOS, N. T. Geração de zonas de manejo para cafeicultura empregando-se sensor SPAD e análise foliar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 778-787, 2011.

SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S. Número de amostras e seus efeitos na análise geoestatística e krigagem de atributos do solo. In: SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2., 2011, Botucatu. **Anais...**

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

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência em Levantamento do Solo e Fotopedologia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.