



Definição da malha de amostragem da condutividade elétrica do solo para obtenção de zonas de manejo em pomar de videira

Eliel Ferreira do Nascimento¹, Luis Henrique Bassoi², Ladislau Marcelino Rabello³

¹Pos-graduando, Bolsista do CNPq, FCA/ UNESP, Depto. Engenharia Rural, CP 237, CEP 18603-970, Botucatu, SP, Brasil

²Pesquisador, Embrapa Semiárido, CP 23, CEP 56302-970, Petrolina, PE, Brasil

³Pesquisador, Embrapa Instrumentação, CP 1452, CEP 13560-970, São Carlos, SP, Brasil

*E-mails: elielpet@gmail.com, luis.bassoi@embrapa.br, ladislau.rabello@embrapa.br

Resumo: Para a aplicabilidade da agricultura de precisão, torna-se imprescindível o desenvolvimento de metodologias capazes de reduzir o número de amostragens no campo, de forma que possa garantir a confiabilidade dos mapas gerados sobre a variabilidade espacial dos atributos do solo. Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de analisar as diferentes zonas homogêneas da condutividade elétrica aparente do solo (CEa), obtidas em função das várias densidades amostrais e sua relação com a umidade do solo. O estudo foi realizado em um pomar de 1,6 ha de videira cv. Thompson Seedless irrigado por microaspersão no município de Petrolina-PE. Para a avaliação da CEa foi utilizado um medidor portátil, que possibilitou a avaliação nas camadas de solo de 0-0,40 m e 0-0,80 m. Os dados das coletas realizadas em 2012 e 2013 foram submetidos à análise geoestatística, interpolação por krigagem e geração de mapas de contorno, os quais auxiliaram na delimitação e avaliação das diferentes zonas homogêneas, geradas a partir de diferentes densidades de amostragem (820, 410, 180, 90 e 45 pontos). Os resultados mostram que foi possível definir o número de amostras necessárias para delimitar com confiabilidade as zonas homogêneas e auxiliar o produtor na tomada de decisão quanto ao manejo de solo.

Palavras-chave: semiárido, geoestatística, solo arenoso

Definition of sampling grid of soil electric conductivity to obtain management zones in a vine orchard

Abstract: The development of methodologies that can reduce the number of samples in the field is essential for the applicability of precision agriculture. Then, the reliability of the generated maps of spatial variability of soil attributes can be ensured. This research was carried out in order to analyze the different homogeneous zones of apparent soil electrical conductivity (ECa), obtained according to the different sampling grids and its relation to soil moisture. The study was performed in a 1.6 ha orchard of vine cv. Thompson Seedless irrigated by microsprinkle in Petrolina, state of Pernambuco, Brazil. A portable meter was used for the measurement of ECa at 0 to 0.40 and 0 to 0.80 m soil layers. Data from samples collected in 2012 and 2013 were analyzed by geostatistics, kriging interpolation and generation of contour maps, which guided the delineation and evaluation of different homogeneous zones, obtained from different sampling grids (820, 410, 180, 90, and 45 points). The results showed that it was possible to set the number of samples required to delineate with reliability the homogeneous zones and assist the grower in making the decision as to soil management.

Keywords: semi-arid, geostatistics, sandy soil

1. Introdução

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 (NASCIMENTO, 2013). A técnica de se amostrar intensamente o solo na obtenção de informação da variabilidade dos seus componentes físicos e químicos tem sido alvo de críticas pelo seu elevado custo, tornando-se, por vezes, economicamente inviável em sistemas produtivos (FAULIN, 2005).

Dessa forma, para a aplicabilidade da agricultura de precisão, torna-se imprescindível o desenvolvimento de metodologias capazes de reduzir o número de amostragens no campo, garantindo a confiabilidade dos mapas gerados da variabilidade espacial dos atributos do solo.

A medida da condutividade elétrica aparente do solo (CEa) se tornou valiosa para identificar as características físico-químicas do solo que influenciam os padrões de rendimento das culturas e para estabelecer a variação espacial dessas propriedades do solo (CORWIN et al., 2003).

Ao se fazer medidas da CEa e de posse das ferramentas geoestatísticas, pode-se gerar mapas que possibilitam a observação de zonas características que podem variar espacialmente dentro de uma área. Uma vez definida a população objeto de estudo, necessita-se escolher a melhor maneira de avaliar algumas de suas características.

Nesse caso, delimita-se a observação a uma amostra da população, a qual deve reproduzir, o mais fielmente possível, suas características, com um número mínimo de amostras para estimar o valor médio com determinada exatidão (CARVALHO et al., 2002). O uso de equipamentos portáteis e a redução da densidade amostral podem permitir a determinação rápida da CEa em campo, com maior praticidade e menor custo. Dessa forma, é possível dividir a área em zonas

de manejo e tomar decisões principalmente relacionadas à aplicação de insumos e irrigação.

Em face da análise da variabilidade espacial do solo no campo necessitar de grande número de observações, pesquisas para o desenvolvimento de procedimentos, a fim de minimizar o número de observações sem prejuízo das informações, tornaram-se prioritárias (MORETI et al., 2007). Dessa forma, este trabalho foi desenvolvido para avaliar a variabilidade espacial de diferentes densidades de amostragem de solo em um pomar de videira de mesa irrigada no Vale do Submédio São Francisco, em Petrolina - PE.

2. Material e Métodos

O estudo foi realizado numa área de produção de uva de mesa, localizada no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Núcleo 5, em Petrolina-PE (lat.: 9° 23' 12,8" S, long.: 40° 39' 13,8" O, alt.: 394 m). A área apresenta um solo classificado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 2006). Para a realização do trabalho foi selecionada uma área com 20 fileiras de plantas e 82 plantas por fileira (1,6 ha), em um parreiral de videira cultivar Thompson Seedless sobre o porta-enxerto SO4, plantada em maio de 2004 no espaçamento de 4 × 2,5 m, conduzida no sistema de latada e irrigada por microaspersão. Para a medição da condutividade elétrica aparente do solo (CEa, dS^{-1}) foi utilizado um medidor portátil (RABELLO, 2009), o qual possibilita determinações nas camadas de solo de 0-0,40 m e 0-0,80 m (Figura 1a). As leituras foram realizadas a cada duas plantas em todas as linhas de cultivo, originando uma malha de amostragem de 5 × 4 m (820 pontos). As leituras foram realizadas durante o ciclo de produção de uva em 2012 (27 e 28 de junho), e após o ciclo de produção, durante a formação das plantas (22 de janeiro de 2013). Nesses dias, a umidade do solo (Θ , $m^3 \cdot m^{-3}$) foi medida pela técnica de moderação de neutrons, de 0,15 a 0,75 m e em intervalos de 0,15 m (Figura 1b).

Os dados de CEa foram submetidos a análise por meio do software GS+ 7,0 com o objetivo de



Figura 1. Medidor portátil da condutividade elétrica aparente do solo (A) e a sonda de nêutrons utilizada para o monitoramento da umidade do solo (B).

determinar a dependência espacial. O índice de dependência espacial dos atributos (IDE), que é dado por $[C/(C_0+C)]*100$, foi determinado e classificado, segundo Zimback (2001), como baixo ($IDE < 25\%$), moderado ($25\% < IDE < 75\%$) e forte ($IDE > 75\%$). Posteriormente, as zonas homogêneas quanto a CEa foram determinadas. Para as análises dos dados foram considerados a densidade de amostragem de 820 pontos e, simulando uma redução da quantidade de leituras com o equipamento, também foram analisadas as densidades de 410, 180, 90 e 45 pontos (Figura 2).

3. Resultados e Discussão

Estão apresentados na Tabela 1, as análises geoestatísticas das diferentes densidades de amostragens, profundidades e períodos de avaliação para a CEa. Observa-se que os modelos matemáticos que melhor se ajustaram aos dados coletados nas duas datas avaliadas foram o esférico, o exponencial e o gaussiano. No entanto, o modelo esférico foi o que melhor se ajustou aos períodos avaliados, representando 55% dos ajustes. O modelo exponencial foi o que

permitiu o melhor ajuste dos dados da CEa para profundidade 0-0,40 m para o ano de 2012, e o esférico na profundidade 0-0,80 m para os dois anos avaliados, corroborando com Leão et al. (2009).

Os valores de alcance variaram de 35,9 a 106,9 m conforme a Tabela 1, sendo que no ano de 2013 os alcances foram superiores aos de 2012, indicando uma menor continuidade espacial no primeiro ano. Os valores de alcance observados nos dois anos indica que as grades amostrais empregadas foram adequadas, conseguindo-se obter a dependência espacial da CEa. Dessa forma o alcance mínimo para todos os períodos e densidades amostrais utilizadas foi de 35,9 m, suficiente para que se detecte a variabilidade espacial na menor densidade amostral.

Neste estudo observou-se que a CEa apresentou moderado grau de dependência espacial para as duas profundidades e períodos avaliados. No entanto, no ano de 2013, o grau de dependência espacial foi um pouco maior que no ano de 2012, podendo ser atribuída a umidade do solo (Θ). O valor médio de Θ na camada de solo de 0-0,45 m e 0-0,75 m, na primeira e segunda medida, foi de $0,094 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ e de $0,096 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, e de $0,108 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$

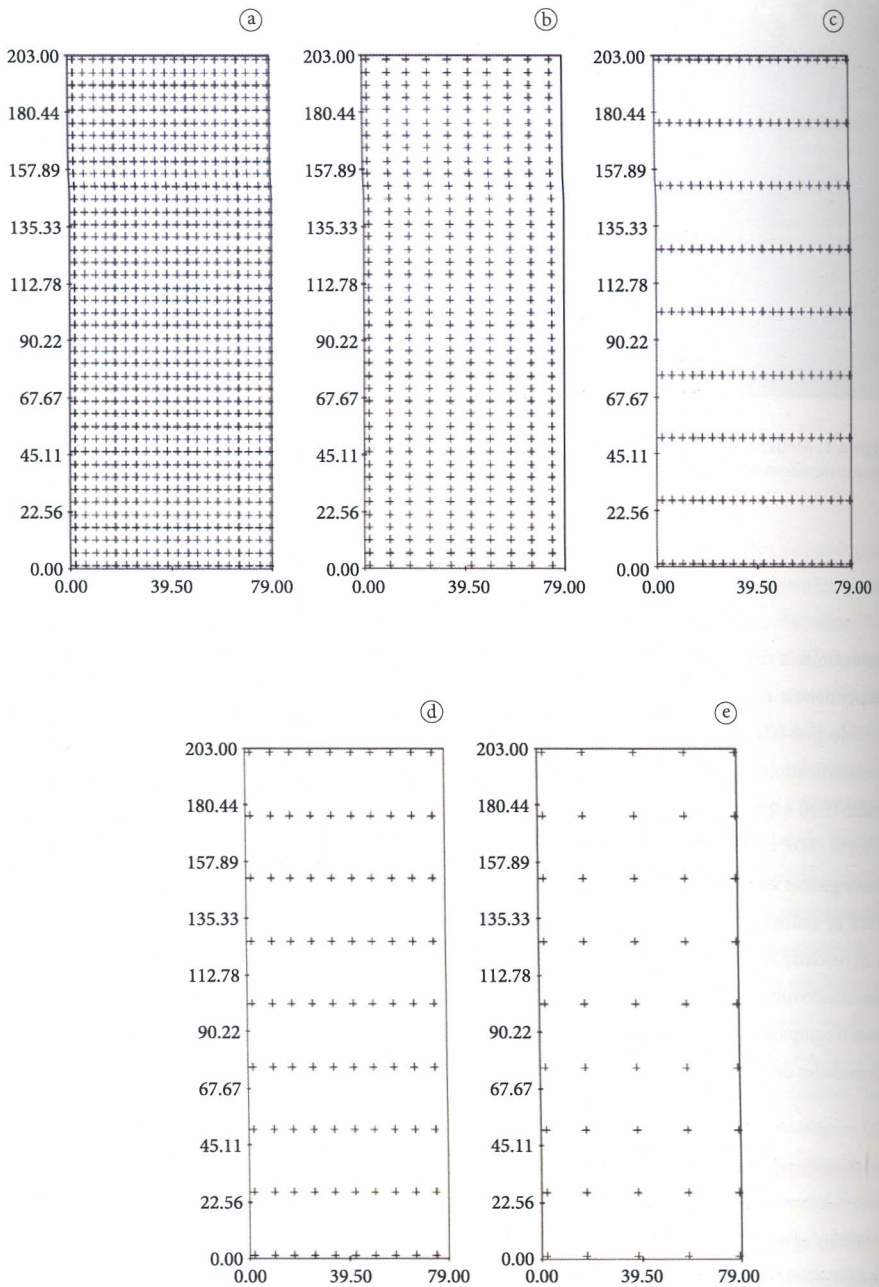


Figura 2. Croqui das diferentes densidades de amostragem da condutividade elétrica aparente do solo: A (820), B (410), C (180), D (90) e E (45).

Tabela 1. Parâmetros dos modelos dos semivariogramas para a condutividade elétrica aparente do solo em 2012 e 2013, em duas camadas de solo e em cinco densidades amostrais.

Camada e Ano	Pontos	Modelo	Alcance (m)	Co	Co + C	IDE (%)
0-0,40 m 2012	820	Exponencial	55,20	2,30	4,61	48,0
	410	Esférico	35,90	2,53	5,19	51,2
	180	Exponencial	70,00	2,81	5,17	45,7
	90	Exponencial	66,30	2,20	4,41	50,0
	45	Efeito pepita puro	-	-	-	-
0-0,80 m 2012	820	Esférico	45,40	1,94	3,88	50,0
	410	Esférico	38,90	2,03	4,07	50,0
	180	Exponencial	65,00	1,74	4,22	58,8
	90	Esférico	43,60	1,91	3,57	46,6
	45	Exponencial	64,88	2,49	4,96	49,7
0-0,40 m 2013	820	Esférico	79,30	3,00	6,01	50,0
	410	Esférico	90,80	3,05	6,97	56,2
	180	Gaussiano	76,21	3,83	7,66	50,0
	90	Gaussiano	92,14	5,52	9,91	44,2
	45	Gaussiano	90,75	2,90	8,47	65,8
0-0,80 m 2013	820	Esférico	71,60	2,6	5,39	51,5
	410	Esférico	81,80	2,49	6,17	59,7
	180	Esférico	86,40	3,40	6,78	49,9
	90	Esférico	106,90	4,68	9,56	51
	45	Esférico	99,80	2,79	6,73	58,6

A - alcance; Co - efeito pepita; Co + C - patamar; IDE - índice de dependência espacial.

e $0,110 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, respectivamente. Em 27 e 28 de junho de 2012, a videira estava em fase de maturação, com aplicação de pequenas lâminas de irrigação devido à menor demanda hídrica pela cultura nessa fase fenológica. A medida em 22 de janeiro de 2013 ocorreu após uma precipitação de 94 mm, entre os dias 16 e 21 do mesmo mês. Neste período o solo estava com umidade superior ao ano de 2012.

As variáveis analisadas apresentaram IDE moderado, com exceção da densidade amostral de 45 pontos na profundidade 0-0,40 m para o ano de 2012, que apresentou efeito pepita

puro. As densidades amostrais não interferiram negativamente no IDE, pois para todos os valores do IDE foram semelhantes e proporcionais. Segundo Costa (2011), na análise de variogramas, o efeito pepita (Co) representa a descontinuidade do variograma atribuída a erros de amostragens ou variações locais, não explicados pela variabilidade dos dados para distâncias amostradas. De uma forma geral, a redução do número de amostragens para 90 pontos no campo não interferiu no IDE, podendo o produtor utilizar, com confiabilidade, os mapas gerados para a aplicabilidade da agricultura de precisão.

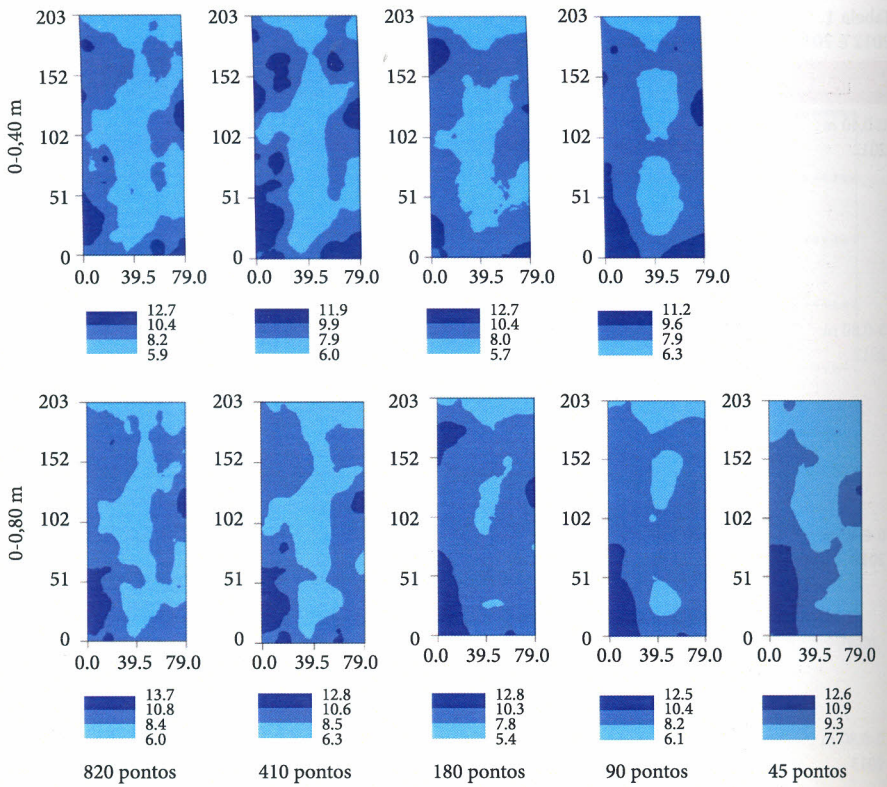


Figura 3. Distribuição espacial da condutividade elétrica aparente do solo medida em 27 e 28 de junho de 2012, nas camadas de 0-0,40 m e 0-0,80 m e em cinco densidades amostrais.

Pelos mapas apresentados na Figura 3, pode-se observar maiores valores de CEa no lado esquerdo e direito da área, o qual é evidenciado pela escala de tonalidades azul mais escuro. Na região central da área os valores de CEa são menores, evidenciado pela escala de tonalidades azul mais clara. Em 2012, os mapas da distribuição espacial da CEa apresentaram semelhança entre camadas e densidades amostrais, porém ela foi menor a medida que reduziram-se os pontos. Na camada de 0-0,40 m, o mapa com 45 pontos não foi gerado pois não houve dependência espacial (Tabela 1).

Pelos mapas apresentados na Figura 4, pode-se observar maiores valores de CEa no lado esquerdo e central da área, o qual é evidenciado pela escala de tonalidades azul mais escuro. Na região direita da

área os valores de CEa é menor, evidenciado pela escala de tonalidades azul mais clara. Os mapas de CEa gerados em 2013 também apresentaram semelhanças entre as duas camadas e em todas as densidades de amostragem. Nessa medida, a umidade do solo foi superior à observada em 2012. Assim, os mapas de 2013 gerados apresentaram, em geral, maior IDE e melhor semelhança entre os mesmos gerados com diferentes densidades amostrais. Pode-se observar que a redução do número de pontos amostrais não interferiu na qualidade visual do mapa, confirmando uma estabilidade de semelhanças dos mapas à medida que se aplicou as diferentes densidades amostrais da CEa.

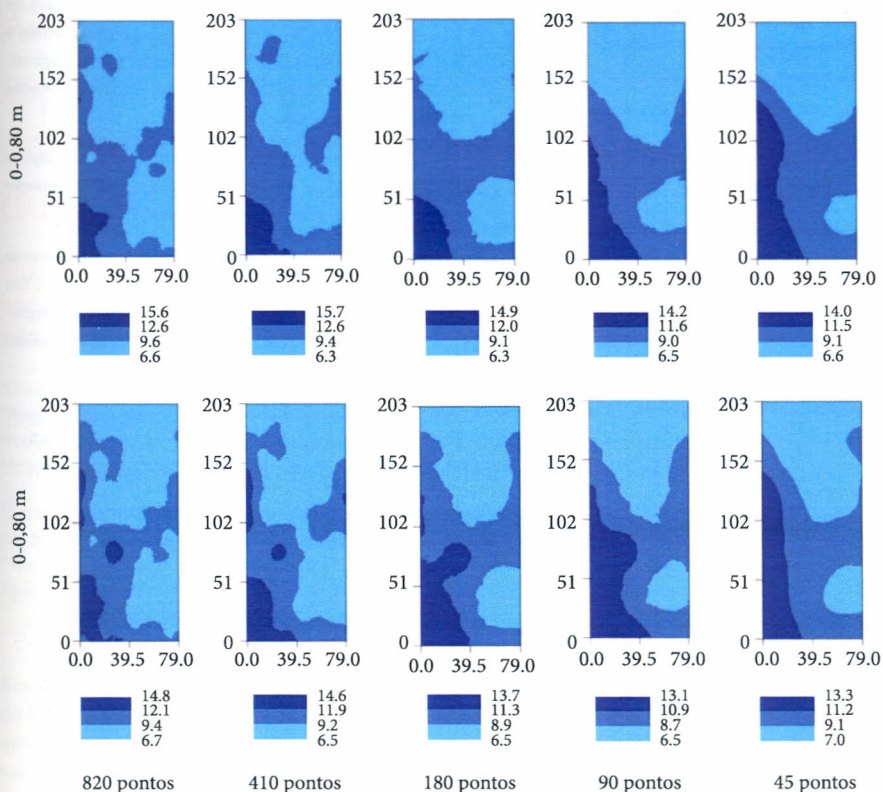


Figura 4. Distribuição espacial da condutividade elétrica aparente do solo medida em 22 de janeiro 2013, nas camadas de 0-0,40 m e 0-0,80 m e em cinco densidades amostrais.

4. Conclusões

Para a área em questão é possível reduzir o número de medidas da condutividade elétrica aparente do solo de 820 para 90 pontos, com bom ajuste variográfico.

Os melhores ajustes na interpolação e geração de mapas ocorreram quando a umidade do solo foi maior.

Agradecimentos

À Fazenda Sasaki, pela cessão da área para a realização do trabalho, e à FACEPE, pelo financiamento do projeto.

Referências

- CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 8, p. 1151-1159, 2002.
- CORWIN, D. L.; LESCH, S. M.; SHOUSE, P. J.; SOPPE, R.; AYARS, J. E. Identifying soil properties that influence cotton yield using soil sampling directed by apparent soil electrical conductivity. *Agronomy Journal*, v. 95, n. 2, p. 352-364, 2003.
- COSTA, M. M. *Condutividade elétrica aparente do solo como ferramenta para agricultura de precisão em uma área sob cerrado*. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

- FAULIN, G. C. **Variabilidade espacial do teor de água e sua influência na condutividade elétrica do solo**. 2005. 52 f. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- LEÃO, A. B.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; GUERRA, H. O. C.; ANDRADE, A. R. S. Variabilidade espacial da salinidade do solo no perímetro irrigado Engenheiro Arcoverde, Condado, PB. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 404-421, 2009.
- MORETI, D.; LIBARDI, P. L.; ROCHA, G. C.; LOVATTI, J. L.; AGUIAR, L. I. G. Avaliação espaço-temporal das armazenagens gravimétrica e volumétrica da água num latossolo com citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1281-1290, 2007.
- NASCIMENTO, P. S. **Manejo da viticultura irrigada no semiárido com base em zonas homogêneas do solo e da planta**. 2013. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2013.
- RABELLO, L. M. Condutividade elétrica do solo, tópicos e equipamentos. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. 19 p. (Documentos, 43).
- 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 Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.