

VARIABILIDADE DOS TEORES DE NUTRIENTES NA FOLHA, ENTRE PLANTAS, EM UM POMAR CÍTRICO⁽¹⁾

L. da S. SOUZA⁽²⁾, S.R. VIEIRA⁽³⁾ & N.P. COGO⁽⁴⁾

RESUMO

Avaliou-se, em 1990, em Governador Mangabeira (BA), a variabilidade dos teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn e Fe) nas folhas, em uma transeção de 50 plantas espaçadas de 4 m, em um pomar de laranja 'Pêra' com doze anos de idade, sob manejo uniforme e implantado em um latossolo amarelo distrófico textura média relevo plano. Em cada planta, coletaram-se amostras constituídas de vinte folhas, em quatro pontos da copa, opostos dois a dois, e em ramos com frutos. Os resultados permitiram concluir que N, Mg, Zn e Cu apresentaram distribuição normal, seguindo, os demais, a lognormal. Os maiores coeficientes de variação foram observados para K e Cu e, o menor, para N. Com exceção de P e Cu, com distribuição aleatória, os demais nutrientes apresentaram dependência espacial, com alcance variando de 20 m (Mg) a 50 m (Ca). Foi observada correlação espacial cruzada positiva entre matéria orgânica no solo e N na folha.

Termos de indexação: distribuição de frequência, coeficiente de variação, geoestatística, semivariograma, semivariograma cruzado, dependência espacial, análise foliar, amostras de folha.

SUMMARY: *VARIABILITY OF LEAF NUTRIENT CONCENTRATIONS AMONG ORANGE TREES*

The variability of leaf nutrient concentrations (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, zinc, copper, manganese, and iron) was assessed in a twelve-year-old orange orchard, cv. Pêra, grown on a dystrophic Yellow Latosol of medium texture plain relief, in Governador Mangabeira, State of Bahia, Brazil, 1990. A transect consisting of 50 trees, spaced four meters apart, was sampled. Twenty leaves were collected from each tree. The leaves were taken from four different points of the crown, opposite two by two, and from branches bearing fruits. Results showed that nitrogen, magnesium, zinc, and copper followed normal distribution, while phosphorus, potassium, calcium, manganese, and iron followed log-normal distribution. The highest coefficients of variation were found for K and Cu, and the lowest was for N. With the

⁽¹⁾ Trabalho apresentado no XXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Porto Alegre (RS), 21-27 de julho de 1991. Recebido para publicação em junho de 1995 e aprovado em maio de 1997.

⁽²⁾ Pesquisador da EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical, Caixa Postal 7, CEP 44380-000 Cruz das Almas (BA).

⁽³⁾ Pesquisador Científico da Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônomo de Campinas, Caixa Postal 28, CEP 13001-970 Campinas (SP). Bolsista do CNPq.

⁽⁴⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 91540-000 Porto Alegre (RS). Bolsista do CNPq.

exception of P and Cu, which showed random distribution, the other nutrients exhibited spatial dependence, which ranged from 20 m (Mg) to 50 m (Ca). Positive cross-correlation was detected between soil organic matter and leaf nitrogen.

Index terms: frequency distribution, coefficient of variation, geostatistics, semivariogram, spatial dependence, cross-semivariogram, foliar analysis, leaf samples.

INTRODUÇÃO

Existem inúmeros trabalhos na literatura mundial sobre o emprego da análise foliar como forma de avaliar as necessidades nutricionais de plantas cítricas, abordando aspectos básicos, tais como: (a) variação estacional dos teores dos nutrientes nas folhas (Chapman & Brown, 1950; Gallo et al., 1960a, 1977; Borroto, 1986; Scuderi et al., 1987); (b) influência da variedade e do porta-enxerto (Gallo et al., 1960b); (c) parte mais indicada da planta e da folha; (d) idade das folhas, e (e) efeito do fruto na composição foliar (Chapman & Brown, 1950).

Entretanto, poucos trabalhos têm sido realizados com relação à variabilidade planta a planta. Chapman & Brown (1950) estimaram a variação do teor de potássio (K) em quatro árvores de laranja, em duas parcelas com adubações diferentes, obtendo boa uniformidade entre as árvores, com os teores do nutriente na faixa de 5,8-6,2 g kg⁻¹ e 10,1-11,0 g kg⁻¹, em ambas as parcelas, concluindo que uma amostra composta de cinco ou mais árvores é mais do que suficiente para produzir uma média representativa do teor de K num pomar uniforme.

Braga (1970) estudou a amostragem em pomar de citros, utilizando amostras simples coletadas em três subáreas, retirando duas folhas de cada uma delas para formar uma amostra composta: os resultados analíticos destas localizaram-se dentro dos intervalos de confiança estabelecidos com base nas análises das amostras simples, para N, K e Mg; para P, em duas subáreas e, para Ca, em uma delas, os valores das amostras compostas situaram-se acima do intervalo de confiança, o que permite inferir maior variabilidade para tais nutrientes.

Em 1961, Steyn, citado por Embleton et al. (1973), mostrou que maior variação na composição foliar em citros existe em um pomar malnutrido; da mesma forma, como a variação para um elemento deficiente nas folhas foi maior do que quando estava adequadamente suprido, naquela situação, ele recomenda uma amostragem mais intensiva (maior número de amostras) para fornecer uma amostra representativa da área.

Quanto ao procedimento de amostragem, a recomendação geral é, para uma área de até dois hectares, amostrar 25 a 50 árvores, coletando uma amostra composta de 100 a 200 folhas no total, podendo ser nas diagonais da área ou seguindo um padrão sistemático, por exemplo, a cada 5^a árvore (Chapman, 1966).

Trabalhos têm sido executados relacionando positivamente os teores de nutrientes nas folhas de citros com a aplicação de adubos e com a produção de frutos (Gallo et al., 1960a, 1977), bem como com diferentes práticas de cultivo do solo (Gallo & Rodriguez, 1960).

Pesquisas com outras culturas têm mostrado que a variabilidade da produção não é aleatória no campo, apresentando dependência espacial relacionada com a variabilidade do solo (Bresler et al., 1981; Cassel et al., 1988; Miller et al., 1988). Souza et al. (1997) constataram que a variabilidade do solo em um pomar cítrico, mesmo submetido a um manejo uniforme, apresentou dependência espacial.

Logo, pode-se admitir uma relação entre variabilidade do solo e variabilidade foliar planta a planta, em termos de constituição química; é de esperar, ainda, que a variabilidade foliar planta a planta também incorpore uma dependência espacial.

Assim, em continuação ao trabalho executado por Souza et al. (1997), este teve por objetivo estimar a variabilidade da composição foliar entre plantas de citros, visando reunir informações que permitam minimizar o esforço de amostragem, sem prejudicar a representatividade.

MATERIAL E MÉTODOS

A variabilidade planta a planta dos teores de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn e Fe em folhas de citros foi avaliada em um pomar de laranja 'Pêra' com doze anos de idade, sob manejo uniforme, localizado em Governador Mangabeira (BA) e implantado em um latossolo amarelo distrófico textura média relevo plano.

Foi amostrada uma transeção de 50 plantas espaçadas de 4 m, coletando-se uma amostra de vinte folhas em cada uma das 50 plantas, em quatro pontos da copa, opostos dois a dois, e em ramos com frutos. Prepararam-se e analisaram-se, conforme Bataglia et al. (1983), as folhas coletadas.

A variabilidade dos dados foi avaliada seguindo o mesmo método utilizado por Souza et al. (1997) para a variabilidade do solo. Além disso, também se utilizou o semivariograma cruzado, para verificar o relacionamento entre a variabilidade de algumas propriedades avaliadas no solo e na folha. Para duas variáveis, o semivariograma cruzado é estimado por:

$$\gamma_{12}^* = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z_1(x_i) - Z_1(x_i + h)][Z_2(x_i) - Z_2(x_i + h)], \quad (1)$$

onde $N(h)$ é o número de valores separados por uma distância h . O ajuste de modelos aos semivariogramas cruzados foi feito pelo processo de tentativa e erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da distribuição de frequência dos dados (Quadro 1) revelou que os teores de N, Mg, Zn e Cu na folha de diferentes plantas de laranja 'Pêra' seguiram a distribuição normal e, os de K, Ca, Mn e Fe, a lognormal; a distribuição do P não foi definida entre as duas citadas, porém se aproximou mais da lognormal. Essa informação é importante, pois, como a análise da variância e os testes de significância mais usados (F, t, Tukey etc.) baseiam-se na distribuição normal, os dados que não a seguem devem ser transformados antes de analisados estatisticamente (Pimentel-Gomes, 1984); no caso em questão, devem ser transformados em seus logaritmos.

As maiores variabilidades, medidas por meio do coeficiente de variação, foram observadas para K e Cu (C.V. > 20%), em ordem decrescente, vindo em seguida Fe, Mg, Mn, Ca, P e Zn (10% < C.V. < 20%) e, por último, o N (C.V. < 10%). Braga (1970) observou maior variabilidade para P e Ca em folhas de citros, em comparação com N, K e Mg; no presente trabalho, P e Ca foram menos variáveis que K e Mg e mais que N.

Comparando os teores médios obtidos com os níveis considerados adequados (Malavolta & Romero, 1975), podem-se considerar adequados os teores de N, P, K, Mg e Fe. Devido aos coeficientes de variação dos mais elevados de K e Fe, e considerando o Zn, cujo teor médio esteve bem abaixo do adequado e que apresentou o segundo menor coeficiente de variação, não foi confirmado o resultado de Steyn, citado por

Embleton et al. (1973), de que a variação para um elemento nas folhas de citros é maior quando ele se encontra num nível de deficiência.

O número de pontos amostrais necessário para estimar os teores de nutrientes na folha, e que é diretamente proporcional ao coeficiente de variação, situou-se entre 4 (N) e 18 (K), para uma variação aceitável de 10% em torno da média, abaixo, portanto, de 25 a 50 árvores como recomenda Chapman (1966); utilizando essa recomendação, com exceção de K, Cu e Fe, os demais nutrientes estariam sendo estimados com uma variação menor que 5% em torno da média. É interessante lembrar que nunca se faz uma amostragem em separado para cada uma dessas variáveis, o que significa dizer que a precisão final da estimativa feita após amostragem única vai variar em função do elemento analisado.

Com exceção de P e Cu, cuja distribuição foi aleatória, os demais nutrientes apresentaram dependência espacial (Figura 1 e Quadro 2), com alcance variando de 20 m (Mg) a 50 m (Ca). O alcance da dependência espacial representa a distância na qual os pontos amostrais estão correlacionados entre si (Journel & Huibregts, 1991). Segundo McBratney & Webster (1983), o seu conhecimento é importante na definição de uma ótima intensidade de amostragem, visando reduzir o esforço e o erro-padrão da média, além de aumentar a representatividade da amostra; nesse sentido, eles recomendam um intervalo entre pontos amostrais superior ao dobro do alcance da dependência espacial, o que, associado ao número de pontos amostrais estimado pela estatística clássica, permite maximizar a eficiência da amostragem.

O semivariograma cruzado entre propriedades avaliadas no solo (Souza et al., 1997) e na folha (Figura 2) revelou a existência de correlação espacial positiva entre matéria orgânica no solo e N na folha, indicando uma correspondência espacial entre maiores teores de M.O. no solo e de N na folha e vice-versa. A correlação espacial entre Ca no solo e Ca na folha foi

Quadro 1. Medidas descritivas dos dados de variabilidade da composição foliar entre plantas, em um pomar cítrico sob manejo uniforme, em Governador Mangabeira (BA)

	Média	C.V. (%)	Amplitude	Assimetria ⁽¹⁾	Curtose ⁽¹⁾	Distribuição de frequência ⁽²⁾
N, g kg ⁻¹	29,3	9,6	16,9	0,164	4,969	N
P, g kg ⁻¹	1,8	11,8	1,2	0,846	4,524	I
K, g kg ⁻¹	15,7	20,8	20,0	1,412	7,276	L
Ca, g kg ⁻¹	20,3	14,2	14,1	1,177	4,328	L
Mg, g kg ⁻¹	4,3	17,4	3,9	-0,636	4,027	N
Zn, mg kg ⁻¹	12,5	11,4	6,9	-0,297	3,251	N
Cu, mg kg ⁻¹	5,9	20,3	6,1	0,078	3,210	N
Mn, mg kg ⁻¹	21,0	16,8	17,2	0,571	3,471	L
Fe, mg kg ⁻¹	172	19,5	147	0,579	3,017	L

⁽¹⁾ Assimetria e curtose são adimensionais. ⁽²⁾ N = distribuição normal; L = distribuição lognormal; I = distribuição não definida entre as duas citadas, mas mais aproximada da lognormal.

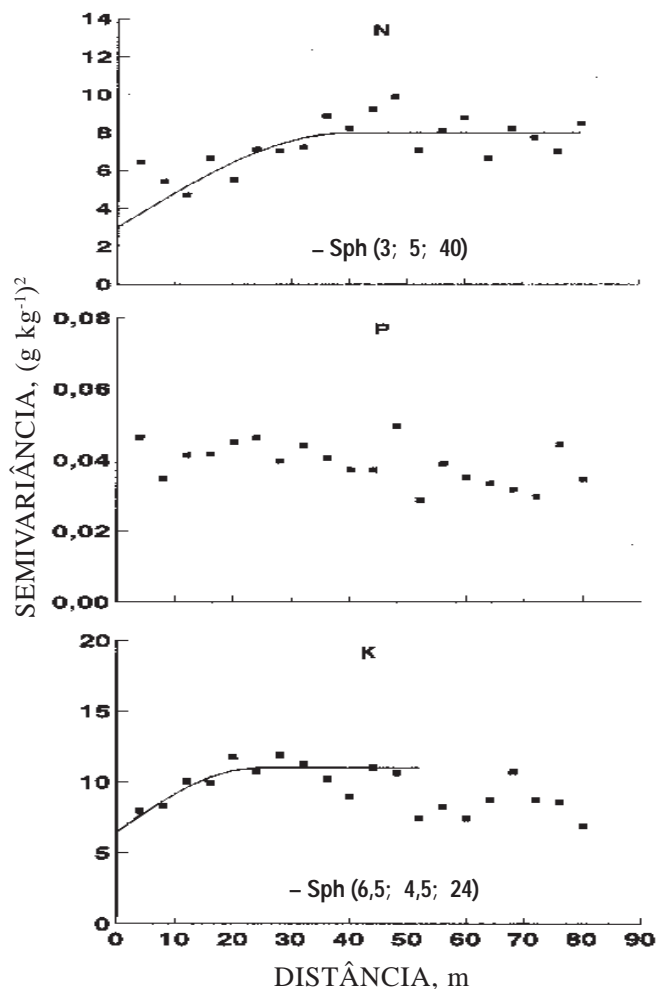


Figura 1. Semivariogramas para N, P e K na folha, na avaliação da variabilidade em um pomar cítrico sob manejo uniforme, em Governador Mangabeira (BA). As legendas incluem o modelo ajustado aos dados (Sph = modelo esférico e/ou Exp = modelo exponencial e/ou Gau = modelo gaussiano) e, entre parênteses, os parâmetros C_0 , C_1 e alcance da dependência espacial; $C_0 + C_1$ representam o patamar do semivariograma.

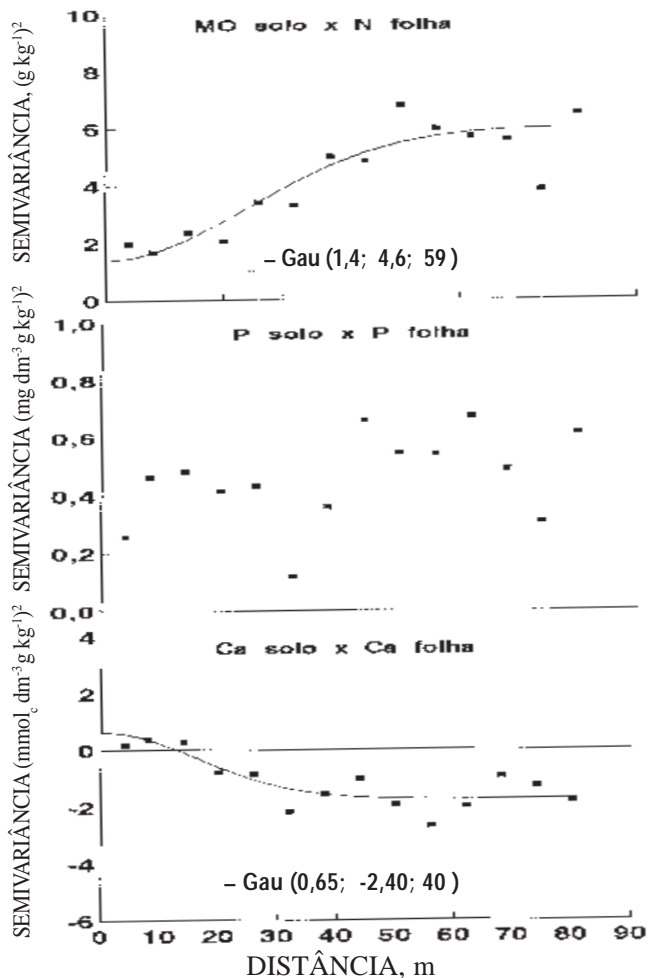


Figura 2. Semivariogramas cruzados entre matéria orgânica, P e Ca no solo e, respectivamente, N, P e Ca na folha, na avaliação da variabilidade em um pomar cítrico sob manejo uniforme, em Governador Mangabeira (BA). As legendas incluem o modelo ajustado aos dados (Sph = modelo esférico e/ou Exp = modelo exponencial e/ou Gau = modelo gaussiano) e, entre parênteses, os parâmetros C_0 , C_1 e alcance da dependência espacial; $C_0 + C_1$ representam o patamar do semivariograma.

Quadro 2. Parâmetros dos modelos dos semivariogramas ajustados aos dados de variabilidade foliar em um pomar cítrico sob manejo uniforme, em Governador Mangabeira (BA)

Variável	Parâmetros dos modelos dos semivariogramas ⁽¹⁾			
	C_0	C_1	Alcance	Modelo
			m	
Ca	4,4	2,95	50	Esférico
Mg	0,3	0,3	20	Esférico
Zn	0,58	0,42	36	Esférico, escalonado
Cu	-	-	-	Efeito pepita puro
Mn	8,65	4,60	36	Esférico
Fe	0,58	0,42	36	Esférico, escalonado

⁽¹⁾ $C_0 + C_1$ representam o patamar do semivariograma.

negativa, indicando que o teor de Ca da folha diminuiu sempre que o do solo aumentou e vice-versa. Como não existe explicação técnica para isso e como a correlação linear simples ($r = -0,235$) e a covariância entre ambas as variáveis ($-0,0267$) foram muito baixas, pode-se admitir como espúria essa correlação espacial, devendo ser desconsiderada. Não foi observada correlação espacial entre P medido simultaneamente no solo e na folha (Figura 2), indicando diferentes escalas ou processos de variação. Semelhante comportamento foi observado para K e Mg.

CONCLUSÕES

1. Os teores de N, Mg, Zn e Cu na folha de laranja 'Pêra' seguiram a distribuição normal, e os de P, K, Ca, Mn e Fe, a lognormal.

2. As maiores variabilidades, medidas pelo coeficiente de variação, foram observadas para K e Cu (C.V. > 20%), vindo, em seguida, Fe, Mg, Mn, Ca, P e Zn (10% < C.V. < 20%) e, por último, o N (C.V. < 10%).

3. Com exceção de P e Cu, cuja distribuição foi aleatória, os demais nutrientes apresentaram dependência espacial, com alcance variando de 20 m (Mg) a 50 m (Ca).

4. Foi observada correlação espacial cruzada positiva entre matéria orgânica no solo e N na folha.

5. Para associar menor esforço de amostragem com maior representatividade, em futuras amostragens em condições semelhantes sugere-se utilizar malha quadrada suficiente para cobrir a área de interesse, com o intervalo de amostragem igual ao alcance de dependência espacial, o que permitiria a interpolação entre pontos amostrais e a elaboração de mapa sobre toda a área.

LITERATURA CITADA

- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R. & GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim técnico, 78)
- BRAGA, J.M. Estudo nutricional de um pomar cítrico e influência dos fatores ambientais no teor de elementos na folha. *Rev. Ceres, Viçosa*, 17:61-76, 1970.
- BRESLER, E.; DASBERG, S.; RUSSO, D. & DAGAN, G. Spatial variability of crop yield as a stochastic soil process. *Soil Sci. Soc. Am. J., Madison*, 45:600-605, 1981.
- BORROTO, J.H. Factores a considerar al utilizar el analisis foliar en la recomendación de fertilizantes nitrogenados, fosfóricos y potássicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CITRICULTURA TROPICAL, 1986, Habana. Memórias. Habana, Ministério de Educación Superior, 1986. v.2, p.267-74.
- CASSEL, D.K.; UPCHURCH, D.R. & ANDERSON, S.H. Using regionalized variables to estimate field variability of corn yield for four tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J., Madison*, 52:222-228, 1988.
- CHAPMAN, H.D. Diagnostic criteria for plants and soil. Riverside, University of California, 1966. 793p.
- CHAPMAN, H.D. & BROWN, S.M. Analysis of orange leaves for diagnosing nutrient status with reference to potassium. *Hilgardia, Berkeley*, 19:501-540, 1950.
- EMBLETON, T.W.; JONES, W.W.; LABANAUSKAS, O.K. & REUTHER, W. Leaf analysis as diagnostic tool and guide fertilization. In: REUTHER, W., ed. *The citrus industry*. Riverside, University of California, 1973. v.3, p.183-210.
- GALLO, J.R.; MOREIRA, S.; RODRIGUEZ, O. & FRAGA JUNIOR, C.G. Composição inorgânica de folhas de laranjeira Baianinha, com referência à época de amostragem e adubação química. *Bragantia, Campinas*, 19:229-246, 1960a.
- GALLO, J.R.; MOREIRA, S.; RODRIGUEZ, O. & FRAGA JUNIOR, C.G. Influência da variedade e do porta-enxerto, na composição mineral das folhas de citros. *Bragantia, Campinas*, 19:307-318, 1960b.
- GALLO, J.R. & RODRIGUEZ, O. Efeitos de algumas práticas de cultivo do solo na nutrição mineral dos citros. *Bragantia, Campinas*, 19(23):345-360, 1960.
- GALLO, J.R.; RODRIGUEZ, O.; CAMARGO, A.P. de & IGUE, T. Variações anuais na produção de frutos e concentração de macronutrientes em folhas de citros, relacionadas ao balanço hídrico meteorológico e adubação, no período de 1957 a 1975. *Bragantia, Campinas*, 36:272-289, 1977.
- JOURNEL, A.G. & HUIJBREGTS, C.G. *Mining geostatistics*. London, Academic Press, 1991. 600p.
- McBRATNEY, A.B. & WEBSTER, R. How many observations are needed for regional estimation of soil properties? *Soil Sci., Baltimore*, 135:177-183, 1983.
- MALAVOLTA, E. & ROMERO, J.P. *Manual de adubação*. 2.ed. São Paulo, ANDA, 1975. 346p.
- MILLER, M.P.; SINGER, M.J. & NIELSEN, D.R. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills. *Soil Sci. Soc. Am. J., Madison*, 52:1133-1141, 1988.
- PIMENTEL-GOMES, F.P. *A estatística moderna na pesquisa agropecuária*. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 160p.
- SCUDERI, A.; INTRIGLIOLO, F. & RACITI, G. Changes in mineral leaf contents of 'Valência' orange during the year. In: *INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS*, 1984, São Paulo. *Proceedings*. Piracicaba, International Society of Citriculture, 1987. v.1, p.143-147.
- SOUZA, L. da S.; COGO, N.P. & VIEIRA, S.R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. *R. bras. Ci. Solo, Viçosa*, 21:367-372, 1997.