

VARIABILIDADE ESPACIAL DA FERTILIDADE DO SOLO SOB VEGETAÇÃO NATIVA E USO AGROPECUÁRIO: ESTUDO DE CASO NA MICROBACIA VACA BRAVA - PB

Space variability of soil Fertility under native vegetation and land use: case study in Vaca Brava watershed, Paraíba state.

Antonio Clementino dos Santos¹
Ignácio Hernan Salcedo²
Ana Lúcia Bezerra Candeias²

¹**Universidade Federal do Tocantins - UFT**

Campus de Araguaína - EMVZ, Universidade Federal do Tocantins. Br.153 – Km. 112, Caixa Postal: 132 – CEP: 77.804.970 – Tel/Fax: 63-21122120 – Araguaína-TO.
clementino@uft.edu.br

²**Universidade Federal de Pernambuco - UFPE**

Dep. Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, DEN/UFPE. Av. Prof. Luiz Freire, 1000, CEP 50740-540. Recife, PE. Fone: (81) 2126 8252.
salcedo@ufpe.br
analucia@ufpe.br

RESUMO

Este trabalho foi realizado na Mesorregião do Agreste da Borborema, em área de 1.404 ha, correspondente a Microbacia Vaca Brava, Areia-PB, com o objetivo de avaliar a variabilidade espacial da fertilidade do solo, com a combinação de dados de análise de solo georreferenciados, baseando-se na estratificação do uso em áreas sob exploração agropecuária e vegetação nativa. Foram amostrados 360 pontos com espaçamento irregular, na profundidade de 0 – 20 cm. As propriedades químicas analisadas foram: carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, e pH. Com relação às propriedades físicas foram avaliados a granulometria e densidade do solo. Pela análise descritiva constatou-se que os dados de densidade do solo e pH foram os que menos variaram, enquanto que o fósforo, potássio e magnésio apresentaram as maiores variações (CV = 142, 79 e 66%, respectivamente). As propriedades químicas e físicas mostraram-se influenciados pelo uso do solo, com aumento nos teores no sentido agricultura–floresta. Enquanto que o fósforo disponível a variabilidade ocorreu no sentido contrário.

Palavras chaves: Geoestatística, Ecossistemas, Propriedades Químicas e Físicas de Solo.

ABSTRACT

The experiment was conducted in Paraíba State, in area of 1404 ha corresponding to the Vaca Brava watershed - Areia, Brazil. It had as its objective the evaluation of special variability of soil fertility with the data combination of georeferenced soil analysis, stratified by land use, and native forest. 360 points were sampled with irregular spacing, for the depths of 0 – 20 cm. The chemical properties analyzed were carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, and pH. With relation physic properties analyzed were the soil granulometric and soil density. For the descriptive analysis it was verified that the soil density and soil pH data showed the smallest variation and the data corresponding phosphorus, potassium and magnesium presented the largest variations (CV = 142, 79 e 66%, respectively). The chemical and physic properties showed influenced though soil used, with the largest of agriculture-florets, as was expected, while available phosphorus the variable happened of contrary feeling.

Keywords: Geoestatistic, Ecosystems, Chemical and Physic Properties of Soil.

1. INTRODUÇÃO

A variabilidade espacial das características químicas do solo ocorre naturalmente como consequência do processo de formação do solo, mas pode ser acentuada pelas ações antrópicas mediante o uso e manejo do solo (BROWN *et al.*, 2000). Relações com o uso do solo, particularmente áreas sob exploração agropecuária, são indicadas pelos níveis de matéria orgânica, sendo menores quando comparados com áreas sob cobertura vegetal natural. Entretanto, os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio geralmente são maiores nas áreas sob influência agropecuária, principalmente devido a adubações químicas e correções do solo realizadas pelos produtores (SCHREIER *et al.*, 1994).

Independente da cobertura vegetal em determinada área tem-se que conhecer e compreender a composição e a dinâmica dos processos internos do solo, pois afinal, a relação solo-planta depende das propriedades químicas, físicas e mineralógicas do solo. Muito mais do que suporte físico para as plantas, o solo é o meio onde ocorrem reações e processos determinantes do sucesso ou insucesso da recuperação ou estabelecimento de novo bioma.

No uso do solo, as maiores alterações nas características e/ou propriedades químicas do solo ocorrem sob uso agrícola, principalmente pelo manejo adotado e o baixo nível tecnológico (ALVARENGA & DAVIDE, 1999). Segundo WEID (1996), do ponto de vista da eficiência agrônômica, o bom manejo, usos corretos de fertilizantes e corretivos favorece a produtividade e melhorias no ecossistema implantado. Como esse sistema depende intrinsecamente do uso de recursos não-renováveis, a questão da sustentabilidade está diretamente vinculada à durabilidade previsível desses recursos.

A produtividade agropecuária da área é influenciada, dentre outros fatores, pelas propriedades químicas, físicas e biológicas dos seus solos, ou seja, pela fertilidade dos mesmos. Os solos podem ser naturalmente férteis ou se tornarem férteis através do manejo adequado. Para tal, é necessário se conhecer e quantificar a variação das propriedades químicas, uma vez que os mesmos, por serem sistemas dinâmicos e abertos, estão em constantes modificações, constituindo assim corpos heterogêneos (SILVA & CHAVES, 2001).

Considerando-se o que foi exposto e sabendo que o conhecimento da variabilidade dos atributos do solo da “microbacia Vaca Brava” irá auxiliar na escolha do manejo mais adequado a ser utilizado na área (aplicação de fertilizantes, práticas conservacionistas, etc.) o presente teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial da fertilidade do solo na microbacia de Vaca Brava, PB, com a combinação de dados de análise de solo georreferenciados e análise geoestatística, baseando-se na estratificação do uso em áreas sob exploração agropecuária e vegetação nativa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia Vaca Brava está localizada na mesorregião do Agreste Paraibano, na microrregião do Brejo Paraibano a 192000 – 198000 m E e 9225300 – 9231000 m N de coordenadas planas e tem área de 1.403,75 ha (Figura 1). Parte desta área (610 ha) constitui reserva de Mata Atlântica de altitude, a qual preserva a área de captação da barragem Pau Ferro, PB. O restante da área encontra-se sob forte atuação antrópica, com agropecuária de subsistência (793,75 ha).

A área é predominantemente constituída de Argissolo Vermelho Eutrófico típico (EMBRAPA, 2006), no entanto, encontram-se outras classes de solos tais como o Neossolo Regolítico Distrófico, Latossolo Amarelo, Plintossolo e Gleissolos (EMBRAPA, 2006). O relevo regional é classificado como fortemente ondulado, porém a região se classifica como brejo de altitude e a vegetação predominante é Mata Atlântica de altitude.

Para descrever a fertilidade do solo, coletaram-se 360 amostras compostas em malha irregular (300 em áreas sob exploração agropecuária e 60 sob mata nativa) na profundidade de 0-20 cm. As amostras compostas foram secas ao ar e passadas por peneira de 2mm, e analisadas quanto às propriedades físicas e químicas. As determinações físicas constaram de: análise granulométrica do solo e densidade do solo (EMBRAPA, 1997). As determinações químicas constaram de: pH, bases trocáveis e acidez trocável, além das citadas anteriormente foram determinados: carbono orgânico total pelo método de oxidação úmida-difusão (SNYDER & TROFYMOW, 1984); nitrogênio total por kjeldahl (BREMNER & MULVANEY, 1982) e fósforo disponível extraível por Mehlich-1 (EMBRAPA, 1997).

O relevo é ondulado a forte ondulado e se acentua à medida que a drenagem vai dissecando o terreno, na parte mais baixa da bacia.

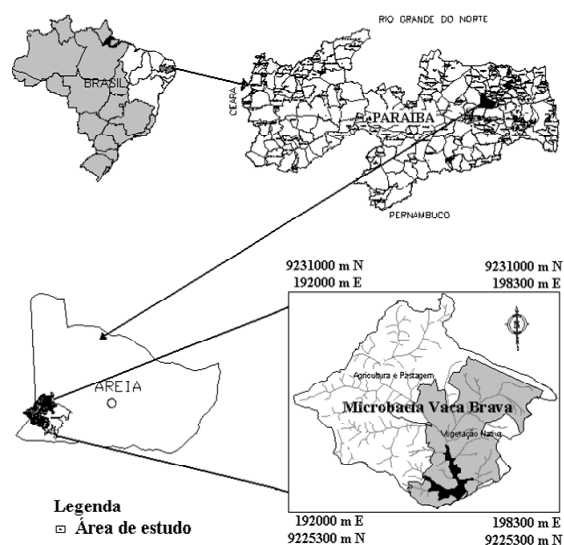


Figura 1. Localização da Microbacia Vaca Brava, PB.

A variabilidade espacial das variáveis estudadas foi determinada por meio do exame dos semivariogramas obtidos, ajustados a modelos teóricos para a obtenção de seus parâmetros (tipo de modelo, pepita, patamar e alcance). Tais parâmetros assinalados nos semivariogramas nesta mesma ordem, serviram de base para o cálculo de indicadores da anisotropia, além de serem aplicados diretamente na interpolação por krigagem no programa Surfer (GOLDEN SOFTWARE, 1999) para geração dos mapas de carbono total, nitrogênio total e fósforo disponível.

Inicialmente, o comportamento das variáveis do solo foi avaliado por meio de medidas descritivas: média, valores máximo e mínimo, desvio padrão e coeficiente de variação (CV). De acordo com os valores de CV, a variabilidade dessas variáveis foi classificada, segundo WARRICK & NIELSON (1980) em baixa ($CV < 12\%$), média ($12\% < CV < 62\%$) e alta ($CV > 62\%$).

Os mapas foram elaborados utilizando-se as informações provenientes dos semivariogramas durante o processo de krigagem na interpolação dos dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pesquisas de campo têm mostrado a importância do estudo das variações das condições do solo como aspecto fundamental para se implementar agropecuária mais eficiente e rentável. Concordando com COELHO (1983) que observou que com exceção do pH dos solos, as propriedades químicas apresentam maior variação que as propriedades físicas dos solos.

Tabela 1. Sumário da estatística descritiva para as variáveis analisadas nas áreas estudadas.

Variáveis	n	média	d. p.	Min.	Máx.	CV
pH (H ₂ O)	362	5,35	0,57	4,08	8,40	11
CTC (cmol _c kg ⁻¹)	362	3,50	1,74	1,04	10,8	50
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	362	1,78	0,96	0,28	5,99	54
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	362	1,13	0,74	0,19	4,54	66
K (cmol _c kg ⁻¹)	362	0,186	0,15	0,01	0,887	79
P (mg kg ⁻¹)	362	5,55	7,90	0,39	49,9	142
N (g kg ⁻¹)	362	1,24	0,70	0,39	3,83	56
C (g kg ⁻¹)	362	14,9	8,21	4,31	43,7	54
H+Al (cmol _c kg ⁻¹)	362	0,316	0,41	0,02	2,90	13
S (cmol _c kg ⁻¹)	362	3,18	1,64	0,64	9,23	52
ds (g.dm ⁻³)	362	1,18	0,14	0,86	1,492	12

^{CTC} Capacidade de troca por cátions; ^S Soma de bases; ^{ds} densidade aparente, e CV: coeficiente de variação - %, n.: número, d.p: desvio padrão, Min: mínimo, Máx.: máximo.

Com base nos limites do CV propostos por WARRICK & NIELSON (1980) para a classificação de propriedades do solo observa-se na tabela 1, que o carbono, o nitrogênio, cálcio apresentam variação média, enquanto que o fósforo apresenta alta variação. O fósforo é o que apresenta os maiores valores de CV, concordando com SILVA & CHAVES (2001).

A caracterização química e física em função do uso e das classes texturais, mostra que os teores de cálcio, magnésio e potássio, além do pH e da densidade do solo em ambos usos posições do relevo são muito semelhantes (Tabela 2).

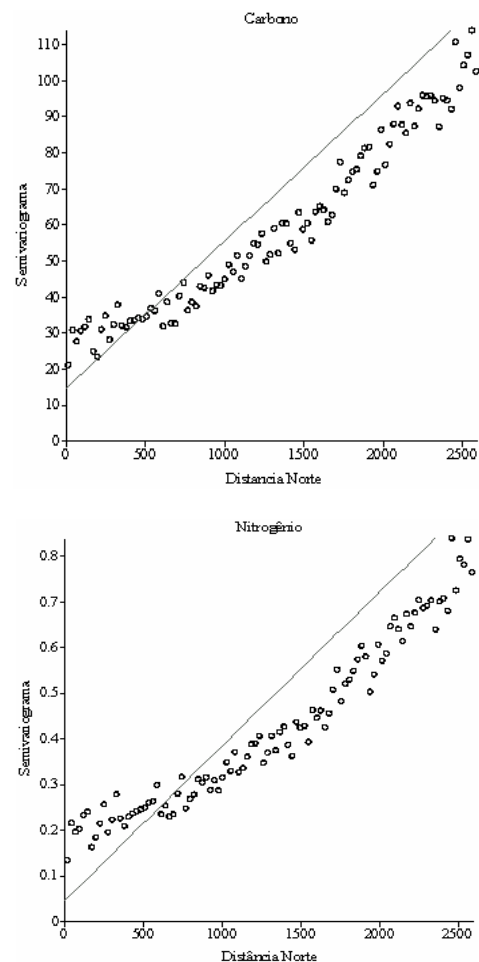
Tabela 2. Sumário das variáveis estudadas, associadas ao uso da terra e classes texturais encontradas na microbacia.

	n	pH H ₂ O	Ca	Mg cmol _c .kg ⁻¹	K	ds g.dm ⁻³
Uso do solo						
Pastagem	133	5,4±0,5	1,3±0,7	0,9±0,5	0,2±0,1	1,2±0,1
Agricultura	84	5,6±0,7	2,0±0,8	1,0±0,6	0,2±0,1	1,3±0,1
Capineira	43	5,6±0,5	1,7±0,7	1,2±0,8	0,1±0,1	1,2±0,1
Mata	66	4,9±0,5	2,6±1,3	1,8±0,9	0,2±0,2	1,0±0,1
Textura						
Areia Franca	86	5,6±0,6	1,3±0,6	0,7±0,4	0,1±0,1	1,3±0,1
Franco Arenosa	115	5,5±0,5	1,7±0,7	1,0±0,5	0,1±0,1	1,1±0,1
Fr.Arg.Ar.	100	5,2±0,5	2,1±1,1	1,3±0,8	0,2±0,2	1,1±0,1
Franco Argilosa	04	5,1±0,1	3,6±1,0	2,9±0,4	0,1±0,0	1,1±0,0
Argilo Arenosa	42	4,8±0,5	1,9±1,1	1,4±0,8	0,3±0,2	1,0±0,1
Argiloso	15	4,8±0,4	1,9±1,1	1,7±1,0	0,2±0,2	1,0±0,1

n.: número de amostras; ± Desvio padrão, ds.: densidade do solo

A análise por semivariogramas mostrou para as variáveis analisadas que apresentaram dependência espacial. Os semivariogramas construídos ajustaram bem ao modelo linear (Figura 2), concordando com SALVINO & VIEIRA (1998).

A fertilidade solo na microbacia foi influenciada espacialmente pelo uso da terra. A atividade agrícola resultou em empobrecimento nos teores de matéria orgânica, C e N, (Figuras 3 e 4) e enriquecimento localizados nos teores de P Mehlich-1 (Figura 4).



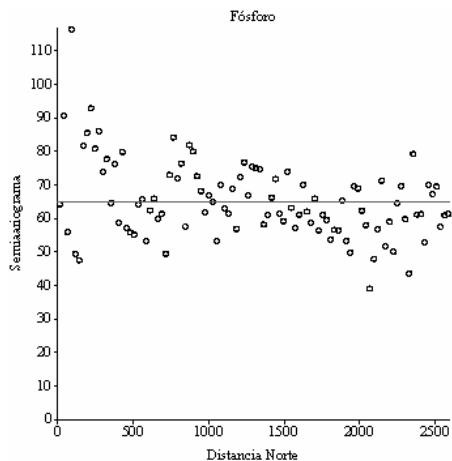


Figura 2. Semivariogramas experimentais das variáveis: carbono, nitrogênio e fósforo.

A variabilidade nas quantidades de carbono, nitrogênio e fósforo disponível no solo sob exploração agropecuária (Figura 3, 4 e 5) demonstram que não é necessário grande número de amostras compostas para fazer diagnóstico da fertilidade do solo. Segundo OLIVEIRA *et al.* (1999) o conhecimento dos valores e as localizações das áreas onde estão concentrados os maiores e/ou menores valores de determinada variável, são importantes para o planejamento do manejo da fertilidade do solo, tanto na agricultura convencional como na agricultura de precisão. Por exemplo, no carbono orgânico do solo pode-se observar as glebas mais críticas em relação aos baixos teores. Fatos semelhantes para o nitrogênio e o fósforo, onde o comportamento da distribuição desses elementos na área estudada é variável, sinalizando que o manejo do solo seja diferenciado.

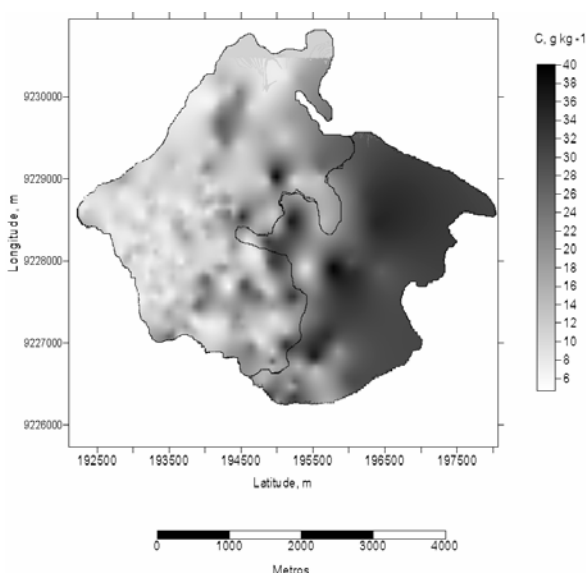


Figura 3. Carbono orgânico total no solo da microbacia Vaca Brava, PB

Tabela 3. Efeito do uso do solo nos teores médios (\pm erro padrão) de Carbono total, Nitrogênio total e P Mehlich-1 dos solos da microbacia Vaca Brava, PB.

Uso atual	mg.g ⁻¹		P Mehlich-1 mg kg ⁻¹
	C total	N total	
Mata (n = 66)	27,42 (0,91) a	2,34 (0,08) a	2,38 (0,13) b
Sabiá (n = 18)	16,94 (1,55) b	1,34 (0,12) b	2,51 (0,32) b
Capoeira (n = 18)	15,27 (1,41) b	1,24 (0,11) b	1,75 (0,31) b
Capineira (n = 43)	11,35 (0,72) c	0,75 (0,05) c	10,60 (2,03) a
Pastagem (n = 133)	12,24 (0,41) c	0,72 (0,02) c	3,83 (0,48) b
Agricultura anual (n = 84)	10,80 (0,55) c	0,66 (0,03) c	9,65 (1,00) a

Letras diferentes na coluna diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A degradação do solo pode ser avaliada de diversas maneiras. Um dos indicativos usados pode ser a perda de matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, dos nutrientes nela contidos. Entre eles, o N é o mais afetado, já que a matéria orgânica é a sua principal fonte. Nos resultados obtidos nesse estudo, isso foi evidenciado (Figuras 3 e 4), fato também detectado por SÁ *et al.* (1999).

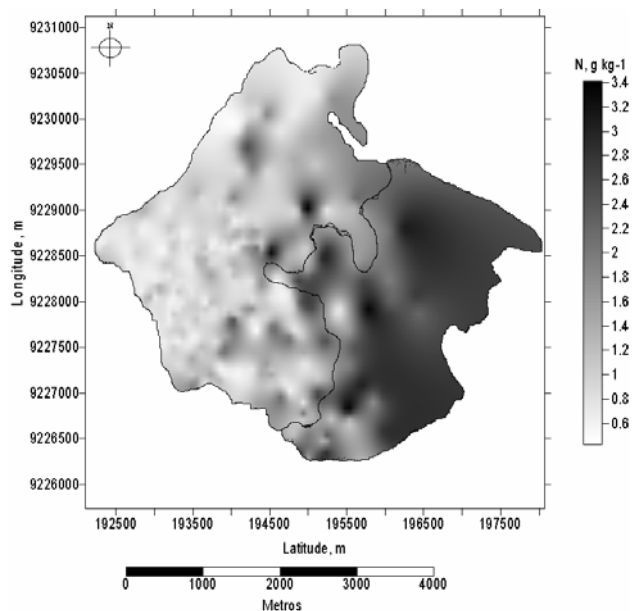


Figura 4. Nitrogênio total no solo da microbacia Vaca Brava, PB

Esses resultados são importantes para o planejamento experimental e devem ser levados em consideração em termos de proposta de manejo da microbacia, assim como na determinação do número de pontos que devem ser amostrados para obter melhor representatividade. O número mínimo de amostras para compor amostra composta e estimar o valor da variável química de interesse, para dada precisão desejada, poderia ser estimado em função do coeficiente de variação (CV) e da variação admitida em torno da média, conforme SOUZA *et al.* (1998) e OLIVEIRA *et al.* (1999), assumindo independência espacial entre as observações. Como as análises geoestatísticas revelaram

dependência espacial propõe-se considerar o alcance na realização de futuras amostragens.

Observa-se pelos resultados (Figuras 3, 4 e 5), que o uso do solo, conduz o aumento da heterogeneidade, fazendo com que o planejamento do sistema de amostragem (intensidade, forma, et.) variem consideravelmente.

Inúmeros trabalhos têm mostrado que os sistemas de manejo conservacionista criam ambiente no solo diferente daquele verificado no sistema convencional, encontrando-se acúmulo superficial de matéria orgânica e de fertilizantes naqueles sistemas, representando novos desafios para a amostragem do solo (SCHULTE & BUNDY, 1995).

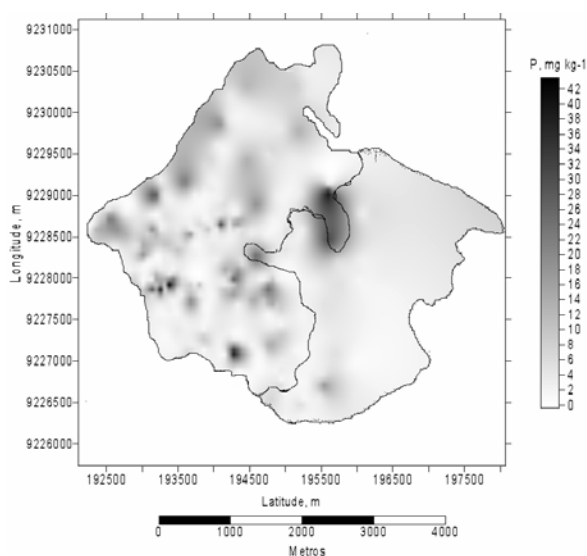


Figura 5. Fósforo disponível no solo da microbacia Vaca Brava, PB.

4. CONCLUSÕES

As propriedades químicas e físicas mostraram-se influenciados pelo uso do solo, com aumento nos teores no sentido agricultura-floresta, como era esperado, enquanto que o fósforo disponível a variabilidade ocorreu no sentido contrário, em função de algum tipo de fertilização utilizada pelos produtores. Os solos da microbacia Vaca Brava apresentam baixa fertilidade, necessitando manejo diferenciado quando utilizado para fins agropecuários.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Projeto – Agricultura familiar) e IAI (InterAmerican Institute for Global Change – CRN 001) pelo financiamento deste trabalho; ao Professor Sergio Góes (UFPB) pelo empréstimo da Estação Total e GPS Topográfico para o levantamento da microbacia e ao Laboratório de Física de Solo (CCA/UFPB) pelas análises granulométricas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M.I.N.; DAVIDE, A.C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, n.23, p.933-942, 1999.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen – total. **In:** Page, A. L.; Miller, R. H.; Keeney, D. R., eds. *Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. Part 2.* Madison, ASA SSSA, p.595-624, 1982.

BROWN, S.; SCHREIER, H.; SHAH, P. B. Soil phosphorus fertility degradation: a Geographic Information System-based assessment. **J. Environ. Qual**, n.29, p.1152-1160, 2000.

COELHO, M.G. Variabilidade espacial de características físicas e químicas em um solo salino-sódico. **Ciência Agrônômica** Fortaleza, n.14, p.149-156, 1983.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de Métodos de Análises de solos**. 2.Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997, 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006. 305p.

GOLDEN SOFTWARE. Surfer Version 7 – **Surface Mapping System**. Golden, Golden Software, 1999.

OLIVEIRA, J.J.; CHAVES, L.H.G.; QUEIROZ, J.E.; LUNA, J.G. de. Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.23, v.4, p.783-789, 1999.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R. Plantio direto: recupera a matéria orgânica do solo e reduz a emissão de CO₂ para a atmosfera. **Revista Plantio Direto**, n.59, p.41-45, 2000.

SALVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R.; Sparovek, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.22, v.1, p.115-122, 1998.

SCHREIER, H.; SHAH, P. B.; LAVKULICH, L. M.; BROWN, S. Maintaining soil fertility under increasing land use pressure in the Middle Mountains of Nepal. **Soil Use Manage**. n.10, p137-142, 1994.

SILVA, P.C.M.; CHAVES, L.H.G. Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em Alissolos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n.5, v.3, p.431-436, 2001.

SNYDER, J. D.; TROFYMOW, J. A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and soil samples. **In:** *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, n.15, v.5, p.587-597, 1984.

SOUZA, L.S.; COGO, N.P.; VIEIRA, S.R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo, em relação a sistema de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.22, v.3, p.77-86, 1998.

SCHULTE, E. E.; BUNDY, L. G. Sampling soils for testing under conservation tillage, **Better Crops Plant Food**, n.11, p.97-100, 1987.

WARRICK, A.W.; NELSON, D.R.; BIGGAR, J.W. Spatial variability of some physical properties of the soil. **In:** Hillel, D. ed. *Applications of soil physics*, New York: Academic Press, 1980, Cap.13, p.319-344.

WEID, J.M. von der. Conceitos de sustentabilidade e sua aplicação nos modelos de desenvolvimento agrícola. **In:** ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. *O solo nos grandes domínios morfo-climáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa, SBCE/UFV/DPS, 1996. p.353-366.