

Análise de superfície de tendência de variáveis de solo em ambiente prioritariamente urbano

Rodrigo Custódio Urban¹
Luiz Augusto Manfré¹
Alexandre Marco da Silva¹
Liane Yuri Kondo Nakada¹

¹ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/Campus Sorocaba
Avenida Três de Março, 511 - 18087-180 - Sorocaba - SP, Brasil
rodrigo.urban@yahoo.com.br; luizmanfre@yahoo.com.br; amsilva@sorocaba.unesp.br

Abstract. Studies about the quality of urban soils are important to civil construction and to determinate fonts of pollution, however, there are more researches about the quality of crop soils than in this field of study. The spatial analysis of chemical parameters of soil may contribute to the determination of anomalous areas and to urban planning. These studies are important in areas with growing population and urban areas, like the Lavapés stream watershed in the city of Sorocaba, São Paulo state. Intending to verify problematic areas and the growing direction of attributes there were made trend surfaces and residuals maps from the analysis of the soil attributes calcium (Ca), potential acidity (H+Al), potassium (K), magnesium (Mg), phosphorus (P) and active acidity (pH H₂O). The predominant direction was northeast-southwest, with exception of the attribute potential acidity on the direction southwest-northeast. There were not verified anomalous results that indicate warning areas, but a area with excess of phosphorus in south region of the watershed, which has exposed soil, which has influence on the transport of nutrients to Lavapés stream. The trend surfaces utilization and the analysis of its residuals maps, has shown potential to contribute to studies of soil quality in urban areas. The study of soil nutrients in urban areas is important to verify possible fonts of pollution. The Lavapés stream watershed does not show areas with great preoccupations to chemicals attributes presented.

Palavras-chave: urban soil quality, spatial analysis, soil nutrients, qualidade do solo urbano, análise espacial, nutrientes do solo.

1. Introdução

O estágio de pesquisas e bancos de dados de estudos de qualidade de solo em áreas urbanas encontram-se em estágio de subdesenvolvimento quando comparados aos estudos realizados em meio rural. Isso se deve às óbvias necessidades da agricultura em relação aos solos (RODRIGUES, 2005)

Entretanto os solos em áreas urbanas também tem importância antrópica e ambiental. Nessas áreas os solos exercem diferentes papéis daqueles em meio rural e florestal, assim como estão sujeitos a diversos impactos antrópicos que alteram suas principais características. Por isso os estudos nessas áreas devem ser realizados com perspectiva diferente do usual, considerando as funções do solo específicas para este meio, como, por exemplo, substrato para edifícios e fontes de poluição (EFFLAND e POUYAT, 1997).

Segundo Rodrigues (2005) entre as possíveis formas de monitoramento do solo urbano também estão incluídas a análise de parâmetros químicos. Dentre os parâmetros químicos pode-se apontar cálcio (Ca), acidez potencial (H+Al), potássio (K), magnésio (Mg), fósforo (P), e acidez ativa (pH em água) como destaque. Ainda segundo Rodrigues (2005) os parâmetros químicos no solo urbano indicam as alterações de equilíbrio de água, toxicidade e ciclagem de nutrientes.

Uma ferramenta de avaliação de impactos ambientais decorrentes de ação antrópica bastante útil é a análise de superfícies de tendência. Além de apresentar tendências em âmbito regional essa análise também ressalta anomalias localizadas. Esse tipo de análise espacial considera que as relações encontradas na natureza são gradativas, dessa forma os valores de

determinada variável podem ser parcialmente previstos por pontos vizinhos, que são dependentes entre si (BERNARDI et al., 2001).

A região de Sorocaba (sudeste do Estado de São Paulo) apresenta período de intenso crescimento populacional e urbano, com a construção de condomínios fechados em suas áreas periféricas. A área da sub-bacia do córrego Lavapés encontra-se em umas dessas áreas de crescimento e intenso pressão antrópica nos recursos naturais ali localizados.

O objetivo do presente estudo é construir as superfícies de tendência de parâmetros químicos de um solo urbano localizado na sub-bacia do córrego Lavapés em Sorocaba-SP e verificar anomalias a partir de mapa de resíduos, de forma a contribuir para a verificação da qualidade do solo na região.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo é uma sub-bacia hidrográfica de terceira ordem com 3.02 km². Localiza-se dentro do município de Sorocaba, no interior do Estado de São Paulo (Brasil). O córrego principal, denominado Lavapés, deságua diretamente no rio Sorocaba. O município possui uma área de 449,0 km² e uma população de 559.157 habitantes, sendo cerca de 98% considerada urbana (IBGE, 2009). A sub-bacia apresenta áreas com vegetação remanescente em uma área com uso residencial predominante.

O clima da região é, segundo classificação de Köppen (1948), do tipo “Cfa” (subtropical quente), tendo como temperatura média anual 21,4°C, máxima de verão 30,1°C e mínima de inverno 12,2°C e ainda 1.285 milímetros de altura pluviométrica anual (EMBRAPA, 2003).

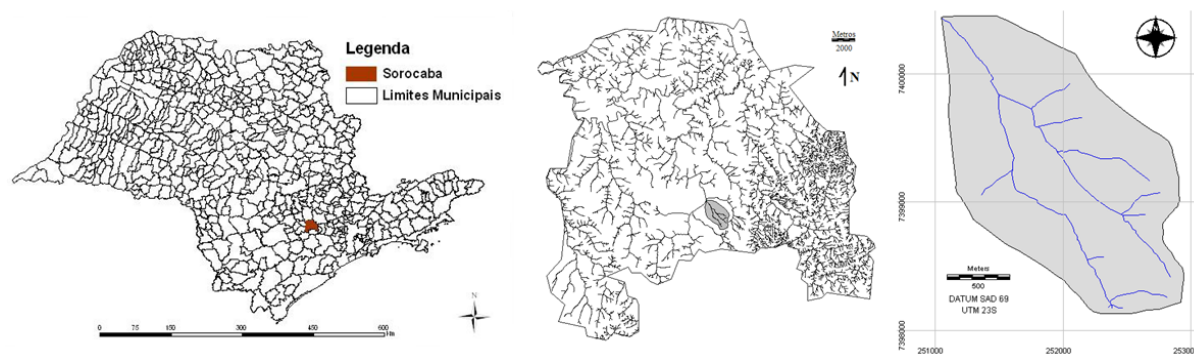


Figura 1. Localização da sub-bacia do córrego Lavapés dentro do município de Sorocaba e Estado de São Paulo

2.2. Análise dos atributos de solo

A partir de amostragem estratificada (área urbana, solo exposto, vegetação, pastagem), foram realizadas coletas de 10 amostras de cada estrato, totalizando 40 coletas. Em cada local de coleta foram retirados cerca de 2 kg de solo, que foram armazenados em sacos plásticos e encaminhados para laboratório.

Para a determinação dos parâmetros cálcio (Ca), acidez potencial (H+Al), potássio (K), magnésio (Mg), fósforo (P), e acidez ativa (pH em água) foram utilizados os preceitos de Embrapa (1997).

2.3. Análise Espacial

Primeiramente utilizou-se os dados tabulados com as informações espaciais e quantitativas das amostras coletadas no software Surfer 8.0 (GOLDEN SOFTWARE, 2002). Neste software foram realizadas análises dos semivariogramas gerados a partir dos dados, para fim de analisar a distribuição espacial dos mesmos. Um vez que não apresentaram

dependência espacial, com predominância do “efeito pepita puro” descartou-se a utilização do método de interpolação “krigagem ordinária”, conforme indicação de Landim (2003).

Como alternativa foram construídas superfícies de tendência para cada parâmetro a partir do método de “regressão polinomial de primeiro grau” do software Surfer 8.0, e os respectivos mapas de resíduos obtidos a partir da diferença entre os dados e o modelo obtido, para isso utilizou-se a ferramenta *Residual* do software Surfer 8.0 e as interpolações foram realizadas com a utilização do método do Inverso do Quadrado da Distância (IQD), conforme indicações de Bernadi et al. (2001).

3. Resultados e Discussão

A baixa quantidade de estudos relacionados à solos urbanos, principalmente se tratando de análises de nutrientes do mesmo torna a discussão com base na bibliografia um pouco complicado. Devido a este fato a presente discussão dos resultados baseou-se principalmente na análise dos mapas obtidos.

A ausência de dependência espacial apresentada para os atributos químicos em solos urbanos que invalida a utilização de geoestatística, ou a aplicação do método de interpolação “krigagem universal” segundo Silva (1988), depende de diversos fatores. Lima et al. (2010) apresenta a topografia, textura do solo, clima, escala de amostragem entre os fatores que interferem na dependência espacial dos atributos. Estudos realizados em solo rural confirmam essa afirmação, Silva (1988) e Lima et al. (2010) não verificaram dependência espacial dos atributos cálcio e magnésio, entretanto Vieira (1997) verificou a dependência dos mesmo atributos em seu estudo.

A Figura 2 apresenta a superfície de tendência e os respectivos resíduos para o parâmetro cálcio. É possível observar que a tendência de aumento concentra-se na direção Nordeste→Sudoeste, com anomalias na região central da sub-bacia.

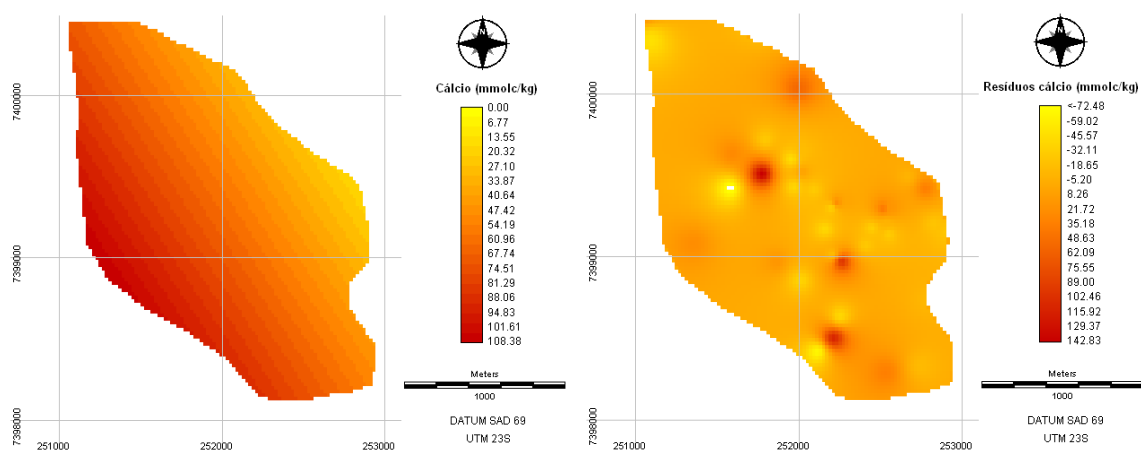


Figura 2. Superfície de tendência e mapa de resíduos do parâmetro cálcio (Ca), escala em mmolc/kg.

A Figura 3 apresenta a superfície de tendência e o mapa de resíduos do parâmetro acidez potencial (H+Al). A direção de crescimento é Sudoeste→Nordeste. Existem alguns pontos de anomalia na região leste da sub-bacia, onde existe um fragmento de vegetação.

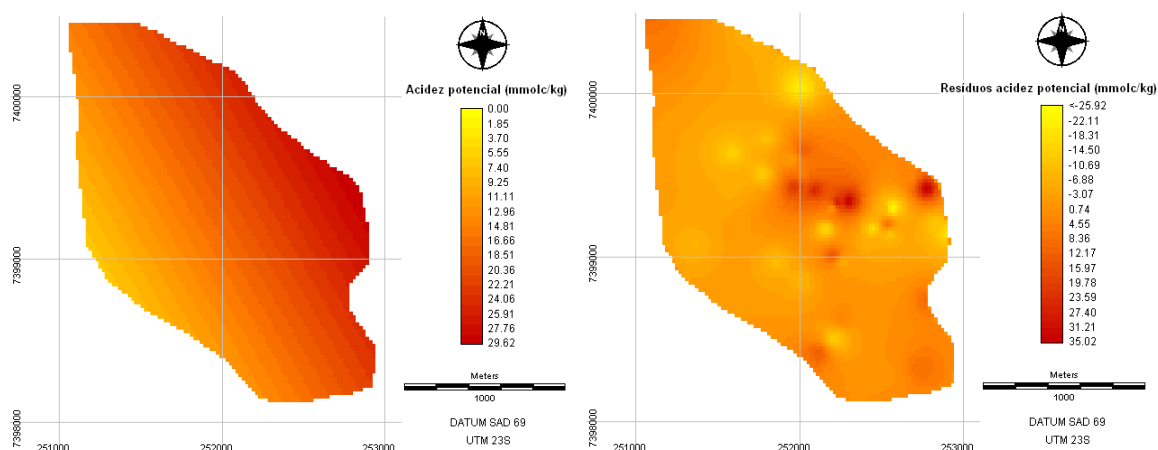


Figura 3. Superfície de tendência e mapa de resíduos do parâmetro acidez potencial (H+Al), escala em mmolc/kg.

A Figura 4 apresenta os resultados do atributo potássio. Pode-se observar que existe pouca variação na região, e que a tendência de aumento é na direção Nordeste→Sudoeste. O mapa de resíduos também apresentado na figura 4 apresenta poucos pontos anômalos.

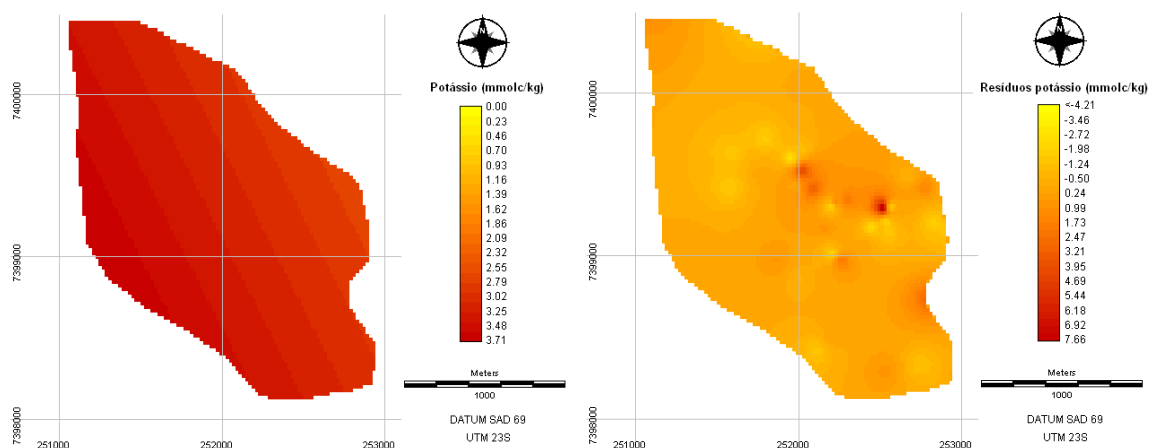


Figura 4. Superfície de tendência e mapa de resíduos do parâmetro potássio (K), escala em mmolc/kg.

É possível observar a tendência de aumento na direção Nordeste→Sudoeste do parâmetro magnésio na Figura 5. O mapa de resíduos observado também na Figura 5 não apresenta muitos pontos discrepantes com destaque para um no centro-leste da sub-bacia, próximo à um corpo d'água. Os teores de magnésio no corpo d'água em questão podem ser influenciados pela desproporção de magnésio na área mencionada.

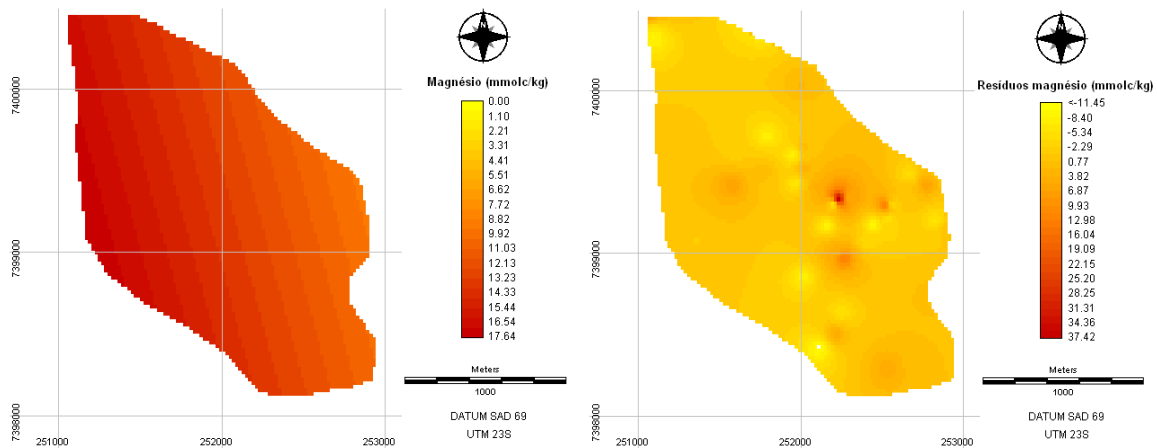


Figura 5. Superfície de tendência e mapa de resíduos do parâmetro magnésio (Mg), escala em mmolc/kg.

A partir de observação da Figura 6 é possível observar que a direção de crescimento do parâmetro fósforo é Nordeste→Sudoeste. Ainda observando a Figura 6 percebe-se no mapa de resíduos uma anomalia considerável na parte sul da sub-bacia, onde se encontra uma porção de solo exposto devido à um loteamento de alto padrão na região. O excesso de fósforo na cabeceira da sub-bacia pode ter influência no transporte desse nutriente para o córrego Lavapés e conseqüente deságüe no rio Sorocaba, influenciando no processo de eutrofização apresentado por Silva et al. (2007).

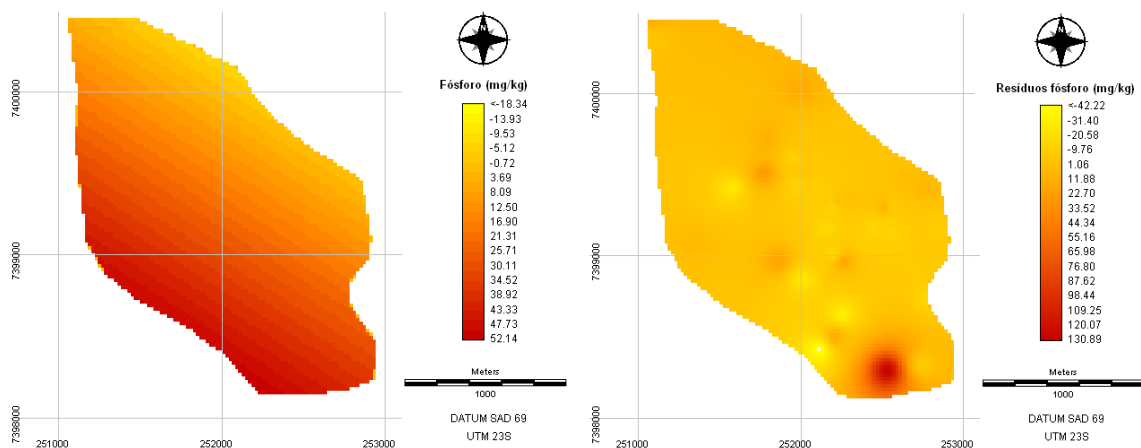


Figura 6. Superfície de tendência e mapa de resíduos do parâmetro fósforo (P), escala em mg/kg.

Na Figura 7 é possível observar a superfície de tendência para a acidez ativa (pH em água) e o respectivo mapa de resíduos. Percebe-se que não há grande variação nos valores de pH e poucos dados discrepantes. A direção de crescimento segue a da maioria dos parâmetros, Nordeste→Sudoeste.

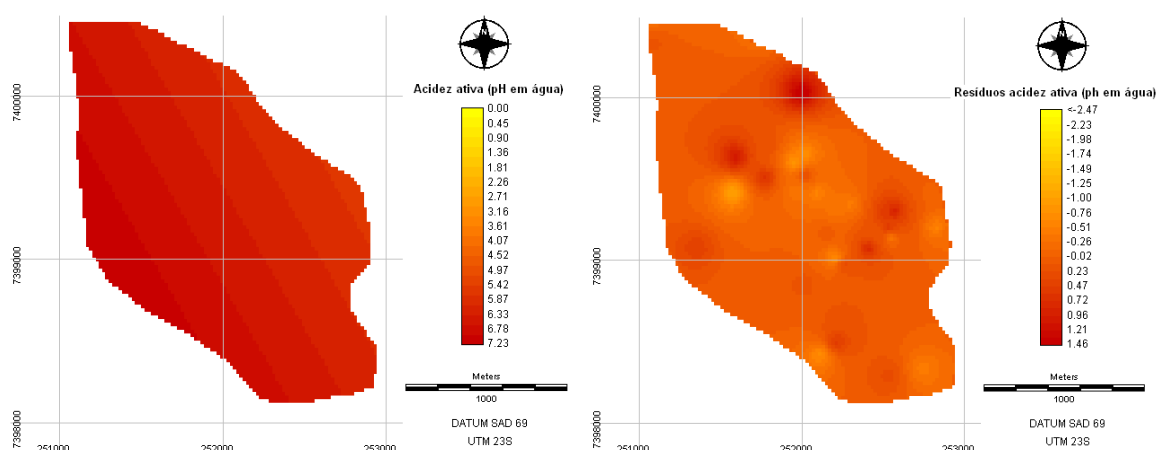


Figura 7. Superfície de tendência e mapa de resíduos do parâmetro acidez ativa (pH em água).

Os resíduos negativos dos nutrientes não foram considerados na presente discussão por não apresentarem grande influência nos solos urbanos, salvo determinadas formas de cultura realizadas nas áreas urbanas, como hortas ou pequenas plantação a falta de nutrientes não altera as funções principais do solo urbano

4. Conclusões

A utilização de estudos de análise de superfície de tendência de atributos de solo apresentam potencial para verificação de impactos em áreas urbanas. Os nutrientes podem ter interferência na qualidade de água e portanto os locais com grande anormalidade com relação à tendência podem ser considerados em avaliação de impactos, medidas de recuperação e para fins de planejamento do uso do solo.

A região da sub-bacia do córrego Lavapés não apresenta muitos pontos com discrepância alta, pontuando dois locais. Um deles tem excesso de fósforo no sul da sub-bacia, e o outro de magnésio na parte centro-leste da mesma, contribuindo para o transporte desses nutrientes para os corpos d'água de dentro e fora da sub-bacia.

Por fim fica a sugestão de repetição dos estudos de análise de superfície de tendência para outros parâmetros físicos e químicos de solos urbanos na região e em outras regiões urbanas. Também fica a sugestão de mais estudos de qualidade de solo nesse tipo de ocupação e suas interações com a qualidade ambiental urbana.

Agradecimentos

À FAPESP, pela concessão das bolsas de mestrado (Processos nº 2009/02534-7 e nº 2009/02182-3) aos autores do trabalho.

Referências Bibliográficas

BERNARDI, J.V.E.; FOWLER, H.G.; LANDIM, P.M.B. Um estudo de impacto ambiental usando análises estatísticas espacial e multivariada. **Holos Environment**, v. 2, n.1, 0. 162-172, 2001.

EFFLAND, W. R. e POUYAT, R. V. The genesis, classification, and mapping of soils in urban areas, **Urban Ecosystems**, 1, 217-228, 1997.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Banco de dados climáticos do Brasil**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2003.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer 8**. Copyright © Golden Software Inc., 2002.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica, Ciudad del México, 1948.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**, 2009. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.html>.

LANDIM, P.M.B. **Análise Estatística de Dados Geológicos**. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2003. 254 p.

LIMA, J.S.S.; OLIVEIRA, R.B.; ROCHA, W.; OLIVEIRA, P.C.; QUARTEZANI, W.Z. Análise espacial de atributos químicos do solo e da produção da cultura pimenta-do-reino (*piper nigrum*, L.). **IDESIA** (Chile), v. 28, n.2, 2010.

RODRIGUES, S.A.M. **Urban soil quality assessment using a GIS-based approach**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Química, Universidade de Aveiro, Aveiro – Portugal, 225p., 2005.

SILVA, A.P. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo**. Tese (doutorado) – ESALQ-USP, Piracicaba, 105 p. 1988.

SILVA, A.M.; SILVEIRA, F.M.; VAZ, S.S.; OLIVEIRA, G.S. Input and output rates of some chemical solutes in Sorocaba river. **Revista de Estudos Ambientais**, V. 9, n. 2, 1997

VIEIRA, S.R. Variabilidade especial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um Latossolo Roxo de Campinas (SP). **Bragantia**, v. 56, n. 1, 1997.