



## Identificação de alterações antrópicas em uma área degradada no estado do Paraná por análise de componentes principais e geoestatística.

**Joyce Cristina da Silva Nascimento<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> Engenheira Agrônoma, MSc., doutoranda no programa de Pós graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, email: [joycecrisnascimento12@gmail.com](mailto:joycecrisnascimento12@gmail.com).

**RESUMO:** Como resultado da atividade antrópica, ocorrem grandes alterações na constituição natural do ambiente, e o solo é um dos mais afetados pela antropização. A utilização de análise por componentes principais (ACP) na identificação de alterações antrópicas já vêm sendo feita há algum tempo, principalmente com estudos de geoprocessamento. Para descrever a contaminação dos solos urbanos altamente impactados por atividades antrópicas, também têm sido empregadas técnicas de geoestatística. Este trabalho teve como objetivo utilizar análise por componentes principais e geoestatística para identificação de alterações antrópicas e associações entre as variáveis estudadas. A área de estudo está localizada no pólo industrial de Araucária no estado do Paraná. Foram realizadas análises químicas de rotina, granulometria e extração pseudo total de metais pesados. Os resultados obtidos pela ACP marcam a influência antrópica que a área sofreu, pois grande parte dos cátions e metais pesados correlacionaram-se à fração areia e não como esperado com a fração argila. Com relação aos resultados obtidos pela geoestatística, as alterações antrópicas na área de estudo ficam evidentes quando observamos as frações granulométricas do solo, isto porque foram as que mais sofreram variação. A análise por componentes principais possibilitou a identificação de diversos processos de degradação na área de estudo, porém apresentou dificuldades na análise por explicar pequena porcentagem de variância. A geoestatística foi eficiente em identificar as alterações antrópicas na granulometria do solo.

**Termos de indexação:** solos antrópicos, análise multivariada.

### INTRODUÇÃO

Os recursos estão dispersos pela superfície terrestre, como resultado de processos naturais de milhões de anos e são apropriados pelos grupos sociais de acordo com sua capacidade de criar novos ambientes (Ribeiro, 2010). Neste contexto dá-se uma ênfase ao impacto ambiental, pois são muitas vezes acelerados e aumentados pela intervenção antrópica.

Como resultado da atividade antrópica, ocorrem grandes alterações na constituição natural do ambiente, e o solo é um dos mais afetados pela antropização (Pedron et al., 2004).

O solo naturalmente apresenta heterogeneidade e sua variabilidade espacial, horizontal e vertical, é dependente dos fatores e processos de formação e relacionado ao manejo (Jenny, 1941; Souza et al., 2001).

Estudos de variabilidade espacial de atributos do solo em ambientes antrópicos podem ser complexos devido a diferenças de material adicionado, estratificação do solo em camadas e alterações paisagísticas que dificultam a identificação dos processos pedogenéticos, pois seu desenvolvimento é fortemente influenciado pela atividade humana (Biasioli et al., 2006).

A utilização de análise por componentes principais na identificação de alterações antrópicas já vêm sendo feita há algum tempo, principalmente com estudos de geoprocessamento (Gomes et al., 1998; Navone, 1998). Pois a análise de componentes principais é uma técnica de transformação de variáveis através do cálculo dos autovalores e autovetores e infere sobre a correlação destas (Landim, 2011).

Para descrever a contaminação dos solos urbanos altamente impactados por atividades antrópicas, também têm sido empregadas técnicas de geoestatística (Imperato et al., 2003), porém a abordagem pela geoestatística pode revelar limitações como os pressupostos de continuidade e estacionariedade, já que solos antrópicos não são considerados como um sistema contínuo e seu desenvolvimento é fortemente influenciado pela atividade humana (Biasioli et al., 2006).

Tendo em vista o exposto acima, este trabalho teve como objetivo utilizar análise exploratória por componentes principais e geoestatística para identificação de alterações antrópicas e associações entre as variáveis estudadas.

### MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no pólo industrial de Araucária no estado do Paraná, Brasil, entre as coordenadas planas W=664190.0; S=7172310.0 e



E=664480.0; N=7172700, referenciadas ao Datum SAD 69 e meridiano central 51° W.Gr.

Os pontos de coleta distribuídos em uma malha composta de 130 posições distantes 20 m entre si, onde foram tomadas as coordenadas UTM (x, y, z) de cada ponto amostral com auxílio de um equipamento GPS Geodésico Leica 900.

Para cada ponto amostrado foram coletadas 5 subamostras de solo a 10 cm de profundidade, perfazendo uma amostra composta para cada ponto.

Os teores de areia, silte e argila foram determinados utilizando o Método do Densímetro de Bouyoucos (Gee & Bauder, 2002). A análise química de rotina foi realizada conforme (EMBRAPA, 1997).

Para extração pseudo-total dos metais pesados (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, V, Zn) e de enxofre foi utilizado o método SW 846-3051A (USEPA, 2007) e a leitura do teor de metais pesados e S foi feita em duplicata, realizada em Espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES).

Os dados foram submetidos à análise exploratória por componentes principais no programa Matlab e os gráficos plotados no SIGMA PLOT. A geoestatística foi realizada no programa R.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de componentes principais (**Figura 1**) identificou dois grandes grupos, na componente 2 a areia parece estar influenciando fortemente grande parte das variáveis estudadas, enquanto na componente 1 a argila parece ter influência sobre enxofre, alumínio e CTC. A dificuldade nesta análise exploratória é que as variáveis não são correlacionadas, e a análise explicou apenas 40% da variância total. De acordo com Landim (2011), o método apresenta melhores resultados se já existir um grupo de variáveis correlacionadas, o que não aconteceu neste estudo.

Estes resultados marcam a influência antrópica que a área sofreu, primeiramente pelo fato de as variáveis pouco se correlacionarem, sendo afetadas por fatores diversos. Em segundo, sabe-se que a fração argila é responsável pela retenção de cátions e metais pesados no solo (Amaral Sobrinho et al., 2009). Contudo, o atual estudo demonstra um comportamento oposto, pois grande parte dos cátions e metais pesados correlacionaram-se à fração areia. Indicando que estes materiais foram adicionados recentemente, e apesar da fraca força de retenção da fração areia, mantiveram-se nesta fração, provavelmente influenciados por fatores

como declividade, pluviosidade e material orgânico no solo.

A associação de As com CTC e argila (**Figura 2**), o As variou de duas formas distintas: primeiro ele apresenta um aumento associado a CTC, com os solos de baixo teor de argila, em segundo é a presença do As em solos argilosos que apresentou redução com aumento da CTC.

O As ( $H_2AsO_4^-$ ) pode estar ligado fortemente aos óxidos de Fe amorfos na forma de adsorção específica, pois tem um comportamento muito parecido com o ácido fosfórico ( $H_2PO_4^-$ ) em pH mais ácido. Inicialmente as interações metal-óxidos de Fe podem ser mais fracas, através de atrações eletrostáticas na CTC da superfície das argilas, e depois passam a formação de complexos estáveis de esfera interna (Amaral Sobrinho et al., 2009).

Quando observamos a associação de Zn com areia, argila e a altitude (**Figura 3**) um processo de erosão fica evidente, pois o Zn fica retido na fração argila nas cotas superiores, enquanto que o Zn associado à fração areia encontra-se nas cotas mais baixas, indicando um processo erosional nesta área, com intenso processo de degradação. Sabe-se que o Zn apresenta baixa mobilidade no perfil do solo porque encontra-se fortemente retido por argilominerais e óxidos de Fe e Al, que têm alta capacidade para reter metais pesados (Amaral Sobrinho et al., 2009).

Com relação aos resultados obtidos pela geoestatística, as alterações antrópicas na área de estudo ficam evidentes quando observamos as frações granulométricas do solo, isto porque foram as que mais sofreram variação.

O efeito pepita para as frações granulométricas (areia, silte e argila) foi 0,0 indicando que em pequenas distâncias estas variáveis não se alteram.

As três frações também se ajustaram ao modelo exponencial de semivariograma (**Figura 4**). Quanto ao parâmetro sigma ( $\delta$ ), o qual corresponde à semivariância obtida através do semivariograma, areia, silte e argila apresentam respectivamente 6131,17; 1746,01 e 8921,70 altos valores do parâmetro sigma. Os valores anômalos de semivariância ( $\delta$ ) aliados ao modelo exponencial de semivariograma evidenciam a interferência antrópica na área de estudo. Os teores de areia, silte e argila dos solos são bastante estáveis e apresentam pouca variação em uma mesma unidade pedológica (Reichardt & Timm, 2004; Amaro Filho et al., 2007). Em condições naturais, os solos são submetidos aos fatores e processos pedogenéticos, o que determina pequenas variações nos teores de areia, silte e argila em áreas homogêneas, diferente do observado neste

estudo, aparentemente foram adicionados materiais de construção civil, como areia e cascalho e também solos trazidos de outras localidades para realização de terraplanagem na área, que encontra-se degradada e abandonada. Houve também revolvimento e estratificação das camadas do solo, alterando significativamente as características naturais do solo, principalmente com relação a sua distribuição granulométrica.

### CONCLUSÕES

A análise por componentes principais possibilitou a identificação de diversos processos de degradação na área de estudo, porém explicou pouca porcentagem de variância devido aos dados não serem correlacionados.

A análise por componentes principais identificou associações entre frações do solo e alguns metais, que puderam indicar as alterações antrópicas na área de estudo.

A geoestatística foi eficiente em identificar alterações para a granulometria do solo.

### AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) por concessão de bolsa de estudo durante a realização deste trabalho.

### REFERÊNCIAS

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; BARRA, C.M. & LÃ, O.R. Química dos metais pesados no solo. In: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F. ed. Química e Mineralogia do Solo. 1.ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. Parte II, p.249-313.

AMARO FILHO, J.; NEGREIROS, R.F.D.; ASSIS JÚNIOR, R.N. & MOTA, J.C.A., Amostragem e variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho em Mossoró, RN. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31:415-422, 2007.

BIASIOLI, M.; BARBERIS, R. & AJMONE-MARSAN F. The influence of a large city on some soil properties and metals content. Science of the Total Environment, 356:154– 164, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2 ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA/CNPS, 1997. 412p.

GEE, G.W. & BAUDER, J.W. Particle size analysis. In: J.H. DANE & G.C. TOPP, ed. Methods of soil analysis. Part 4. Madison, Soil Science Society of America, 2002. p.278–284.

GOMES, A.R., & MALDONADO, F.D. Análise de componentes principais em imagens multitemporais TM/Landsat como subsídio aos estudos de vulnerabilidade à perda de solo em ambiente semi-árido. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Santos, INPE, 1998.*

IMPERATO, M.; ADAMO, P.; NAIMO, D.; ARIENZO, M.; STANZIONE, D. & VIOLANTE, P., Spatial distribution of heavy metals in urban soils of Naples city (Italy). Environmental Pollution, 124:247–256, 2003.

JENNY, H. Factors of soil formation. New York, McGraw-Hill, 1941. 281p.

LANDIM P.M.B. Análise estatística de dados geológicos multivariados. São Paulo, Oficina de textos, 2011. 208p.

NAVONE, S.M. Assesment of thematic mapper imagery for desertification in the Puna region (Argentina). In: Symposium Resource and environmental monitoring. International society for photogrammetry and remote sensing. Proceeding. Budapest, 1998. v.32, part 7, p.383-391.

PEDRON, F.A.; DALMOLIN, R.S.D.; AZEVEDO, A.C. & KAMINSKI, J., Solos urbanos. Ciência Rural, 34:1647-1653, 2004.

REICHARDT, K. & TIMM, L.C. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. São Paulo, Manole, 2004. 478p.

RIBEIRO W.C., Teorias socioambientais: em busca de uma nova sociedade. Instituto de Estudos Avançados (IEA-USP). Estudos Avançados, 24:68, 2010.

SOUZA Z.M.; SILVA, M.L.S.; GUIMARÃES, D.T.S.; CARVALHO, M.P. & PEREIRA, G.T., Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho distrófico sob semeadura direta em Selvíria (MS). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 25:699-707, 2001.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA, SW 846 - Method 3051A – Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. Revision 1, 2007. 30p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf>>. Acesso em 10.06.15.

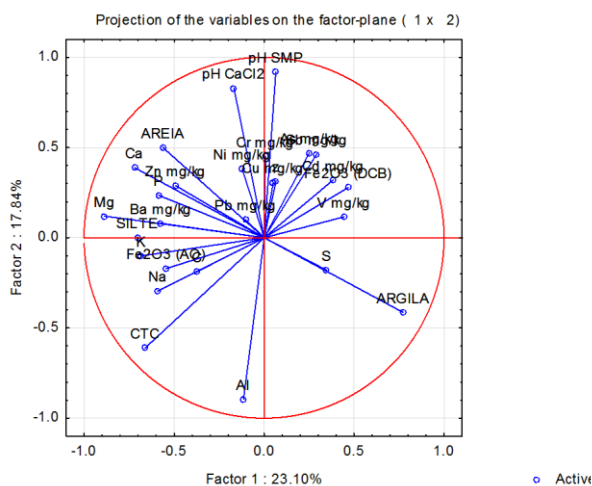


Figura 1. Análise de Componentes Principais para as variáveis estudadas.

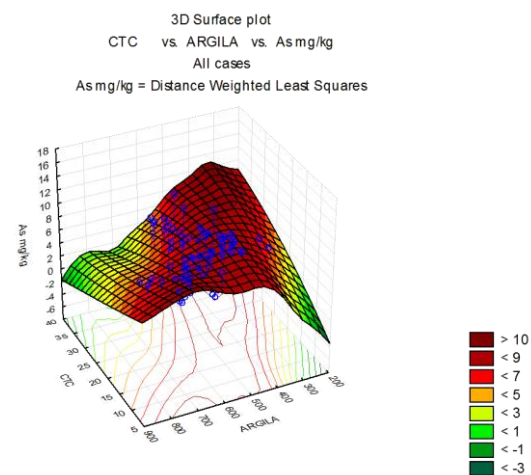


Figura 2. Associação de As, CTC e argila.

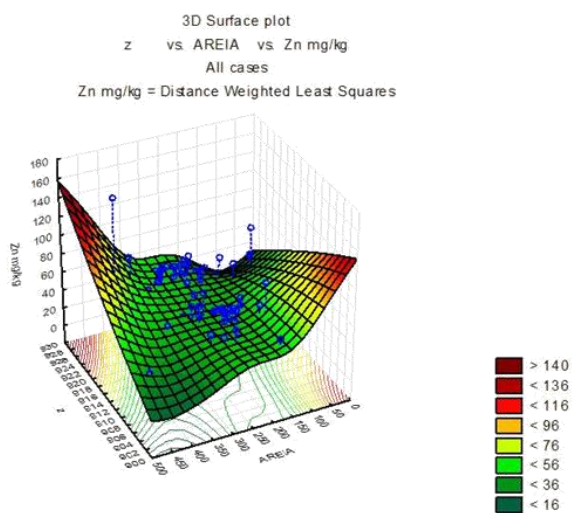
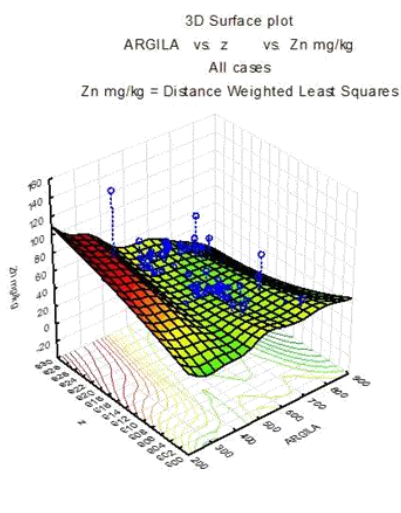


Figura 3. Associação de argila, Zn e altitude (Z) à esquerda e associação de areia, Zn e altitude (Z) à direita.

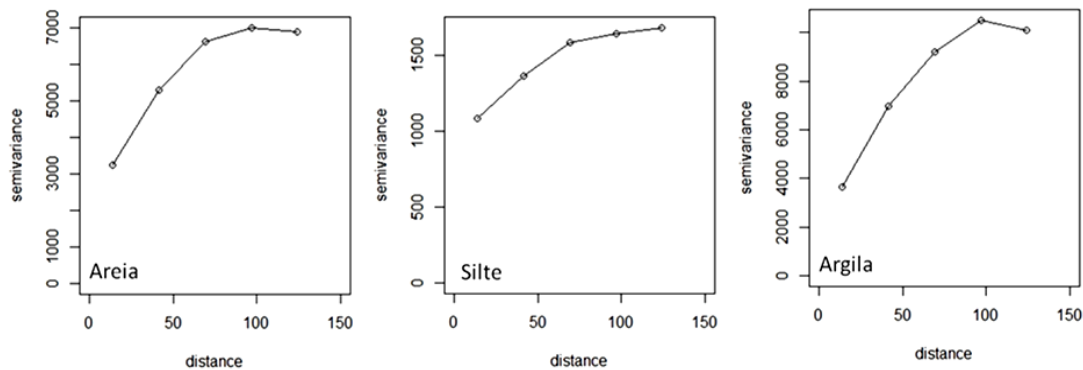


Figura 4. Semivariogramas de areia, silte e argila.