



Identificação de “hotspots” de Cádmiio em Solos da Região Metropolitana do Recife⁽¹⁾

Fernando Bruno Vieira da Silva⁽²⁾; Clístenes Williams Araújo do Nascimento⁽³⁾; Paula Renata Muniz Araújo⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq e da Fundação de Amparo a Pesquisa e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE).

⁽²⁾ Doutorando do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); Recife, Pernambuco; Rua Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, ferbruno01@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Professor Associado do Departamento de Agronomia; Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); ⁽⁴⁾ Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

RESUMO: A análise geoestatística tem sido cada vez mais empregada em estudos de poluição ambiental com o objetivo de dar suporte a identificação e resolução de problemas ambientais. Neste estudo, 258 amostras de solos foram coletadas nos cenários urbanos e agrícolas da Região Metropolitana do Recife para identificar a relação espacial e os hotspots de Cd no solo. O teor médio de Cd foi de 1,5 mg kg⁻¹ valor três vezes superior ao de referência de qualidade para os solos de Pernambuco. A modelagem espacial por meio de krigagem simples mais o índice de Moran's identificou que grande parte dos solos da RMR estão contaminados por Cd e uma extensa área apresenta teores acima de 1,5 mg kg⁻¹ que corresponde ao valor limite de prevenção para os solos do Brasil estabelecido pelo CONAMA. Os hotspots de Cd foram identificados em duas áreas, uma localizada na região nordeste em solos urbanos do município de Paulista e outra ao sul em solos agrícolas cultivados com cana-de-açúcar ambas as situações com teores acima de 3,0 mg kg⁻¹. Com relação a região sul estes foram superiores ao valor limite de segurança para o cenário agrícola que corresponde ao valor de investigação de 3,0 mg kg⁻¹ e que na prática implica em risco direto ou indireto a saúde humana. A presença de contaminação nos solos da RMR por Cd podem estar associada à adição deste metal pelo intenso tráfego de veículos no ambiente urbano e a prática de fertilização fosfatada no cenário agrícola.

Termos de indexação: poluição ambiental, metal pesado e geoestatística.

INTRODUÇÃO

Dentre o grupo dos metais pesados, o cádmio (Cd) tem sua relevância por ser um metal móvel no solo o que facilita sua transferência para outros compartimentos do ecossistema, a exemplo os corpos de águas subterrâneas. Além disso, o Cd quando presente no corpo humano causa sérios danos aos rins e fígado somado ao fato de ser um metal carcinogênico (KABATA PENDIAS &

PENDIAS, 2004). A adição de Cd aos solos pode ser originada das atividades industriais como a mineração e siderurgia, a emissão veicular por meio da queima dos combustíveis fósseis e fertilizantes, principalmente fosfatados, contendo este metal como impureza proveniente da rocha matriz rica em fósforo utilizada como matéria prima na fabricação do fertilizante (RIBEIRO et al., 2012; FIGUEIREDO et al., 2009; GOLIA et al., 2008; CARVALHO et al., 2012).

A ação conjunta da análise geoestatística somada à análise espacial das técnicas do sistema de geoinformação (SIG) tem sido amplamente empregadas em estudos de poluição ambiental com a finalidade de quantificar a distribuição e variabilidade espacial das propriedades do solo, reduzir as incertezas como também os custos de execução do trabalho e por fim identificar potenciais fontes de poluição (ZHANG et al., 2009). Nesse sentido, o presente trabalho objetivou por meio da aplicação de análise geoestatística, SIG e índice I de Moran's (1) investigar a concentração de cádmio nos solos da Região Metropolitana do Recife nos cenários agrícolas e urbanos, (2) determinar as correlações espaciais dos teores de Cd nos solos e (3) identificar as possíveis fontes de contaminação deste metal ao solo.

MATERIAL E MÉTODOS

De maio a outubro de 2013, 258 amostras de solos na camada de 0 – 20 cm foram coletadas em parques, reservas ecológicas, nos canteiros das principais vias de tráfego rodoviário e em áreas agrícolas na Região Metropolitana do Recife. No momento da coleta quatro amostras simples foram coletadas numa área de 100 m² para compor uma amostra composta, posteriormente, as amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de malha de aço inoxidável de 2 mm, armazenadas e identificadas em potes plásticos até o momento das análises. Os pontos de coleta foram definidos por casualização através do método de amostragem aleatória simples.



Para a determinação dos teores de cádmio amostras de solo foram maceradas e passadas em peneira de malha de 0,30 mm de aço inoxidável 1 g de solo pulverizado foi digerido usando o método 3051A (USEPA, 1998) e determinados por meio de espectrometria de emissão ótica (ICP-OES/Optima 7000, Perkin Elmer).

A abordagem geoestatística empregada no presente estudo consistiu de modelagem espacial dos teores de cádmio nos solos da RMR a fim de se analisar a distribuição e a variabilidade espacial de Cd na região pelo método da krigagem simples com ajuste a um modelo de variograma com patamar (esférico, exponencial e gaussiano).

Para análise de autocorrelação espacial o teste LISA (Local Indicators of Spatial Association) foi empregado por meio do índice I de Moran's Local (ANSELIN, 1995) ao nível de significância de 5%.

O conjunto dos dados também foi submetido à análise estatística univariada (média, mínimo, máxima, desvio-padrão e coeficiente de variação) e teste de distribuição normal pelo método de Kolmogorov – Smirnov a nível de significância de 5%. Todo procedimento geo-estatístico foi realizado utilizando o Programa ArcGIS versão 10.2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor médio de cádmio encontrado para os solos da Região Metropolitana do Recife foi de $1,5 \pm 0,8$ mg kg⁻¹ valor 3 vezes superior ao de referência de qualidade para o estado de Pernambuco que é de 0,5 mg kg⁻¹ (CPRH, 2014) o que implica dizer que os solos da RMR apresentam-se contaminados por este metal. O teores de Cd apresentaram amplitude de 0,0 a 4,3 mg kg⁻¹ e coeficiente de variação de 53% o que possivelmente indica a presença de ação antrópica sobre os teores deste metal nos solos. O conjunto de dados apresentou distribuição normal que foi verificado pelos valores de assimetria (1,05) e curtose (4,44).

O modelo de variograma que apresentou melhor ajuste a predição do fenômeno espacial foi o esférico com valor de R² igual 0,80 considerando raio anisotrópico de 2,3 e ângulo de anisotropia de 90° (Figura 1C).

O modelo apresentou valores de 0,05 para o efeito pepita (variação aleatória), patamar com valor de 0,63 (variância espacial) e alcance com valor aproximadamente igual a 15 km (Figura 1B). Por meio da análise da distribuição espacial (Figura 1A) é possível verificarmos a existência de variabilidade dos teores de Cd nos solos da RMR com maiores teores (> 3,0 mg kg⁻¹) na região nordeste nos solos da área urbana do município de Paulista e em solos agrícolas na região sul. A situação dos solos agrícolas com teores acima de 3 mg kg⁻¹ (região sul

da RMR), superior ao valor de investigação (VI) para o cenário agrícola, representam um potencial risco direto ou indireto a saúde pública.

Extensa área encontra-se com teores acima do valor de referência de qualidade (VRQ) para solos (0,5 mg kg⁻¹). Áreas com concentrações acima do valor de prevenção (VP) de 1,3 mg kg⁻¹ também foram observadas. O VP corresponde à capacidade limite que o solo tem de sustentar as suas funções no ambiente e nesse patamar a legislação vigente determina que deva ser realizada uma investigação mais detalhada a fim de se reconhecer a(s) possível(is) fonte(s) de contaminação e se reconhecida tomar medidas que venham cessar o aporte do metal ao solo (CONAMA, 2009).

A contaminação existente por Cd nos solos da RMR pode ser explicada por ações antrópicas como a emissão veicular (MILNER, 1952) proporcionada pelo intenso tráfego de veículos observado nas principais vias. Resultado semelhantes quanto a contaminação de Cd associado ao intenso tráfego de veículos foram encontrados por outros autores em várias parte do mundo como Chen et al. (2005) em solos de parques urbanos em Pequim (China) e Figueiredo et al. (2009) em solos urbanos da grande São Paulo.

Com relação às áreas agrícolas, os fertilizantes fosfatados são as potenciais fontes de contaminação por Cd. Isso devido ao fato de que estudos têm identificado teores de Cd em fertilizantes fosfatados como impurezas (CARVALHO et al., 2012; FREITAS et al., 2009). Estudos similares também demonstraram relação existente entre a adubação fosfatada e a contaminação do solo por cádmio (PARELHO, et al., 2014; KELEPERTZIS, 2014). Para facilitar a detecção das localizações dos padrões espaciais de Cd nos solos da Região Metropolitana do Recife, foi elaborado um mapa das associações espaciais de indicação local LISA (Figura 2). De acordo com Zhang et. al. (2008) os hotspots são altos valores em relação aos valores baixos adjacentes, este pode agrupar-se (grupo espacial) ou existir de forma isolada (outliers espacial), os grupos podem ser formados por teores altos próximos de altos (hotspots) ou teores baixos próximos de baixos (coldspots), enquanto que, os outliers serão teores altos em meio a baixos ou teores baixos em meio a altos.

O grupo alto-alto (hotspots) representou 10% do total das amostras e estes tiveram o mesmo comportamento como visto anteriormente na análise de distribuição espacial (Figura 1A) com um grupo na região nordeste da área no cenário urbano do município de Paulista, enquanto que, o outro grupo encontra-se na parte do Sul da RMR nos solos agrícolas do município de Sirinhaém. Aspecto que corrobora a discussão de que existe adição de



cádmio aos solos da RMR por meio de ações antrópicas.

O grupo baixo – baixo (coldspots) que representou 9,7% localizou-se na parte norte da RMR no cenário urbano dos municípios de Igarassu e Ilha de Itamaracá apresentando concentrações abaixo de 0,5 mg kg⁻¹ correspondente ao VRQ. Porém, a maioria dos solos avaliados (> 79%) apresentaram teores de Cd no solo de forma aleatória o que não tornou possível agrupá-los.

CONCLUSÕES

Em uma extensa área os solos da Região Metropolitana do Recife (RMR) estão contaminados por cádmio como foi possível visualizar pela análise de modelagem espacial utilizando krigagem simples ajustado ao modelo esférico de semivariograma.

Os hotspots localizados no cenário agrícola na parte sul da RMR apresentam-se poluídos por Cd representando um potencial risco direto e indireto a saúde humana.

Atividades antrópicas como a emissão veicular e agricultura são as potenciais fontes de Cd aos solos do cenário urbano e agrícola da Região Metropolitana do Recife.

REFERÊNCIAS

ANSELIN, L. Local indicators of spatial association-LISA. *Geogr. Anal.*, 27: 93 – 115, 1995.

CARVALHO, V. G. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; BIONDI, C. M. Potencial de fertilizantes e corretivos no aporte de micronutrientes ao solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36: 931 – 938, 2012.

CHEN, T. B., ZHENG, Y. M., LEI, M., HUANG, Z. C., WU, H. T., CHEN, H., FAN, K. K., YU, K., WU, X., TIAN, Q. Z. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. *Chemosphere*, 60: 542:551, 2005.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. “Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.” Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegi_tipo=3&ano=2009. Acessado em 20 maio de 2015.

CPRH – Agência estadual de meio ambiente. Instrução Normativa nº 7, de 7 de julho de 2014. “Estabelece os valores de referência da qualidade do solo (VRQ) do Estado de Pernambuco quanto à presença de substâncias químicas para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias.” Disponível em: <

<http://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=279789>>. Acessado em 3 de janeiro de 2015.

FIGUEIREDO, A. M. G.; ENZWEILER, J.; CAMARGO, S. P.; SÍGOLO, J. B.; GUMIERO, F. C.; PAVESSE, A. C.; MILIAN, F. M. Metal contamination in urban park soils of São Paulo. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 280: 419-425, 2009.

FREITAS, E. V. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; GOULARD, D. F.; SILVA, J. P. S. Disponibilidade de cádmio e chumbo para milho em solo adubado com fertilizantes fosfatados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo (Impresso)*, 33: 1899-1907, 2009.

GOLIA, E. E.; DIMIRKOU, A.; MITSIOS, I. K. Accumulation of heavy metals on Burley, Virginia and Oriental tobacco leaves grown in an agricultural area in relation to soil. *Bull Environmental Contamination Toxicol*, 79: 158-162, 2008.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, A. K. Trace elements in soils and plants, 3rd edn. CRC, Ann Arbor, MI, USA, 2004. 342p.

KELEPERTZIS, E. Accumulation of metals in agricultural soils of Mediterranean: insights from Argolida basin, Peloponnese, Greece. *Geoderma*, 222: 82 – 90, 221 – 222, 2014.

MILNER, O. I.; GLASS, J. R.; KIRCHNER, J. P.; TURICK, A. N. Determination of trace metals in crude and other petroleum oils. *Anal. Chemistry*, 24: 1728-1732, 1952.

PARELHO, C., RODRIGUES, A. S., CRUZ, J. V., GARCIA, P. Linking trace metals and agricultural land use in volcanic soils – A multivariate approach. *Science of the total environment*, 496: 241 – 247, 2014.

RIBEIRO, A.P.; FIGUEIREDO, A. M. G.; TICIANELLI, R. B.; NAMMOURA-NETO, G. M.; SILVA, N. C.; KAKAZU, M. H.; ZAHN, G. Metals and semi-metals in street soils of São Paulo city, Brazil. *Journal Radional. Nucl. Chem.* 291: 137-142, 2012.

USEPA – United State Environmental Protection Agency. Method 3051a – Microwave assisted acid digestion of sediments, sluges, soils, and oils. Disponível em: <http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf> . Acessado em 10 de agosto de 2013.

ZHANG, C., LUO, L., XU, W., LEDWITH, V. Use of local Moran's I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway, Ireland. *Science Total Environment*, 398: 212 – 221, 2008.

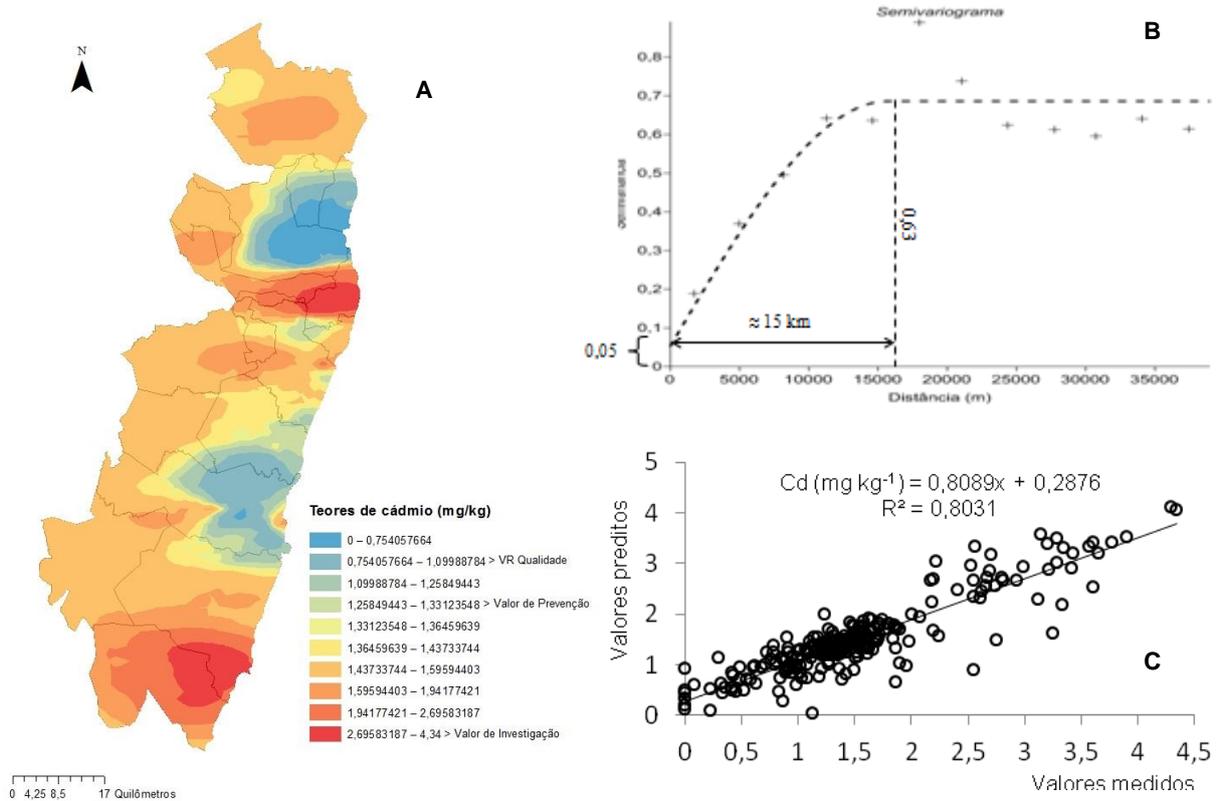


Figura 1. Mapa de distribuição espacial dos teores de cádmio nos solos da Região Metropolitana do Recife (A); semivariograma experimental e teórico anisotrópico esférico com efeito pepita (B) e; função de ajuste dos valores preditos em relação aos medidos (C). * Valor de investigação para solos no cenário agrícola (CONAMA, 2009).

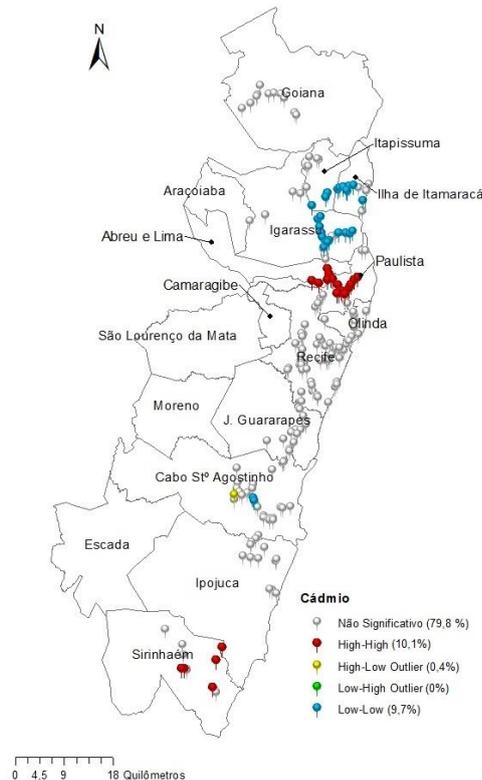


Figura 2. Mapa de associação espacial de indicador local (LISA) e percentual de amostras com um tipo de padrão espacial local para os teores de cádmio (mg kg⁻¹) nos solos da Região Metropolitana do Recife.