

NUTRIENTES E METAIS NO SOLO E EM ÁRVORES DE CERRADO ADJACENTES A UM ATERRO SANITÁRIO

Otacílio Antunes Santana¹, José Imanã Encinas², Rodrigo Studart Corrêa², Antônio Felipe Couto Júnior³

(recebido: 21 de junho de 2007; aceito: 28 de maio de 2008)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, verificar a influência do aterro sanitário do Jockey Club de Brasília (JCB), sobre os teores químicos nas espécies arbóreas de Cerrado. Seis blocos de 25 x 500 m foram estabelecidos, para amostragem do solo e do tecido foliar de quatro espécies, sendo três próximos ao aterro e três em uma área controle. Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, chumbo, cromo, cobre e mercúrio foram avaliados no solo e nas folhas. As maiores concentrações de nutrientes e metais no solo foram observadas na área adjacente ao aterro, sendo que houve relação significativa ($R^2 > 0,80$; $p < 0,001$), crescente e diretamente proporcional entre a concentração dos elementos analisados no solo com e nos tecidos foliares. Conclui-se que a presença do aterro causou um aumento das concentrações de nutrientes e metais no solo e no tecido foliar, o que não ocorreu na área-controle.

Palavras-chave: Bioacumulação, resíduos sólidos, poluição do solo.

SOIL AND "CERRADO" TREES NUTRIENTS AND METALS IN ADJACENT SANITARY LANDFILL AREA

ABSTRACT: This research verified the influence of a Sanitary Landfill located at the Jockey Club of the Brasilia City (JCB) on the chemical contents in the tree species of "Cerrado". Six 25 x 500 m blocks were established in the PNB to sample the soil and the trees to chemical analysis. Three blocks were established near the landfill area and three in the control area. Nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, lead, chromium, copper and mercury were analyzed. The highest nutrients and metals concentrations in soil were sampled in landfill adjacent area. The significant, crescent and directly proportional relationship ($R^2 > 0.80$; $p < 0.001$) were observed between the elements concentration analyzed in soil with the leaves tissues. Therefore, the studied landfill presences increased nutrients and metals concentrations in soil and leaf tissue, fact that did not occur in the control area.

Key words: Bioaccumulation, solid wastes, soil pollution.

1 INTRODUÇÃO

A crescente produção de resíduos sólidos urbanos e seus depósitos tornaram-se um problema social, de saúde pública e, principalmente, ambiental para as grandes cidades, em todo o mundo (PARK et al., 2007). O crescimento desses resíduos está diretamente associado ao aumento populacional e ao consumo de produtos manufaturados, resultante do modelo de desenvolvimento industrial que está em curso (LONGDEN et al., 2007).

Vários autores (BIAOWIEC et al., 2007; BUSINELLI et al., 2007; GADEPALLE et al., 2007; PAVLÍKOVÁ et al., 2007; SEGURA-MUÑOZ et al., 2004) observaram que em regiões adjacentes a aterros sanitários (depósitos de lixo) ocorrem mudanças na estrutura física e química em seus solos, e que essas alterações influenciaram a vegetação nativa adjacente a esses depósitos. Celere et al. (2007), por exemplo, quantificando metais em áreas de aterro sanitário,

descreveu para alguns metais, como o cobre, o alto desvio-padrão de sua concentração média em diferentes pontos de coleta, pressupondo um gradiente dessas concentrações.

Os efeitos da deposição de nutrientes, particularmente do nitrogênio e do fósforo, conforme observado por Bustamante et al. (2006) e Coradin et al. (2002), causaram mudanças na abundância relativa de espécies de plantas, em particular de árvores, conforme estudos realizados em ambientes de cerrado.

Efroymsen et al. (2004) e Roon (2007) observaram em seus estudos que as plantas nativas são bioacumuladoras, ou seja, acompanham a mudança dos elementos químicos no solo ao longo de um gradiente espacial ou temporal, acumulando ou perdendo nutrientes e metais em seus tecidos vegetais.

Objetivou-se, neste trabalho: i) quantificar e comparar as concentrações de nutrientes e metais em

¹Bolsista Pós-Doutorado Júnior do CNPq – Departamento de Geografia da Universidade de Brasília – Laboratório de Sistemas de Informação Espaciais – Universidade de Brasília/UnB/IH/GEA/LSIE – Campus Universitário Darcy Ribeiro – ICC Ala Norte, Asa Norte – 70910-900 – Brasília, DF – otaciliosantana@gmail.com

²Professores do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília/UnB – Cx. P. 4357 – 70919-970 – Brasília, DF – imana@unb.com, rodmanga@yahoo.com.br

³Mestre, Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial 3 do CNPq – UnB/IH/GEA/LSIE – 70910-900 – Brasília, DF – afelipe.couto@gmail.com

espécies arbóreas e no solo do Parque Nacional de Brasília (PNB), em área próxima ao aterro do Jockey Club de Brasília e em área-controle; ii) relacionar as concentrações obtidas dos nutrientes e metais no solo com as dos tecidos foliares de espécies arbóreas de cerrado no PNB; e iii) analisar o efeito da distância a partir do aterro para as áreas amostradas, nas concentrações de nutrientes e metais nas espécies arbóreas e no solo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Duas áreas foram escolhidas no PNB, para este estudo, por possuírem significativas extensões cobertas com vegetação de cerrado *stricto sensu* nativo, segundo classificação de Eiten (2001): i) uma adjacente ao Aterro do Jockey Clube de Brasília (JCB), a 15 m do limite da área de deposição de lixo domiciliar (15°45'56,56"S e 47°59'55,25"W SAD 69); e ii) outra denominada de controle, distante 15 km da área de deposição de lixo, ao norte do Parque (15°38'11,45"S e 48°01'55,61"W SAD 69). O aterro sanitário do JCB foi criado e implementado há 34 anos e, atualmente, recebe cerca de 1.200 toneladas diárias de resíduo sólido domiciliar (SEDUH, 2007).

As áreas escolhidas ficam no Centro-Oeste Brasileiro, com clima do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen. Os solos na área de estudo foram identificados como Latossolos Vermelhos (REATTO et al., 2004). A altitude média das áreas é de 800 m, com pluviosidade e temperatura média anual de 1.440 mm e 22°C, respectivamente.

No PNB, foram estabelecidos três blocos de 25 x 500 m de comprimento, que foram divididas em dez parcelas de 25 x 50 m, para coleta dos dados de vegetação e de solo. O espaçamento entre os blocos foi de 50 m. A distância de 0 m dos blocos foi a mais próxima do aterro e a de 500 m foi a mais distante, em um ângulo de 90°, com o limite da área de deposição dos resíduos sólidos. O mesmo procedimento foi realizado para a área-controle, onde as linhas com as parcelas ficaram distribuídas de forma aleatória.

Dentro de cada parcela, foram estabelecidos dois pontos de coleta de solo, distantes de 12,5 em 12,5 m, a partir dos cantos da parcela, onde foram coletados aproximadamente 500 g, a uma profundidade de 0-20 cm, conforme método usado por Mooney (2006).

Indivíduos arbóreos de quatro espécies foram escolhidos para a análise foliar, dentro dos blocos, por serem registrados em todas as parcelas do aterro estudado e por apresentarem os maiores índices de valor de

importância (IVI), entre as espécies, segundo levantamento fitossociológico realizado por Santana & Imana-Encinas (2004) e Santana et al. (2005), em estudos realizados anteriormente, nos mesmos blocos desse trabalho. As espécies selecionadas foram: *Miconia albicans* (Sw.) Triana (Melastomataceae); *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Mimosoideae); *Guapira noxia* (Netto) Lundell (Nyctaginaceae) e *Alibertia macrophylla* Schum. (Rubiaceae).

De cada espécie, em cada parcela, foram avaliados cinco indivíduos e de cada um deles, cinco folhas aleatórias maduras, destinadas à análise foliar, segundo método descrito por Wilcke & Lilienfein (2005). As coletas de solo e de folhas foram realizadas em fevereiro de 2006.

Em estudos anteriores (SANTANA & IMANA-ENCINAS, 2004, 2005), foram analisados 14 elementos: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, ferro, mercúrio, chumbo, cádmio, manganês, zinco, cromo e cobre, no solo e no tecido foliar. Desses oito foram selecionados quatro nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio e quatro metais: mercúrio, cobre, cromo e chumbo.

Os critérios de escolha desses elementos foram: i) alta significância estatística na relação do solo com análises foliares (SANTANA & IMANA-ENCINAS, 2004); ii) importância na ecofisiologia desses nutrientes (LILIENFEIN et al., 2001) e iii) a bioacumulação desses metais pelas espécies savânicas e que afetam diretamente a saúde humana (CELERE et al., 2007; PIRES et al., 2003; SEGURA-MUÑOZ, 2002; SEGURA-MUÑOZ et al., 2004).

As análises químicas do solo e das folhas seguiram o método de Lilienfein et al. (2001). Todas as amostras de solo e folhas foram secadas a 40°C, moídas e peneiradas ($\phi < 2$ mm). A concentração de nitrogênio total foi determinada com um analisador CNS (Elementar Vario EL). A partir da dissolução do solo e das folhas em HNO_3 e HClO_4 , as concentrações de cálcio e potássio foram determinadas por espectrômetro de absorção atômica com chama ar-acetileno (Varian SpectraAA 400). Foi utilizado espectrômetro de emissão atômica, com fonte de plasma (ICP/AES) para a determinação de cobre, chumbo, cromo, mercúrio e fósforo. Os métodos de extração e determinação dos nutrientes e dos metais no solo e nas folhas foram realizados segundo Malavolta et al. (1989) e Westerman (1990).

Para análise estatística, o experimento foi considerado bifatorial, em blocos, sendo um fator representado pelas concentrações médias dos nutrientes

e metais, nas plantas e nos solos analisados, e outro fator pelas distâncias das parcelas estabelecidas adjacentes ao aterro (0 - 50 m; 50 - 100 m; 100 - 150 m; 150 - 200 m; 200 - 250 m; 250 - 300 m; 300 - 350 m; 350 - 400 m; 400 - 450 m e 450 - 500 m).

Observando a distribuição não normal dos dados, com o teste de distribuição e a multiplicidade de efeitos independentes para esses tipos de dados, foi efetuado o teste não paramétrico Mann-Whitney, para verificar o nível de significância entre os blocos da área próxima ao aterro estudado e da área-controle, com nível de probabilidade de 5% (ZAR, 1996).

Análise de regressão foi realizada para a determinação do ajuste mais significativo (maior valor de R^2 com $p < 0,05$ e menor erro) entre: i) as concentrações de nutrientes e metais, encontrados no tecido foliar das quatro espécies analisadas e no solo, com as distâncias dos pontos de coleta, entre 0 e 500 m, na área do aterro e do controle, para calcular o valor do coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância (p) do ajuste; e ii) ajustes entre as concentrações encontradas no tecido foliar com as do solo onde foram amostradas. As análises estatísticas foram calculadas com o programa Estatística 5.0 (STATSOFT, 1997).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração dos nutrientes e dos metais estudados (Tabelas 1 e 2) apresentaram valores superiores,

tanto no solo, quanto no tecido foliar das espécies amostradas em áreas do PNB, adjacentes ao aterro do Jockey Club, em relação ao solo e plantas coletadas na área-controle e relatadas na literatura.

Recentes trabalhos (CELERE et al., 2007, SANTANA & IMAÑA-ENCINAS, 2004, 2005, SEGURA-MUÑOZ et al., 2004) também descreveram a alteração, que depósitos de resíduos sólidos provocaram nos valores de alguns elementos no solo. Esses trabalhos relatam que os teores de nutrientes, como o N, o P e o K, foram quatro vezes maiores em áreas aterradas com resíduos sólidos que em áreas testemunhas, e que os teores de alguns metais foram 10 vezes maiores do que os de áreas adjacentes a aterros, o que corrobora esse trabalho. Isso evidencia o aumento da concentração dos elementos analisados, no solo das áreas adjacentes aos aterros, em relação aos valores presentes em solos de cerrado (LILIEFFEIN et al., 2003).

O efeito da distância, a partir do aterro para as parcelas amostradas, na concentração dos nutrientes e metais analisados, tanto no solo, quanto no tecido foliar, foi evidente e com uma relação altamente significativa ($R^2 > 0,70$ e p da regressão $< 0,001$) diferente da área controle ($R^2 < 0,40$ e p da regressão $> 0,05$) (Figuras 1 e 2). Vários trabalhos demonstraram esse efeito, descrevendo, principalmente, a relação entre planta e seu substrato, que apresentaram valores altamente significativos ($R^2 >$

Tabela 1 – Teores químicos nos solos do aterro do Jockey Club de Brasília, do controle e da literatura.

Table 1 – Chemical contents in the soils of the Jockey Club Landfill of Brasilia City, control area and found in the literature.

Elementos Químicos	Neste estudo				Literatura	Fonte
	Aterro		Controle			
Nt (%)	0,75**	±0,06	0,68	±0,07	0,45	Lilienfein et al. (2003)
P (mg/100g)	8,70*	±0,37	4,00	±0,13	4,50	Ruggiero et al. (2006)
K (mg/100g)	14,50*	±0,75	4,96	±0,69	7,78	Haridasan (2000)
Ca (mmolc/kg)	13,87*	±1,85	4,54	±0,55	2,50	Lilienfein et al. (2001)
Pb (mg/kg)	0,40**	±0,05	0,23	±0,03	0,12	Segura-Muñoz et al. (2004)
Cr (mg/kg)	0,15*	±0,04	0,05	±0,01	0,04	Celere et al. (2007)
Cu (mg/kg)	0,49***	±0,06	0,32	±0,02	0,29	Celere et al. (2007)
Hg (mg/kg)	0,02*	±0,01	<0,01	± <0,01	<0,01	Vilhalva & Appezzato-da-Glória (2006)

* $p < 0,001$; ** $p < 0,025$; *** $0,05 > p > 0,025$: nível de probabilidade da diferença entre as amostras do aterro e controle calculados através do teste não paramétrico Mann-Whitney.

* $p < 0,001$; ** $p < 0,025$; *** $0,05 > p > 0,025$: probability level of difference between the landfill and control samples calculated for non-parametric test Mann-Whitney.

Tabela 2 – Teores químicos nos tecidos foliares do aterro do Jockey Club de Brasília, do controle e da literatura.

Table 2 – Chemical contents in the leave tissues of the Brasilia Jockey Club Landfill, control area and literature.

Elementos Químicos	Neste estudo				Literatura	Fonte
	Aterro		Controle			
Nt (%)	0,22*	±0,02	0,09	±0,01	0,10	Lilienfein et al. (2003)
P (mg/100g)	0,17**	±0,01	0,08	±0,01	0,05	Lilienfein et al. (2001)
K (mg/100g)	0,38***	±0,01	0,28	±0,04	0,20	Wilcke & Lilienfein (2005)
Ca (mmolc/kg)	1,15*	±0,05	0,70	±0,03	0,22	Haridasan & Araújo (2005)
Pb (mg/kg)	0,07***	±0,03	0,05	±0,01	0,05	Segura-Muñoz et al. (2004)
Cr (mg/kg)	0,02*	±0,01	0,01	±0,01	0,01	Segura-Muñoz et al. (2004)
Cu (mg/kg)	0,26*	±0,03	0,11	±0,01	0,15	Segura-Muñoz et al. (2004)
Hg (mg/kg)	0,01*	±0,01	<0,01	± <0,01	<0,01	Segura-Muñoz et al. (2004)

*p < 0,001; ** p < 0,025; *** 0,05 > p > 0,025: nível de probabilidade da significância da diferença entre as amostras do aterro e controle calculados através do teste não paramétrico Mann-Whitney.

*p < 0,001; ** p < 0,025; *** 0,05 > p > 0,025: probability level of difference between the landfill and control samples calculated for non-parametric test Mann-Whitney.

0,85), em estudos realizados em áreas de cerrado (CAMPOS et al., 2006; LILIENFEIN et al., 2001, 2003; MARIMON JUNIOR & HARIDASAN, 2005; PEREZ et al., 2005; RUGGIERO et al., 2006).

Todos os teores de nutrientes e metais avaliados tiveram a relação direta e crescente entre o valor no solo e o valor no tecido foliar (Figuras 1 e 2), corroborando com trabalho de Celere et al. (2007), isso para área do aterro e para área-controle. Efroymsen et al. (2004), em estudos em áreas de savana, relataram que essa relação representa a bioacumulação de elementos químicos presentes no solo pela vegetação. Em áreas de cerrado, essa acumulação e o aumento dos valores de alguns elementos químicos no tecido foliar em áreas mesotróficas e eutróficas do solo, também foi descrita (CAMPOS et al., 2006; LILIENFEIN et al., 2003; MARIMON JUNIOR & HARIDASAN, 2005; RUGGIERO et al., 2006).

Em alguns casos, como na relação de N, K, Pb e Cr, foi observado que entre 200 a 300 m de distância do aterro

as concentrações desses elementos são próximas aos das áreas controles (Figuras 1 e 2). Isso indica que o aumento da concentração desses elementos em relação ao controle cessa a partir daquela distância, ou seja, apresentam concentrações semelhantes às encontradas em áreas nativas.

Biaowiec et al. (2007), Businelli et al. (2007), Gadepalle et al. (2007), Pavlíková et al. (2007) e Segura-Muñoz et al. (2004), relatando dados obtidos em áreas adjacentes a aterros, mostraram que os elementos, a partir de certa distância, estabilizam suas concentrações com as do ambiente nativo, indicando o final do efeito do aterro no solo.

Trabalhos como esse, mostram a zona de propagação do aumento de nutrientes e de metais, e com isso, fornecem dados para estabelecer metas e formas de manejo para amortizar possíveis efeitos desse aumento de concentração: fitotoxicidade, problemas de saúde pública, perda da biodiversidade, e outros (BIAOWIEC et al., 2007; PAVLÍKOVÁ et al., 2007).

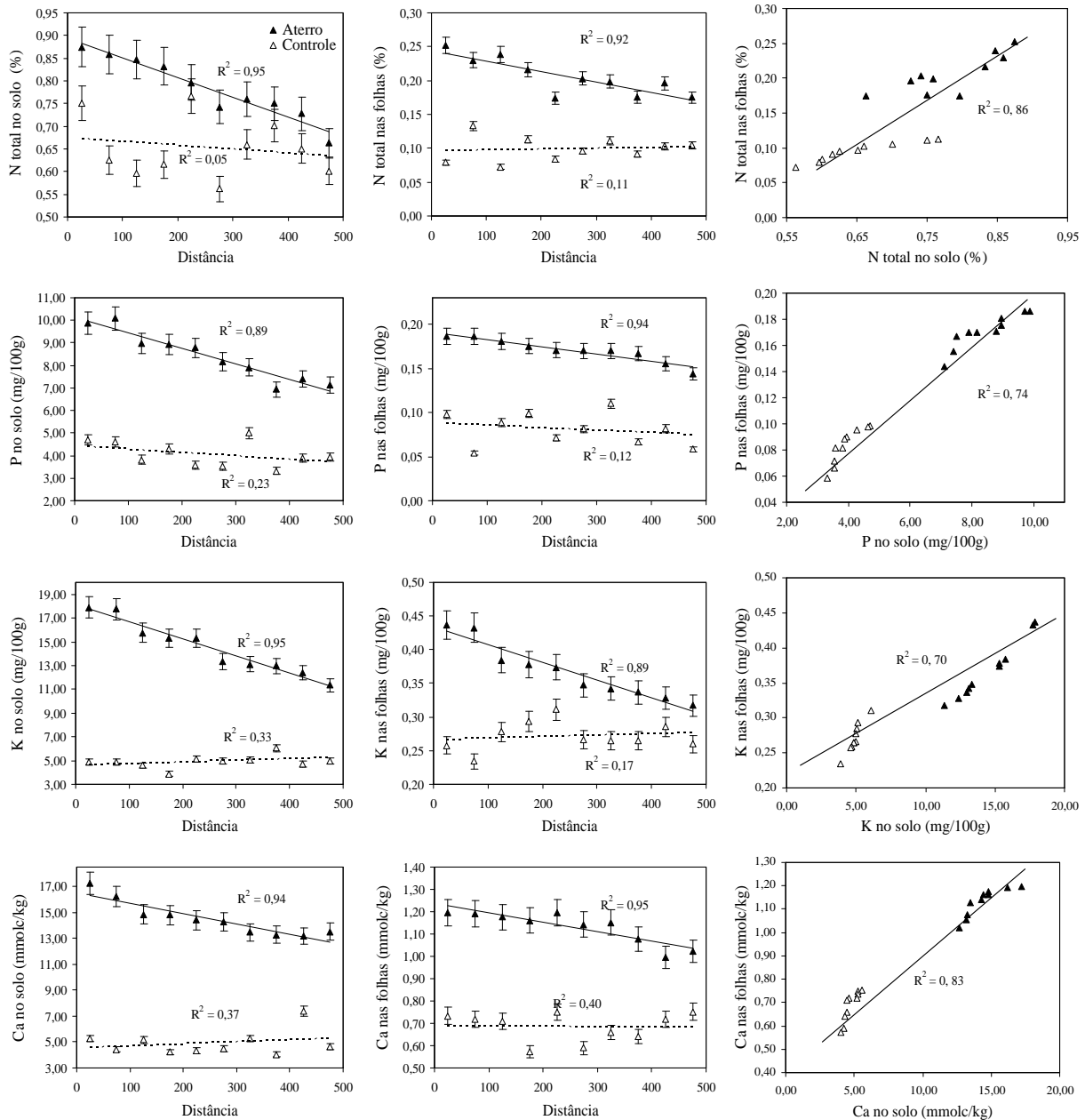


Figura 1 – Relação entre as concentrações dos nutrientes: nitrogênio (N total), fósforo (P), potássio (K) e cálcio (Ca) e a distância dos pontos de coleta a partir do limite do aterro do Jockey Club de Brasília (0 m) e dos pontos de coleta na área controle, e a relação entre a concentração desses elementos no solo e presentes nas folhas das plantas analisadas. R^2 = coeficiente de determinação do ajuste.

Figure 1 – Relationship between nutrient concentrations: total nitrogen (N total), phosphorus (P), potassium (K) and calcium (Ca) with the sampled point distances starting at the Brasilia Jockey Club boundary (0 m) and of the points of control area; and relationship between element concentrations sampled in soil with the concentrations in the leaves of the analyzed plants. R^2 = Determination coefficient of the regression analysis.

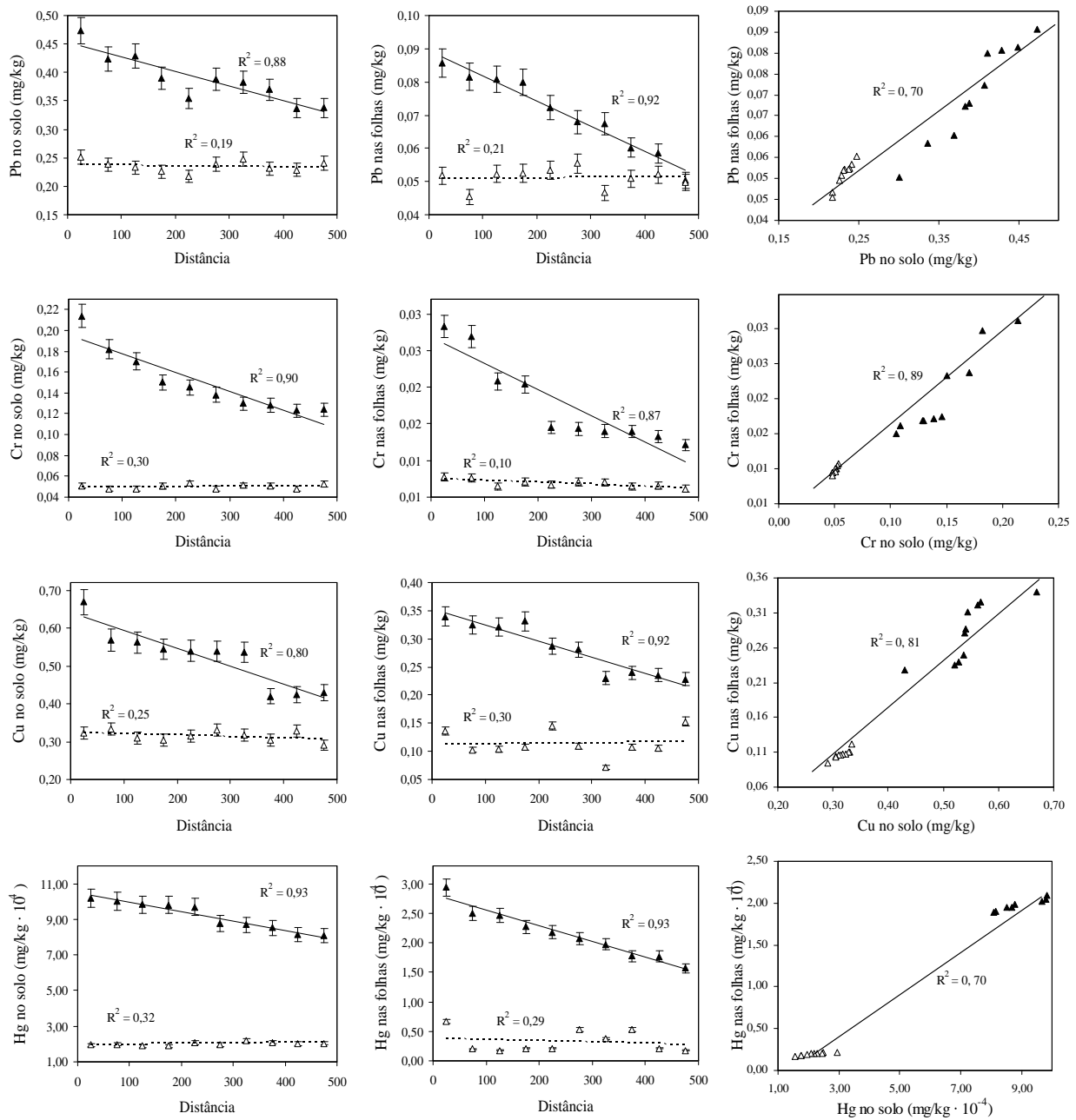


Figura 2 – Relação entre as concentrações dos metais: chumbo (Pb), cromo (Cr), cobre (Cu) e mercúrio (Hg) e a distância dos pontos de coleta, a partir do limite do aterro do Jockey Club de Brasília (0 m) e dos pontos de coleta na área-controlé, e a relação entre a concentração desses elementos no solo e presentes nas folhas das plantas analisadas.

Figure 2 – Relationship between metal concentrations: lead (Pb), chromium (Cr), copper (Cu) and mercury (Hg) with the sampled point distances starting at the Brasilia Jockey Club boundary (0 m) and of the points of control area; and the relationship between these element concentrations in the soil and present in the leaves of the analyzed plants.

4 CONCLUSÕES

As maiores concentrações de nutrientes e metais no solo foram na área adjacente ao aterro mais do que na área-controle.

Foi observada a relação significativa, crescente e diretamente proporcional da concentração dos elementos analisados no solo com a dos tecidos foliares.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Parque Nacional de Brasília/IBAMA pela licença de pesquisa e logística. Ao Aterro Sanitário de Goiânia/Prefeitura de Goiânia por permitir realizar as análises químicas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIAOWIEC, A.; WOJNOWSKA-BARYA, I.; HASSO-AGOPSOWICZ, M. **The controlling of landfill leachate evapotranspiration from soil-plant systems with willow: *Salix amygdalina* L.** Waste Management & Research, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 61-67, 2007.
- BUSINELLI, M.; CALANDRA, R.; PAGLIAI, M.; BUSINELLI, D.; GIGLIOTTI, G.; GRASSELLI, O.; SAID-PULLICINO, D.; LECCESE, A. **Transformation of a landfill covering amended with municipal waste compost, Perugia, Italy.** Journal Environmental Quality, [S.l.], v. 36, n. 1, p. 254-261, 2007.
- BUSTAMANTE, M. M. C.; MEDINA, E.; ASNER, G. P.; NARDOTO, G. B.; GARCIA-MONTIEL, D. C. Nitrogen cycling in tropical and temperate savannas. **Biogeochemistry**, [S.l.], v. 79, n. 1/2, p. 209-237, 2006.
- CAMPOS, É. P. de; DUARTE, T. G.; NERI, A. V.; SILVA, A. F. da; MEIRA-NETO, J. A. A.; VALENTE, G. E. Composição florística de um trecho de cerradão e cerrado *sensu stricto* e sua relação com o solo na floresta nacional (FLONA) de Paraopeba, MG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 471-479, 2006.
- CELERE, M. S.; OLIVEIRA, A. da S.; TREVILATO, T. M. B.; SEGURA-MUÑOZ, S. I. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. **Caderno de Saúde Pública**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 939-947, 2007.
- CORADIN, V. T. R.; HARIDASAN, M.; SOUZA, M. R.; SILVA, M. E. F.; PEREIRA, M. S. Influência da calagem e da adubação no crescimento de duas espécies lenhosas do cerrado. **Brasil Florestal**, São Paulo, v. 74, p. 53-60, 2002.
- EFROYMSON, R. A.; SAMPLE, B. E.; SUTER II, G. W. Bioaccumulation of inorganic chemicals from soil by plants: spiked soils vs. field contamination or background. **Human and Ecological Risk Assessment**, [S.l.], v. 10, n. 6, p. 1117-1128, 2004.
- EITEN, G. **Vegetação natural do Distrito Federal**. Brasília, DF: Sebrae, 2001. 162 p.
- GADEPALLE, V. P.; OUKI, S. K.; HERWIJNEN, R. van; HUTCHINGS, T. Immobilization of heavy metals in soil using natural and waste materials for vegetation establishment on contaminated Sites. **Journal of Soil Contamination**, [S.l.], v. 16, n. 2, p. 233-251, 2007.
- HARIDASAN, M.; ARAÚJO, G. M. Perfil nutricional de espécies lenhosas de duas florestas semidecíduas em Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 295-303, 2005.
- HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 54-64, 2000.
- LILIENFEIN, J.; WILCKE, W.; VILELA, L.; AYARZA, M. A.; LIMA, S. C.; ZECH, W. Soil fertility under native cerrado and pasture in the Brazilian savanna. **Soil Science Society of America Journal**, [S.l.], v. 67, p. 1195-1205, 2003.
- LILIENFEIN, J.; WILCKE, W.; ZIMMERMANN, R.; GERSTBERGER, P.; ARAÚJO, G. E.; ZECH, W. Nutrient storage in soil and biomass of native Brazilian Cerrado. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, [S.l.], v. 164, p. 487-495, 2001.
- LONGDEN, D.; BRAMMER, J.; BASTIN, L.; COOPER, N. Distributed or centralised energy-from-waste policy?: implications of technology and scale at municipal level. **Energy Policy**, [S.l.], v. 35, n. 4, p. 2622-2633, 2007.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípio e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1989. 201 p.
- MARIMON JUNIOR, B. H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 913-926, 2005.

- MOONEY, S. J. A simple group work approach for effective field work: a soil sciences case study. **Journal of Geoscience Education**, [S.l.], v. 54, n. 1, p. 74-80, 2006.
- PARK, H.; PARK, B.; LEE, S. R. Analysis of long-term settlement of municipal solid waste landfills as determined by various settlement estimation methods. **Journal of the Air & Waste Management Association**, [S.l.], v. 57, n. 2, p. 243-252, 2007.
- PAVLÍKOVÁ, D.; MACEK, T.; MACKOVÁ, M.; PAVLÍK, M. Monitoring native vegetation on a dumpsite of PCB-contaminated soil. **International Journal of Phytoremediation**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 71-78, 2007.
- PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 137-144, 2005.
- PIRES, J. M. M.; LENA, J. C. de; MACHADO, C. C.; PEREIRA, R. S. Potencial poluidor de resíduo sólido da Samarco Mineração: estudo de caso da barragem de Germano. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 393-397, 2003.
- REATTO, A.; MARTINS, E. de S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V. da; CARVALHO JÚNIOR, O. A. de. **Mapa pedológico digital: SIG atualizado do Distrito Federal escala 1:100.000 e uma síntese do texto explicativo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 31 p. (Documentos, 120).
- ROON, M. Water localization and reclamation: steps towards low impact urban design and development. **Journal of Environmental Management, Amsterdam**, v. 83, n. 4, p. 437-448, 2007.
- RUGGIERO, P. G. C.; PIVELLO, V. R.; SPAROVEK, G.; TERAMOTO, E.; PIRES NETO, A. G. Relação entre solo, vegetação e topografia em área de cerrado (Parque Estadual de Vassununga, SP): como se expressa em mapeamentos? **Acta Botanica Brasílica**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 383-394, 2006.
- SANTANA, O. A.; IMAÑA-ENCINAS, J. Modelo espacial de contaminação do solo e do lençol freático do aterro do Jockey Club para o Parque Nacional de Brasília. In: PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L. V. **Cartografia geotécnica e geoambiental: conhecimento do meio físico: base para a sustentabilidade**. Brasília, DF: [s.n.], 2004. p. 453-460.
- SANTANA, O. A.; IMAÑA-ENCINAS, J. Urban landfills and their effects on groundwater in Brazilian savanna. In: THE INTERNATIONAL CONGRESS ON ENVIRONMENTAL CHALLENGES OF URBANIZATION, 2005, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: UCB, 2005, p. 40-46.
- SANTANA, O. A.; IMAÑA-ENCINAS, J.; COUTO JÚNIOR, A. F. Influencia del basural de la ciudad de Goiânia sobre la diversidad florística arborea de la savana brasileira. In: CONGRESSO FLORESTAL ARGENTINO Y LATINOAMERICANO, 3., 2005, Corrientes. **Anais...** Corrientes: AFOA, 2005, p. 1-11.
- SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. Disponível em: <www.sdeuh.df.gov.br>. Acesso em: 1 jun. 2007.
- SEGURA-MUÑOZ, S. I. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados**. 2002. 131 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- SEGURA-MUÑOZ, S. I.; BOCIO, A.; TAKAYANAGUI, A. M. Metal concentration in soil in the vicinity of a municipal soil landfill with a deactivated medical waste incineration Plant, Ribeirão Preto, Brazil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, [S.l.], v. 73, n. 3, p. 575-582, 2004.
- STATSOFT. **Statistic for Windows 5.1**. Tulsa: StatSoft, 1997. 441 p.
- VILHALVA, D. A. A.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Morfo-anatomia do sistema subterrâneo de *Calea verticillata* (Klatt) Pruski e *Isostigma megapotamicum* (Spreng.) Sherff - Asteraceae. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 39-47, 2006.
- WESTERMAN, R. L. **Soil testing and plant analysis**. 3. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1990. 784 p.
- WILCKE, W.; LILIENFEIN, J. Nutrient leaching in oxisols under native and managed vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal, Madison**, v. 69, n. 4, p. 1152-1162, 2005.
- ZAR, J. H. **Bioestatistical analysis**. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996. 662 p.