

Investigação de passivo ambiental na área do aterro sanitário de Hidrolândia, GO

Environmental liability investigation in the area of the landfill of Hidrolândia, Go

Rosana Gonçalves Barros, Pâmela Pereira Dias, Vanessa Kelly Alves Araújo

Instituto Federal de Goiás, Curso de Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Goiás

Resumo

A destinação final inadequada de resíduos sólidos tem resultado num cenário de inúmeros danos ao meio ambiente, tais como: contaminação do solo, de águas superficiais e subterrâneas, através do lixiviado. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as características químicas do solo e do lixiviado do aterro sanitário de Hidrolândia, GO, com o intuito de verificar possíveis tendências a contaminação da área por metais pesados. Foram realizados os seguintes levantamentos: localização da área e dos pontos de amostragem do solo para avaliação dos parâmetros físico-químicos e presença de metais pesados e amostragem do lixiviado para análise dos metais pesados. Os resultados foram comparados com os valores orientadores da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Foram detectados os metais cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, mercúrio, níquel e zinco, onde os mesmos apresentaram valores abaixo dos limites estabelecidos pela CETESB. Na amostra de solo o elemento ferro foi detectado com teor de 311,41 mg.L⁻¹. Na análise do lixiviado, apenas o ferro foi detectado, com concentração de 33,00 mg.L⁻¹. Apesar da grande diversidade e volubilidade dos resíduos depositados, não há indícios suficientes que comprovem a contaminação do solo na área de estudo pelos metais pesados analisados.

Palavras-chave: Contaminação. Metais Pesados. Resíduos Sólidos. Chorume. Lençol Freático

Abstract

The improper disposal of solid waste has resulted in a scenario of numerous environmental damage such as soil contamination, surface and groundwater through the leachate. This study aimed to evaluate the chemical characteristics of the soil and leached from the landfill Hidrolândia, GO, in order to verify possible trends contamination of the area by heavy metals. The following surveys were conducted: location of the area and soil sampling points for assessment of physicochemical parameters and the presence of heavy metals and leachate sampling for analysis of heavy metals. The results were compared with the values guiding of Environmental Company of São Paulo (CETESB). Cadmium metals were detected, lead, copper, chromium, iron, mercury, nickel and zinc, where they had values below the limits established by CETESB. In the soil sample the iron element was detected with content of 311.41 mg l⁻¹. The leachate analysis, only the iron was detected with a concentration of 33.00 mg L⁻¹. Despite the great diversity and volatility of the waste deposited, there is insufficient evidence to prove the soil contamination in the study area by heavy metals analyzed.

Keywords: Contamination. Heavy Metals. Solid Waste. Landfill Leachate. Water Table

1 Introdução

Um dos maiores problemas enfrentados pelas cidades brasileiras é o gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos, principalmente, no que tange à sua destinação. A geração de resíduos nos últimos anos vem sendo superior à taxa de crescimento populacional, sendo produzidos em média 201.058 toneladas por dia. Os sistemas de limpeza urbana coletam em torno de 181.288 toneladas de RSU por dia, o que representa 90,17% do total gerado. No entanto, a destinação inadequada cresceu 0,55% de 2011 para 2012, o que representa 23,7 milhões de toneladas de RSU dispostos em lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2012).

Condições inadequadas de descarte desses resíduos podem provocar inúmeros danos ao ambiente. Os principais problemas gerados, segundo Tressoldi e Consoni (1998), são: a proliferação de vetores de doença, geração de maus odores, contaminação do solo, das águas subterrâneas e da biota, pelos lixiviados resultantes do processo de decomposição dos resíduos.

Apesar dos avanços ocorridos na legislação brasileira sobre resíduos sólidos, proporcionados pela Lei N.12305 de 02 de agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), ainda é comum a existência de cidades de pequeno e médio porte que possuem lixões e aterros controlados como único local de descarte de seus resíduos sólidos urbanos (RSU) (BRASIL, 2010).

A deficiência na destinação final dos resíduos sólidos tem sido responsável pela contaminação de recursos naturais, principalmente ligados ao solo. A possível contaminação do solo e dos recursos hídricos ocorre através do lixiviado (chorume), resultante da decomposição dos resíduos.

O chorume é um líquido altamente poluidor e com forte odor fétido, constitui-se basicamente, no caso dos resíduos sólidos urbanos (RSU), em água rica em sais, metais pesados e matéria orgânica, podendo a concentração dessa última atingir níveis de até 100 vezes o valor da concentração de matéria orgânica em esgotos domésticos. As concentrações desses constituintes no percolado variam de acordo com a composição dos próprios resíduos sólidos depositados e com as condições ambientais como a umidade, o oxigênio disponível, a temperatura e o pH do meio (JESUS, 2004). Segundo Sisinho e Moreira (1996), e Celere et al. (2007), o lixiviado pode tanto escorrer e alcançar as coleções hídricas superficiais como infiltrar no solo e atingir as águas subterrâneas, contaminando essas áreas.

Dentre os contaminantes presentes no chorume, destacam-se os metais pesados que, dependendo da sua concentração, poluem o solo, podendo inibir a atividade de enzimas microbióticas e reduzir a diversidade da população da fauna e flora. Estes metais podem chegar até os seres humanos (SUZUKI; TAIOLI; RODRIGUES, 2005).

A poluição do solo por metais pesados foi mundialmente reconhecida a partir da década de 90. Desde então, o solo passou a ser considerado como fonte de risco à saúde humana e a qualidade do meio ambiente. Os estudos relacionados à ciência do solo e à poluição ambiental, realizados pela comunidade científica internacional atestam a importância do solo no meio ambiente, pois este atua como filtro ou agente de dispersão de contaminantes para corpos d'água (BIONDI, 2010).

Nesse sentido, baseando-se na realidade de pequenos centros urbanos, procurou-se estudar as características químicas do solo e do lixiviado do aterro sanitário de Hidrolândia, GO, com o intuito de verificar possíveis tendências a contaminação da área por metais pesados.

2 Metodologia

Foi realizada uma pesquisa exploratória nos meses de agosto a dezembro de 2014, por meio de fonte de dados da internet, nas seguintes bases: Scientific Electronic Library Online (SciELO), World Wide Web (WWW) e periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Pesquisaram-se ainda os referenciais disponíveis nas bibliotecas do Instituto Federal de Goiás - Câmpus Goiânia, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO) e da Universidade Federal de Goiás (UFG), referentes a passivos ambientais em áreas de disposição de resíduos sólidos.

2.1 Características da área em estudo

Com uma área territorial de 943,897 km² e uma população estimada de 19.392 habitantes o município de Hidrolândia (Figura 1) localiza-se na Região Metropolitana de Goiânia. Limita-se, ao norte com o município de Aparecida de Goiânia, ao sul, com Cromínia, Mairipotaba, Piracanjuba e Professor Jamil, a oeste com os municípios de Varjão e Aragoiânia, a leste com os municípios de Bela Vista e Piracanjuba (IBGE, 2014). Hidrolândia está a uma latitude sul de 16° 57' 44", longitude oeste de 49° 13' 45" e a uma altitude de 814 metros.

O aterro sanitário de Hidrolândia está localizado aproximadamente a 5 km do centro da cidade, ao lado do lixão desativado de Hidrolândia, onde o mesmo foi implantado em 2013, segundo informações da Prefeitura Municipal de Hidrolândia (2014). Os resíduos dispostos são provenientes de coleta domiciliar e pública, sua quantidade gerada é em média de 18 t/dia.

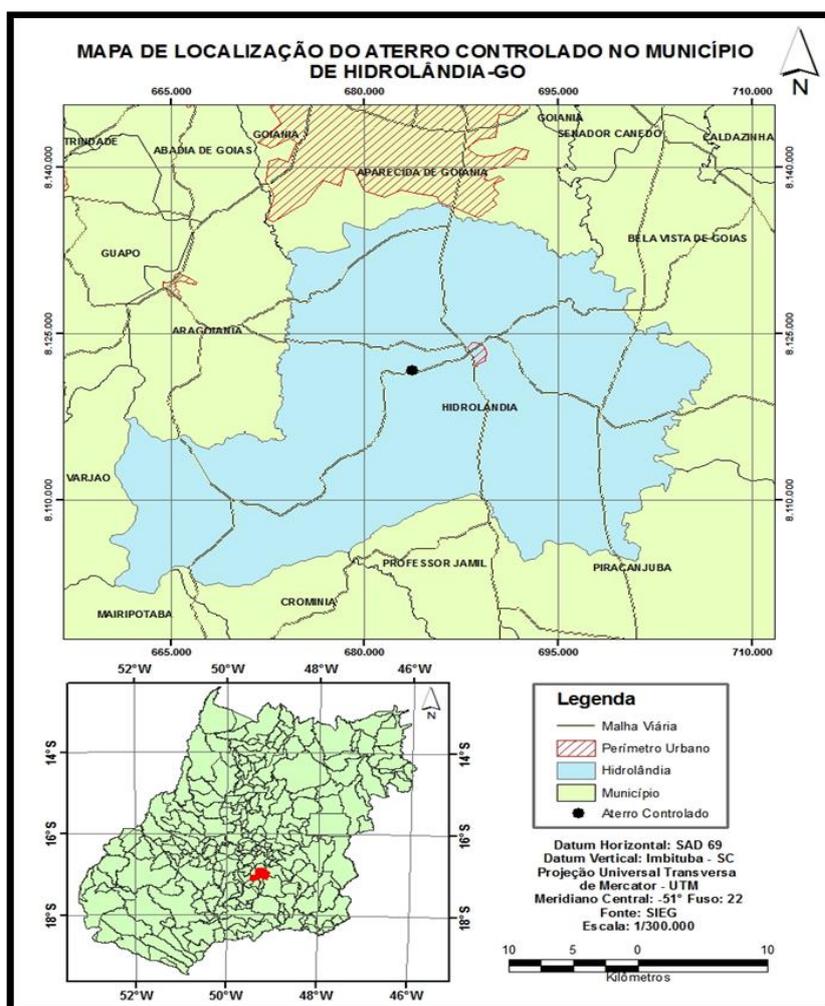


Figura 1 – Localização do Município e do aterro sanitário de Hidrolândia, no Estado de Goiás
Fonte: Elaborado pelos autores

2.2 Levantamentos realizados

Para investigação de passivo ambiental foram realizados os seguintes levantamentos no mês de dezembro de 2014: localização da área, mapeamento dos pontos de amostragens, levantamento fotográfico, amostragem de solo para avaliação dos parâmetros físico-químicos e presença de metais e amostragem do chorume para avaliação de presença de metais pesados.

O levantamento fotográfico objetivou registrar o tipo de resíduo sólido disposto na área e a percepção dos impactos gerados por essa atividade antrópica.

O procedimento de amostragem resultou em 10 pontos de coleta (Figura 2). De acordo com a metodologia da EMBRAPA (1997), as amostras simples de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 20 cm, nos pontos de 1 a 10. A distribuição dos pontos amostrais objetivou contemplar, ao máximo, os vários montes de resíduos existentes na área do aterro sanitário. Para a coleta do solo foi utilizado um enxadão. As amostras simples de solo foram colocadas em balde plástico, homogeneizadas e retiradas duas amostras: uma amostra para análise dos parâmetros físico-químicos e a outra para a avaliação da presença de metais pesados.

As análises físico-químicas do solo foram realizadas em laboratório terceirizado, de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1997), onde determinou-se os seguintes parâmetros: cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), potássio (K), fósforo (P), matéria orgânica, enxofre (S), sódio (Na), zinco (Zn), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases, pH e textura.



Figura 2– Localização dos pontos de amostragem de solo e chorume no aterro sanitário de Hidrolândia, GO
Fonte: Adaptado do Google Earth (2014)

A amostra simples de chorume foi coletada no ponto A, disposta em dois frascos e enviada para o laboratório para análise da presença dos metais pesados. As análises para a detecção de metais, tanto no solo quanto no chorume, foram realizadas no Laboratório Aqualit. É importante mencionar, que diante das limitações financeiras do Instituto Federal de Goiás (IFG), foram determinadas as concentrações de apenas oito metais, a saber: cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), níquel (Ni), chumbo (Pb), alumínio (Al) e mercúrio (Hg).

A metodologia utilizada foi a descrita por APHA (1992). Para a detecção de pH, Ni, Cr, Cd e Cu, tanto chorume quanto no solo foi utilizado o Método de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP); para a detecção de Ni no solo foi utilizado o Método de Plasma Indutivamente Acoplado/Método de Espectrometria de Massa (ICP/MS); para a detecção de Fe, foi utilizado o Método Fenatrolina; para a detecção de Al, tanto em chorume quanto em solo, foi utilizado o Método Ericromo Cianina R e para a detecção de Hg, tanto em chorume quanto em solo, utilizou-se o Método do Mercúrio em Resíduos Líquidos.

Todos os resultados analisados foram comparados com a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 420, de 28 de dezembro de 2009.

3 Resultados e Discussão

3.1 Levantamento fotográfico

As figuras de 3 a 12 caracterizam aspectos da área do aterro sanitário de Hidrolândia, GO, tais como: rompimento da manta (Fig. 3), embalagem de produto químico (Fig. 4), lixo depositado na entrada do aterro (Fig. 5), presença de animais domésticos (Fig. 6), lagoa de chorume (Fig. 7) visão do

aterro sanitário (Fig. 8), resíduos eletroeletrônicos (Fig. 9), lâmpada fluorescente (Fig. 10), chorume escoando (Fig. 11) e acondicionamento dos pneus (Fig. 12).



Fig. 3 - Rompimento da manta
Fonte: Arquivo pessoal dos autores



Fig. 4 - Embalagem de produto químico
Fonte: Arquivo pessoal dos autores



Fig. 5 - Lixo depositado na porta do aterro
Fonte: Arquivo pessoal dos autores



Fig. 6 - Presença de animais domésticos
Fonte: Arquivo pessoal dos autores



Fig. 7 - Lagoa de chorume
Fonte: Arquivo pessoal dos autores



Fig. 8 - Visão do aterro sanitário
Fonte: Arquivo pessoal dos autores



Fig. 9 - Resíduos eletroeletrônicos
Fonte: Arquivo pessoal dos autores



Fig. 10 - Lâmpada fluorescente
Fonte: Arquivo pessoal dos autores



Fig. 11 - Chorume escoando
Fonte: Arquivo pessoal dos autores



Fig. 12 - Acondicionamento dos pneus
Fonte: Arquivo pessoal dos autores

3.2 Resultados da análise do solo

A Tabela 1 apresenta os dados da análise química e física do solo coletado na área do aterro sanitário de Hidrolândia - GO.

A análise granulométrica do solo apontou para uma textura arenosa (780 g.Kg^{-1}) na profundidade amostrada (0-0,2m) conforme a Tabela 1. Segundo Korf et al. (2008) a natureza arenosa da área representa inadequação para depósito de lixo, pois favorece a lixiviação em detrimento da retenção de poluentes.

Tabela 1 – Análise química e física do solo na área do aterro sanitário de Hidrolândia, GO

Parâmetros	Resultados	UD
Potássio	0,30	cmolc/dm^3
Zinco	24,8**	mg/dm^3 (ppm)
Carbono	7,54	g/dm^3
Cálcio	2,5	cmolc/dm^3
Magnésio	0,3	cmolc/dm^3
Alumínio	0,0	cmolc/dm^3
H+Al	1,3	cmolc/dm^3
Matéria Orgânica (M.O.)	13,0	g/dm^3
Ca + Mg	2,8	cmolc/dm^3
pH (CaCl_2)	5,9	-
Fósforo	16,0**	mg/dm^3 (ppm)
CTC	4,53	-
Carbono	9,86	g/dm^3
Argila	170,0	g/kg
Limo	50,0	g/kg
Areia	780,0	g/kg

Legenda: UD – Unidade

**valores altos

O potencial Hidrogeniônico (pH) encontrado no solo foi 5,9, próximo à neutralidade, o que favorece o crescimento microbiológico. Ele influencia na mobilidade e disponibilidade dos metais (UMOREM et al., 2007) e o seu aumento ocasiona uma redução da disponibilidade (SANTOS et al., 2002), enquanto que a quantidade e qualidade da matéria orgânica (MO) são as principais propriedades que determinam a sua retenção (LAIR et al., 2006), que também ocorre, pelas partículas de argila (SANTOS et al., 2002).

A MO, que é a principal responsável pela retenção de metais no solo (ROSS et al., 2008, SANTOS et al., 2002; LAIR et al., 2006), sofre decomposição pelos microrganismos, caso as condições permitam, necessitando de C e N para continuar seu desempenho; pois, o carbono representa a fonte de energia

necessária para ativação do processo de síntese celular e para oxidação e o nitrogênio é o material básico para a constituição da matéria celular sintética (MONTEIRO, 2003; MELLO et al., 1988). O teor de matéria orgânica (MO) do solo amostrado foi de 13 g/dm³. Mesquita et al. (2013) observaram valores de matéria orgânica de 16 g/dm³ nas amostras de solo no lixão de Goianira – GO.

A capacidade de troca de cátions (CTC) encontrada foi 4,53; valores acima de 5cmolc kg⁻¹ evidenciam uma alta capacidade de troca de cátions do solo com o meio, o qual significa maior número de cátions que este solo pode reter (COTTA et al., 2006). Em termos gerais, a alta CTC é devido ao baixo pH e, neste caso há maior mobilidade do contaminante no solo. Cerca de 25 a 90% da CTC dos solos de superfície pode ser atribuída à matéria orgânica. Em solos arenosos, mesmo pequenas quantidades de matéria orgânica exercem um papel extremamente importante na retenção dos cátions (PAULA et. al., 1999).

A Tabela 2 apresenta os dados da análise de metais do solo coletado na área do aterro sanitário de Hidrolândia – GO.

Tabela 2 - Análise química e física do solo na área do aterro sanitário de Hidrolândia, GO

Parâmetros	Resultados	UD	VI	Método
Cádmio	<0,001	µg/L	3000	SMWW 3120B
Chumbo	0,508	µg/L	180000	SMWW 3120B
Cobre	0,849	µg/L	200000	SMWW 3120B
Cromo	1,248	µg/L	150000	SMWW 3120B
Ferro	311,41	mgFe/L	-	SMWW 3500-Fe B
Mercúrio	< 0,0002	mg/L	12000	EPA 7470 ^a
Níquel	0,284	µg/L	70000	SMWW 3120B
Zinco	0,83	µg/L	450000	SMWW 3120B

Legenda: UD – Unidade; VI – Valor de Investigação; SMWW – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Os resultados das análises dos metais foram comparados com os valores de investigação (VIs) definidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2005), uma vez que o Estado de Goiás não definiu esses valores.

Conforme a Tabela 2 foi detectada a presença dos oito metais analisados, sendo eles: Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni) e Zinco (Zn).

Os teores de Cobre, Chumbo e Zinco, detectados nas análises do solo do aterro sanitário de Hidrolândia - GO apresentaram valores abaixo dos limites estabelecidos pela CETESB (2014). A concentração do mercúrio encontrada nas amostras foi inferior ao limite de quantificação. O mercúrio metálico, em concentrações consideravelmente baixas, causa danos à saúde humana, têm alta persistência e alto fator de bioconcentração (BCF), acumulando-se em animais, peixes e no meio ambiente (IBAMA, 2015)

Os teores encontrados para Cd, Ni, Cr, variam entre 0,001 a 1,248 µg.L⁻¹ enquanto Ferreira et. al. (2010) ao analisarem amostras de sedimentos no Rio de Janeiro quantificaram uma variação de concentração desses mesmos metais de a 0,1 µg.L⁻¹ a 56,3 µg.L⁻¹

Analisando os resultados dos teores de metais, verifica-se que o teor mais elevado foi do Ferro (Fe), com 311,41 mg.L⁻¹, valor este inferior ao encontrado por Araújo e Souza (2013) na avaliação dos teores de metais pesados no aterro controlado de Inhumas – GO (66000 mg.L⁻¹).

3.3 Resultados da análise do lixiviado

A Tabela 3 apresenta os resultados da análise de metais pesados do lixiviado (chorume) coletado na área do aterro sanitário de Hidrolândia – GO.

Tabela 3 – Análise de metais na lagoa de chorume do aterro sanitário de Hidrolândia, GO

Parâmetros	Resultados	UD	VI	Método
Cádmio	0,009	mg/L	3	SMWW 3120B
Chumbo	0,025	mg/L	180	SMWW 3120B
Cobre	0,060	mg/L	200	SMWW 3120B
Cromo	0,096	mg/L	150	SMWW 3120B
Ferro	33,00	mgFe/L	-	SMWW 3500-Fe
Mercúrio	< 0,0002	mg/L	120	EPA 7470 ^a
Níquel	0,057	mg/L	700	SMWW 3120B
Zinco	0,45	mg/L	450	SMWW 3120B

Legenda: UD – Unidade; VI – Valor de Investigação; SMWW – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Dentre os oito metais pesados analisados na amostra de chorume apenas o elemento ferro (Fe) foi detectado (33,00 mg.L⁻¹). É importante destacar que a CETESB (2005) não possui valor de referência de qualidade para este elemento.

4 Conclusões

Foram detectados no aterro sanitário de Hidrolândia, os metais cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), ferro (Fe), mercúrio (Hg), níquel (Ni) e zinco (Zn)

Os resultados do estudo químico do solo e lixiviado apresentaram valores de metais pesados abaixo dos limites orientadores estabelecidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo (CETESB) para os elementos cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), mercúrio (Hg), níquel e zinco (Zn). No entanto, o teor mais elevado foi do Ferro (Fe), com 311,41 mg.L⁻¹.

Na amostra de líquido percolado (chorume), apenas o elemento ferro (Fe) foi detectado, com uma concentração de 33,00 mg.L⁻¹.

Apesar da grande variedade de resíduos depositados na área do aterro sanitário de Hidrolândia – GO (embalagem de produto químico, resíduos eletroeletrônicos e lâmpada fluorescente) e levando em consideração o tempo da atividade exercida no local (2 anos), não há indícios suficientes que comprovem a contaminação do solo em estudo.

5 Referências

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2012. 116 p.

APHA – American Public Health Association. Standard methods for examination of water and wastewater. 19 ed. Washington: APHA, 1992. 1100p.

ARAÚJO, F. de V.; SOUZA, I. A.; BARROS, R. G. Diagnóstico da qualidade do solo no aterro controlado de Inhumas, Go. 2013. 15 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental) – Departamento de Áreas Acadêmicas II, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2013.

BIONDI, C. M. Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do estado de Pernambuco. Recife: 2010. 58 p. Tese de Doutorado.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União 2010; 3 ago. Acesso em 02 fev. 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>

BRASIL. Resolução nº 420 CONAMA de 28/12/09. 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. Brasília, 2009.

CELERE, M. S.; OLIVEIRA, A. S.; TREVILATO, T. M. B.; MUÑOZ, S. I. S. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro - RJ, 23(4):939-947. 2007.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/2014/02/27/cetesb-revisa-os-valores-orientadores-para-solos-e-aguas-subterraneas/>> Acesso em: 02 jan. 2015.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://residuossolidos.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 23 nov. 2014.

COTTA, J. A. O.; REZENDE, M. O.; PIOVANI, M. R. Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira: PETAR, São Paulo, Brasil. Química Nova, São Paulo, v.29, n. 1, p. 40-45, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manual de métodos de análise do solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro: 1997. 247 p.

FERREIRA, A. P.; HORTA, M. A. P.; CUNHA, C. L. N. Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, na água e nos órgãos de *Nycticorax nycticorax* (Garça-da-noite) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. Journal of Integrated Coastal Zone Management. v.10. 2010????

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Mercúrio Metálico. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas-qa/mercurio-metalico-v2>>. Acesso em: 19 fev. 2015.

JESUS, S. C. de. Difusão de zinco em camada compactada de solo residual de gnaiss, 2004. 75f. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2004.

KORF, E. P.; MELO, E. F. R. Q.; THOMÉ, A.; ESCOSTEGUY, P. A. V. Retenção de metais em solo da antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Passo Fundo–RS. Revista de Ciências Ambientais, Canoas, v.2, n.2, p. 43-60, 2008.

LAIR, G. J.; GERZABEK, M. H.; HABERHAUER, G. Sorption of heavy metals on organic and inorganic soil constituents, Environmental Chemistry Letters, v.5, n.1, p.23-27, 2006.

MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; ARZOLLA, E.; SILVEIRA, R. I.; COBRA NETO, A.; KIENL, J. C. Fertilidade do Solo. 3. ed. Sao Paulo: Nobel, 1988. 400p.

MONTEIRO, V. E. D. Análises físicas, químicas e biológicas no estudo do comportamento do aterro da Muribeca. 2003. 232f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

PAULA, E. H., Almeida, M. S. S., Barbosa, M. C. Determinação de Parâmetros de Sorção e Difusão Pura em um Solo Arenoso de Jacarepaguá, RJ. Anais do 4º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental – REGEO. 1999, eds. T.M. de Campos e Vidal, D. E., São José dos Campos, p. 352-361.

ROSS, D. S.; MATSCHONAT, G.; SKYLLBERG, U. Cation exchange in forest soils: the need for new perspective. *European Journal of Soil Science*, v.59, n.6, p.1141-1159, 2008.

SANTOS, G. C. G.; ABREU, C. A.; CAMARGO, O. A.; ABREU, M. F. Pó de aciaria como fonte de zinco para o milho e seu efeito na disponibilidade de metais pesados. *Bragantia*, Campinas, v.61, n.3, p. 257-266, 2002.

SISINNO, C. L. S., MOREIRA, J. C. 1996. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do Aterro Controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. *Caderno de Saúde Pública*, 12(4):515-523.

SUZUKI, E. Y.; TAIOLI, F.; RODRIGUES, C. L. Avaliação do comportamento geoquímico do solo da região do lixão de Ilhabela - SP. *Revista Águas Subterrâneas*, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 67-76, 2005.

TRESSOLDI, M.; CONSONI, A. J. 1998. Disposição de resíduos. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. (Org.). *Geologia de engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, p. 343-360.

UMOREM, I. U.; UDOH, A. P.; UDOSORO, I. I. Concentration and chemical speciation for the determination of Cu, Zn, Ni, Pb and Cd refuse dump soils using the optimized BCR sequential extraction procedure. *The Environmentalist*, v.27, n. 2, p.241-252, 2007.