



**Avaliação da Qualidade dos Solos nas  
Proximidades do Aterro de Resíduos Sólidos em Pirapozinho, SP**

Evaluation of the Soil Quality at the Proximities of the Solid Waste Landfill in Pirapozinho, SP

Lucas Prado Osco<sup>1</sup>; Marcos Norberto Boin<sup>2</sup>; Munir Jorge Felício<sup>1</sup> & Ana Paula Marques Ramos<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE. Faculdade de Artes, Ciências, Letras e Educação.  
Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. Campus II,

Rodovia Raposo Tavares, km 572, Bairro do Limoeiro, 19067-175, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal da Grande Dourados - UFMS, Departamento de Geografia.

Rodovia Dourados, Itahum, Km 12, Cidade Universitária, Cx. Postal 533, CEP 78804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

E-mails: [pradoosco@gmail.com](mailto:pradoosco@gmail.com); [marnorboin@gmail.com](mailto:marnorboin@gmail.com); [munirjfelicio@gmail.com](mailto:munirjfelicio@gmail.com); [anaramos@unoeste.br](mailto:anaramos@unoeste.br)

Recebido em: 29/01/2018 Aprovado em: 14/03/2018

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2018\\_1\\_203\\_211](http://dx.doi.org/10.11137/2018_1_203_211)

## Resumo

Este trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade do solo ao entorno do aterro de resíduos sólidos do município de Pirapozinho, São Paulo. A contribuição deste estudo está em apresentar resultados que auxiliem na discussão da abrangência dos efeitos poluidores da disposição inadequada de resíduos nas camadas superficiais do solo. A área de estudo é a bacia hidrográfica do alto curso do rio Pirapozinho, onde se encontra o referido aterro. A metodologia é composta das seguintes etapas: 1) inventário cartográfico da área para a caracterização local, voltando-se para o reconhecimento da distribuição dos solos na bacia; 2) levantamento de campo para a coleta de amostras de solo nas proximidades do aterro nas camadas de 20 a 50 cm, e realização de análises laboratoriais química e física para avaliação do solo. Os resultados demonstraram que a qualidade física e química dos solos ao redor do aterro foram alteradas, com mudança notável no tamanho do grão por concentrações incomuns de silte, e com alteração dos teores de macro e micronutrientes. Mg e Ca, ultrapassaram os valores recomendados para a fertilidade adequada de solos em todas as amostras, enquanto Fe, Cu, Zn e P apresentaram valores discrepantes em todas as amostras, apesar da pequena distância entre cada uma delas. Conclui-se que a alteração das características do solo ao entorno do depósito reforça a necessidade da implementação de cuidados específicos para a operação desse aterro, incluindo um monitoramento constante da área vizinha, e que um projeto de recuperação da área após o encerramento das atividades seja considerado.

**Palavras-chave:** Inventário cartográfico; aterro sanitário; qualidade do solo

## Abstract

The objective of this paper is to evaluate the soil quality in the surroundings of the solid waste landfill of the municipality of Pirapozinho, São Paulo. The contribution of this study is to present results that help the discussion of the extent of the polluting effects of an inadequate disposal of residues in the superficial layers of the soil. The study area is the watershed of the upper course of the Pirapozinho river, in which the landfill is located. The methodology is composed of the following steps: 1) cartographic inventory of the area for the characterization of the site, including the surveying the distribution of soils in the basin; 2) field survey to collect soil samples near the landfill, in the uppermost 20 to 50 cm layers, and chemical and physical laboratory analyses to evaluate the soil. The results showed that the physical and chemical quality of the soils around the landfill were altered, with a notable change in grain size, unusual concentrations of silt, and altered macro and micronutrient contents. Mg and Ca exceeded, in all soils, the values recommended for fertility, while Fe, Cu, Zn and P presented varying levels in all samples, despite the small distance between samplings. It is concluded that the alteration of soil suggests the need for specific care in the operation of this landfill, including constant monitoring of the neighboring area, and that a project be considered to remediate the area after the closure of activities.

**Keywords:** Cartographic inventory; environmental assessment; soil quality

## 1 Introdução

Um depósito de resíduos sólidos é o local onde os resíduos e rejeitos são destinados e armazenados sob ou sobre a superfície. Na literatura destacam-se exemplos como: lixões, vazadouros, bota-foras, aterros controlados (ou em vala), aterros sanitários, entre outros. A Política Estadual de Resíduos Sólidos, Lei Estadual de São Paulo, nº 12.300/2006, e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal nº 12.305/2010, proíbem qualquer forma incorreta de destinação final dos resíduos sólidos, e indicam o aterro sanitário como a alternativa correta e mais viável para a disposição final de resíduos. A Lei Federal, ainda, estabelece prazos para a implementação de aterros sanitários por parte dos municípios e exige o fim das demais formas de destinação.

O não cumprimento da Lei perpetua problemas que poderiam cessar a partir da implementação dos aterros sanitários. Mesmo depois do encerramento do prazo inicial estipulado por Lei (agosto de 2014), os municípios brasileiros continuam a encaminhar os resíduos para aterros controlados e lixões. Boscov (2008) e Farias (2002) esclarecem que, contrário a esses depósitos, o aterro sanitário é um sistema previamente preparado para a disposição de rejeitos. Os aterros sanitários contam com a impermeabilização da base, com sistemas de drenagem periférica e superficial e com a queima de gás metano ( $\text{CH}_4$ ). Ao optar por um aterro sanitário, o município reduz os impactos ocasionados no local e em suas proximidades, diferentemente de um lixão ou mesmo um aterro controlado. Entre os problemas causados pela disposição incorreta do lixo destaca-se a contaminação de solos (Oliveira & Juca, 2004), dos recursos hídricos (Alves, 2012; Campos *et al.*, 2009), da saúde humana (Sisinno, 2003; Gouveia & Prado, 2010) e de práticas agrícolas (Marques, 2011).

Geralmente o solo é o primeiro recurso natural à ser impactado nessa situação. Entende-se que o solo deve apresentar permeabilidade adequada e que reduza a ocasião a percolação do chorume, além de ter uma capacidade de troca catiônica o suficiente para absorver  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cd}_2^+$ ,  $\text{Ni}_2^+$  e outros cátions metálicos que os resíduos sólidos possam liberar (Brady & Weil, 2013). Uma outra variável que deve ser levada em consideração é a propriedade hidrodinâmica do solo, que varia em função da

tipologia do modelado, uma vez que as formas das encostas estabelecem áreas de convergência e divergência de fluxos d'água, afetando a pedogênese (Moraes, 2012). Ocorre que, dessa forma, o lixiviado pode drenar para outras áreas além da área onde o resíduo é descartado.

Este trabalho teve por objetivo avaliar as propriedades físicas e químicas que refletem a qualidade do solo na área ao entorno do aterro de resíduos sólidos localizado no município de Pirapozinho, São Paulo. O estudo tem como principal contribuição o fornecimento de resultados que auxiliem a discussão a respeito da abrangência dos efeitos poluidores em áreas adjacentes ao local de disposição final inadequada de resíduos sólidos, em específico nas camadas superficiais do solo. Optou-se por adotar como delimitação da área de estudo a bacia hidrográfica do alto curso do rio Pirapozinho, na qual o depósito de resíduos se encontra. A definição de bacia hidrográfica como área de análise se baseia na recomendação da Lei das Águas, Lei Federal nº 9433/1997, e nos trabalhos de Rodriguez & Silva (2013) e Santos (2004), que apontam a bacia hidrográfica como unidade ideal para planejamento ambiental.

## 2 Materiais e Método

### 2.1 Área de Estudo

A bacia hidrográfica do alto curso do rio Pirapozinho se encontra no extremo oeste do estado de São Paulo e seu alto curso é ocupado pela malha urbana de Pirapozinho (SP), pela malha viária, pelo depósito de resíduos sólidos e por áreas de pecuária e propriedades com finalidades recreativas (Figura 1). A cidade de Pirapozinho possui aproximadamente 26.594 habitantes (IBGE, 2015).

A área do aterro é composta por arenitos da Formação Adamantina ( $\text{Ka}_{IV}$  e  $\text{Ka}_V$ ), conforme a classificação de Almeida *et al.* (1981). O relevo é formado por colinas amplas, colinas baixas, planícies e terraços aluviais (Ross & Moroz, 1997). A vegetação pertence a fisionomia de Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2012). A bacia está inserida na unidade climática BIII $\alpha$  (Boin, 2000), com pluviosidade média de 1300 milímetros/ano e temperaturas na média de 20 a 25° Celsius (INMET, 2014).

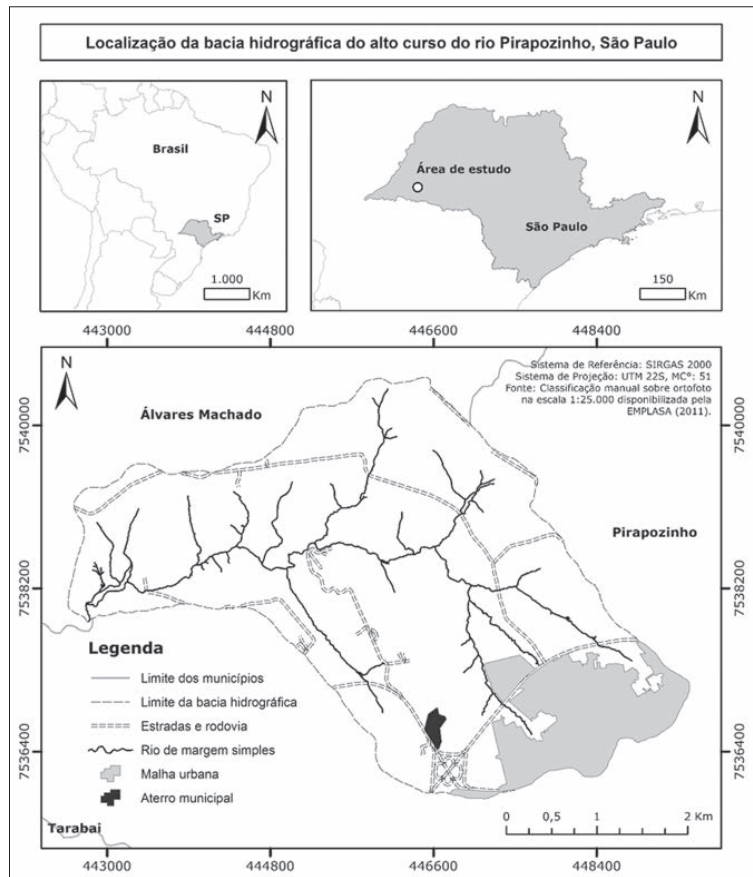


Figura 1 Localização da bacia hidrográfica do alto curso do rio Pirapozinho, SP.

O aterro da cidade de Pirapozinho está à margem leste da rodovia Olímpio Ferreira da Silva (SP-272), ocupando a área total de 5,8 hectares. São destinadas cerca de 20,21 toneladas de resíduos sólidos urbanos diariamente (CETESB, 2015). Conforme o documento da CETESB (2015), o aterro de Pirapozinho é considerado um dos piores aterros de resíduos sólidos da região.

Durante a etapa de reconhecimento da área de estudo, com visitas *in loco* entre os anos de 2014, 2015 e 2016, registraram-se práticas operacionais incorretas, como o não recobrimento dos resíduos, deixando-os a céu aberto na maioria das vezes, e a presença diária de catadores autônomos (Figuras 2). As observações condizem com o que foi apontado pelo inventário da CETESB (2015).

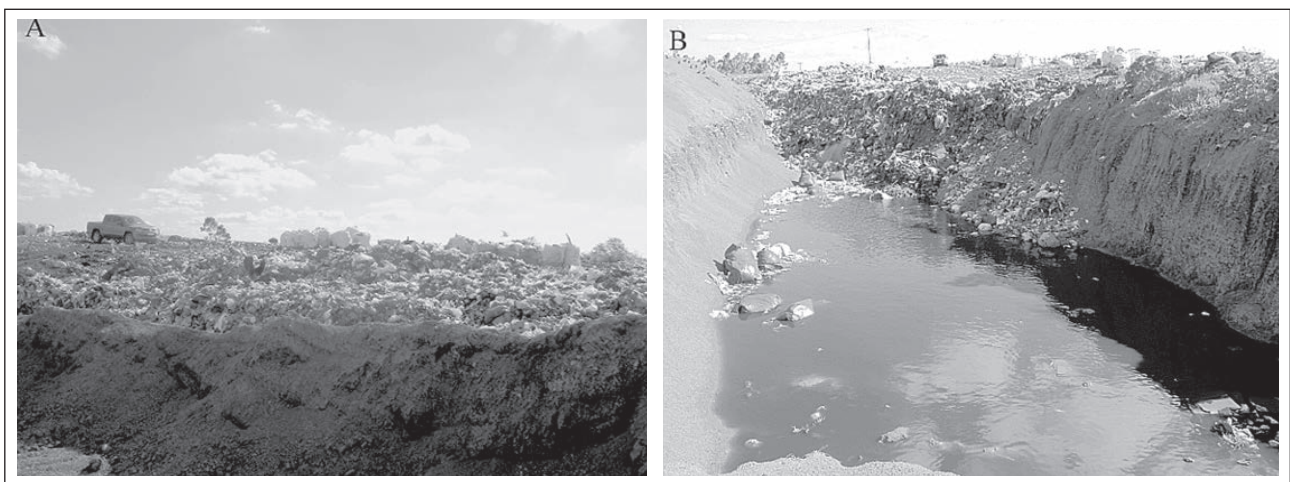


Figura 2 Resíduos à serem empurrados para a vala (A) e vala recém-aberta retendo água da chuva sobre o maciço rochoso (B) no aterro de resíduos sólidos em Pirapozinho, SP.

## 2.2 Produção da Carta de Solos

De acordo com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (EMBRAPA, 1999) a área de estudo está situada em local com predominância de Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos. O mapa está na escala 1:500.000, e, por essa razão, apresenta baixo nível de detalhe para a escala local da bacia hidrográfica. Por essa razão optou-se por elaborar uma carta temática da distribuição de solos na bacia. Para a produção da carta em maior detalhe foram adotados os critérios definidos pelo Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015). O manual aponta que, conforme a prospecção do solo ao longo das toposequências, é possível determinar suas classes pedológicas. No caso da área estudada, foram coletadas 32 amostras de solos em pontos distribuídos na bacia (Figura 3). Esses pontos serviram para caracterizar a granulometria dos solos conforme a sua distribuição espacial. Procurou-se seguir, em um perfil retilíneo, a topografia da bacia, para determinar a variação da textura do solo em relação a forma do relevo. Os resultados dessa análise não são discutidos neste trabalho, mas estão presentes em Osco (2016).

O conhecimento adquirido a partir dos resultados desta primeira amostragem dos solos na bacia auxiliou na elaboração da carta temática de solos, que ocorreu por meio de fotointerpretação de ortofotografias digitais na escala 1: 25.000. Essas imagens foram disponibilizadas pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA, 2014). As folhas topográficas utilizadas na área de estudo correspondem às seguintes identificações: SF-22-Y-B-III-1-SO, SF-22-Y-B-II-2-SE, SF-22-Y-B-II-4-NE e SF-22-Y-B-III-3-NO.

## 2.3 Coleta e Análises de Solos ao Lado do Depósito de Resíduos Sólidos

Os pontos de coleta ao entorno do aterro foram definidos com base na topografia local. Considerou-se o sentido do escoamento superficial e a declividade do terreno. Coletou-se um total de cinco pontos (Figura 3) à três profundidades diferentes (de 20 a 50 centímetros) com o auxílio de um trato holandês de alumínio. A profundidade de cada coleta variou conforme as condições de espessura do solo. Para a classificação textural se utilizou o Diagrama de Classes Texturais (U.S.D.A., 1951). Como método

de análise granulométrica seguiu-se o definido pela EMBRAPA (1997).

Para a análise de concentrações dos macros e micronutrientes foram adotados os parâmetros apontados por Raiji *et al.* (2001), que estabelecem critérios de fertilidade do solo. O parâmetro para os valores das concentrações definido por Raiji *et al.* (2001) permitiu comparar as concentrações obtidas com os valores considerados adequados para o uso agrícola. As análises de granulometria foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente (UNESP FCT-PP), e as análises de fertilidade (macro e micronutrientes) foram conduzidas no Laboratório de Análise de Solos da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE).

## 3 Resultados

Os solos encontrados na bacia hidrográfica correspondem à seguinte classificação: Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho, Neossolo Litólico e Gleissolo. A Figura 3 apresenta a distribuição desses solos na bacia, assim como a localização de cada um dos pontos de coleta.

A partir da análise granulométrica das amostras de solo pôde-se identificar a classe textural do horizonte superficial dos pontos encontrados nas proximidades do aterro (Tabela 1). Por meio da análise química foi possível determinar a acidez dos solos e as concentrações de macros e micronutrientes (Tabela 2).

Os perfis topográficos entre o ponto central do aterro e o ponto de solo coletado estão ilustrados na Figura 4 a seguir. Esses perfis auxiliaram na compreensão da forma do relevo nos arredores do aterro, além de indicarem a distância real (considerando as encostas) entre os pontos.

## 4 Discussão

Um dos principais critérios para instalação e operação de aterros de resíduos sólidos é a capacidade de suporte do solo local. O Argissolo Vermelho-Amarelo, predominante na área, os Neossolos Litólicos e o relevo ondulado não oferecem os parâmetros geotécnicos adequados para a implementação de um aterro, seja este sanitário ou

Figura 3 Carta ilustrando o esboço simplificado semidetalhado de solos na bacia hidrográfica do alto curso do rio Pirapozinho, SP.

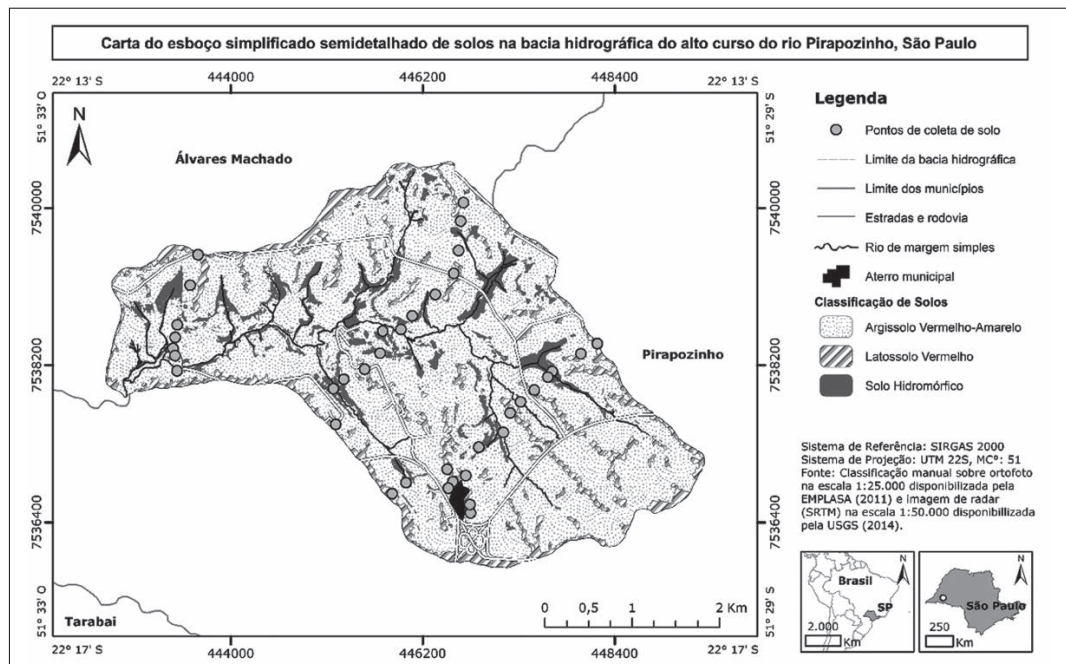


Tabela 1 Resultados da análise granulométrica e do pH dos pontos de solo coletados.

Ponto	Profundidade (cm)	Areia (g Kg <sup>-1</sup> )	Argila (g Kg <sup>-1</sup> )	Silte (g Kg <sup>-1</sup> )	Classe Textural*	pH
1	23	509	120	371	Franco	5,1
1	44	612	101	287	Franco Arenosa	5,2
1	58	707	86	207	Franco Arenosa	5,3
2	25	894	32	74	Areia Franca	6,2
2	50	501	138	361	Franco	6,4
2	58	466	196	338	Franco	6,3
3	22	771	145	84	Franco Arenosa	5,6
3	63	623	288	89	Franco Argilo-Arenosa	5,9
3	78	613	284	103	Franco Argilo-Arenosa	6,2
4	24	652	236	112	Franco Argilo-Arenosa	6,5
4	40	615	278	107	Franco Argilo-Arenosa	6,8
4	50	594	260	146	Franco Argilo-Arenosa	5
5	29	798	136	66	Franco Arenosa	6,6
5	40	810	127	63	Franco Arenosa	6,8
5	63	666	171	163	Franco Arenosa	7,2

pH (CaCl<sub>2</sub>): < 4,3 (Muito Baixo), 4,4 – 5,0 (Baixo), 5,1 – 5,5 (Médio), 5,6 – 6,0 (Alto), > 6,0 (Muito Alto).

\*Classificado conforme o Diagrama de Classes Texturais, U.S.D.A (1951).

não. Apesar de, na área, as valas serem escavadas para o depósito do resíduo, a espessura dos solos é baixa para essa finalidade, pois se exige no mínimo uma profundidade de três metros do maciço rochoso (Zuquetti & Gandolfi, 1991).

As áreas com Latossolo Vermelho, em relevo de colinas planas a convexas, oferecem melhor capacidade de suporte para a instalação de um aterro sanitário. Todavia, as áreas recobertas com

Latossolos na área estudada são pequenas para um empreendimento desse porte. Convém destacar que em setores como na porção ao norte da bacia foram registrados afloramentos rochosos com a presença do Neossolos Litólicos, possivelmente devido aos declives mais acentuados. Sob esse setor, ainda, encontraram-se solos submetidos ao hidromorfismo. Diante dessas condições, notou-se que a bacia não pode comportar um depósito de resíduos sólidos de maneira adequada.

Ponto	Profundidade (cm)	Macronutrientes				Micronutrientes			
		P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
1	23	4,3	2,3	56,2	29,9	0,8	43,6	6,2	0,9
1	44	2,8	2,4	51,0	26,1	0,7	25,1	6,2	0,2
1	58	1,7	2,4	31,0	12,5	1,1	17,9	19	0,4
2	25	12,8	3,2	40,8	21,6	0,5	29,1	3,2	0,6
2	50	28,3	4,5	79,7	45,5	1,3	48,7	4,0	2,1
2	58	23,9	5,8	120,4	60,7	1,7	45,7	6,0	2,2
3	22	1,9	3,5	32,4	12,1	1,1	24,1	10,9	0,2
3	63	1,5	4,5	43,5	17,3	0,8	11,3	6,0	0,1
3	78	2,4	4,5	37,8	18,8	0,9	7,4	2,6	0,2
4	24	1,9	6,5	37,8	21,3	0,8	8,0	1,8	1,7
4	40	0,6	8,3	32,3	18,1	0,6	4,2	0,9	0,3
4	50	0,4	8,6	35,1	20,7	0,5	2,1	0,2	0,1
5	29	156,6	4,3	61,1	13,2	46,0	37,2	2,6	24,5
5	40	207,6	6,3	72,5	10,9	22,3	27,4	3,6	8,9
5	63	56	6,0	55,6	15,1	4,4	9,7	1,7	3,0

**Classes de Teores (Macronutrientes):**  
 P (mg dm<sup>-3</sup>) (Anual): 0 – 6 (Muito Baixo), 7 – 15 (Baixo), 16 – 40 (Médio), 41 – 80 (Alto), > 80 (Muito Alto);  
 K (mmolcdm<sup>-3</sup>): 0 – 0,7 (Muito Baixo), 0,8 – 1,5 (Baixo), 1,6 – 3,0 (Médio), 3,1 – 6,0 (Alto), > 6,0 (Muito Alto);  
 Ca (mmolcdm<sup>-3</sup>): 0 – 3 (Baixo), 4 – 7 (Médio), > 7 (Alto);  
 Mg (mmolcdm<sup>-3</sup>): 0 – 4 (Baixo), 5 – 8 (Médio), > 8 (Alto);

**Classes de Teores (Micronutrientes):**  
 Cu (mg dm<sup>-3</sup>): 0 – 0,20 (Baixo), 0,30 – 0,80 (Médio), > 0,80 (Alto);  
 Fe (mg dm<sup>-3</sup>): 0 – 4 (Baixo), 5 – 12 (Médio), > 12 (Alto);  
 Mn (mg dm<sup>-3</sup>): 0 – 1,2 (Baixo), 1,3 – 5,0 (Médio), > 5,0 (Alto);  
 Zn (mg dm<sup>-3</sup>): 0 – 0,50 (Baixo), 0,6 – 1,2 (Médio), > 1,2 (Alto).

Método aplicado: Raiji *et al.* (2001)

Tabela 2 Resultados para macro e micronutrientes dos pontos de solo coletados.

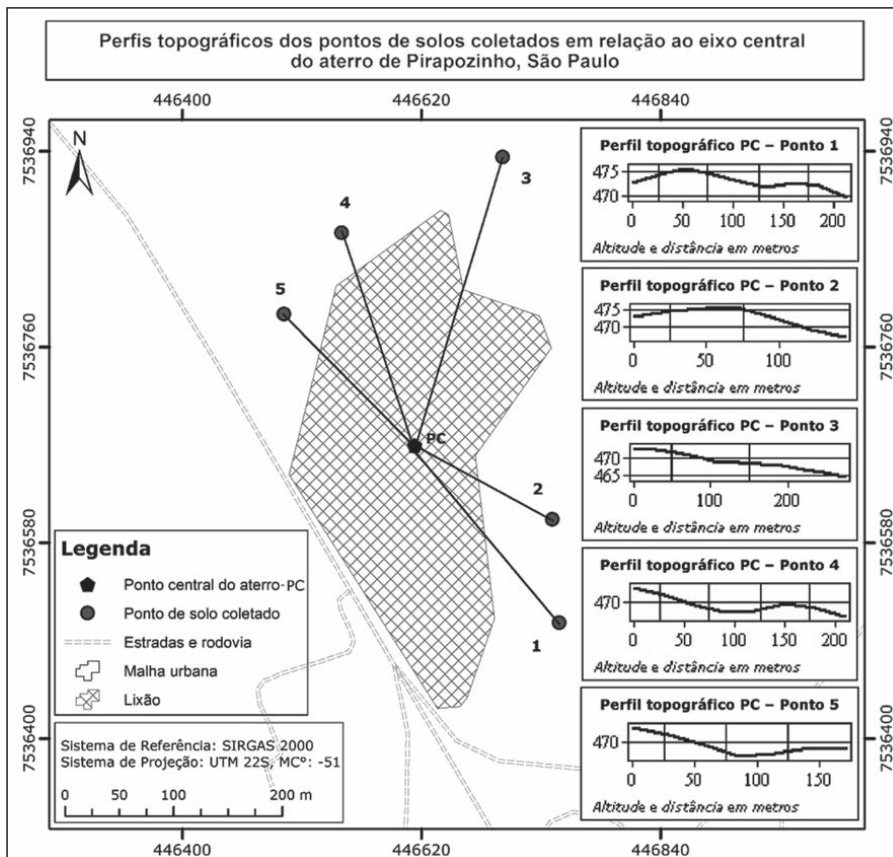


Figura 4 - Perfis topográficos do centro do aterro de resíduos sólidos até os pontos de solos coletados em Pirapozinho, SP.

A Norma Brasileira de Referência (NBR) 13.896/1996 recomenda que os aterros de resíduos sólidos sejam construídos sobre uma declividade superior a 1% e inferior a 30%. Autores como Moreira *et al.* (2008) defendem que a declividade deve estar entre 8 a 12%. No caso da área de estudo o aterro encontra-se sobre uma área plana, com declividade entre 2 a 5%. O seu entorno, contudo, apresenta classes de declividades entre 8 e 20% (Osco, 2016). Assim, a declividade local dificulta a operação do aterro de resíduos sólidos. Conforme apontado, o aterro se encontra sobre um topo, e a diferença entre os terrenos adjacentes torna a área propícia ao deslocamento de massa e líquidos do ponto mais alto para as posições topográficas mais baixas, cujos efeitos podem ser observados nas análises das amostras de solo.

Os resultados da análise granulométrica dos pontos coletados revelaram concentrações elevadas de silte e argila nos pontos 1 e 2 (Figura 4), o que sugere o transporte dessas partículas por meio do escoamento superficial do topo para a jusante. Na direção desses pontos o terreno é mais acidentado, o que promove um maior carreamento de particulados até uma pequena concavidade na vertente, onde são acumulados. Esta constatação sugere que os particulados, formados por silte e argila, possibilitem o acúmulo de constituintes químicos, uma vez que esses constituintes ficam frequentemente adsorvidos nos colóides do solo (Miotto, 1990).

Os pontos 3 e 4 diferem dos anteriores por apresentarem teores maiores de argila no solo em razão da presença do Neossolo Litólico, onde sua baixa espessura e o baixo grau de alteração do maciço rochoso ainda conserva partículas finas da rocha mãe, que não foram eluviadas. Em ambos os pontos, a encosta é retilínea com menor índice de declividade, sugerindo que o particulado seja transportado durante os períodos mais intensivos do escoamento das águas. Quanto ao ponto 5, a textura arenosa pode ser explicada devido à presença de resíduos inertes na área, como tijolos e telhas.

Os elevados valores de silte e a alta variação das classes texturais em pequenas profundidades do solo indicam a heterogeneidade dos solos coletados, e a classe textural desses solos é diferente de quaisquer outros encontrados na bacia (Osco, 2016), o que evidencia o impacto provocado pelo depósito de resíduos sólidos ao seu arredor. Nesse

sentido, entende-se que a elevada concentração de silte e argila nas amostras representa um problema para o solo local, pois é comum que os poluentes do chorume produzido na área fiquem adsorvidos nas partículas, sendo carregados com elas e transportados para áreas mais distantes ao perímetro do depósito de resíduos, impactando negativamente as propriedades vizinhas. Assim, as classes de solos encontradas podem facilitar o encaminhamento de componentes químicos presentes no chorume até o lençol freático, contribuindo com a contaminação (Boskov, 2008).

O pH, na maioria dos solos coletados, apresentou valores abaixo de 5, o que sugere uma acidez inadequada para a agricultura local. Nota-se, também, (Tabela 2) que as concentrações de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) excederam as concentrações adequadas de fertilidade (Raiji *et al.*, 2001). No ponto 1 constataram-se teores elevados de micronutrientes, como o Cobre (Cu), o Ferro (Fe) e o Manganês (Mn). O ponto 2, por sua vez, apresentou concentrações de Cobre (Cu), Ferro (Fe) e Zinco (Zn) acima do padrão média exigido por Raiji *et al.* (2001) (vide Tabela 2). Ambos os pontos se encontram nas porções topográficas mais baixas em relação ao eixo central do aterro, e o chorume transportado pela chuva pode ter contribuído para a alta concentração dos nutrientes nesses pontos. O ponto 3 revelou concentrações adequadas para a maioria dos componentes, enquanto o ponto 4 apresentou um teor mais elevado de Potássio (K). Por último, o ponto 5 se destacou pelas concentrações de Fósforo (P) e Zinco (Zn).

Os parâmetros encontrados na área indicaram alterações significativas no solo e apontam para uma situação desfavorável para as áreas vizinhas ao aterro, pois devem atrapalhar o desenvolvimento de espécies e culturas em razão da elevada concentração de nutrientes, tornando o solo tóxico para a maioria das culturas (Marques, 2011), além de contribuir com os níveis de degradação local. A área ao entorno do aterro é utilizada para fins de pastagem e criação de animais, e as concentrações exacerbadas dos nutrientes representam um problema econômico e ambiental para os produtores rurais locais. O impacto causado leva os produtores à buscarem soluções remediativas para a correção da fertilidade desses solos, ou mesmo ao uso de espécies de plantas que suportem as condições da toxicidade encontrada. A

prática, contudo, demanda recursos financeiros que, muitas vezes, tornam tais práticas inviáveis para os próprios produtores.

Convém destacar que algumas das concentrações encontradas eram esperadas, como por exemplo o Ferro, característico dos solos da região. Por outro lado, é pouco provável que a concentração de macronutrientes como K, Ca e Mg sejam condizentes com aquelas encontradas na região. Uma possível explicação para este caso seria a adubação por meio de calagem, gessagem, entre outras, realizadas pelos produtores. Entretanto, os teores encontrados para todos os pontos, em específico ao Ca e Mg, extrapolaram as quantidades que os produtores costumam utilizar para esses fins.

Supõe-se que os constituintes químicos encontrados resultem, como presumido, de particulados (argila e silte) carregados pelas enxurradas desde o topo do terreno, onde o aterro de resíduos sólidos se encontra, até os pontos analisados. Os micronutrientes representam o maior grau de periculosidade, uma vez que são exigidos em baixas concentrações pela maioria das culturas. Outro problema desse excesso é a lixiviação para as camadas mais profundas do solo. Considerando a baixa espessura dos solos da bacia, essa condição representa um perigo para quaisquer corpos d'água que se encontrem armazenados sob o local. Durante as vistorias em campo constatou-se que algumas das valas revelavam, ao fundo, o maciço rochoso, e que em muitas delas havia a presença de nascentes e veios d'água subterrâneos, expostos depois das escavações. Os resíduos, portanto, eram depositados diretamente no maciço rochoso e no lençol d'água. Nestas condições, a recuperação da qualidade da água subterrânea é praticamente inviável, uma vez que o chorume é percolado diretamente para o aquífero, aumentando o alcance da contaminação e dificultando a sua remoção.

## 5 Conclusão

O aterro de resíduos sólidos da cidade de Pirapozinho representa uma séria ameaça às condições ambientais da bacia hidrográfica na qual se encontra, pois está situado sobre um meio poroso, com solos pouco espessos, e próximo a matriz rochosa. A análise granulométrica e a análise de fertilidade do solo apontam para concentrações

incomuns de textura e nutrientes para a região. Os dados permitem indicar que os particulados, oriundos do aterro, foram carregados para todos esses pontos, alterando os padrões físicos e químicos do local. Por essa razão recomenda-se o encerramento da disposição de resíduos na área, e que outra localidade seja selecionada para a implementação do aterro sanitário, preferencialmente em outra bacia hidrográfica, com topografia menos acidentada.

Destaca-se, portanto, a necessidade de levantamentos ao entorno da futura área a ser escolhida, justamente para evitar problemas como aqueles encontrados no presente estudo. Quanto à área atual do aterro de Pirapozinho, sugere-se o início de práticas de recuperação e remediação do dano ambiental causado, tanto para o local do empreendimento, quanto para o seu entorno.

## Referências

- Almeida, M.A.; Dantas, A.S.L.; Fernandes, L.A.; Sakate, M.T.; Gimenez, A.F.; Teixeira, A.L.; Bistrichi, C.A. & Almeida, F.F.M. 1989. Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Bauru na região do pontal do Paranapanema no Estado de São Paulo. In: ATAS DO SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1981, Anais... p. 77-89.
- Alves, C.F.C. 2012. *Geoquímica das águas subterrâneas de um aterro de resíduos sólidos em Araras*. Programa de Pós-graduação em Hidrogeologia e Meio Ambiente, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 102p.
- NBR – NORMA BRASILEIRA DE REFERÊNCIA. 1997. *Aterros de resíduos não perigosos: critérios para projeto, implantação e operação (NBR 13.896/96)*. Rio de Janeiro, 12 p.
- Boin, M.N. 2000. *Chuvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada*. Programa de Pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, Tese de Doutorado, 264p.
- Bosco, M.E.G. 2008. *Geotecnia Ambiental*. São Paulo, Oficina de Textos, 248 p.
- Brady, N.C. & Weil, R.R. 2013. *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. Porto Alegre, Bookman, 704 p.
- BRASIL. Congresso Nacional. Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 28 dez. 2016.
- Campos, A.E.L.; Nunes, G.S.; Oliveira, J.C.S. & Toscano, I.A.S. 2009. Avaliação da contaminação do Igarapé do Sabino (Bacia do Rio Tibiri) por metais pesados, originados dos resíduos e efluentes do Aterro da Ribeira, em São Luís, Maranhão. *Revista Química Nova*, 32(4): 960-964.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. Manual de métodos de análise de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS), II, Documentos,



- 1, 2 ed, Rio de Janeiro, 212 p.
- EMPLASA - Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano. 2014. *Produtos cartográficos: projeto mapeia São Paulo – Ortofotos digitais*. Disponível em: <http://www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/EmplasaEleicao/ortofotos.asp>>. Acesso em: 27 Nov. 2016.
- Farias, F.S. 2002. Índice da qualidade de aterros de resíduos urbanos. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 355p.
- Gouveia, N. & Prado, R.R. 2010. Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos. *Revista de Saúde Pública*, 44(5): 859-866.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015. *Manual Técnico de Pedologia*. Rio de Janeiro, IBGE, 316 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro, IBGE, 276 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015. *Estimativas de População 2015*. Rio de Janeiro, IBGE, 146 p.
- Marques, R.F.P.V. 2011. *Impactos ambientais da disposição de resíduos sólidos urbanos no solo e na água superficial em três municípios de Minas Gerais*. Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Universidade Federal de Lavras, Dissertação de Mestrado, 95p.
- Miotto, S.L. 1990. *Aspectos geológico-geotécnicos da determinação da adequabilidade de áreas para implantação de cemitérios*. Programa de Pós-graduação em Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Dissertação de Mestrado, 116p.
- Moraes, F. 2012. Infiltração – uma variável geomorfológica. *Caderno de Geografia*, 22(38): 73-87.
- Moreira, M.A.A.; Lorandi, R. & Moraes, M.E.B. 2008. Caracterização de áreas preferenciais para a instalação de aterros sanitários no município de Descalvado (SP), na escala 1:50.000. *Revista Brasileira de Cartografia*, 60(02): 177-194.
- Oliveira, F.J.S. & Juca, J.F.T. 2014. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 9(3): 211-217.
- Osco, L.P. 2016. *Degradação Geoecológica por Aterros de Resíduos Sólidos: estudo aplicado a UGRHI-22 e ao lixão de Pirapozinho (SP)*. Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional, Universidade do Oeste Paulista, Dissertação de Mestrado, 229 p.
- Raij, B.V.; Andrade, J.C.; Cantarella, H. & Quaggio, J.A. 2001. *Análise Química do Solo para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais*. Campinas, Editora IAC, 285p.
- Rodriguez, J.M.M. & Silva, E.V. 2013. *Planejamento e Gestão Ambiental: Subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica*. Fortaleza, Edições UFC, 346p.
- Ross, J.L.S. & Moroz, I.C. 1997. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. Publicação Interna, São Paulo, Laboratório de Geomorfologia, IPT/FAPESP.
- Santos, R.F. 2004. *Planejamento ambiental: teoria e prática*. São Paulo, Oficina de Textos. 184 p.
- SÃO PAULO. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2015. *Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos*. Série Relatórios, Secretaria do Estado do Meio Ambiente, 126p.
- SÃO PAULO. *Lei Estadual nº 12.300, de 16 de março de 2006*. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes. Disponível em: < [http://www.saneamento.sp.gov.br/Arquivos/Decretos/Arquivo%203%20-%20Politica%20estadual%20de%20RS%20-%202006\\_Lei\\_12300.pdf](http://www.saneamento.sp.gov.br/Arquivos/Decretos/Arquivo%203%20-%20Politica%20estadual%20de%20RS%20-%202006_Lei_12300.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2016.
- Sisino, C.L.S. 2003. Disposição em aterros controlados de resíduos sólidos industriais não-inertes: avaliação dos componentes tóxicos e implicações para o ambiente e para a saúde humana. *Caderno de Saúde Pública*, 19(2): 369-374.
- USDS – SOIL SURVEY DIVISION STAFF. 1951. *Soil survey manual*. Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, Handbook 18. Disponível em: <[https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_050993.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_050993.pdf)>. Acessado em: 14 jan. 2017.
- Zuquette, L.V. & Gandolfi, N. 1991. Problems and rules to select the landfill waste disposal sites Brazil. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON URBAN GEOLOGY*. Sfax, Tunisia. Proceedings, Les Déchets Urbans, 1991, p. 74-183.