

COLETÂNEA EM SANEAMENTO AMBIENTAL**SÉRIE TEMÁTICA
RESÍDUOS SÓLIDOS E GEOTECNIA AMBIENTAL
VOLUME 2**

ISBN - 978-85-64386-00-6

**CONTAMINAÇÃO DE SOLO POR DISPOSIÇÃO DE
RESÍDUOS URBANOS: ESTUDO DE CASOS***Elisabeth Ritter**João Alberto Ferreira***1ª. Edição
Rio de Janeiro – RJ**

EXPEDIENTE

Reitor

Ricardo Vieiralves de Castro

Vice-reitora

Maria Christina Paixão Maioli

Sub-reitoria de Graduação

Lená Medeiros de Menezes

Sub-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa

Monica da Costa Pereira Lavallo Heilbron

Sub-reitoria de Extensão e Cultura

Regina Lúcia Monteiro Henriques

Centro de Tecnologia e Ciências

Maria Georgina Muniz Washington

Faculdade de Engenharia

Maria Eugenia de las Mercedes Mosconi de Gouvêa

EDITORES

Thereza Christina de Almeida Rosso

Gandhi Giordano

Editores Associados

Elisabeth Ritter

Ana Cristina Castro F. Sieira

Desenvolvimento Web

Marco Antonio Perna

Contaminação de solo por disposição de resíduos urbanos: estudo de casos / João Alberto Ferreira, Elisabeth Ritter.

Rio de Janeiro: COAMB / FEN / UERJ / 2011.

70 p. (**Série Temática: Resíduos Sólidos e Geotecnia Ambiental - Volume 2**)

1. Contaminação, 2. Solo, 3. Resíduo urbano.

Editores – Thereza Christina de Almeida Rosso; Gandhi Giordano.

Editor Associado – Elisabeth Ritter; Ana Cristina Castro F. Sieira.

I Coletânea em Saneamento Ambiental. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Engenharia. III. Título. IV. Série.

www.coamb.eng.uerj.br

ISBN: 978-85-64386-00-6

SOBRE OS AUTORES



João Alberto Ferreira

Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 2

Possui mestrado em Engenharia Ambiental pelo Manhattan College - NY USA (1980) e concluiu o doutorado em Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública ENSP/FIOCRUZ em 1997. É membro da ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, da ISWA - International Solid Waste Association, e da Sociedade dos Engenheiros e Arquitetos do Estado do Rio de Janeiro. É professor adjunto da Universidade do Estado do Rio de Janeiro desde 1997 onde atualmente exerce a função de Sub-chefe do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESMA). Foi Coordenador do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Faculdade de Engenharia (PEAMB/UERJ) por 2 anos e Coordenador Adjunto do Programa por 6 anos. É consultor para a área de resíduos sólidos desde 1974, tendo atuado como engenheiro da COMLURB - Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro de 1975 a 1996.

Endereço para acessar Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/407438783497908>

**Elisabeth Ritter**

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1977), mestrado em Engenharia Civil (Geotecnia) pela PUC do Rio de Janeiro (1988) e doutorado em Engenharia Civil (Geotecnia Ambiental) pela COPPE/ UFRJ (1998). Fez Pós-doutorado no Programa de Engenharia Civil da UFRGS (2010). Tem experiência na área de Engenharia Geotécnica onde atuou em projetos de estabilização de taludes, barragens de terra e barragens de rejeito de mineração, na Geotécnica S.A. É professor adjunto da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) desde 2000, onde atualmente é chefe do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente (DESMA), e atua no Programa de Pós graduação em Engenharia Ambiental (PE-AMB/UERJ). Atua como pesquisadora e consultora na área de contaminação de solos e medidas mitigadoras, e Gestão de Resíduos Sólidos.

Endereço para acessar Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3448106119318351>.

SUMÁRIO

SOBRE OS AUTORES.....	III
CAPÍTULO 1	1
INTRODUÇÃO.....	2
CAPÍTULO 2	6
ANTIGO LIXÃO DA MARAMBAIA – NOVA IGUAÇU –RJ.....	7
2.1. Investigações realizadas.....	9
2.2. Amostras de campo	10
2.3. Análises de laboratório	11
2.4. Resultados obtidos	12
2.4.1. Lixiviado.....	12
2.4.2. Líquido intersticial do solo	14
2.5. Principais conclusões	17
CAPÍTULO 3	19
DEPÓSITO DE LIXO DE ANTA – SAPUCAIA (RJ)	20
3.1. Investigações realizadas.....	21
3.2. Análises Químicas Realizadas	22
3.3. Resultados obtidos	23
3.4. Conclusões	31
CAPÍTULO 4	33
DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS URBANOS DE ALTAMIRA – PARÁ.....	34
4.1 Investigações Geotécnicas Realizadas	35
4.2 Diagnóstico sobre Contaminação dos Solos e Águas.....	38
CAPÍTULO 5	43
LIXÃO DE SÃO PEDRO DA ALDEIA.....	44

5.1. 5.1 Descrição da Área	44
5.2. Materiais e Métodos	46
5.3. Resultados e Discussão	49
CAPÍTULO 6	57
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, o despejo de efluentes industriais em lagoas, vazamentos de depósitos de produtos químicos, entre outros, constituem fontes de contaminação de recursos hídricos, particularmente, das águas subterrâneas. O uso de águas contaminadas para abastecimento doméstico, para atividades comerciais e industriais, para irrigação de hortaliças, etc., conformam uma situação de risco à saúde pública e ao meio ambiente.

De acordo com ABRELPE (2009) apenas 38% dos municípios brasileiros dispõem seus resíduos em aterros sanitários. Todos os demais destinam seus resíduos em aterros controlados e lixões. Ressalte-se ainda, que não existem informações sobre antigos lixões já fechados e abandonados, quase que com certeza, sem nenhum tipo de cuidado técnico que possa minimizar os riscos de contaminação ambiental. Assim, identificar e avaliar os impactos ambientais dos lixões (os atuais e os encerrados) é sem dúvida tarefa importante para que possam ser tomadas decisões sobre recuperação e encerramento adequado destas fontes poluidoras.

A maioria dos municípios brasileiros ainda dispõe seus resíduos em lixões. Porém, diversos municípios começam a direcionar esforços para a implementação de aterros sanitários, que são construídos com critérios de engenharia, tais como: implantação de uma camada de base para impermeabilização adequada, construção de drenos para captar o lixiviado e o gás, compactação e cobertura diária dos resíduos, drenagem para águas pluviais, tratamento de lixiviado, etc. No entanto, quando ocorre disposição inadequada, o problema causado não cessa com a finalização dos lixões. O lixiviado, líquido formado pela infiltração da água de chuva e pelo processo de degradação do resíduo, continua sendo gerado e a migração através do solo não se interrompe. Entender e determinar o grau de contaminação em que está o solo do sítio de disposição será importante para avaliar o processo de migração e avanço dos contaminantes presentes no lixiviado e o risco de contaminação das águas subterrâneas.

Os lixiviados de aterros de resíduos sólidos urbanos (e dos lixões) são resultado da interação entre o processo de biodegradação da fração orgânica desses resíduos e da infiltração de águas pluviais que solubilizam componentes orgânicos e inorgânicos. Além de componentes orgânicos e inorgânicos, os lixiviados podem conter outras substâncias tóxicas, provenientes do recebimento de resíduos industriais ou até mes-

mo resíduos perigosos recebidos de forma inadvertida nos aterros (Lange e Amaral, 2009).

A avaliação de locais contaminados pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, em que pese a sua relevância para a saúde pública e o ambiente, ainda é pouco praticada no Brasil. De forma geral, nos países onde a disposição de resíduos é feita de forma indiscriminada no solo, é comum que, em conjunto com os resíduos domiciliares sejam encontrados resíduos de origem industrial, agravando os riscos de contaminação ambiental.

A principal preocupação ambiental associada a depósitos de resíduos sólidos urbanos está relacionada ao controle de suas emissões, em particular, o lançamento de lixiviado no ambiente. Assim, o controle da migração do lixiviado é fundamental para minimizar seus impactos no meio ambiente. A **tabela 1** apresenta níveis de concentração para vários elementos passíveis de serem encontrados em lixiviados de outros países.

Tabela 1. Dados de composição do lixiviado em diferentes países (mg/L).

Parâmetros	EUA (¹)	Itália e Alemanha (²)	Canadá (²)
Cloreto	34 - 2800	1868-3650	505-1915
Cálcio	5 - 4080	70-4000	60-4580
Magnésio	16,5 - 15600	100-1469	45-1750
Potássio	3- 3770	1200	37-1680
Sódio	0 - 7700	1300-1400	580-3140
Nitrogênio amoniacal	0 -1416	620-3500	295-715
Cobre	0 - 9,9	-	0,01-1
Chumbo	0- 5	-	0,03-1,7
Ferro	0,2 - 550	8-870	1-2650
Manganês	0,6 - 1400	0,2-42	0,001-1,9
Zinco	0 -1000	5-7	0,3-20

(1) BARBOSA, 1994 (2) ROWE *et al.*, 2004.

A **tabela 2** apresenta a composição de lixiviados brasileiros considerando a faixa máxima e a faixa mais provável dos componentes.

Tabela 2. Composição de lixiviados gerados em aterros brasileiros.

Parâmetros	Faixa Máxima	Faixa Mais Provável
pH	5,7 - 8,6	7,2 - 8,6
Alcalinidade total (mg/L de CaCO ₃)	750 - 11.400	750 - 7.100
Dureza (mg/L de CaCO ₃)	95 - 3.100	95 - 2.100
Condutividade (µS/cm)	2.950 - 25.000	2.950 - 17.660
DBO (mg/L de O ₂)	<20 - 30.000	<20 - 8.600
DQO (mg/L de O ₂)	190 - 80.000	190 - 22.300
Óleos e graxas (mg/L)	10 - 480	10 - 170
Fenóis (mg/L de C ₆ H ₅ OH)	0,9 - 9,9	0,9 - 4,0
NTK (mg/L de N)	80 - 3.100	Não há
N-amoniaco (mg/L de N)	0,4 - 3.000	0,4 - 1.800
N-orgânico (mg/L de N)	5 - 1.200	400 - 1.200
N-nitrito (mg/L de N)	0 - 50	0 - 15
N- nitrato (mg/L de N)	0 - 11	0 - 3,5
P-total (mg/L)	0,1 - 40	0,1 - 15
Sulfeto (mg/L)	0 - 35	0 - 10
Sulfato (mg/L)	0 - 5.400	0 - 1.800
Cloreto (mg/L)	500 - 5.200	500 - 3.000
Sólidos totais (mg/L)	3.200 - 21.900	3.200 - 14.400
Sólidos totais fixos (mg/L)	630 - 20.000	630 - 5.000
Sólidos totais voláteis (mg/L)	2.100 - 14.500	2.100 - 8.300
Sólidos suspensos totais (mg/L)	5 - 2.800	5 - 700
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	5 - 530	5 - 200
Ferro (mg/L)	0,01 - 260	0,01 - 65
Manganês (mg/L)	0,04 - 2,6	0,04 - 2,0
Cobre (mg/L)	0,05 - 0,6	0,05 - 0,15
Níquel (mg/L)	0,03 - 1,1	0,03 - 0,5
Cromo (mg/L)	0,003 - 0,8	0,003 - 0,5
Cádmio (mg/L)	0 - 0,26	0, 0,065
Chumbo (mg/L)	0,01 - 2,8	0,01 - 0,5
Zinco (mg/L)	0,01 - 8,0	0,01 - 1,5

Adaptado de SOUTO e POVINELLI (2007).

Destaque-se que, em várias fontes de caracterização de lixiviados de aterros de resíduos sólidos urbanos no Brasil (e também em outros países), a presença de metais pesados, sempre referida nos textos sobre lixiviados, ocorre em baixas concentrações, em geral abaixo dos padrões de lançamentos de efluentes, não sendo motivo de preocupações na poluição por lixiviados (CHRISTENSEN *et al.*, 2001; GIORDANO, 2003). As exceções ficam por conta de aterros que recebem resíduos industriais (mesmo quando não autorizados).

Este livro discute a questão dos riscos da contaminação ambiental de lixões de resíduos sólidos urbanos, através a apresentação de quatro estudos de casos, que exemplificam a importância de que as avaliações se tornem práticas comuns em nosso país, onde por tanto tempo tem predominado a disposição inadequada de resíduos no solo, e onde em muitas localidades, é prática corrente a utilização de águas subterrâ-

neas como fonte de abastecimento. Três dos estudos se referem a lixões no estado do Rio de Janeiro, em Nova Iguaçu, São Pedro da Aldeia e Sapucaia e um deles, no município de Altamira, no estado do Pará.

CAPÍTULO 2
ANTIGO LIXÃO DA MARAMBAIA
NOVA IGUAÇU - RJ

Colaborou neste capítulo Manoel Fernando Pereira da Mota

ANTIGO LIXÃO DA MARAMBAIA – NOVA IGUAÇU – RJ

A Prefeitura Municipal de Nova Iguaçu utilizou o lixão da Marambaia para disposição final dos resíduos sólidos urbanos coletados, desde o final da década de 80 até fevereiro de 2003. Este vazadouro está situado na região norte do município de Nova Iguaçu, município distante cerca de 50 km da cidade do Rio de Janeiro, na Baixada Fluminense, próximo a Reserva Florestal de Tinguá, no Estado do Rio de Janeiro. Desde 2003, o lixo do município é depositado em novo local, denominado Central de Tratamento de Resíduos, no bairro de Adrianópolis, onde foi implantado um aterro sanitário.

Em 2001 foi iniciado um processo de recuperação do lixão, onde sondagens geotécnicas e análises químicas do lixiviado foram realizadas para embasar o projeto de remediação da área.

O lixão ocupa uma área de aproximadamente 200.000 m² e recebeu diariamente, durante mais de vinte anos, cerca de 1.000 ton de resíduos sólidos urbanos que compreendiam lixo domiciliar, público, comercial, hospitalar e também industrial dos municípios de Nova Iguaçu e Mesquita.

O local é constituído por morrotes de baixa altitude, com árvores e arbustos remanescentes da mata nativa. Próximo ao lixão existe uma antiga fábrica de tijolos, o que demonstra que a área foi explorada por atividade ceramista, o que faz com que o contorno da região do lixão seja rodeado por depressões. Ao Norte, a região é delimitada pelo rio Iguaçu, distante cerca de 600 m e entre a área de disposição de lixo e o rio existem várias depressões nas quais eram encontrados pequenos depósitos de lixiviado. Próximo à entrada, um talude vertical delimita a área do lixão, em cujo pé foi instalada uma lagoa para armazenar os líquidos percolados. Outra lagoa também para captar lixiviado foi implantada na face norte.

O processo de recuperação da área da Marambaia teve início em janeiro de 2001. Na primeira etapa foi realizada a regularização de plataformas e criação de bermas e taludes no depósito de lixo. Na periferia do depósito foram construídos diques de contenção, com material argiloso, e na sua base foi implantada uma linha de drenagem periférica para os lixiviados, para posterior encaminhamento às lagoas de acumulação. Além do sistema de captação de lixiviados foi prevista a implantação de

sistema de drenagem para gases e um sistema de drenagem das águas pluviais. Toda área de lixo foi revestida com uma camada de 0,60 cm de argila. A **figura 1** apresenta uma vista da área antes da intervenção e a **figura 2** uma visão panorâmica da área em 2003.



Figura1. Vista da área do lixão.

(Fonte: S.A. Paulista de Construções e Comércio, *apud* MOTA, 2005)



Figura 2. Vista panorâmica da área do lixão.

(Fonte: RITTER *et al.*, 2006)

2.1. INVESTIGAÇÕES REALIZADAS

Sondagens realizadas em 2001 indicaram o substrato da região como predominantemente silto-argiloso, pouco arenoso e consistência de médio a rijo na vertente sul, lado oposto ao Rio Iguaçu. No sentido norte em direção ao rio, o solo, apesar da predominância de natureza argilosa, apresenta também características arenosas. O nível d’água encontrava-se, na face sul, a uma profundidade de 8,50 m, e na face norte a 2,60 m, região com características de várzea, já que está próxima à estrada de terra que margeia o rio Iguaçu. A **figura 3** apresenta o corte transversal Sul-Norte da área (MOTA, 2005).

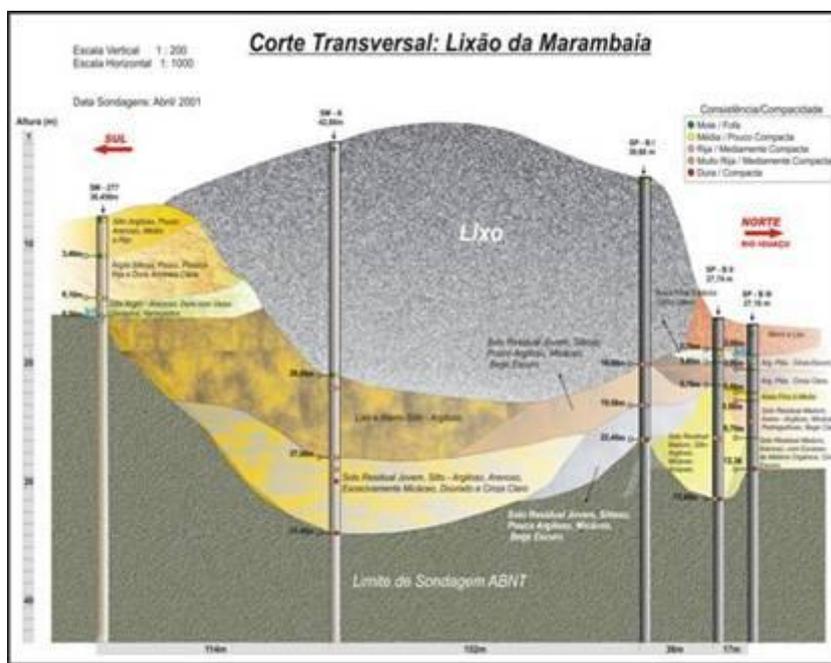


Figura 3. Corte transversal Sul-Norte.
 (Fonte: MOTA, 2005)

O corte longitudinal Leste-Oeste, elaborado a partir das sondagens de 2001 e apresentado na **figura 4**, mostra a presença de duas massas distintas de resíduos, o que denota a ausência de qualquer critério técnico na ocupação da área como vazadouro de lixo. O maciço localizado entre as duas massas de lixo era uma área preservada, onde se identificava o solo natural da região. Este material tinha predominantemente características de solo residual jovem silto-argiloso e pouco arenoso, com

coloração variando de amarelo (mais argiloso) a vermelho (mais siltoso). Esta área foi toda utilizada como empréstimo nas obras de recuperação.

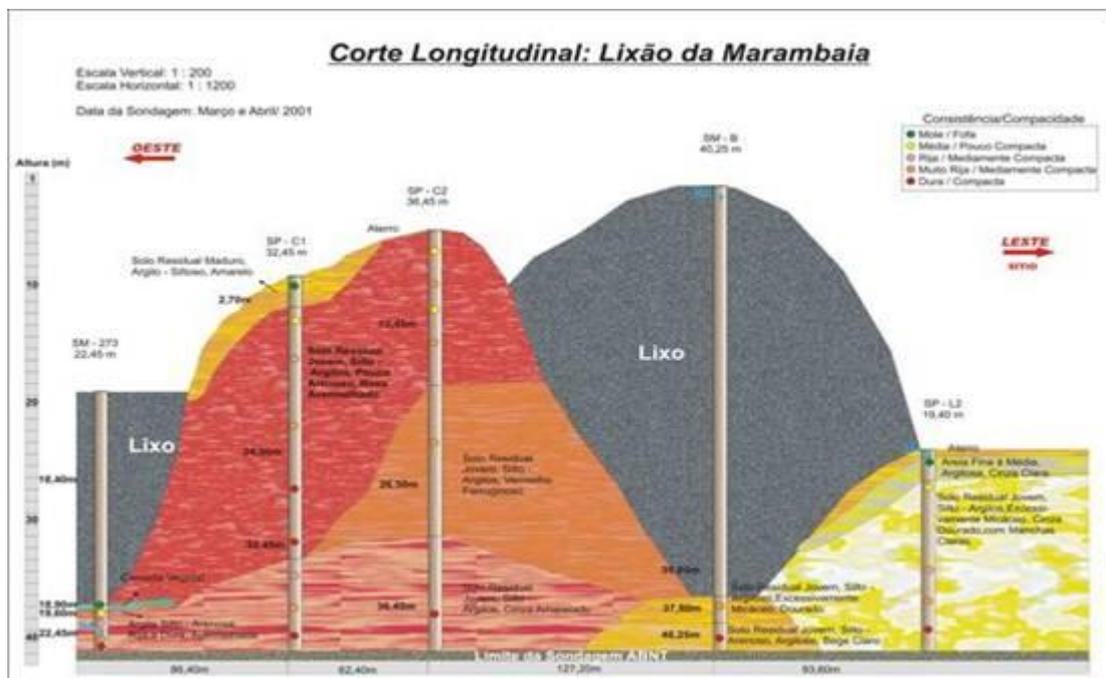


Figura 4. Corte Transversal Leste-Oeste.

(Fonte: MOTA, 2005).

A vertente leste, ocupada por um sítio com plantação de cítricos, mandioca e côcos, é a área que merece mais atenção em relação à possibilidade de contaminação, pois o nível d'água encontra-se bem próximo à superfície. Antes da ocupação da área pelo vazadouro de lixo, existia nesta área adjacente um brejal que foi progressivamente aterrado com solo para implantação da lavoura. A espessura de lixo, na época da sondagem, variou de 20 a 40 m de profundidade.

2.2. AMOSTRAGENS DE CAMPO

A avaliação do grau de contaminação em profundidade requer coleta de amostras de solo, e posterior extração do líquido intersticial, isto é o líquido que ocupa os vazios do solo, em laboratório. É necessária a identificação da fonte de contaminação com a caracterização do lixiviado. Assim, foram realizadas amostragens em campo, de

solo e de lixiviado, e extração, em laboratório, do líquido intersticial do solo para determinação dos parâmetros físico-químicos.

O lixiviado foi coletado nas duas lagoas de acumulação e analisado posteriormente no Laboratório de Engenharia Sanitária (LES) da UERJ e no Centro de Tecnologia Ambiental da Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (CTA-FIRJAN).

A escolha dos pontos de amostragem do solo foi realizada tomando-se por base os furos das sondagens realizadas em abril de 2001. Os pontos escolhidos cobriram três vertentes do aterro: norte, sul e leste, de forma que se pudesse verificar o possível deslocamento da pluma de contaminação. A vertente oeste não foi analisada porque está situada na área junto a estrada de acesso principal, onde não havia disposição de resíduos de forma significativa.

Os pontos de amostragem, SP-B3, SP-L2 e SM-277, estão localizados no entorno do aterro em áreas adjacentes ao pé do dique de contenção (vide **figura 2**). Na perfuração dos furos foram utilizados equipamentos a percussão ou sonda rotativa, quando a resistência do lixo ou do terreno não permitia o avanço por lavagem. Foram tomados cuidados especiais para, próximo ao ponto a ser amostrado, minimizar a lavagem. De cada furo foram coletadas 5 (cinco) amostras indeformadas, com amostradores Shelby e Denisson de 8" de diâmetro, em profundidades distintas. Nos furos efetuados foram instalados piezômetros de 2" de diâmetro.

2.3. ANÁLISES DE LABORATÓRIO

As análises em laboratório compreenderam análises químicas do lixiviado bruto e do líquido intersticial extraído das amostras indeformadas de solo, para fins de comparação.

As análises físico-químicas foram executadas de acordo com o APHA (1998) com os seguintes parâmetros analisados: condutividade, pH, DQO, DBO, cloreto, sólidos totais, suspensos e dissolvidos, nitrogênio amoniacal, sódio, cálcio, magnésio, potássio, fósforo, chumbo e cádmio.

A extração de líquido intersticial das amostras indeformadas de solo foi efetuada em prensa pneumática. Foram realizadas as análises químicas dos seguintes ele-

mentos (APHA, 1998): cloreto, sódio, cálcio, magnésio, potássio, nitrogênio amoniacal, chumbo, cromo, ferro, níquel e cádmio.

2.4. RESULTADOS OBTIDOS

2.4.1. Lixiviado

Os resultados das análises de amostras de lixiviado coletadas nas lagoas de acumulação situadas nas faces norte e sul do lixão da Marambaia estão apresentados na **tabela 3**. Para efeito de comparação, estão apresentados também os resultados obtidos no ano de 2001, de amostras de lixiviados coletadas nos pontos C1 e C2 (ver **figura 2**), nestas regiões, pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP).

Observa-se pela análise dos resultados, que as amostras de lixiviados coletadas após a desativação do lixão da Marambaia, apresentam resultados de matéria orgânica (valores de DBO e DQO) significativamente menores que os obtidos em maio de 2001, quando o mesmo ainda estava em operação.

Na face norte, próxima ao rio Iguazu, houve uma redução, em termos de DQO, de 47%. Na face sul do aterro, a DQO apresentou redução de até 72% em relação ao valor inicialmente determinado. A relação DBO/DQO pode ser utilizada como parâmetro de avaliação de biodegradabilidade de efluentes. Quanto maior essa relação (valor máximo é igual a 1), há a indicação de um maior nível de biodegradabilidade. As amostras coletadas na face norte mostram valores que indicam lixiviado com boa biodegradabilidade (0,47 e 0,76). Já para a face sul, os valores obtidos revelam um lixiviado com muito baixa biodegradabilidade (0,09 e 0,04), com exceção da última amostragem (0,89). Os resultados obtidos de DBO e DQO, na amostragem de outubro de 2004, mostram uma tendência de valores menores que os anteriores, o que pode ser decorrente dos efeitos das ações de remediação do lixão ou de diluição por chuva.

Os demais parâmetros medidos nas amostras de 2004 indicam valores significativos. Os valores obtidos para o nitrogênio amoniacal estão de acordo com medidas realizadas em lixiviados oriundos de outros aterros brasileiros: 500 mg/L para o Aterro de Brasília (JUNQUEIRA, 1999); 1500 mg/L para o Aterro Metropolitano de Gramacho

(RITTER *et al.*, 2002); 1200 mg/L para o Aterro de Londrina e 1600 mg/L para o aterro de Biguaçu, SC (CASTILHOS Jr, 2005) e estão dentro da faixa de valores mais prováveis apresentado na **tabela 3**.

Tabela 3. Dados de caracterização do lixiviado em diferentes amostras nas faces norte e sul do Lixão da Marambaia.

Parâmetro	Amostras				
	C - 2	Lagoa Norte	C - 1	Lagoa Sul **	
	(Face Norte)	**	(Face Sul)*		
	* 7/5/01	30/10/04	7/05/01	16/07/04	30/10/04
pH	8,5	8,1	8,0	8,0	8,7
DQO (mg O ₂ /L)	1778	945	5680	2825	1605
DBO (mg O ₂ /L)	835	716	494	116	1429
DBO/DQO	0,47	0,76	0,09	0,04	0,89
Condutividade (mS/cm)	-	5,2	-	17,5	7,2
Cloreto (mg Cl ⁻ /L)	-	1039	-	2312	1413
Sólidos Totais (mg/L)	4384	3804	9565	8306	5202
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	88,0	76,0	313,0	264,0	56,0
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	4296,0	3728	9252,0	8042	5146
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	357,0	293,0	939,0	1465	173,3
Magnésio Total (mg/L)	-	42,0	-	-	35,0
Potássio Total (mg/L)	-	1145	-	-	684,0
Sódio Total (mg/L)	-	1424	-	-	930,0
Fósforo Total (mg P/L)	-	0,5	-	11,0	4,2
Chumbo	< 0,02	-	0,07	-	-
Cádmio	< 0,0006	-	< 0,0006	-	-
Cálcio (mg Ca/L)	-	57,0	-	-	33,0

Realizada na EESC-USP ** realizadas no LES/UERJ (Fonte: MOTA, 2005).

Das análises de metais pesados, todos os resultados apresentados estão abaixo dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357, para lançamento de efluentes: 0,2 mg/L de Cd total e 0,5 mg/L de chumbo total (BRASIL, 2005).

2.4.2. Líquido intersticial do solo

Para os furos SP-L2 e SP-B3, não foi possível extrair o líquido intersticial das duas amostras mais profundas, nas quantidades mínimas necessárias para realização das análises físico-químicas. Esta dificuldade não ocorreu para as amostras do furo SM-277, situado na vertente leste. A **figura 5** apresenta os perfis de concentração de sódio, níquel, cálcio, magnésio, potássio e amônio obtidos em profundidade para SP-B3, SP-L2 e SM-277.

Os metais pesados analisados apresentaram concentrações muito baixas no líquido intersticial: ferro (menor do que 0,11 mg/L), chumbo (menor do que 0,4 mg/L), cromo (menor do que 0,2 mg/L), e cádmio (menor do que 0,02 mg/L), concentrações inferiores às estabelecidas para qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, pela Portaria nº 518, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004).

Furo de Sondagem: SM -277 – Face Sul

Na área do furo de sondagem SM-277, situada na face sul do aterro na vertente oposta ao rio Iguaçu, o solo apresenta características de silte-argiloso, pouco arenoso e de consistência de média a rija, passando à dura nos trechos mais profundos. O nível d'água foi atingido com 8,50 m. As medidas de concentração de cloreto só foram possíveis nas amostras a cerca de 2,5 m e 4 m de profundidade, indicando valores de 45 e 27 mg/L, respectivamente.

A concentração de sódio (vide **figura 5a**) apresentou um comportamento mais irregular, mas indicando que uma possível migração possa estar ocorrendo até 7 m de profundidade. No entanto, as concentrações em profundidade são relativamente baixas quando comparadas com as do lixiviado (930 mg/L) presente na lagoa mais próxima. Analisando os valores obtidos para cloreto nas duas amostras a 2,5 e 4 m de profundidade, verifica-se que são valores extremamente baixos quando comparados com a concentração de 1413 mg/L da lagoa de lixiviado.

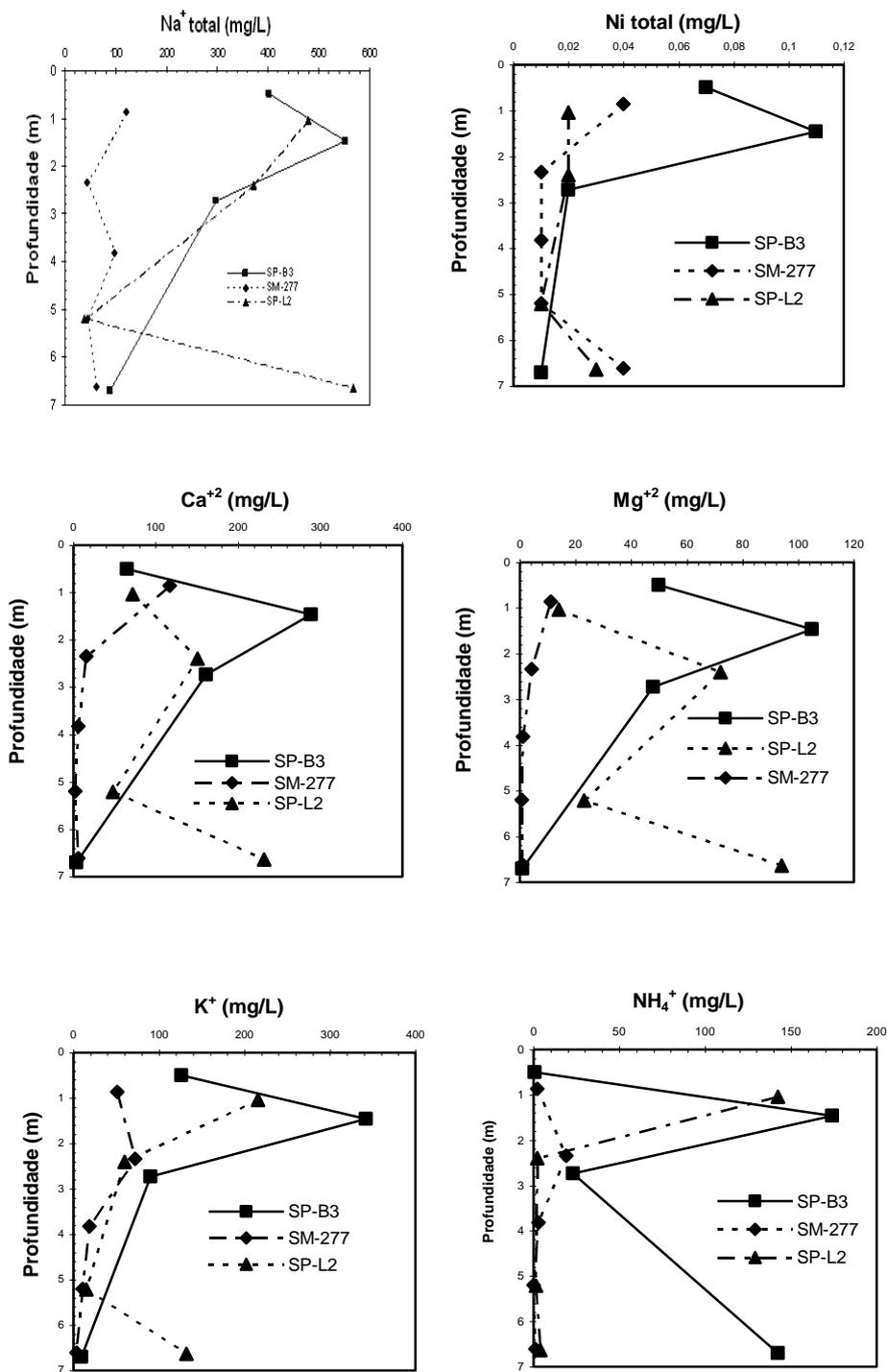


Figura 5. Perfis de concentração de acordo com a profundidade: (a) sódio (b) níquel (c) cálcio (d) magnésio (e) potássio (f) nitrogênio amoniacal.
(Fonte: RITTER *et al.*, 2006 apud MOTA, 2005)

As concentrações de níquel, cálcio e magnésio estão baixas (**figuras 5b, 5c, 5d**), não indicando contaminação. As concentrações de potássio e nitrogênio amoniacal (**figuras 5e, 5f**) medidas no solo na profundidade de 2,5 m, indicam que um possível processo difusivo possa estar ocorrendo. No entanto, medidas de concentração efetuadas na água amostrada do piezômetro instalado a 6,5 m de profundidade, não indicaram qualquer contaminação (MATOS, 2005).

Furo de Sondagem: SP-L2 – Face Leste

Na área do furo de sondagem SP-L2, situada na face leste do aterro junto ao sítio de plantação de cítricos e côcos, a sondagem atingiu 19,40m com o nível d'água encontrando-se à 0,60m da superfície. O solo apresenta características de areia fina à média argilosa até 2,70m e de solo residual jovem, siltoargiloso na continuidade da sondagem. As medidas de concentração de cloreto só foram possíveis nas amostras a cerca de 5 m e 6,5 m de profundidade, indicando valores de 72 e 405 mg/L, respectivamente.

As concentrações de sódio (**figura 5a**) e potássio (**figura 5e**) são significativas nas duas primeiras amostragens (até 2,5 m de profundidade) e a 7 m de profundidade, o sódio está com concentrações superiores a 500mg/L e o potássio acima de 200 mg/L. A concentração de cloreto é 405,19 mg/L nesta mesma profundidade e cálcio (Fig. 2.5 c) e magnésio (Fig. 2.5 d) acompanham a mesma tendência, indicando valores mais elevados. Existe, portanto, um processo de contaminação em curso, pelo longo tempo de migração do lixiviado, junto ao pé deste talude, que se constitui na base do principal maciço de lixo do aterro com cerca de 40,0m de altura de lixo. Por outro lado, os valores de amônio (**figura 5f**) estão altos somente na superfície. E o níquel (**figura 5b**) apresentou valores acima do permitido pela legislação na profundidade 7 m. Um aspecto importante deste local é que o lençol freático é superficial e medidas efetuadas em piezômetro instalado neste furo (MATOS, 2005) indicaram contaminação das águas subterrâneas, com concentrações na água subterrânea de cloreto entre 830 a 970 mg/L e nitrogênio amoniacal entre 180 a 250 mg/L.

Furo de Sondagem: SP-B3 – Face Norte

A área do furo de sondagem SP-B3 está situada na face norte do aterro em área próxima ao Rio Iguazu. Como o ponto SP-B3 foi deslocado em 25,0 m em relação

ao furo original, foi realizada análise táctil-visual, que indicou uma argila orgânica até 2,5m de profundidade, e uma areia argilosa com pedregulhos até 7,0 m e argila silto-sa até 8,3m. O nível d'água encontra-se à 1,50m da superfície. As medidas de concentração de cloreto só foram possíveis nas amostras a cerca de 0,5 m (423 mg/L), 1,5m (10 mg/L) e 6,5 m (18 mg/L) de profundidade.

As concentrações de potássio, cálcio, magnésio, sódio (**figuras 5e, 5c, 5d, 5a**) são as mais altas até 2,5 m, e diminuem acentuadamente na camada de areia argilosa com pedregulhos. A exceção é o Na⁺, que apesar do indicativo de queda com o aumento da profundidade, ainda apresenta valores de 88mg/L a 6,5 m de profundidade. As concentrações de cloreto acompanham nas 3 amostras medidas a tendência observada. Considerando a proximidade do rio é possível que o fluxo subterrâneo esteja ocorrendo através desta camada em direção ao rio.

No entanto, a concentração de nitrogênio amoniacal (**figura 5f**) apresentou valores diferenciados e baixos superficialmente: 174 mg/L a 2,5 m, e novamente com 142 mg/L a 6,0 m de profundidade, indicando claramente contaminação do solo por lixiviado. Aparentemente, a camada mais permeável facilitou a migração do nitrogênio amoniacal para atingir o solo residual.

O nível d'água no piezômetro instalado indicou profundidade de 1,5 m, porém as análises químicas efetuadas não sinalizaram nenhuma contaminação (MATOS, 2005).

2.5. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

A face sul da área apresenta as concentrações mais baixas quando comparadas com as outras. No entanto, há um indicativo que um processo de migração, possivelmente difusivo, possa estar ocorrendo em função das concentrações de sódio, até 7 m de profundidade, e amônio e potássio a 2,5 m de profundidade.

Na face leste está ocorrendo um processo de contaminação. Concentrações de cloreto, sódio, cálcio, potássio e magnésio estão elevadas até 7 m de profundidade, enquanto amônio está excessivo somente na camada superficial. Neste local o lençol freático é superficial e já está contaminado.

Na face norte, próximo ao rio Iguaçu concentrações de cloreto, sódio, cálcio, potássio e magnésio são as mais altas até 2,5 m, diminuindo na camada que existe entre 2,5 e 7 m de profundidade; é possível que esteja ocorrendo um fluxo através desta camada mais permeável em direção ao rio. No entanto, concentrações de amônio de cerca de 140 mg/L e sódio de 88 mg/L a 6,5 m de profundidade alertam para um possível processo de contaminação em profundidade. Análises na água superficial não indicaram contaminação nesta face.

Nos três pontos amostrados não há indicação de contaminação por metal pesado.

CAPÍTULO 3
DEPÓSITO DO LIXO DE ANTA
SAPUCAIA – RJ

DEPÓSITO DE LIXO DE ANTA – SAPUCAIA (RJ)

A implantação do Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício (no rio Paraíba do Sul), nos municípios de Sapucaia e Além Paraíba, limite dos Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais, atingirá a área hoje ocupada pelo depósito de lixo de Anta (lixão no município de Sapucaia). O lago da barragem inundará a área do atual depósito (vide **figura 6**). Por esta razão foi necessário se fazer um diagnóstico da situação existente, em termos de contaminação do subsolo, naquele depósito (FURNAS e ENGEVIX, 2006; RITTER *et al.*, 2007).

Desta forma, foram realizadas sondagens à percussão e retiradas amostras de solo sob o lixão do Anta, para se verificar uma possível contaminação no subsolo.



Figura 6. Vista aérea do Depósito do Anta.

(Fonte: FURNAS e ENGEVIX,2006)

O depósito de lixo, existente nas proximidades da Vila de Anta foi iniciado em 1986 quando a Cerâmica Porto Velho liberou a área na qual extraía argila para a fabricação de artefatos cerâmicos. O lixo passou a ser depositado em crateras com 1,5 a 3,0 m de profundidade. A área foi ocupada totalmente sem critério de Engenharia, sendo o lixo jogado sobre o solo local, e mantido descoberto ao longo dos anos. Esta prática traz uma série de conseqüências como a geração de lixiviado, e a formação de

gases. A única medida mitigadora que a Prefeitura implementou foi a cobertura parcial dos resíduos com terra, tendo efetuado quatro intervenções deste tipo, durante o ano de 2005. No entanto, em maio de 2006, o depósito se encontrava com lixo exposto novamente, conforme se verifica na **figura 7**.



Figura 7. Vista do lixão do Anta (maio de 2006).
(Fonte: FURNAS e ENGEVIX,2006)

3.1. INVESTIGAÇÕES REALIZADAS

Foram executadas oito sondagens distribuídas na área do lixão do Anta. As secções geotécnicas indicaram uma camada superficial de material de cobertura, solo transportado de outro local ou do próprio entorno, variando de 0,25 a 0,5 m, sobrejacente à camada de lixo cuja espessura variou entre 0,40 e 2,60 m. Sob o lixo observa-se uma camada de silte argiloso cinza amarelado com espessura variando de 0,30 m a 2,60 m, medida com sondagens de percussão (SPT), que denota um solo argiloso de consistência rija. Sob esta camada de silte argiloso se encontra solo residual com alta resistência. Todas as sondagens foram interrompidas por impenetrável a percussão, em profundidades que variaram de 2,82 a 5,45 m indicando a proximidade da rocha. O nível d'água não foi detectado em dois furos; e somente na SP-7 foi detectado no material argiloso. Nos demais furos, o nível d'água estava localizado dentro da camada de lixo. Este nível é sujeito a sazonalidades. Foram retiradas amostras indeforma-

das através de shelby. A programação indicada era de extrair amostra de metro em metro; no entanto, em função das características do material existente sob o lixo, foram extraídas 13 amostras, em profundidades variadas, que estão descritas na **tabela 4.**

Para se verificar o grau de contaminação das amostras do subsolo foram realizados ensaios de laboratório. As referencias para avaliação do grau de contaminação foram obtidas nos valores orientadores da legislação da CETESB (2005). Não foi coletada amostra de lixiviado, pois não havia evidência do mesmo no local.

Tabela 4. Amostras indeformadas retiradas

AMOSTRA	PROFUNDIDADE (m)
SP 01/1	2,40-2,85
SP 01/2	3,30-3,70
SP 02	2,20-2,87
SP 03	2,20-2,40
SP 04	2,55-3,0
SP 05	4,0-4,25
SP 06/1	3,05-3,70
SP 06/2	4,15-4,40
SP 07/1	1,40-2,0
SP 07/2	2,45-3,05
SP 07/3	3,50-3,87
SP 08/1	3,20-3,41
SP 08/2	4,0-4,17

3.2. ANÁLISES QUÍMICAS REALIZADAS

As análises químicas, nas amostras de solo, foram efetuadas pelo laboratório de Engenharia Sanitária da UERJ em parceria com o Centro de Tecnologia Ambiental da FIRJAN. Os parâmetros analisados foram: pH, condutividade, alcalinidade, concen-

tração de cloreto, sódio, nitrogênio amoniacal, zinco, cromo, cádmio, chumbo, mercúrio, óleos e graxas, benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno.

A definição destes parâmetros, com a inclusão de pH, condutividade, alcalinidade, cloreto, amônio e óleos e graxas, que não constam dos elementos apresentados na lista de valores orientadores (CETESB, 2005), se deu especialmente pela experiência na identificação de contaminação por lixiviado; cloreto e nitrogênio amoniacal em geral migram rapidamente e juntamente com sódio apresentam valores elevados de concentração em lixiviados. Os metais pesados, óleos e graxas e BTEX foram inseridos como indicadores de alguma possível disposição de resíduos industriais no lixão.

A metodologia analítica utilizada foi: Alcalinidade: Método Titulométrico; Cloretos: Método Titulométrico (Mohr); Condutividade: Método Eletroquímico (Condutivímetro); Metais: Espectrometria de Absorção Atômica por Vapor Frio; Metais: Espectrometria óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES); Óleos e Graxas: Método Gravimétrico (Extração Soxhlet); pH: Método Potenciométrico; BTEX: Método de cromatografia gasosa e espectrometria de massa/*headspace*.

Os métodos analíticos e de tratamento de amostras são baseados nas seguintes fontes: APHA - Standard Methods 1998; FEEMA¹, 1983; USEPA, 1996, USEPA 8260B para BTEX.

3.3. RESULTADOS OBTIDOS

Os valores de pH variaram de 6,39 a 7,91, em torno da neutralidade. Os valores de condutividade e alcalinidade foram baixos, especialmente a condutividade, que seria a primeira indicação da presença significativa de sais no solo, e cujo maior valor foi de cerca de 0,1 mS/cm.

Nas **figuras 8 a 14** estão apresentados respectivamente os resultados de cloreto, sódio, nitrogênio amoniacal, óleos e graxas, cromo, chumbo e zinco. Para cádmio, mercúrio e BTEX esses gráficos não estão apresentados, pois os valores determinados estão no limite de detecção do equipamento. Os valores de condutividade e

¹ FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, atual Instituto Estadual do Ambiente (INEA).

alcalinidade são baixos, especialmente a condutividade, que seria a primeira indicação da presença significativa de sais no solo, e cujo maior valor é em torno de 0,1 mS/cm.

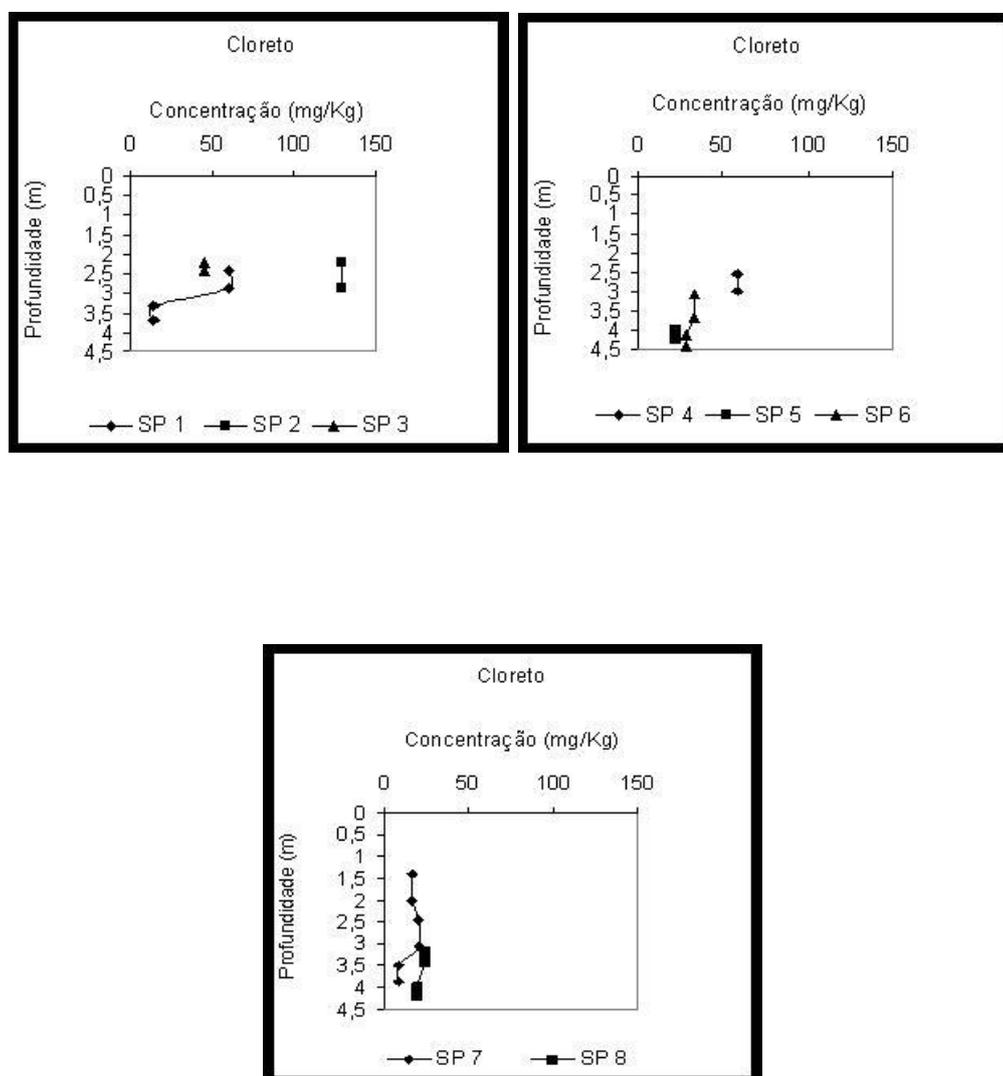


Figura 8. Perfis de concentração de acordo com a profundidade nas sondagens realizadas: cloreto
 (Fonte: RITTER *et al*, 2007)

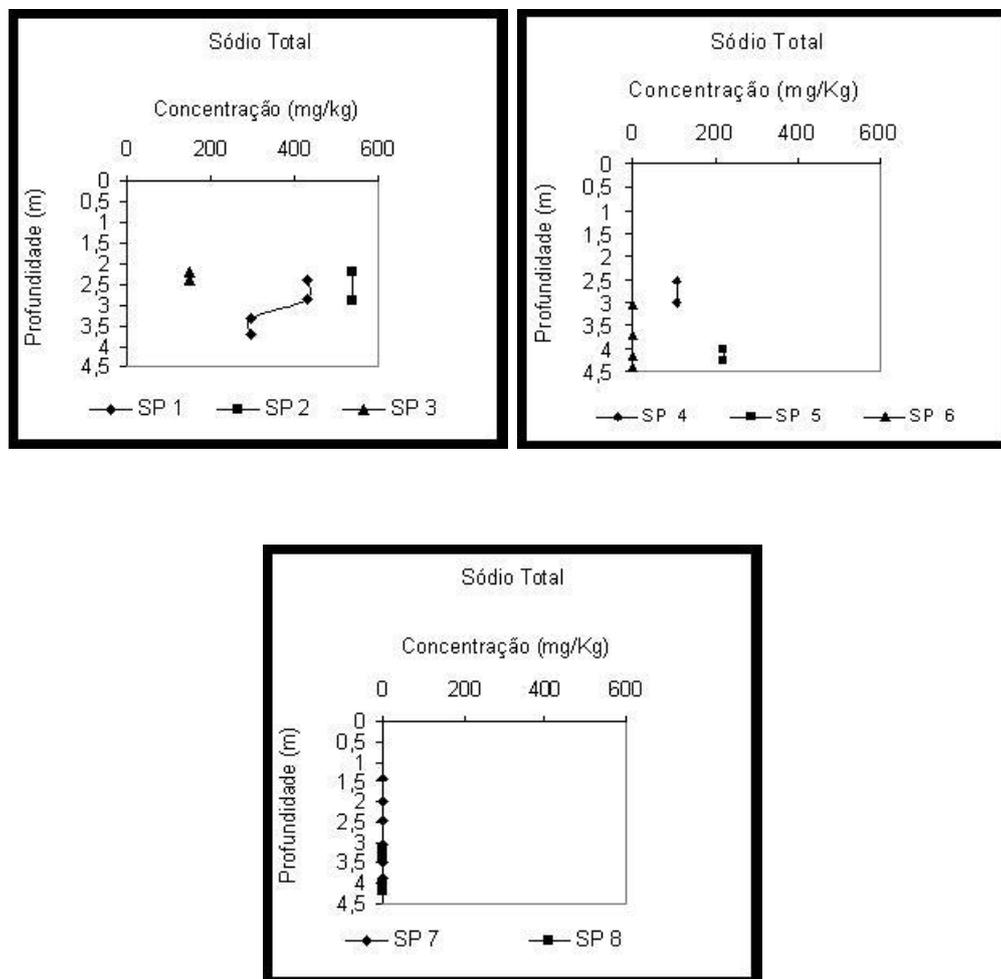


Figura 9. Perfis de concentração de acordo com a profundidade nas sondagens realizadas: sódio
(Fonte: RITTER *et al*, 2007)

As concentrações de amônio (nitrogênio amoniacal) costumam ser indicadores, conforme ressaltado anteriormente, da contaminação por lixiviado. Os valores apresentados na **figura 10** indicam valores baixos para todas as amostras.

Em função dos valores determinados para cloreto, sódio e amônio na massa sólida do solo, alguns ensaios adicionais foram efetuados no laboratório de Engenharia Sanitária da UERJ. Foram realizados ensaios de lixiviação, das amostras, onde 10g de amostra dos solos, no teor de umidade de campo, foram misturados com 100 mL de água deionizada, e deixado por 72 h agitando em um "shaker". Posteriormente as amostras foram filtradas e as concentrações de cloreto e amônio foram determinadas

no efluente. Estes ensaios simularam a condição posterior, onde parte das amostras ensaiadas estará em contato com o lago a ser formado na área do lixão do Anta. Os valores determinados estão apresentados na **tabela 5**.

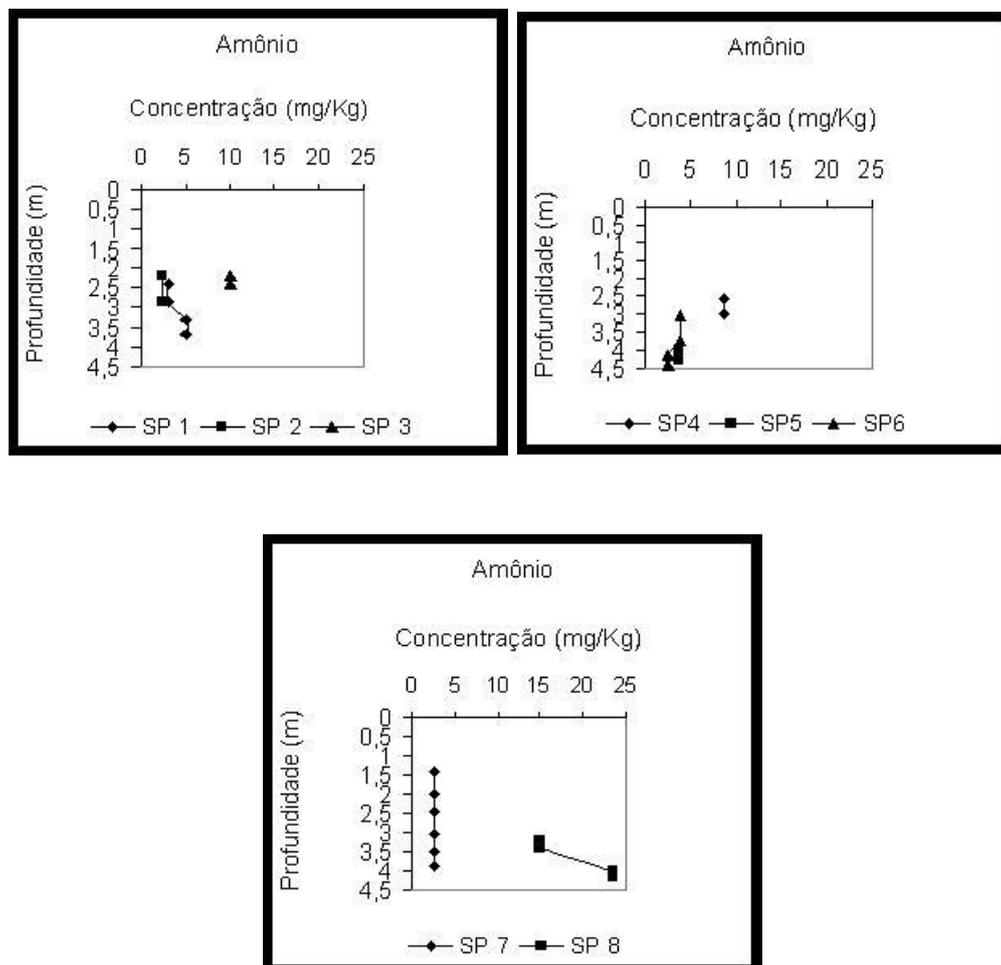


Figura 10. Perfis de concentração de acordo com a profundidade nas sondagens realizadas: amônio

(Fonte: RITTER et al, 2007)

Os valores obtidos pelo processo de lixiviação das amostras foram extremamente baixos, especialmente para o amônio; a resolução CONAMA 357 determina como padrão para lançamento de efluentes em corpos d'água, 20 mg/L para o nitrogênio amoniacal; e a portaria 518 do Ministério da Saúde, que define padrão de potabilidade da água para consumo humano, determina para cloreto 250 mg/L. Verifica-se que os valores apresentados na **tabela 5** são muito menores do que os recomendados pelos órgãos federais. Desta forma, mesmo o valor de concentração de cloreto, que para a amostra de solo da SP 2, havia dado um pouco mais elevado, está abaixo do limite, na análise do lixiviado.

Tabela 5. Valores de lixiviação.

AMOSTRA	Cl ⁻	NH ₄ ⁺
	(mg/L)	(mg/L)
SP 01/1	51,72	1,31
SP 01/2	10,34	1,03
SP 02	51,72	3,96
SP 03	10,34	0,71
SP 04	82,75	2,57
SP 05	15,52	0,60
SP 06/1	10,34	0,49
SP 06/2	41,28	0,84
SP 07	10,34	0,45
SP 08	20,69	1,25

Os valores para óleos e graxas mostrados na **figura 11** são baixos, exceto para a amostra retirada na SP 04, que apresenta cerca de 400 mg/kg.

Os valores para os metais pesados cromo, chumbo e zinco, apresentados nas **figuras 12 a 14**, em conjunto com o nível de prevenção definido pela CETESB, mostram concentrações extremamente baixas. A CETESB indica ainda referência de qualidade para os solos do estado de São Paulo; verifica-se que os valores médios do solo do lixão do Anta para cromo (cerca de 7 mg/kg), chumbo (cerca de 3 mg/kg) e zinco (cerca de 70 mg/kg) são menores do que os definidos em São Paulo, respectivamente 40, 17 e 60 mg/kg.

Estes resultados indicam que no lixão do Anta não ocorreu migração de contaminantes para o solo de fundação.

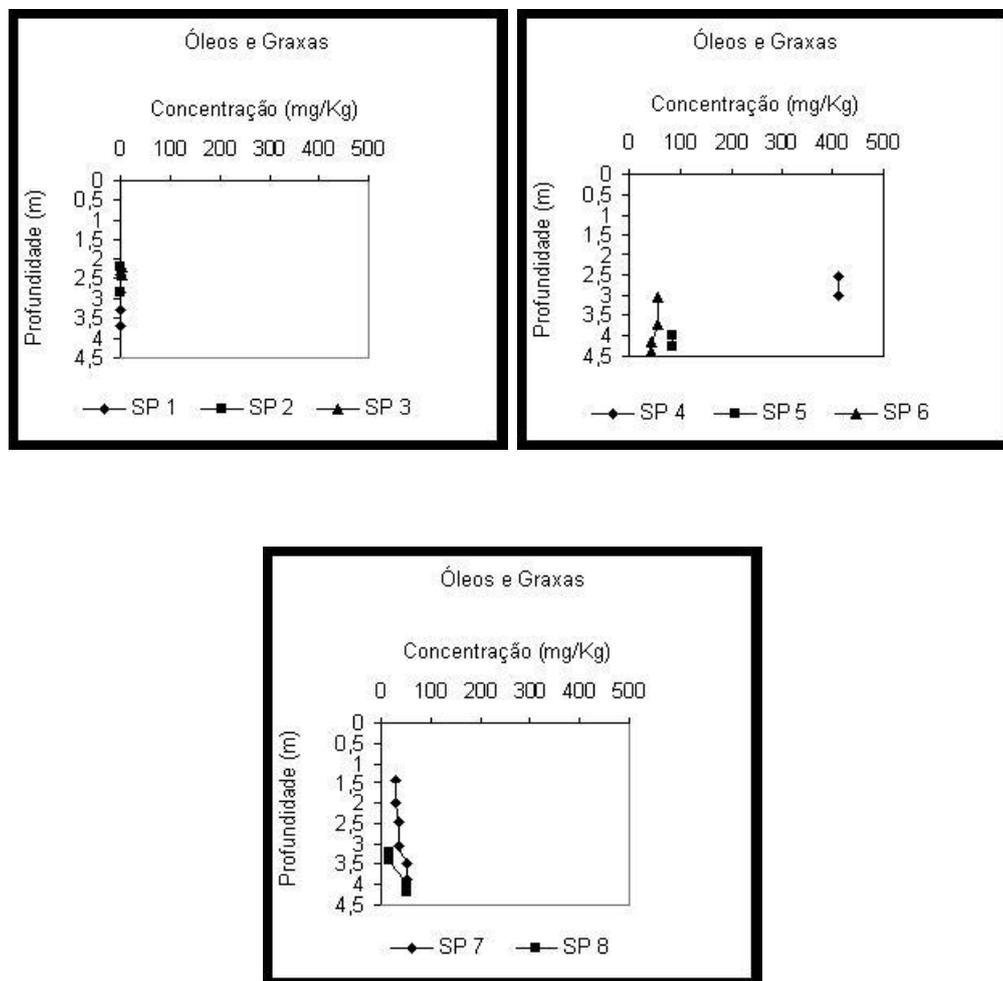


Figura 11. Perfis de concentração de acordo com a profundidade nas sondagens realizadas: óleos e graxas.
 (Fonte: RITTER *et al.*, 2007)

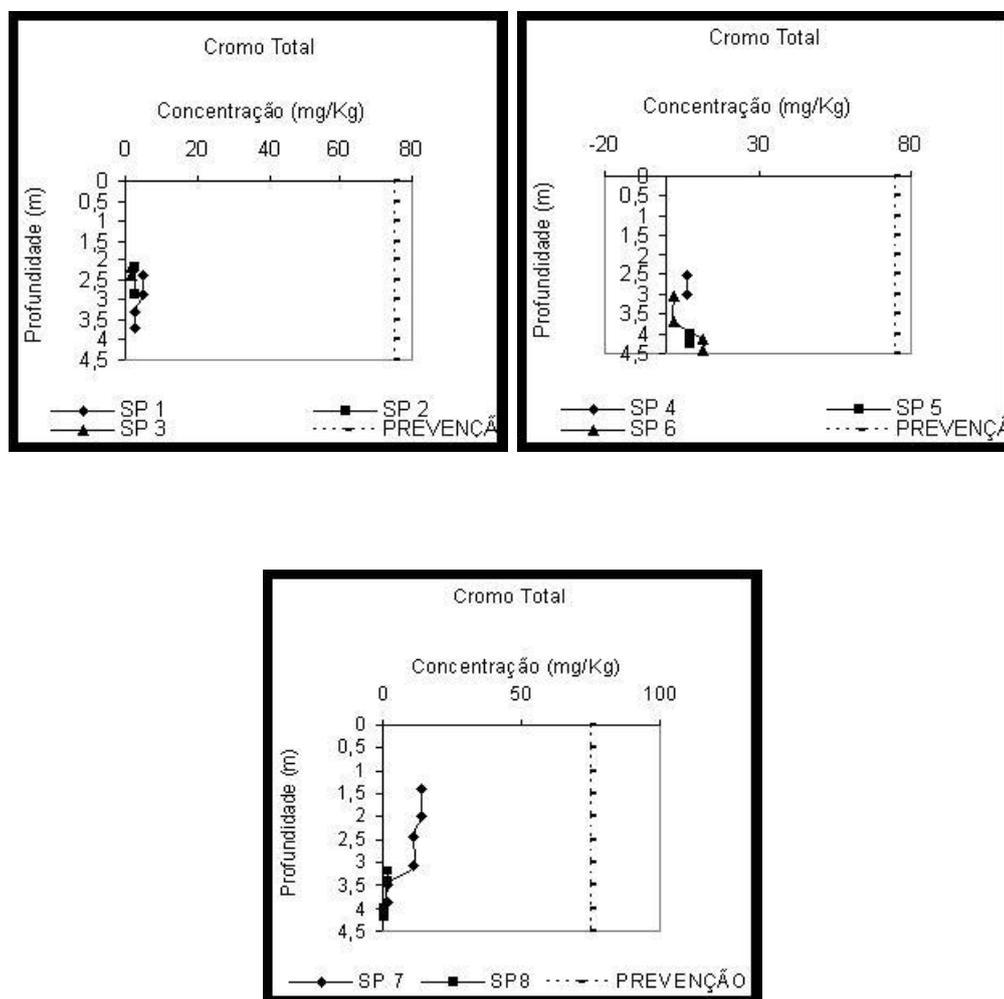


Figura 12. Perfis de concentração de acordo com a profundidade nas sondagens realizadas: cromo.
(Fonte: RITTER *et al.*, 2007)

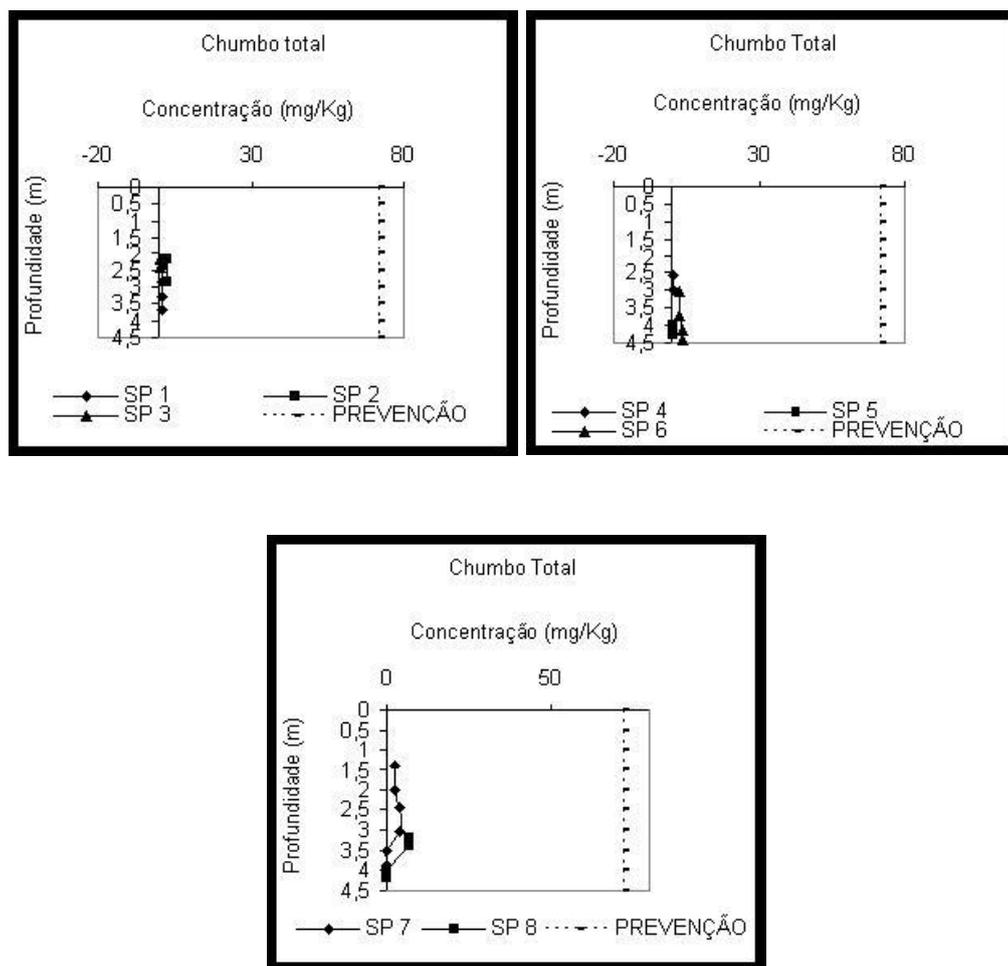


Figura 13. Perfis de concentração de acordo com a profundidade nas sondagens realizadas: chumbo

(Fonte: RITTER *et al.*, 2007)

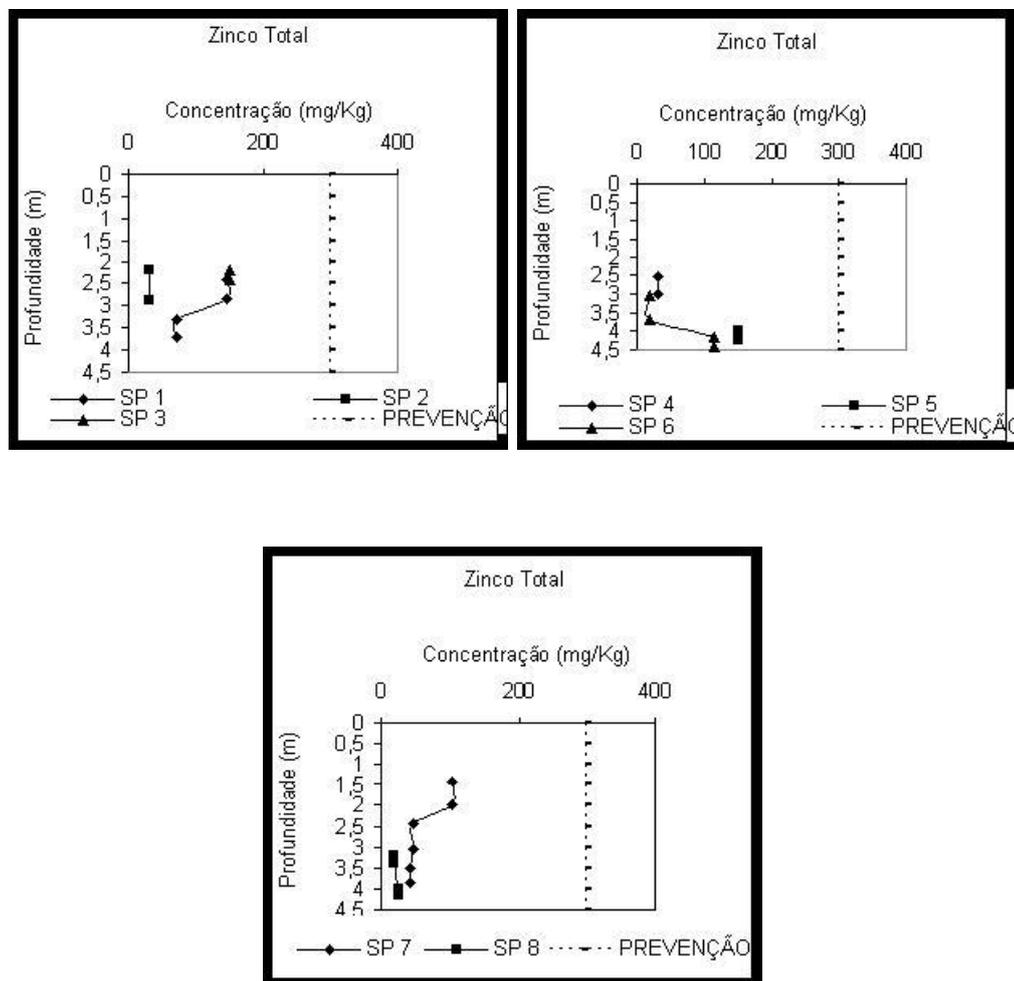


Figura 14. Perfis de concentração de acordo com a profundidade nas sondagens realizadas: zinco
(Fonte: RITTER *et al.*, 2007)

3.4. CONCLUSÕES

O presente trabalho investigou possível contaminação da fundação do lixão do Anta no município de Sapucaia, estado do Rio de Janeiro. Os aspectos principais detectados nas análises efetuadas em 13 amostras de solo são resumidos a seguir:

- as medidas de condutividade indicaram como maior valor 0,1 mS/cm, mostrando baixa presença de sais no solo, que poderiam indicar a migração do lixiviado;

-
- as concentrações de cloreto, sódio e amônio no solo foram baixas, o mesmo ocorrendo com a determinação de concentração para cloreto e amônio no lixiviado;
 - as concentrações de óleos e graxas e para os metais pesados cromo, chumbo e zinco foram baixas e para cádmio, mercúrio e BTEX ficaram abaixo do limite de detecção do equipamento;
 - as medidas de concentrações químicas efetuadas permitem concluir que não houve migração de lixiviado para a fundação do lixão do Anta.

Destaca-se neste estudo, a presença relativamente superficial da rocha e a importância das características de solos argilosos como fator de proteção de eventuais contaminações por resíduos dispostos em aterros e até mesmo em lixões, como no caso do lixão do Anta, que possivelmente contribuiu para a minimização da migração do lixiviado.

CAPÍTULO 4

DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS URBANOS DE

ALTAMIRA – PARÁ

DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS URBANOS DE ALTAMIRA – PARÁ

Os dados básicos do presente capítulo podem ser encontrados no Estudo de Impacto Ambiental para a AHE – Belo Monte (ELETROBRÁS, 2009).

O destino final dos resíduos sólidos urbanos do município de Altamira está localizado junto a Rodovia Transamazônica numa área aproximada de 35.000 m². A disposição é totalmente inadequada, a céu aberto sem nenhum tipo de cobertura diária do lixo, sem drenagem das águas superficiais e sem coleta e tratamento do lixiviado e dos gases gerados, constatando-se a presença de catadores. O lixão está estabelecido neste local há mais de 10 anos (desde 1996) e recebe todos os resíduos urbanos do município.

Um trator de esteiras da prefeitura eventualmente espalha o lixo na área do lixão. A área não é cercada, e tem como vizinhos uma indústria cerâmica e, diametralmente oposto à Transamazônica, uma serraria. A **figura 15** apresenta uma vista aérea da área. Na **figura 16**, se observa o lixão e a indústria cerâmica ao fundo. As demais **figuras 17** e **18** indicam a presença de fumaça, evidenciando a queima de lixo no local, e a presença de uma carvoaria, que se encontra desativada.



Figura 15. Vista aérea do lixão
(Fonte: ELETROBRÁS, 2009)



Figura 16. Vista do lixão
(Fonte: ELETROBRÁS, 2009)



Figura 17. Queima no lixão
(Fonte: ELETROBRÁS, 2009)



Figura 18. Vista da carvoaria desativada.
(Fonte: ELETROBRÁS, 2009)

Uma quantidade enorme de urubus, tanto no lixão, quanto na Transamazônica pode ser observada (vide **figuras 19 e 20**).



Figura 19. Vista do depósito de lixo
(Fonte: ELETROBRÁS, 2009)



Figura 20. Vista da Transamazônica.
(Fonte: ELETROBRÁS, 2009)

4.1 INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS REALIZADAS

Foi realizado um diagnóstico da situação existente no depósito de lixo de Altamira, para verificar as condições existentes no local referente à espessura da camada de lixo e possível contaminação do subsolo. As investigações de campo no lixão de Altamira compreenderam: levantamento topográfico, realização de sondagens e retirada de amostras de solo e de água para análise química.

Foram realizadas cinco sondagens de percussão no depósito de lixo (L1 a L5), uma sondagem à montante (M1) e três sondagens a jusante (J1, J2 e J3), totalizando

nove sondagens. A **figura 21** apresenta a localização. Em relação às sondagens foram estabelecidas algumas condições: para os pontos L1 a L5, 3m em solo abaixo do lixo como limite de perfuração; em J1, 10 m e em J3 15m ou até definir o nível d'água (N.A.), nos pontos J2 e M1 o impenetrável à percussão, ou até encontrar o nível d'água estabelecido como máximo de profundidade 30m. Dentro do possível, foi recomendado que fossem retiradas amostras de solo a cada 3m, exceto para M1 (furo de montante) onde seriam retiradas a cada 5m.

A execução das sondagens ambientais com coleta de amostras seguiu as diretrizes da norma NBR-13895 – Construção de poços de monitoramento e amostragem (ABNT, 1997).

O avanço da perfuração era feito por processo roto-percussivo a seco. É importante salientar que tanto os trados utilizados na perfuração do solo, bem como os bariletes com coroas adiamantadas ou ainda com coroas com videa de tungstênio (utilizado para perfuração do lixo) e os amostradores bipartidos, utilizados para coleta das amostras de solo, eram devidamente lavados com detergentes neutros antes de suas novas reutilizações, evitando assim contaminação.

Durante o avanço da perfuração eram registrados as características estratigráficas, bem como nível d'água, quando encontrado. Também foram coletados dentro da camada de lixo amostras de lixiviado. Quando a perfuração avançava até as cotas pré-determinadas de retirada, as amostras de solo eram coletadas e devidamente armazenadas em recipientes fornecidos pelo laboratório (vide **figura 22**). O mesmo processo era feito quando se encontrava o nível d'água. Não foram retiradas amostras no lixo apenas se identificando a espessura do lixo nos diversos pontos.



Figura 21. Localização das sondagens.
(Fonte: ELETROBRÁS, 2009)



Figura 22. Amostra de solo acondicionada.
(Fonte: ELETROBRÁS, 2009).

As sondagens executadas indicaram uma espessura de lixo variando de 3m a 9,30m e sobrejacente a um silte argilo arenoso com laterita de cor amarela. Foi detectado lixiviado dentro do lixão em profundidades que variaram de 1m a 3,3m.

A sondagem a montante do lixão identificou silte areno-argiloso amarelo intercalado com pedregulhos variando para solo similar, porém vermelho, indo até 30m de profundidade sem detectar o nível d'água. As sondagens a jusante indicaram o mesmo material sobrejacente a uma argila silto arenosa de cor vermelha podendo apresentar laterita; mais a jusante, a sondagem executada no talvegue (J2) com cerca de 17m de desnível indicou a presença do mesmo material amarelo; a sondagem foi interrompida pela detecção de "água", a 4,9 m de profundidade, que as análises de laboratório indi-

caram se tratar de lixiviado. Ou seja, em nenhuma das sondagens foi detectado a presença de nível d'água em profundidade.

Foram coletadas amostras do lixiviado, nos furos onde o mesmo foi detectado: L4 e L5 a 2,5 m e 1,5 m de profundidade respectivamente; e da água encontrada no furo de sondagem J2. De modo a avaliar as águas superficiais foram feitas coletas no Igarapé Altamira, a cerca de 600 m do lixão, junto à Transamazônica, e em outros dois pontos já na área urbana.

Foram analisados no solo: pH, cloreto, nitrogênio amoniacal, carbono orgânico total e os metais pesados cádmio, chumbo, cromo, mercúrio, níquel e zinco. Nas amostras de lixiviado, da água da sondagem a jusante (J2) e na amostra do Igarapé Altamira, no ponto mais próximo ao lixão, foram analisados pH, cloreto, DQO, nitrogênio amoniacal, carbono orgânico total e os metais pesados cádmio, chumbo, cromo, mercúrio, níquel e zinco e nas duas amostras do Igarapé, mais distantes, pH, cloreto, DQO, condutividade e nitrogênio amoniacal.

4.2 DIAGNÓSTICO SOBRE CONTAMINAÇÃO DOS SOLOS E ÁGUAS

Os resultados encontrados nas análises de lixiviado mostraram a presença de elementos característicos do mesmo quais sejam: demanda química de oxigênio (DQO), com valores entre 26870 e 45880 mg/L; cloreto variando de 343 a 1719 mg/L; e nitrogênio amoniacal, entre 280 e 686 mg/L.

Os valores determinados nas análises de amostras do solo retiradas nas sondagens mostram uma tendência, que permite algumas hipóteses.

Os principais parâmetros presentes em concentrações elevadas em lixiviados de depósitos de resíduos sólidos urbanos (além da DQO) e que podem permitir uma avaliação de plumas de contaminação são o nitrogênio amoniacal e o cloreto, sendo que este último, por ser pouco reativo, pode funcionar como uma espécie de traçador para a contaminação.

A **figura 23** apresenta os resultados de cloreto determinados no solo sob o lixão (amostras L1 a L5) e das demais sondagens (três a jusante e uma a montante). Verifica-se que, além das cerca de 4300 mg/kg detectadas em L4, os maiores valores de cloreto, entre 600 e 700 mg/kg, ocorrem nas amostras L1 e L5 retiradas logo abai-

xo do lixo, e os valores diminuem em profundidade. Em L3, a cerca de 15 m de profundidade, o valor encontrado é de 400 mg/kg. O nível de concentração de cloreto determinado é significativo, e considerando que valores semelhantes são encontrados nos pontos a jusante, é provável que a contaminação esteja ocorrendo. No ponto a montante, a cerca de 5 m de profundidade, em torno da cota 168 m, ocorre uma camada de um metro de silte com pedregulho, podendo formar uma camada mais permeável que permitiria uma migração de lixiviado para essa região, o que justificaria o valor de 550 mg/kg encontrado para cloreto.

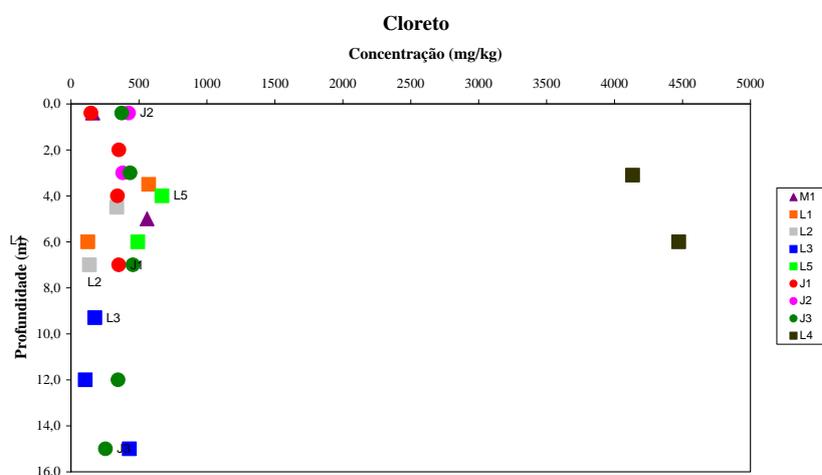


Figura 23. Concentração de Cloreto no solo
 (Fonte: ELETROBRÁS, 2009)

A **figura 24** apresenta os resultados de nitrogênio amoniacal. Os valores são baixos, e mesmo o valor de 30 mg/kg, na sondagem L4, não pode ser considerado alto. No entanto, esse elemento em geral não ocorre naturalmente em solos e, portanto indica uma migração do lixiviado.

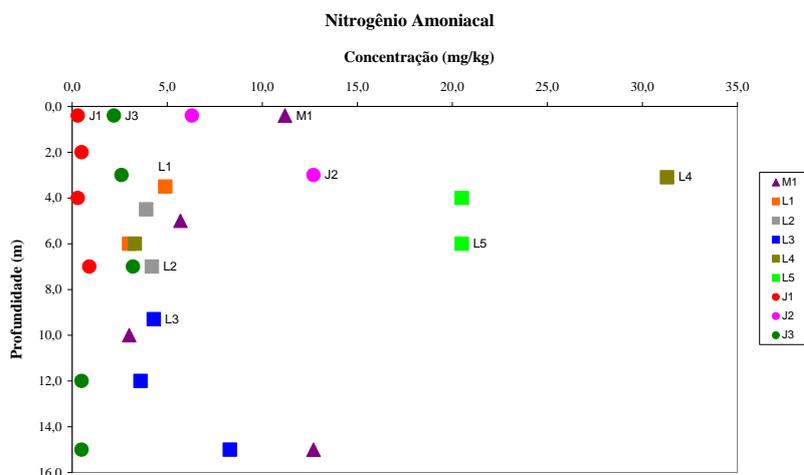


Figura 24. Concentração de nitrogênio amoniacal no solo.
 (Fonte: ELETROBRÁS, 2009)

Os resultados de carbono orgânico total (COT) estão apresentados na figura 25. Eles indicam a presença de carbono em teores significativos, próximo à superfície, o que seria esperado na região Amazônica. É sabido que os solos constituem um importante componente no ciclo biogeoquímico do carbono, representando, em determinadas regiões, áreas de elevado estoque do mesmo. Através da infiltração das águas nos solos a matéria orgânica vai sendo transportada e acumulada nas zonas do subsolo. Os valores de COT encontrados nas amostras de solo retiradas sob a massa de lixo e os valores encontrados nas áreas a montante e jusante do lixão estão próximos. Embora seja provável que os resultados de presença de carbono nas amostras de solo retiradas sob o lixo decorram da poluição dos resíduos domiciliares ali dispostos (com cerca de 60% de componentes orgânicos), os resultados de montante e jusante mostram que este poderia ser um ciclo natural na região.

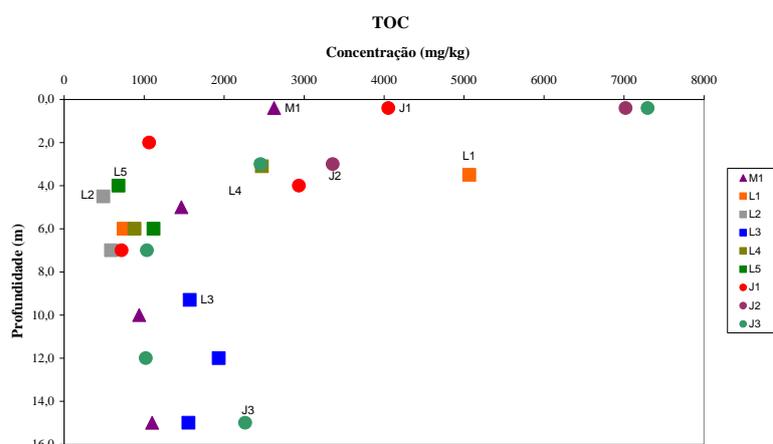


Figura 25. Concentração de Carbono orgânico Total (TOC) no solo.
(Fonte: ELETROBRÁS, 2009)

Não há contaminação por metais pesados cujas concentrações encontradas são muito baixas, com exceção do Cromo, cujos resultados estão apresentados na figura 26. O nível de referência de qualidade dos valores orientadores da CETESB é de 40 mg/kg, o nível de prevenção é de 75 mg/kg, enquanto que o nível de intervenção para atividade agrícola é de 150 mg/kg. Verifica-se que os resultados em sua maioria estão acima do nível de referência, e entre o nível de prevenção e interferência; somente um ponto (J3) está acima de interferência. Não há uma explicação, com base em atividades antropogênicas, para tal fato, na medida em que, a menos da existência de algumas oficinas eletro-mecânicas de pequeno porte, não há informações sobre possíveis fontes de Cromo na região. Uma possibilidade, que poderia ser a de curtumes em função dos frigoríficos locais, foi descartada pelas informações obtidas. Assim, não deve ser descartada a possibilidade de o Cromo ser de fonte natural, como constituinte da matriz do solo da região.

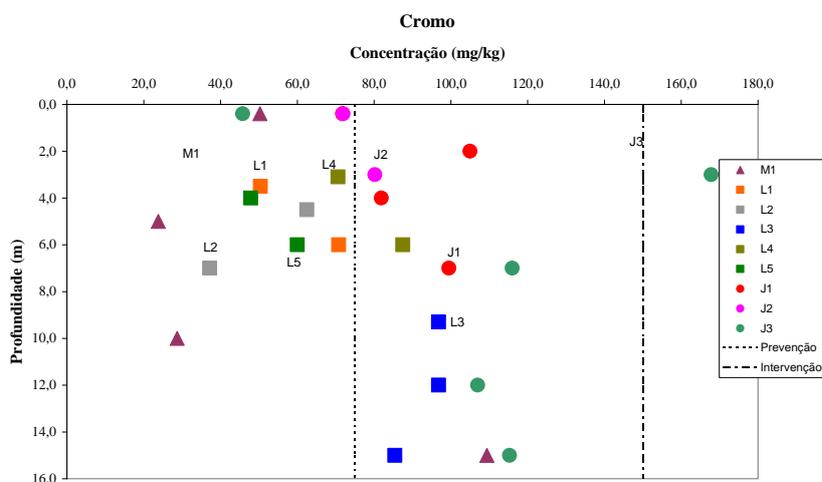


Figura 26. Concentração de Cromo no solo.
(Fonte: ELETROBRÁS, 2009)

Os resultados na amostra de água do Igarapé Altamira, em todos os pontos retirados, não indicam (na data da amostragem) de forma geral a presença de contaminação por lixiviado. Apenas a DQO é relativamente alta, mas dissociada de concentrações significativas de cloreto e nitrogênio amoniacal.

Não há dúvida quanto ao potencial de impactos ambientais resultantes da presença de lixões. No caso do lixão de Altamira, embora não seja possível uma conclusão definitiva, pelo já exposto, há evidências de que o lixão está gerando impactos que estão se propagando dentro dos limites em que foram realizadas as sondagens. No entanto, há que se ressaltar, que a indicação de lençol freático profundo, minimiza o possível impacto nas águas subterrâneas.

CAPÍTULO 5

LIXÃO DE SÃO PEDRO DA ALDEIA-RJ

Colaborou neste capítulo José da Silva Lima

LIXÃO DE SÃO PEDRO DA ALDEIA

O município de São Pedro da Aldeia (RJ) vazou seus resíduos sólidos urbanos (e provavelmente outros tipos de resíduos) durante muitos anos num lixão, antes de passar a utilizar o aterro sanitário de uma empresa privada desde 2008. Ao longo de 2000, 2001, 2002, 2003 e 2007 (RESUB, 2001; LIMA, 2003, SALLES, 2003; CARDOSO, 2007) foram realizados trabalhos de campo e coleta de amostras em 6 piezômetros, instalados no entorno do lixão, 3 lagoas e um poço de cacimba existentes no local de modo a identificar a contaminação das águas subterrâneas no entorno do antigo lixão. As medidas de concentrações apresentadas comparam parâmetros comuns às 3 campanhas realizadas (LIMA, 2003; SALLES, 2003; CARDOSO, 2007). Na primeira campanha foram analisados muitos elementos entre eles metais pesados. As medidas de concentração de cromo total, chumbo, cádmio, cobre e mercúrio ficaram abaixo do nível de detecção do equipamento. Neste trabalho são comparados pH, temperatura, condutividade elétrica (CE), medidos no campo e cloreto (Cl^-), sódio (Na^+), potássio (K^+) e nitrogênio amoniacal (NH_4^+), determinados em laboratório (RITTER *et al.*, 2010).

5.1. 5.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA

O município de São Pedro da Aldeia está situado na região dos Lagos, que dista cerca de 150 km da cidade do Rio de Janeiro, sendo um importante pólo turístico do Estado. Cerca de 15% da área total da região é composta por lagoas hipersalinas e salinas, sendo as mais conhecidas as de Araruama e Saquarema.

A população da região dos Lagos é de 340 mil habitantes, enquanto que a de São Pedro da Aldeia é de 63.227, distribuídos em 50 bairros (IBGE, 2000). A população atual (2010) é estimada em 80.000 habitantes. No entanto, na época de férias e feriados prolongados esta população pode aumentar em até duas vezes. O sistema de abastecimento público de água na região depende basicamente de concessionárias privadas. Nas áreas rurais é prática comum que o abastecimento de água seja feito através a captação de águas subterrâneas.

De acordo com instrumentalização instalada na Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia, a área se caracteriza como de baixo nível pluviométrico. A temperatura média da região varia de 21 a 28°C.

O lixão de São Pedro da Aldeia está localizado em área predominantemente rural, em Campo do Alecrim, distando aproximadamente 2,0 km do centro urbano do município e ocupa cerca de 22.000 metros quadrados. Ele operou de 1990 a 2008 e a produção de resíduos urbanos em 2007 era cerca de 1.900 ton/mês.

A área pode ser considerada como um pequeno vale, sendo que o lixo foi disposto no topo de uma ondulação. À jusante da área, até 2003, existiu uma vala que drenava o lixiviado do aterro, e servia de limite com o terreno adjacente. Na direção da linha de drenagem, a partir dessa vala, existem quatro pequenas lagoas para armazenamento de água de consumo animal.

O aumento da área do lixão se deu de forma tão desordenada que ultrapassou a área delimitada para sua ocupação e avançou sobre o terreno de uma fazenda à jusante que era utilizada como pasto para gado e eqüinos. Como o lixão não possuía barreiras físicas para impedimento de animais e catadores de lixo, alguns catadores construíram moradias com materiais provenientes do lixão e viviam sob condições sub-humanas.

Foram realizadas 19 sondagens à percussão para caracterizar a área do entorno do Lixão (RESUB, 2001). Posteriormente, com o objetivo de instalar piezômetros para o monitoramento, foram efetuadas 14 sondagens a trado.

O perfil geotécnico da área consiste de uma camada superficial de solo aluvionar argilo-arenoso acinzentado nos primeiros metros, devido à presença de matéria orgânica, e amarelado nos últimos metros, sendo que esta camada apresentou uma variação de 0,50 m a 3,5 m de espessura. Subjacente a esta camada observa-se a ocorrência de um solo residual jovem silto-arenoso altamente micáceo (biotita) de coloração cinza escura com cerca de 1,0 m a 3,0 m de espessura. O topo rochoso foi detectado em profundidades que variaram de 1,0 m a 8,0 m. Ensaios de infiltração "in situ" efetuados na camada superficial do solo argilo-arenoso resultaram em valor de coeficiente de permeabilidade de 5×10^{-6} cm/s (RESUB, 2001).

Em um processo de avaliação de contaminação de um local é fundamental a determinação de referências de concentração naturais da região, sem o efeito da ação antrópica. Neste sentido, foram definidos dois poços de cacimba, Pau Ferro e Alecrim, localizados, respectivamente, a sudoeste e oeste, cerca de 1,5 e 1,0 km do lixão de

São Pedro da Aldeia. A **tabela 6** apresenta os níveis de referência para pH, condutividade elétrica (CE), cloreto (Cl^-) e sódio (Na^+). Os valores de cloreto e sódio estão elevados, porém refletem a natural salinidade da região. A resolução CONAMA 357 (CONAMA, 2005) limita em 250 mg/L a concentração para cloreto para água Classe 1, sendo este valor também indicado pela portaria 518 do Ministério da Saúde que dá limites de qualidade da água para consumo humano.

Tabela 6. Concentrações em locais de referência da região.

Pontos	Pau Ferro	Alecrim
pH	6,63	6,91
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	3700	1734
Cl (mg/L)	615	238
Na (mg/L)	571	316

5.2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os piezômetros foram instalados em furos efetuados à trado (Lima, 2003), e foram construídos dentro dos parâmetros preconizados pela ABNT, NBR 13895 "Construção de poços de monitoramento e amostragem". Somente em 6 dos 14 furos apareceu água. A **figura 27** apresenta a localização dos piezômetros (P1, P2, P3, P12, P13, P14), da vala de drenagem (VD), das 3 lagoas (L1, L2 e L3) e um poço tipo cacimba (PC15), identificado no Haras Cabo Frio, a 420 m da vala de drenagem, todos à jusante da área. O piezômetro P8 está à montante do lixão. A vala de drenagem recebia o lixiviado, conforme se observa na **figura 28**.

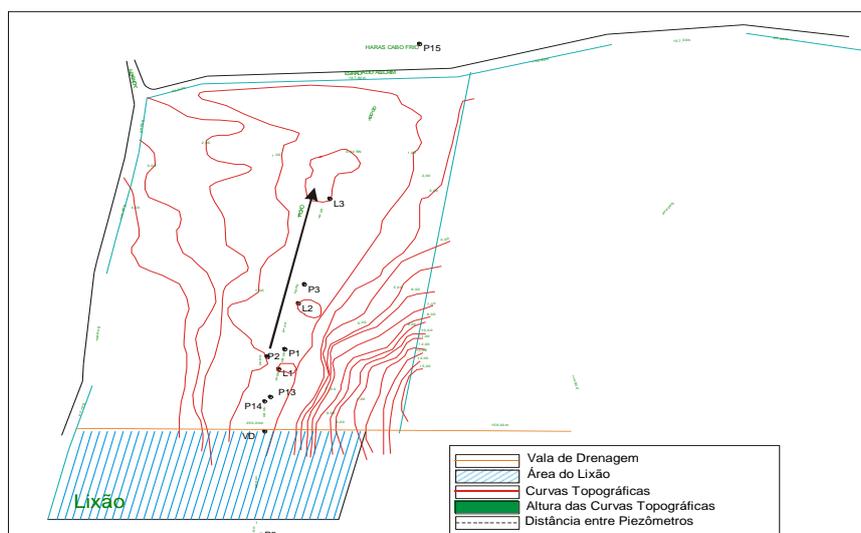


Figura 27. Localização dos pontos de amostragem.
(LIMA, 2003)



Figura 28. Vala de drenagem.
(LIMA, 2003)

Foram realizadas as seguintes campanhas de amostragem: nos meses de fevereiro, abril, junho e setembro de 2000, e fevereiro, abril, agosto e setembro de 2001; novembro e dezembro de 2002 e fevereiro e abril de 2003; e por fim em junho de 2007. Nessa última campanha alguns pontos do monitoramento não foram encontrados, possivelmente por falta de manutenção. A vala de drenagem (VD), que havia sido um marco nas campanhas anteriores, estava coberta de lixo, pois a disposição avançou para essa área. Assim, na amostragem de 2007, foram mantidos os piezômetros P8, P14, P2 e P3 e as lagoas superficiais L1, L2 e L3. A **tabela 7** apresenta um resu-

mo das profundidades e distância em relação à vala de drenagem dos pontos onde foi efetuada a coleta de amostras para o monitoramento.

Os níveis d'água obtidos nos piezômetros nos meses de máxima pluviometria em 2000 e 2001 estão apresentados na **tabela 8**. Observa-se que próximo ao lixão, à montante, o lençol freático está mais profundo, e à jusante mais aflorante. Na região dos piezômetros P14 e P13, em época de chuva, aflora lixiviado.

Os parâmetros físico-químicos medidos no campo foram: pH, temperatura, condutividade elétrica (CE). Em laboratório foram medidos cloreto (Cl⁻), sódio (Na⁺), potássio (K⁺) e nitrogênio amoniacal (NH₄⁺). A **tabela 9** apresenta os equipamentos utilizados.

Tabela 7. Pontos de monitoramento.

Pontos	Profundidade (m)	Distância em relação à VD (m)
P8	8,1	- 143,0
VD	0,0	0,0
P14	1,7	22,0
L1	0,0	44,0
P2	7,5	74,0
L2	0,0	134,0
P3	3,0	151,0
L3	0,0	229,0
PC15	0,0	419,0

Tabela 8. Níveis d'água nos piezômetros.

Piezômetros	Profundidade (m)	
	Setembro 2000	Abril 2001
P8	6,82	7,12
P14	0,58	0,50
P13	1,12	1,00
P2	2,30	5,60
P1	1,90	4,20
P3	3,21	3,70

Tabela 9. Equipamentos utilizados.

Parâmetros	Equipamento	Modelo	Fabricante
pH	pHmetro	DM21	DIGIMED
CE	Condutivímetro	DM3	DIGIMED
NH ₄ ⁺	Eletrodo Seletivo	ORION 290 A+	THERMO
Na ⁺ , K ⁺	Fotômetro de Chama	B462	MICRONAL
Cl ⁻	Método titulométrico		

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros medidos são apresentados e analisados comparando os resultados obtidos na campanha de 2007 com os resultados anteriores. Para tanto foram escolhidos das pesquisas anteriores os resultados dos monitoramentos nos mesmos meses, ou meses próximos ao monitoramento de 2007, em função das variações de pluviometria ao longo do ano.

Os gráficos das análises efetuadas nas amostras das águas superficiais e subterrâneas do entorno do lixão do município de São Pedro da Aldeia estão apresentados nas **figuras 29 a 35**. Os parâmetros físico-químicos e químicos das amostras estão apresentados nos eixos das ordenadas; as nomenclaturas e respectivas distâncias dos

piezômetros e das lagoas, em relação à vala de drenagem do lixiviado (VD), estão apresentadas nos eixos das abscissas.

A **figura 29** apresenta a variação do pH nos pontos de monitoramento ao longo dos anos de pesquisa. Verifica-se que o piezômetro 14 (P14) tem valor mais próximo do lixiviado (VD), enquanto P2 e P3 estão com valores mais próximos do PC15, e com os valores medidos (6,63 e 6,91) dos poços de cacimba instalados na região (**tabela 9**). A lagoa superficial L1 está apresentando valor mais elevado, enquanto que os valores de pH para junho de 2007 são maiores que os valores dos anos anteriores, neste mesmo período, o que pode indicar um aumento na contaminação das águas devido à presença de lixiviado do lixão. SOUTO e POVINELLI (2007), em pesquisa realizada com lixiviados de vários locais de disposição de resíduos no Brasil indicam valores de pH acima de 7,2 (em 78% das medidas), indicando um pH alcalino.

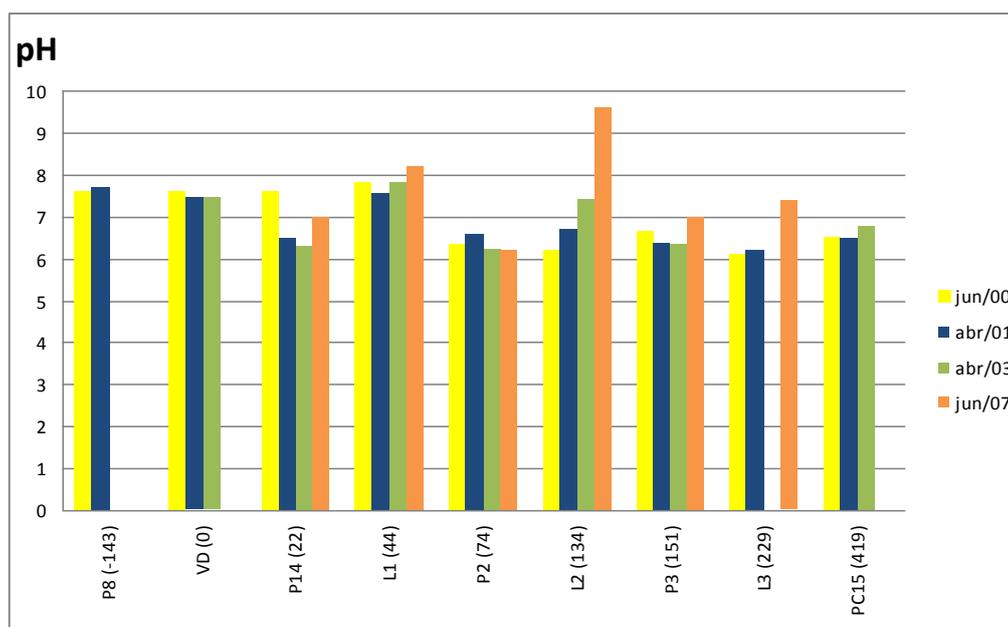


Figura 29. Potencial Hidrogeniônico (pH).
 (Fonte: RITTER *et al.*, 2010)

A condutividade elétrica (CE) é definida como a medida da habilidade da água de conduzir uma corrente elétrica. Esta habilidade depende da presença de íons (na sua concentração total, mobilidade e valência) e na temperatura de medição. A **figura 30** apresenta a variação da CE nos pontos de monitoramento. Nos pontos próximos à vala de drenagem (VD), podem-se verificar valores elevadíssimos de CE, especialmente nas campanhas de 2003 e 2007. Valores típicos de lixiviado segundo Souto e Povi-

nelli (2007) variaram de 3000 a 10.000 uS/cm em 44% dos aterros pesquisados, de 10.000 a 18.000 uS/cm em 33% e acima deste valor até 25.000 uS/cm em 22% deles. As medidas no lixiviado de São Pedro da Aldeia indicaram valores até próximo de 35.000 uS/cm. Uma observação importante a ser considerada é que a partir de outubro de 1999 a prefeitura do município passou a vazar cerca de 20 t/dia de algas marinhas provenientes da laguna de Araruama e de 10 t/dia de sedimentos derivados das salinas do município, o que potencializa a característica salina da região. Tanto os piezômetros P14 e P2 (medida de 2007) como a lagoa L1 indicam as conseqüências do impacto desta disposição de resíduos. Ocorre um decaimento nas concentrações somente nos pontos mais a jusante, porém indicando ainda altos valores para as águas subterrâneas, especialmente na medida de 2007, para o piezômetro P3 a 150 m de distância, mostrando que possivelmente o processo de contaminação está avançando, não se observando uma atenuação. Nas águas superficiais mais a jusante não ocorreu mudança considerável, diminuindo sensivelmente o nível medido anteriormente; no entanto, em L2 a CE medida pode ser considerada alta.

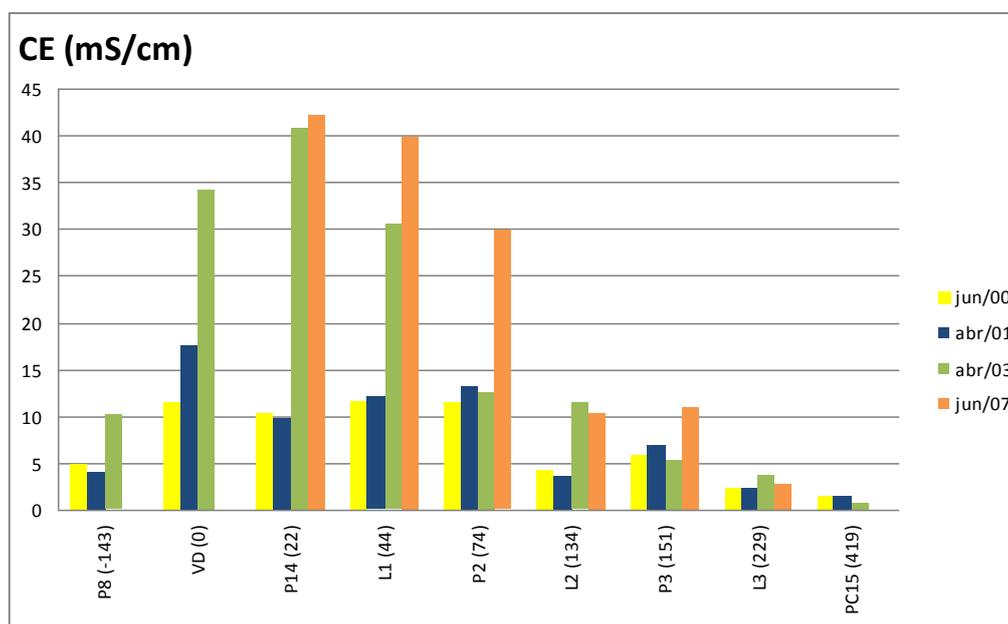


Figura 30. Condutividade Elétrica (CE)
(Fonte: RITTER *et al.*, 2010)

A **figura 31** apresenta a variação do Cl⁻. O cloreto é um dos melhores indicadores da contaminação por lixiviado. Assim como a condutividade elétrica, as análises de cloreto apresentaram elevados valores de concentração no lixiviado da vala de dre-

nagem, pois o menor valor determinado foi de cerca de 8000 mg/L, em 2000/2001 indo para quase 14000 mg/L em 2003. Souto e Povinelli (2007) verificaram que 72% dos aterros tem cloreto até 3000 mg/L. Sendo assim as concentrações de São Pedro da Aldeia são totalmente fora de padrão normal. A concentração de cloreto na lagoa de Araruama é de 41.100mg/L, maior do que a salinidade do mar (cerca de 35000 mg/L). Sendo assim, considerando a disposição dos sedimentos da lagoa no lixão e a condição local, os valores são excepcionais. Verifica-se, conseqüentemente, um elevado grau de contaminação das águas subterrâneas próximas ao lixão (P14), pois as os valores das medições triplicaram em 2003 quando relacionadas com as de 2000 e 2001, indicando o aumento da contaminação. As medições de 2007 nos 3 piezômetros indicam o avanço do processo da contaminação; ressalta-se ainda que a concentração no piezômetro P3 é cerca de 5 vezes a concentração de referência do local, Pau Ferro, (**tabela 1**), que é elevada. Somente o poço de cacimba, distante mais de 400 m, indicou nas medições até 2003 que a pluma de contaminação não havia chegado até lá; porém, em 2007 esse poço não foi localizado. As águas superficiais das lagoas existentes indicam um decaimento somente a partir de 200 m, mas mantém valores da ordem de 500 mg/L em 2007.

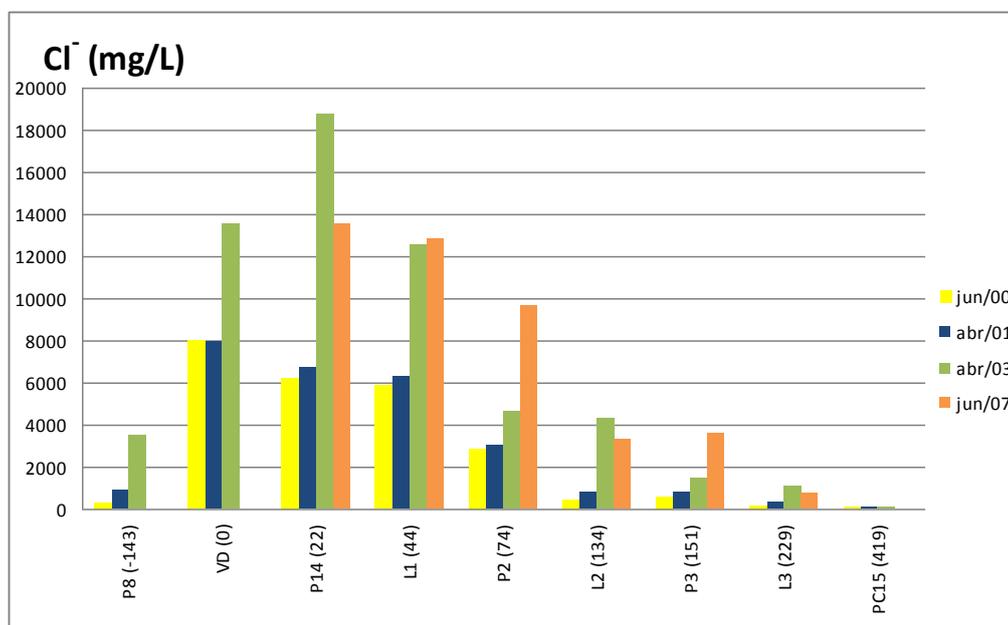


Figura 31 – Cloreto (Cl-)
 (Fonte: RITTER et al., 2010)

A **figura 32** apresenta a variação de Na^+ nos pontos de monitoramento ao longo dos anos não tendo sido, no entanto, monitorado por Salles (2003). O valor de sódio medido para o lixiviado em 2001 (5500 mg/L) está significativamente superior ao valor médio de cerca de 3000 mg/L (RITTER *et al*, 2003) do Aterro de Gramacho, junto a baía de Guanabara, que atende a cidade do Rio de Janeiro. Souto e Povinelli (2007) não indicaram valores para sódio. Porém, possivelmente esta presença de Na pode estar ligada à disposição de algas. Os valores registrados nos pontos P14 e P2 em 2007 acompanham as observações anteriores, indicando o avanço da contaminação.

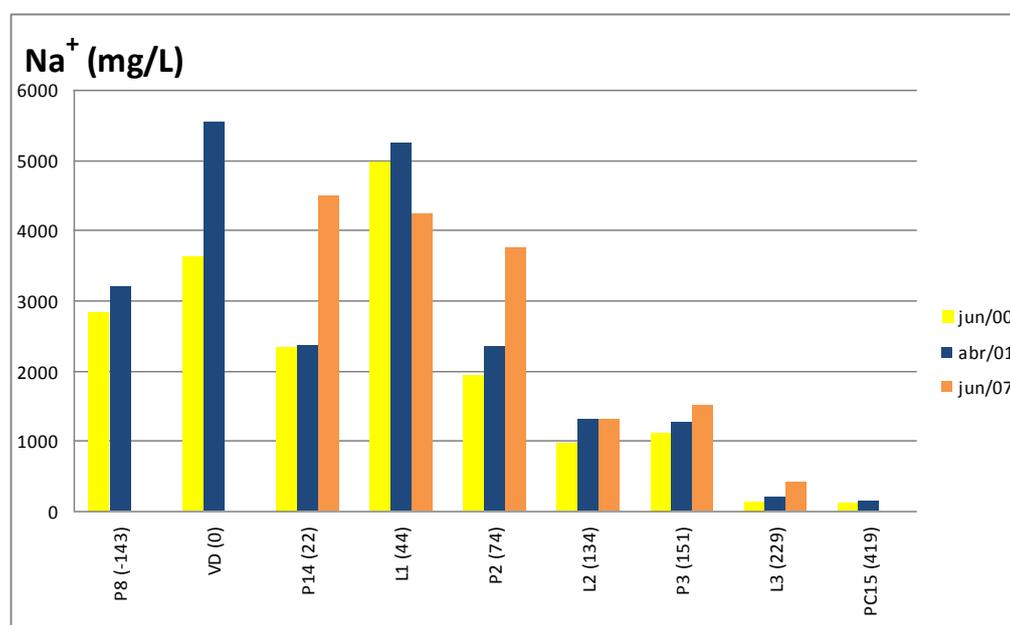


Figura 32. Sódio (Na^+)
(Fonte: RITTER *et al.*, 2010)

A **figura 33** apresenta a variação de K^+ nos pontos de monitoramento ao longo dos anos, não tendo sido monitorado por Salles (2003). Neste íon verifica-se claramente o aumento da contaminação em todos os pontos monitorados, na campanha de 2007, pois os valores medidos superam em muitos os valores dos monitoramentos dos anos anteriores. Verifica-se ainda indicação de potássio em P3 e LJ 14, acompanhando o avanço de cloreto e sódio. Comparando novamente os valores de potássio do lixiviado do lixão de São Pedro da Aldeia com os valores do aterro de Gramacho (cerca 1700 mg/L), o valor registrado nesta pesquisa é superior.

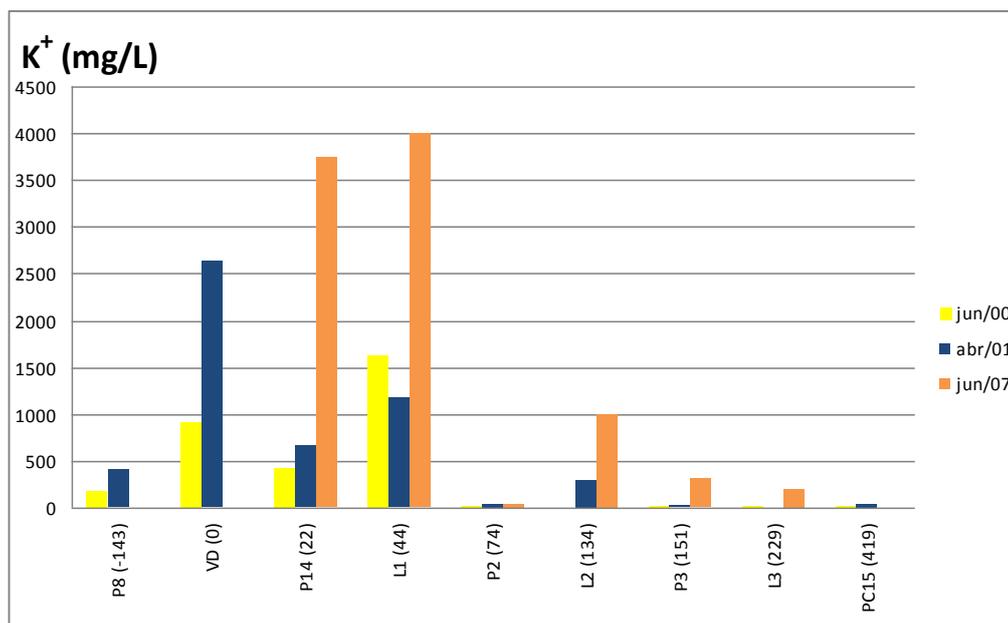


Figura 33. Potássio (K+)
(Fonte: RITTER *et al.*, 2010)

A **figura 34** apresenta a variação de nitrogênio amoniacal. O valor máximo de 450 mg/L medido no lixiviado, em 2003, está dentro da faixa de observação de 0 a 600 mg/L, registrado por SOUTO e POVINELLI (2007) em 31% dos aterros pesquisados. Os valores apresentados por LEAL (2003), nos pontos de maior contaminação (VD, P14 e L1), mais próximo ao limite do lixão, são muito inferiores aos valores de 2007. Este fato pode estar relacionado a algum problema na coleta ou nas análises de laboratório. Evidencia-se ainda um comportamento diferenciado do nitrogênio amoniacal em relação aos demais íons referente ao avanço da pluma de contaminação, pois o valor indicado em 2007 no piezômetro P14, situada a 22 m de distância da fonte de contaminação, é extremamente alto (cerca de 450 mg/L), e os valores a partir do piezômetro P2 são muito baixos. As medidas em 2001 indicam tanto para P2 como para L2 cerca de 20 mg/l, ou seja, na área de influência do lixão, o íon NH_4^+ apresenta concentrações expressivas para um íon que normalmente não faz parte dos íons maiores da água, porém, sempre presente de forma significativa em lixiviados (DEUTSCH, 1997 e CHRISTENSEN *et al*, 2001). A resolução CONAMA 357/05 (CONAMA, 2005) determina para água - Classe 1 o limite de 2,0 mg/L para pH entre 7,5 e 8,0 e 20 mg/L para lançamento de efluentes. O nitrogênio amoniacal pode ter um comportamento reativo sendo sorvido pelo solo, ocorrendo assim o seu retardamento (RITTER & CAMPOS, 2006; FERREIRA *et a.l*, 2007; LINS, 2008), o que justificaria o não apare-

cimento nos demais piezômetros. Observa-se ainda que as medidas do poço de cacimba realizadas em 2000 e 2001 mostram valores mais altos do que os detectados no lixiviado (VD) naquela data, indicando possivelmente outra causa desta contaminação. Uma possibilidade é que este poço de cacimba, situado num haras, tenha tido como causa da contaminação os excrementos de cavalos. A medida de água superficial (L1) também indica valor significativo.

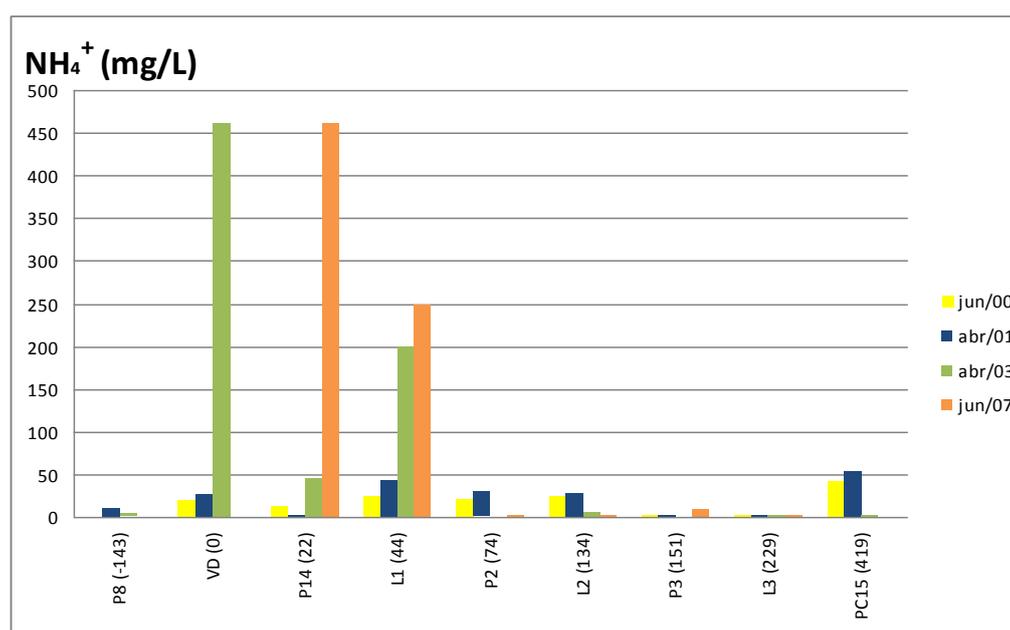


Figura 34. Nitrogênio Amoniacal (NH4+).
(Fonte: RITTER *et al.*, 2010)

5.4 Conclusão

Os resultados das análises nas águas superficiais e subterrâneas no entorno do lixão de São Pedro da Aldeia mostraram que os impactos atingiram cerca de 150 metros de distância, e as medidas realizadas sete anos após o primeiro monitoramento indicam que possivelmente o processo de contaminação está avançando, não se observando uma atenuação. O avanço pode se estender ao longo do tempo e comprometer o uso especialmente das águas subterrâneas. Os parâmetros analisados mostraram uma contaminação típica de lixiviados de depósitos de resíduos no solo sem proteção e controle. O presente estudo reforça a necessidade de que sejam efetuados esforços para identificação e recuperação de áreas degradadas, por disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, encontradas em quase todos os municípios brasi-

leiros e que representam uma fonte permanente de poluição potencial do meio ambiente, em particular, dos recursos hídricos.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das análises efetuadas nos quatro locais de estudo indicam a diversidade de situações que podem ocorrer com a disposição de resíduos sólidos de forma inadequada. Por outro lado, uma observação interessante é que em três locais havia a proximidade de fábricas de cerâmica, em geral desativadas, mostrando que o local da disposição inadequado foi escolhido em área onde já havia sido jazida de argila.

Os resultados de componentes encontrados nos lixiviados mostram que o potencial de poluição ambiental de lixões é significativo. Destaca-se ainda, que a presença praticamente desprezível de metais pesados apenas confirma o que a literatura traz sobre o assunto, que não devem ser motivo de maiores preocupações em depósitos de resíduos domiciliares.

No lixão da Marambaia, em Nova Iguaçu, ocorre contaminação do solo em profundidade, em dois locais no perímetro do depósito, indicada principalmente por cloreto e nitrogênio amoniacal, e somente em um destes pontos a água subterrânea indicou a contaminação, no ponto onde o lençol estava mais superficial.

O depósito do Anta em Sapucaia não apresentou contaminação no solo, e tem uma situação de subsolo diferenciada dos demais estudos pela proximidade da rocha, variando de 2 a 5 metros de profundidade. O nível d'água em alguns pontos estava dentro do depósito de lixo.

O lixão de Altamira apresentou uma contaminação em profundidade indicada pelo cloreto (tendo chegado até 15m) e valores baixos para nitrogênio amoniacal, porém que indicam que há um processo de contaminação em andamento. No entanto, este local apresenta uma condição especial em relação aos demais pelo fato das sondagens, realizadas até 30m de profundidade, não detectarem nível d'água. Este fato aliado à condição de um solo com predominância de argila faz com que os possíveis impactos fiquem atenuados pela condição hidrogeológica e geotécnica local.

No entorno do lixão de São Pedro da Aldeia as análises nas águas superficiais e subterrâneas mostraram que os impactos atingiram cerca de 150 metros de distância, e as medidas realizadas sete anos após o primeiro monitoramento indicam que possi-

velmente o processo de contaminação está avançando, não se observando nenhuma atenuação. Neste estudo não foi possível se avaliar a condição do solo, somente a das águas. No entanto, os resultados mostram claramente o enorme impacto deste lixão no local.

Os casos apresentados indicam a importância de uma avaliação dos locais de disposição inadequada existentes. A diversidade de situações hidrogeológicas e geotécnicas permite que vários cenários de transporte de contaminantes no solo possam ocorrer, gerando impactos locais diferenciados. A presença de lençol freático superficialmente, ou próximo da superfície, inegavelmente é um fator extremamente negativo nestas situações, facilitando o avanço da contaminação. Um diagnóstico destas situações é uma contribuição para projetos de recuperação de lixões e para novos projetos e soluções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referências Bibliográficas

- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. (2009). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2009**. ABRELPE, São Paulo. 208 p.
- APHA, AWWA, WPCF. (1998) **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 20th edition, New York.
- BRASIL, Ministério da Saúde, Portaria n° 518, **Qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**, 25 de março de 2004.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente- Resolução n° 357. **Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes**, 17 de março de 2005.
- CARDOSO, R.P. (2007). **Monitoramento da pluma de contaminação do lixão do município de São Pedro da Aldeia**. Trabalho de Fim de Curso. Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 59p.
- CASTILHOS JR, A. B (2005), coord. Relatório de Rede Prosab/FINEP - **Tratamento, recuperação e disposição integrados de resíduos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água**, 178 pp. Campo Grande.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2005). **Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. Decisão de Diretoria n° 195. 2005-E.
- CHRISTENSEN, T.H.; COSSU,R.; STEGMANN, R. (1989) **Sanitary landfilling: process, technology and environmental impact**. Academic Press, London.
- CHRISTENSEN, T.H.; KJELDEN, P.; BJERG, P.L.; JENSEN, D.L.; CHRISTENSEN J.B. ANDERS, B.; ALBRECHTSEN, H.J.; HERON G. (2001). **Biogeochemistry of landfill leachate plumes**. Applied Geochemistry. 16: 659-718.
- CONAMA 357/2005. **Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais**. 23 p.

- D'ALMEIDA, M.L.O.; VILHENA, A. (2000). **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. IPT CEMPRE, 2ª ed., São Paulo.
- DEUTSCH, W.J. (1997). **Groundwater geochemistry: fundamentals and applications to contamination**. Lewis Publishers-New York. 218 p.
- ELETROBRÁS (2009) **Aproveitamento hidrelétrico Belo Monte: Estudos de Impacto Ambiental**.
- FERREIRA, J.A.; RITTER, E.; PIRES, J.A.; VALADÃO, I.C.R.P. (2007). **Diffusion on the compacted soil foundation and geomembrane in Rio das Ostras sanitary landfill, Brazil**. Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium, 2007, Sardinia. 20th Anniversary Sardinia Symposium, CD-ROM.
- FURNAS; ENGEVIX (2006) **Programa de redimensionamento e relocação da Infra-estrutura - Subprograma de relocação do depósito de lixo e construção do aterro sanitário de Sapucaia**. 52 p. (Relatório Restrito).
- GIORDANO, G. (2003). **Análise e formulação de processos para tratamento dos chorumes gerados em aterros de resíduos sólidos urbanos**. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Ciência dos Materiais e Metalurgia da PUC-RIO.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2000. **Censo 2000**. Rio de Janeiro.
- JUNQUEIRA, F.F. E PALMEIRA, E.M. (1999). **Monitoramento do comportamento de lixo em células geotecnicamente preparadas**, In: REGEO'99. Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental. pp. 428-433.
- LIMA, J.S. (2003). **Avaliação da contaminação do lençol freático do Lixão de São Pedro da Aldeia-RJ**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 78 p.
- LINS, C.M.M. (2008). **Avaliação da zeólita natural para aplicação em barreiras reativas permeáveis no tratamento do lixiviado do aterro da Muribeca/PE**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 130 p.

- MATOS, T.P. (2005). **Avaliação da contaminação hídrica no entorno do antigo lixão da Marambaia – RJ**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 103 p.
- MOTA, M.F.P. (2005). **Avaliação da contaminação do solo e o transporte de contaminantes no antigo lixão da Marambaia – Nova Iguaçu/RJ**. Dissertação de M.Sc. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- RESUB - Projeto RESUB Lagos (2001). **Caracterização hidrogeológica do município de São Pedro da Aldeia e Iguaba Grande**. Relatório final de pesquisa. UFF, Niterói. 72 p.
- RITTER, E.; Campos, J.C.; GATTO, R.L. (2003). **Medida do Processo de contaminação da argila orgânica da barreira lateral do Aterro Metropolitano de Gramacho**. 5º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, REGEO'03. Porto Alegre. CD-ROM. 12 p.
- RITTER, E.; Campos, J.C.; GATTO, R.L. (2004). **The contamination level through na organic soil of Gramacho MSW landfill**, In: Proceedings ISC-2 on Geotechnical and Geophysical Site Characterization, Viana da Fonseca & Mayne (eds.), pp. 1339-1343.
- RITTER, E.; CAMPOS, J. C. (2006). **Avaliação da sorção e difusão molecular de íons inorgânicos do lixiviado e da argila orgânica do Aterro Metropolitano de Gramacho (RJ)**. Solos e Rochas – Revista Latino-americana de Geotecnia, Vol.29-1, p. 77-88.
- RITTER, E.; MOTA, M.F.P., CAMPOS, J. C. e VENTURA, M.A. (2006) **A contaminação do solo no perímetro do antigo lixão da Marambaia – Nova Iguaçu – RJ**. Revista de Ciência & Tecnologia, vol. 6, nº 1, p. 46-56.
- RITTER, E.; FERREIRA, J.A.; VENTURA, M.A.; MUNIZ DA SILVA, L.F (2007). **Perfis de contaminação do solo de fundação do depósito de lixo de Anta (RJ)**. 6º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, REGEO'07. Recife. CD-ROM. 8 p.

-
- RITTER, E.; FERREIRA, J.A.; PORTO, R.; LIMA, J.S. (2010). **Contaminação de recursos hídricos: Estudo de caso do lixão de São Pedro da Aldeia (RJ)**. Estudos Tecnológicos. vol.6, nº 2: 82-95.
- SALLES, J.L. (2003). **A avaliação ambiental e adaptação do lixão de São Pedro da Aldeia (RJ) em aterro controlado**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 111 p.
- SOUTO, G.B.; POVINELLI, J. (2007). **Características do lixiviado de aterros sanitários no Brasil**. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte. CD-ROM. 10 p.
- TCHOBANOGLIOUS G.; THEISEN, H.; VIGIL, S., (1993). **Integrated solid waste management - Engineering principles and management issues**. Mc Graw-Hill, Singapore.