

EQUIPE TÉCNICA

Proc.:	SB 3789/97
Fls.:	116
Ass.:	<i>[assinatura]</i>

DIVISÃO DE GEOLOGIA**Agrupamento de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente - Agama****Geólº Ângelo José Consoni****Agrupamento de Geologia Aplicada a Obras - Agao****Geólº José Domingos Faraco Gallas****Técnico Valter Domingos da Silva****Técnico João Francisco Martini****Agrupamento de Engenharia de Rochas - AER****Geólª Mirian Cruxên Barros de Oliveira****Técnico Arturo E.P.Ybars****APOIO****Secretária Maria Castro da Silva**

SUMÁRIO

Proc.:	SB 3289/97
Fis.:	117
Ass.:	<i>[assinatura]</i>

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	1
2 TRABALHOS REALIZADOS.....	2
3 RESULTADOS OBTIDOS	2
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	3
ANEXO A - ANÁLISE DOS ESTUDOS DE PROJETO DO ATERRO SANITÁRIO TIRADENTES, MUNICÍPIO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP	4
1 INTRODUÇÃO.....	5
1.1 OBJETIVOS.....	5
2 METODOLOGIA DE TRABALHO	6
3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO EMPREENDIMENTO.....	6
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	7
4.1 ASPECTOS DO MEIO FÍSICO.....	7
4.2 OUTROS ASPECTOS AMBIENTAIS	10
4.3 ASPECTOS GERAIS DO EMPREENDIMENTO	14
5 CONCLUSÕES.....	15
6 RECOMENDAÇÕES.....	19
BIBLIOGRAFIA.....	20

Proc.:	SB 3289/92
Fls.:	118
Ass.:	<i>[Assinatura]</i>

ANEXO B - DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO EM ÁREA PERTENCENTE AO LIXÃO DO ALVARENGA, MUNICÍPIO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP.....	21
1 INTRODUÇÃO.....	22
1.1 OBJETIVOS.....	23
2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.....	23
3 METODOLOGIA DE TRABALHO.....	23
4 RESULTADOS OBTIDOS.....	25
4.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA ÁREA ANALISADA.....	25
4.1.1 Geologia, Pedologia e Hidrogeologia.....	25
4.1.2 Geomorfologia.....	26
4.1.3 Impactos Negativos Instalados na área do aterro e arredores.....	27
4.1.3.1 Estudos anteriores.....	27
4.1.3.2 Observações efetuadas.....	31
4.2 Ensaio Geofísicos.....	36
4.2.1 Considerações teóricas sobre os métodos e técnicas utilizados.....	36
4.2.1.1 Polarização Induzida - Domínio do Tempo.....	36
4.2.1.2 Potencial Espontâneo.....	39
4.2.1.3 Resistividade Aparente.....	40
4.2.1.3.1 Caminhamento Polarização Induzida - Resistividade.....	41
4.2.2 Trabalhos Executados.....	42
4.2.3 Apresentação dos resultados.....	43
4.2.4 Análise dos resultados.....	44
4.3 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SOLO.....	46
4.3.1 Métodos utilizados para a determinação da condutividade hidráulica.....	46

Proc.: SB.3789/97.
Fls.: 119
Ass: <i>[assinatura]</i>

4.3.2 Resultados obtidos	47
4.4 A REMEDIAÇÃO DE ÁREAS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS	48
4.4.1 Aspectos Teóricos.....	48
4.4.2 Considerações Preliminares para a Remediação do Lixão do Alvarenga.....	55
5 CONCLUSÕES.....	63
6 RECOMENDAÇÕES.....	65
BIBLIOGRAFIA.....	67
ANEXO 1 - FIGURAS 7 A 25.....	69

Proc.:	SB 3287/92
Fls.:	120
Ass.:	<i>[Assinatura]</i>

PARECER TÉCNICO Nº 7 231

Natureza do Trabalho Análise dos estudos de projeto do aterro sanitário Tiradentes e diagnóstico do meio físico em área pertencente ao Lixão do Alvarenga, Município de São Bernardo do Campo, SP.

Interessado Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico - SCTDE
Programa de Assistência Técnica aos Municípios - PATEM
Prefeitura do Município de São Bernardo do Campo - PMSBC

1 INTRODUÇÃO

Este Parecer Técnico apresenta os resultados obtidos ao longo do projeto "Análise dos estudos de projeto do aterro sanitário Tiradentes e diagnóstico do meio físico em área pertencente ao Lixão do Alvarenga, Município de São Bernardo do Campo, SP", que a Divisão de Geologia do IPT executou para a Prefeitura do Município de São Bernardo do Campo - PMSBC, em atendimento à solicitação da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo - SCTDE, através do seu Programa de Assistência Técnica aos Municípios - PATEM, Ofício AAM-006/98, de 06.02.98.

1.1 OBJETIVOS

Os trabalhos executados visaram :

- a) a análise dos estudos de projeto do Aterro Sanitário Tiradentes, realizados pela empresa Emparsanco S.A. e cujo principal usuário seria o município de São Bernardo do Campo; e
- b) a definição do contorno da pluma de contaminação no aquífero freático a sul do local de disposição, a determinação da permeabilidade dos solos locais e o fornecimento de orientações gerais para o encaminhamento das operações de recuperação ambiental da área do lixão do Alvarenga.

Proc.:	SB 3289/92	Parecer Técnico Nº 7 231
Fis.:	129	
Ass.:	<i>[Assinatura]</i>	

2 TRABALHOS REALIZADOS

Para a consecução dos objetivos foram efetuadas as seguintes atividades:

- a) quanto ao Aterro Sanitário Tiradentes:
 - a.1) exame dos documentos técnicos do projeto e demais informações disponibilizadas acerca do local;
 - a.2) vistoria técnica à área;
 - a.3) avaliação da adequação dos estudos e eventuais lacunas de informações;
 - a.4) elaboração do presente Parecer Técnico contendo os resultados dos trabalhos; e
- b) quanto ao lixão do Alvarenga:
 - b.1) levantamento de informações complementares acerca do local;
 - b.2) execução de ensaios geofísicos;
 - b.3) ensaios de permeabilidade em solos;
 - b.4) avaliação dos ensaios e das informações coletadas;
 - b.5) elaboração do presente Parecer Técnico contendo os resultados dos trabalhos.

3 RESULTADOS OBTIDOS

Em vista do escopo diferenciado das atividades abordadas neste Parecer Técnico, para maior clareza e compreensão, os resultados encontram-se apresentados separadamente, na forma de anexos.

Assim, no Anexo A encontram-se as discussões acerca dos estudos de projeto do Aterro Sanitário Tiradentes, bem como as conclusões e recomendações pertinentes.

Da mesma forma, no Anexo B são apresentados os trabalhos executados em relação ao lixão do Alvarenga.

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Parecer Técnico Nº 7 231

Proc.:	SB 3789/97
Fls.:	12 of
Ass.:	<i>[Signature]</i>

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como recomendação adicional à Prefeitura do Município de São Bernardo do Campo, sugere-se que as atividades de remediação do lixão do Alvarenga sejam consideradas como contrapartida municipal quando das negociações com a Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA em relação à viabilização de alternativas para o gerenciamento de resíduos sólidos no município.

São Paulo, 05 de maio de 1998.

DIVISÃO DE GEOLOGIA
Agrupamento de Geologia Aplicada
ao Meio Ambiente
Seção de Águas Subterrâneas

[Signature]
Angelo José Consoni
Geólogo
CREA 168.780/D - RE-7863.4

DIVISÃO DE GEOLOGIA

[Signature]
Geólº Omar Yazbek Bitar
Diretor
CREA 73 234/D - RE 7692-7

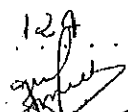
DIVISÃO DE GEOLOGIA
Agrupamento de Geologia Aplicada
ao Meio Ambiente

[Signature]
Geólº José Luiz Albuquerque Filho
Chefe de Agrupamento
CREA 99 860/D - RE 6093-9

Proc.:	SB 3289/17
Fis.:	123
Ass.:	<i>[Signature]</i>

ANEXO A

ANÁLISE DOS ESTUDOS DE PROJETO DO ATERRO SANITÁRIO TIRADENTES, MUNICÍPIO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP

Proc.:	SB 3789/97
Vls.:	12A
Ass.:	

ANÁLISE DOS ESTUDOS DE PROJETO DO ATERRO SANITÁRIO TIRADENTES, MUNICÍPIO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP

1 INTRODUÇÃO

A seguir é apresentada a primeira parte dos resultados obtidos ao longo do projeto "Análise dos estudos de projeto do aterro sanitário Tiradentes e diagnóstico do meio físico em área pertencente ao Lixão do Alvarenga, Município de São Bernardo do Campo, SP", que a Divisão de Geologia do IPT executou para o Município de São Bernardo do Campo, em atendimento à solicitação da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo - SCTDE, através do seu Programa de Assistência Técnica aos Municípios - PATEM, Ofício AAM-006/98, de 06.02.98.

Os resultados apresentados neste Anexo A referem-se às atividades de análise dos estudos de projeto do aterro sanitário Tiradentes. No Anexo B são apresentadas as atividades relativas ao diagnóstico do meio físico em área pertencente ao Lixão do Alvarenga. As atividades descritas nos Anexos A e B completam os objetivos previstos no citado projeto.

O município de São Bernardo do Campo está situado na porção leste da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e possui 411 km² de área, da qual 26,67% é de ocupação urbana, 18,10 % ocupada pela represa do reservatório Billings e 53,23 % pela área rural (em sua maior parte - 52,00% mais precisamente - pertencentes a Área de Proteção de Mananciais - APM).

Da área total do município, portanto, resta 1,23% (cerca de 5,05 km², ou 505,5 ha) onde se poderia, preliminarmente, cogitar a instalação de um aterro sanitário ou de outra forma de tratamento de resíduos sólidos.

1.1 OBJETIVOS

Os trabalhos executados visaram a análise dos estudos de projeto do Aterro Sanitário Tiradentes, realizados pela empresa Emparsanco S.A. e cujo principal usuário seria o município de São Bernardo do Campo.

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Processo	SB 3289/97	Parecer Técnico Nº 7 231
Fis.	125	
Ass.	<i>[Assinatura]</i>	

2 METODOLOGIA DE TRABALHO

A execução do trabalho compreendeu o desenvolvimento das seguintes atividades:

a) exame dos documentos técnicos do projeto e demais informações disponibilizadas acerca do local

Foram obtidos, na Prefeitura do Município de São Bernardo do Campo, o Relatório Ambiental Preliminar (RAP), elaborado em abril de 1996 pela Emparsanco, e o Parecer Técnico "Aterro Sanitário Tiradentes", elaborado pela Tetraplan Consultoria e Planejamento, em dezembro de 1996.

Ressalta-se que tanto as demais complementações posteriormente encaminhadas pelo empreendedor como os Pareceres emitidos pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA não puderam ser consultados; pelo fato de, apesar das solicitações efetuadas, o empreendedor não os haver providenciado.

b) vistoria técnica à área

Foi realizada uma visita técnica à área onde se pretende instalar o futuro aterro sanitário do município, ocasião em que foram conferidas as informações contidas nos estudos ambientais analisados e obtidas informações adicionais.

c) avaliação da adequação dos estudos e eventuais lacunas de informações

Os estudos realizados foram analisados sob a ótica de viabilidade técnica do empreendimento, de maneira que se possa propor eventuais alterações, complementações ou mudanças de abordagem.

d) elaboração de Parecer Técnico contendo os resultados dos trabalhos

3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO EMPREENDIMENTO

O Aterro Sanitário Tiradentes é um projeto previsto para ser implantado em terreno de 51,6412 ha situado na rua Tiradentes 3207, Vila do Tanque (Montanhão). Trata-se de propriedade particular da Emparsanco S.A., em área remanescente

Proc.: SB 3789/97
Fls.: 129
Ass.: [assinatura]

entre a Área de Proteção de Mananciais e a ocupação urbana do município, na micro-bacia do ribeirão dos Meninos, afluente do rio Tamanduateí.

O local consiste em um anfiteatro natural, com vertentes relativamente simétricas e íngremes, cujo eixo maior é paralelo à direção ENE-WSW.

A área comporta, ainda, uma Usina de Asfalto em operação e um edifício utilizado para as demais atividades da empresa.

Conforme o projeto, está prevista a recepção exclusiva de resíduos domiciliares urbanos, oriundos do município de São Bernardo do Campo. A vida útil prevista para o empreendimento é de 10 anos e a capacidade nominal é de 196.000 t/ano.

Tendo em vista as condições geológicas locais, está prevista a impermeabilização basal com sistema misto, argila (na impermeabilização principal, ou primária, e na impermeabilização terciária) e geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD), de 2 mm, na impermeabilização secundária.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A presente análise está fundamentada na primeira versão do Relatório Ambiental Preliminar (EMPARSANCO, 1996) e no Parecer Técnico "Aterro Sanitário Tiradentes" (TETRAPLAN, 1996).

4.1 ASPECTOS DO MEIO FÍSICO

A área do empreendimento está localizada em terrenos de ocorrência do Complexo Embu que compreende rochas metassedimentares fortemente alteradas pela ação de intemperismo (COUTINHO, 1972). São micaxistos, geralmente de granulação média a grossa, por vezes com intercalações de camadas pelíticas, xistosidade predominantemente em torno de N46E/58NW e afetados por fraturas N23E/74 NW e N70W/84SE. Ocorre, ainda, sucessão de leitos ora mais quartzosos ora mais micáceos e xistosos.

Embora, de modo geral, as rochas apresentem-se bastante alteradas, em campo é possível distinguir seus estágios de alteração. Suas características mineralógicas e texturais propiciam a formação de solo predominantemente arenoso, mas sempre com variadas proporções de argila e, eventualmente, camadas argilosas ou argilo-siltosas.

As análises granulométricas efetuadas em amostras de solo do local (IPT, 1996) confirmam tal hipótese. Trata-se de solo predominantemente arenoso e subordinadamente, siltoso. As amostras do horizonte mais superficial apresentaram teor considerável de fração argilosa, respectivamente de 45% (0,5 m) e 52% (2,0m). Nas amostras mais profundas, porém, o teor foi menor que 13% (TABELA 1).

Segundo o INSTITUTO MECCANICA DEI MATERIALI (1996), além de o teor de argila diminuir com a profundidade, o peso específico geralmente aumenta com a profundidade, enquanto a umidade diminui.

	PROFUNDIDADE (m)			
	0,5	2,0	3,0	4,0
δ (g/cm ³)	2,769	2,770	2,759	2,708
LL (%)	58,0	60,0	35,0	39,0
LP (%)	34,0	38,0	22,0	23,0
IP (%)	24,0	22,0	13,0	16,0
Argila (%)	45,0	52,0	10,0	13,0
Silte (%)	10,0	7,0	21,0	28,0
Areia fina (%)	30,0	29,0	46,0	45,0
Areia média (%)	10,0	10,0	21,0	12,0
Areia grossa (%)	3,0	1,0	1,5	2,0
Pedregulho (%)	2,0	1,0	0,5	0,5
γ_s (kg/m ³)	1.646,0	1.640,0	1.865,0	1.740,0
$h_{ótima}$ (%)	20,5	22,1	13,1	16,9
$K_{20 \cdot c}$ (cm/s)	$1,1 \times 10^{-7}$ (GC = 97,7 %) ($\Delta h = +0,4$)	$1,5 \times 10^{-7}$ (GC = 98,9 %) ($\Delta h = +0,9$)	$4,2 \times 10^{-6}$ (GC = 97,7 %) ($\Delta h = +0,4$)	$4,2 \times 10^{-6}$ (GC = 96,7 %) ($\Delta h = +1,8$)
Classificação SUCS	MH	MH	SC	SC
δ : densidade dos grãos	LL: Limite de liquidez		LP: Limite de plasticidade	
IP: Índice de plasticidade	γ_s : densidade seca		$h_{ótima}$: umidade ótima	
k: condutividade hidráulica				

TABELA 1 - Características típicas do solo da vertente sul da área do empreendimento (Fonte: IPT, 1996).

Segundo a classificação do Sistema Unificado de Classificação do Solo - SUCS (PASTORE, FONTES, 1998, apud ABGE, 1998), na classe MH estão inseridos os solos finos, no presente caso pertencentes ao subgrupo dos siltes inorgânicos, apresentando as seguintes características:

Parecer Técnico Nº 7342	
Proc.:	5038112
Fls.:	128
Ass.:	<i>[Assinatura]</i>

- a) má trabalhabilidade como material de construção;
- b) semipermeável a impermeável quando compactado;
- c) baixa a regular resistência quando compactado e saturado;
- d) alta compressibilidade quando compactado e saturado;
- e) característica má como solo de fundação; e
- f) característica regular a má em relação a drenagem.

Os solos SC, por sua vez, são granulares, pertencentes ao subgrupo das areias argilosas e das misturas areias - argilas, apresentando as seguintes características:

- a) boa trabalhabilidade como material de construção;
- b) impermeável quando compactado;
- c) resistência regular a boa quando compactado e saturado;
- d) pequena compressibilidade quando compactado e saturado;
- e) característica de má a boa como solo de fundação; e
- f) característica má em relação a drenagem.

De modo geral, as observações e ensaios in situ (geofísica, permeabilidade) e os ensaios de laboratório realizados nas amostras de solo demonstram que a área pode ter sua aptidão física viabilizada para receber o aterro sanitário, apesar de algumas restrições constatadas.

Os aspectos mais restritivos, no caso do presente aterro sanitário, e que necessitarão de intervenções especiais de projeto, praticamente limitam-se à permeabilidade dos solos locais, com vista ao seu aproveitamento para a impermeabilização de base e aspectos de drenagem. Os ensaios demonstraram (ainda que de forma incompleta, conforme argumentação na seqüência) que os valores, embora em faixa limítrofe, situam-se no intervalo aceitável para que se possa utilizá-los na confecção da camada de impermeabilização basal e lateral.

A proposição de sistema misto de impermeabilização, manta de polietileno de alta densidade (PEAD) + material argiloso compactado, tem condições potenciais plenas de propiciar a segura mitigação dos impactos negativos potenciais decorrentes dos percolados do aterro.

SB 3789/97
129
Ass.: <i>[assinatura]</i>

Deve-se ressaltar, no entanto, que a utilização dos solos locais para a confecção das camadas de impermeabilização primária, sobretudo, e terciária deve ser orientada pela coleta de informações complementares, dada a pouca densidade de investigações e sua limitação aos horizontes mais superficiais (até 5 m) da porção alvo do empréstimo de solo. É muito importante que qualquer amostra analisada tenha anotada a sua coordenada de origem (cotas X, Y e Z), sem o quê a extrapolação de seus resultados ficará bastante prejudicada (como no caso das amostras analisadas no IPT e IMM). Também alguns dos cálculos dos dados de permeabilidade devem ser revistos pois foram detectadas imprecisões nas interpretações dos ensaios apresentados.

Independentemente do material a ser utilizado, a condutividade hidráulica da camada de impermeabilização, tanto basal como lateral, deverá sofrer rigoroso controle tecnológico durante a execução das respectivas estruturas.

Menos problemática, porém adversa, merece destaque a profundidade do nível d'água subterrânea na área, que varia desde subflorante (SP-A) na porção leste até 3,7 m na porção oeste da área (SP-4). O projeto, porém, previu a solução mediante instalação de um eficiente sistema de drenagem subterrânea.

4.2 OUTROS ASPECTOS AMBIENTAIS

Na área do empreendimento a cobertura vegetal existente compõe-se de vegetação secundária da Mata Atlântica, representada por nativas sucessoras em estágio inicial de regeneração (capoeira fina) e em estágio médio de regeneração (capoeira média). Cobre cerca de 22 ha, sobretudo na porção norte da área. No restante, predominam gramíneas e esparsos eucaliptos.

A intervenção necessária ao empreendimento compreenderia a remoção de 3,81 ha de vegetação nativa (dos quais 0,27 ha em Área de Proteção Permanente - APP), sendo 2,0 ha de capoeira fina e 1,80 ha de capoeira média.

As medidas mitigadoras propostas compreenderão a recuperação de 4,0 ha do reverso da vertente norte e o reflorestamento de 2,0 ha (cinturão verde) da área frontal do empreendimento (oeste). Também previu-se a averbação de reserva legal da vegetação nativa, a ser definida com o Departamento de Proteção de Recursos Naturais - DEPRN.

Proc.: SB 37.89/92
Fls.: 130
Ass.: <i>[assinatura]</i>

Entende-se que essas medidas mitigadoras são adequadas para mitigação dos impactos negativos descritos anteriormente. No entanto, a proposição de compensação na proporção de 1 : 1, é bastante tímida. Deveria ser adotado procedimento mais conservador, para cada 1 ha removido serem revegetados 2 ha, uma vez tratar-se de ação de simples execução (relativamente às demais) e que colaboraria para o isolamento da área e para impedir a aproximação da ocupação urbana. Neste aspecto, refuta-se afirmação contida no Parecer Técnico, que qualifica o aterro sanitário como bloqueador da ocupação urbana. Isto somente ocorreria caso exista alguma barreira física (ou zona de amortecimento) interposta pelo empreendedor. Caso contrário, tendo em conta a extraordinária pressão exercida pela deficiência de habitações adequadas, sobretudo na RMSP, a população irá se avizinhar ao aterro e pleiteará o seu fechamento na seqüência, conforme inúmeras situações vivenciadas no país e no exterior.

Além da coleta de serapilheira, deveria ser prevista também a utilização da área a ser desmatada para a coleta de propágulos, sementes e, eventualmente, para fornecer espécies adultas para replantio em outros locais; ou seja, aproveitando ao máximo o potencial ali existente.

Ainda quanto ao tema vegetação, recomenda-se analisar a interferência favorável sobre a dispersão dos gases / poluentes representada pela instalação de cinturão verde em todo o perímetro da área que circunda o aterro (sobretudo espigões norte, leste e sul), além da porção oeste já prevista.

Da mesma forma, deveria ser abordado o impacto negativo da operação do aterro (geração de gases, calor, poeira, ruído, etc.) sobre a vegetação e sobre a fauna local (aliás, esta componente não foi incluída nos estudos apresentados).

Por tratar-se de local situado em área urbana, as maiores restrições ao empreendimento residirão nos aspectos sociais envolvidos.

Dentre os incômodos à população, aquele relativo ao aumento do tráfego nas imediações do futuro aterro, conforme demonstrado no item 3.3.6 do Parecer Técnico analisado (TETRPLAN, 1996), não seria incrementado sequer em 1% em decorrência das operações do aterro, mesmo considerando-se o horário de pico na

Proc.: SB 3289/97
Fls.: . . . 131
Ass.: . . . <i>[assinatura]</i>

principal via de acesso ao local, rua Tiradentes, com 2.200 veículos equivalentes/hora.

Tendo em conta as melhorias já efetuadas e as planejadas, tanto pela Prefeitura Municipal como pelo empreendedor, pode-se considerar que este impacto negativo estaria plenamente mitigado no cenário de curto prazo.

Adicionalmente, o número de viagens previstas, 57 diurnas e 51 noturnas, com caminhões compactadores de 7 - 8 t/veículo, poderia ser diminuído mediante previsão de operação de transbordo.

Sem dúvidas, no entanto, a propagação de odores e gases no entorno do AS Tiradentes é o principal empecilho à instalação do empreendimento. Trata-se, corroborando afirmação da SMA contida no parecer da TETRPLAN (1996), de um impacto negativo de longo prazo e bastante significativo.

Da mesma forma que a SMA, também o Poder Público Municipal deveria estar atento para este aspecto, uma vez que o impacto negativo sobre a saúde da população circunvizinha, sobretudo aquela mais carente (como é o presente caso), seria significativo caso a abordagem proposta pelo empreendedor não lograsse os resultados esperados.

Estudos da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (ORSINI, ANDRADE, 1996, *apud* REBOUÇAS, 1997) concluíram que "... pode aumentar em 12% o risco de morte por doenças respiratórias em dias de pico de contaminação do ar. Mas os danos à saúde não acontecem somente nessas ocasiões. Uma exposição prolongada por meses ou anos, mesmo a níveis relativamente baixos de poluição, pode provocar doenças das vias respiratórias em pessoas saudáveis, agravar o quadro de quem já tem problemas respiratórios e levar à morte ...". Em outro trecho, ORSINI, ANDRADE (*op. cit.*) asseguram que "... os resultados dessa pesquisa apontam, ainda, um aumento de 25% na procura de prontos-socorros infantis em dias subseqüentes a ocorrências de elevadas concentrações de poluentes atmosféricos ... e que a taxa de mortalidade de idosos aumenta em 12%. Na parte relativa a vegetais, não obstante serem eles, muitas vezes, claramente visíveis, também não se dispõe de maiores e melhores qualificações e quantificações....".

O sistema de aspersão adotado teria eficiência de cerca de 70% de remoção dos gases (TETRAPLAN, 1996). Portanto tais fatores devem ser explicitamente incorporados à modelagem. As impurezas presentes no gás gerado não mereceram maior consideração na análise apresentada.

Portanto, caberia analisar como os 30% dos gases gerados no aterro, e não interceptados pelo sistema de exaustão, alterarão as condições locais em relação aos padrões de qualidade apresentados na TABELA 2 ou quanto aos odores.

Outro aspecto não abordado é o período entre o terceiro e décimo-sexto mês (no mínimo) em que haveria excesso de gás em relação à necessidade da Usina de Asfalto (ou seja, o aproveitamento seria integral ou apenas nos três primeiros meses?).

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Método de Medição
Partículas totais em suspensão	24 horas ⁽¹⁾	240	160	Amostrador de grandes volumes
	MGA ⁽²⁾	80	60	
Dióxido de enxofre	24 horas ⁽¹⁾	365	100	Pararosanilina
	MAA ⁽³⁾	80	40	
Monóxido de carbono	1 hora ⁽¹⁾	40000 35 ppm	40000 35 ppm	Infravermelho não-dispersivo
	8 horas	10000 9 ppm	10000 9 ppm	
Ozônio	1 hora ⁽¹⁾	160	160	Quimiluminescência
Fumaça	24 horas ⁽¹⁾	150	150	Refletância
	MAA ⁽³⁾	60	60	
Partículas inaláveis	24 horas ⁽¹⁾	150	150	Separação Inercial / Filtração
	MAA ⁽³⁾	50	50	
Dióxido de nitrogênio	24 horas ⁽¹⁾	320	190	Quimiluminescência
	MAA ⁽³⁾	100	100	

(1) Não devem ser excedidos mais que uma vez ao ano

(2) Média geométrica anual

(3) Média aritmética anual

TABELA 2 - Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA Nº 3, de 28.06.90) (Fonte: ORSINI, ANDRADE, 1996.)

Na simulação bidimensional apresentada no Parecer Técnico não foram completamente apresentados os dados de entrada (dados como concentração

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Proc.	SIB 3789/97
Fls.	13
Ass.	<i>[assinatura]</i>

Parecer Técnico Nº 7 231

inicial adotada, por exemplo). A análise apresentada considerou a situação de atmosfera instável (B), portanto, com características favoráveis à dispersão. Também não é correta a afirmação de que a população encontra-se a cerca de 500 m da área do empreendimento, uma vez que a ocupação subnormal ocupa quase que totalmente a porção superior da vertente noroeste da área, portanto, limítrofe ao empreendimento.

A figura "Distribuição da concentração gasosa de CO₂", apresentada à página 5 do Anexo III "Dispersão de Gases e Tratamento do Biogás", mostra condições em que a concentração de CO₂ excede 40.000 ppm em locais próximos à fonte. Tal figura não mereceu comentário no Parecer Técnico (TETRAPLAN, 1996).

Outro aspecto alternativo a ser considerado refere-se à não-proposição de mecanismo especial para, após tratamento, promover / otimizar a dispersão dos gases oriundos do aterro para a atmosfera. A adoção de uma torre de exaustão de maior altura poderia minimizar os impactos negativos decorrentes da operação do empreendimento.

Segundo as informações apresentadas pela TETRAPLAN (1996), a qualidade do ar na região do empreendimento está piorando, embora alguns índices ainda apresentem-se adequados (Dióxido de Enxofre - SO₂: qualidade boa e Partículas Totais em Suspensão - PTS: qualidade regular). De qualquer forma, mesmo que esse não fosse o caso, não se pode invocar o direito de poluir por que o meio atualmente tem condições de assimilar, conforme apresentado no Parecer Técnico analisado.

No geral, as argumentações apresentadas nos documentos analisados, quanto a propagação de odores e gases, foram bastante teóricas. Tendo em conta que o sistema proposto é pioneiro no país, inexistem, portanto, parâmetros de comparação. Nesse sentido, o empreendedor deveria ter se valido de experiências similares do exterior, de modo a minimamente demonstrar a eficácia do modelo proposto e os impactos negativos remanescentes.

4.3 ASPECTOS GERAIS DO EMPREENDIMENTO

Como aspectos gerais, destaca-se que os documentos apresentados não esclarecem aspectos importantes para a análise do empreendimento.

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Proc.:	SB 3.289/93
Fls.:	134
Ass.:	<i>[assinatura]</i>

Parecer Técnico Nº 7 231

Assim, por exemplo, não foram explicitados com clareza as razões por quê foi escolhida a opção de disposição final dos resíduos sem tratamento prévio. Também não foram completamente especificadas as características do aterro sanitário pretendido. Aspectos como área e cota da base do aterro, quantidade e altura dos patamares, localização dos lotes, etc., são informações essenciais ao entendimento e avaliação do empreendimento. A partir dessas, pode obter avaliação precisa sobre a vida útil da obra.

No RAP é citado que o aterro seria parte de um sistema integrado; cita-se, inclusive, uma segunda fase de operação do empreendimento, com 25 anos de vida útil. Porém, tal afirmação jamais é retomada ao longo dos documentos analisados, tampouco é detalhado o tal sistema integrado.

Na justificativa da área do empreendimento, acertadamente ocorre a citação de que a área já foi anteriormente recomendada, nos estudos de 1983 da Emplasa, como passível de utilização para aterro sanitário. Também há a citação de estudos similares posteriores, de 1992, da Emplasa e Cetesb. Porém, nesse caso, não há qualquer referência ao conceito ali obtido pela área em que se pretende instalar o Aterro Tiradentes.

Finalmente, a argumentação do empreendedor de que foi alvo de uma campanha orquestrada contra o seu empreendimento não é aceitável; tal fato era absolutamente previsível em se tratando do tipo de empreendimento a instalar. Na verdade isso revela erro de abordagem da questão com a população atingida ou, no mínimo, que essa abordagem foi tardia. Via de regra, nesses casos, a abordagem tardia dos aspectos sociais envolvidos é muito mais difícil e onerosa em todos os aspectos.

5 CONCLUSÕES

A análise efetuada permite as seguintes conclusões gerais:

- o município de São Bernardo do Campo está em condição bastante desfavorável, devido às restrições ambientais a que seu território está submetido e às características de sua ocupação, para, isoladamente, obter soluções definitivas e duradouras para o gerenciamento de seus resíduos sólidos exclusivamente via disposição final (leia-se aterramento sanitário).

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Proc.: SB 3.789/97
Fls.: 135
Ass.: [assinatura]

Parecer Técnico Nº 7 231

Nesse aspecto, buscar outras alternativas e liderar parcerias regionais lhe é imprescindível no curto e médio prazos;

- b) sob o quadro de escassez de opções para disposição final, é ainda mais relevante a adoção de programas agressivos para promoção de tratamento intermediário dos resíduos gerados (compostagem, principalmente) e para aproveitamento de materiais (centrais de triagem de recicláveis, programas diversos de apoio à recuperação de materiais, etc.), aliadas a iniciativas de minimização e educação ambiental (estas porém de mais longo prazo de retorno).

Mesmo considerando-se a viabilização da proposta do AS Tiradentes, utilizá-lo nos moldes previstos (recepção de resíduos "in natura", sem prévio tratamento) seria esgotar, em curto espaço de tempo (vida útil prevista de dez anos), as possibilidades de outro empreendimento similar no município;

- c) da mesma forma, a valorização da alternativa atualmente em uso, ou seja, a disposição de resíduos no Aterro de Mauá, deve ser perseguida, formalizando-se um novo perfil de parceria com o município de Mauá (e demais usuários daquele aterro), buscando-se concomitantemente a expansão dos benefícios usufruídos (ampliação da expectativa de uso do aterro de outro município, mediante ações para garantir áreas de expansão do aterro; adoção de tecnologias operacionais mais evoluídas para otimização da disposição, sobretudo as de compactação dos resíduos; e adoção de tratamentos preliminarmente à disposição final) e proporcionando retorno econômico condizente com os interesses das partes interessadas (município receptor dos resíduos - municípios usuários do serviço);
- d) segundo as informações obtidas, somente em 1,23% da área total do município é que se poderia, preliminarmente, cogitar a instalação de um aterro sanitário ou de outra opção de tratamento. Trata-se de 505,5 ha; área portanto bastante significativa e que deveria ser avaliada mais detalhadamente. Em último caso, caberia ao município pleitear na SMA uma

Proc.: SB 3289/97
Fib.: 136
Ass.: <i>[assinatura]</i>

licença especial para que possa ser instalado o aterro sanitário em área sujeita a restrição ambiental;

- e) no caso da legislação municipal de Mauá, restritiva à recepção de resíduos de outros municípios, tais aspectos podem e devem ser analisados nas instâncias metropolitanas/estaduais, buscando-se o apoio do própria SMA, inclusive.

Assim, os municípios devem buscar as instâncias metropolitanas/estaduais e tentar obter solução regional para os problemas de resíduos sólidos:

- f) a postergação de ações nos sentidos anteriormente apontados somente conduzirá o município para a perenização da situação emergencial, em condições progressivamente desvantajosas de negociação, o que será extremamente desconfortável considerando-se a dependência de soluções extramunicipais;

Quanto ao empreendimento AS Tiradentes e aos documentos analisados, apresentam-se as conclusões específicas a seguir.

- a) das três principais componentes ambientais (meios físico, biológico e socioeconômico), as questões relativas às repercussões adversas do empreendimento sobre a população circunvizinha é o principal empecilho à sua efetivação.

Embora não tenha sido possível consultar os demais documentos técnicos e os pareceres, nos contatos realizados apurou-se que as razões preponderantes para a negativa da SMA foram exatamente os aspectos de saúde pública e demais aspectos sociais envolvidos;

- b) a caracterização do meio físico na área do empreendimento apresenta-se satisfatoriamente solucionada.

As investigações apresentadas sugerem a inexistência de estruturas tectônicas significativas no local. Quanto à permeabilidade do substrato, mesmo as porções inferiores do perfil de solo de alteração apresentam valores compatíveis com o tipo de empreendimento e com a solução de projeto adotada.

PROB.:	SB 3.789/97
FIS.:	137
ASS.:	<i>[assinatura]</i>

Resta, portanto, detalhar as investigações (aspectos de permeabilidade compactada final e características químicas e mineralógicas que expressem a capacidade atenuadora do solo em relação à migração de poluentes) para se comprovar a aptidão (e disponibilidade) do solo da vertente sul (área de empréstimo local) para utilização como impermeabilização primária e terciária, ou se haveria necessidade de importação de material para tal finalidade;

- c) quanto aos aspectos do meio biótico, a abordagem igualmente foi adequada, apenas sujeita a complementações menores, conforme apresentado ao longo deste Parecer Técnico;
- d) nos aspectos relativos ao meio socioeconômico residiram as maiores deficiências da abordagem adotada.

Os documentos expressam a forte "crença" do empreendedor no modelo adotado, porém, os dados básicos e as discussões subseqüentes não foram suficientes para demonstrar as afirmações apresentadas ;

- e) é fundamental rever a opção do presente projeto, agregando à sua atual vertente de aterro com aproveitamento energético o conceito de central de tratamento integrado de resíduos sólidos urbanos (compostagem + triagem de recicláveis + aterro de inertes), de modo que se possa viabilizá-lo ambientalmente.

Tal opção, contudo, deve ser amplamente discutida preliminarmente com a SMA, no sentido de obter convergência para solução consensual, evitando-se tramitações demasiadamente prolongadas e ou onerosas pela sucessão de retrabalhos, tendo em vista a gravidade da situação de gestão de resíduos sólidos no município;

- f) o presente empreendimento apresenta-se como uma importante contribuição no sentido de resolução do quadro extremamente adverso do gerenciamento de resíduos sólidos na RMSF.

Porém, da forma como apresentado à SMA, não há garantias suficientes de que o empreendimento solucionaria temporariamente um problema (disposição de resíduos sólidos, horizonte de dez anos) sem causar outro

Proc.:	SB 3289/92
Fls.:	138
Ass.:	<i>[assinatura]</i>

ainda mais complexo para o município (poluição do ar nas imediações do empreendimento, horizonte de 15 a 30 anos).

Independentemente da abordagem futura que se dê ao projeto, desde que mantida sua vinculação com o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, recomenda-se à PMSBC que proceda um minucioso mapeamento das condições de saúde da população na área de influência do empreendimento, sobretudo daqueles aspectos relativos a problemas respiratórios e correlatos, de modo que se possa monitorizar a imposição de eventuais impactos adversos sobre a população e, deste modo, ter condições de promover as ações para eliminar suas fontes causadoras.

6 RECOMENDAÇÕES

Em decorrência dos aspectos discutidos ao longo deste Parecer Técnico, recomenda-se ao município de São Bernardo do Campo a adoção dos seguintes procedimentos:

- a) buscar entendimento com o município de Mauá para alongar a utilização de seu aterro sanitário, tendo em vista, inclusive, o tempo de gestação necessário à viabilização de uma outra alternativa própria. Propor parceria nos moldes descritos neste Parecer Técnico;
- b) buscar uma segunda via externa, a ser operada emergencialmente, caso se configure a restrição apresentada pelo município de Mauá;
- c) promover a utilização intensiva de tecnologias de tratamento e reaproveitamento de materiais presentes nos resíduos sólidos urbanos do município, preferencialmente de forma articulada com a iniciativa privada.
Considerando-se que a fração de matéria orgânica corresponde a 78% do total é urgente que o município analise a instalação de um sistema de compostagem desses materiais;
- d) avaliar a área do município isenta de restrições ambientais (1,23% do território do município) de modo a identificar locais para instalação de empreendimentos destinados ao gerenciamento dos resíduos sólidos do município; e

e) discutir com a SMA e posteriormente com o empreendedor, Emparsanco S.A., a alternativa de reformulação da concepção de projeto adotada, agregando à sua atual vertente de aterro com aproveitamento energético o conceito de central de tratamento integrado de resíduos sólidos urbanos (compostagem + triagem de recicláveis + aterro de inertes).

BIBLIOGRAFIA

- COUTINHO, J.M.V. 1972. Petrologia do pré-cambriano em São Paulo e arredores. Boletim IG-USP, v.3. n.1, p.5-99.
- EMPARSANCO S.A. 1996. Relatório ambiental preliminar: aterro sanitário Tiradentes. 2v. (fev-96)
- INSTITUTO MECCANICA DEI MATERIALI S.A. 1996. Rapporto analisi di laboratorio. Grancia: IMM. 11p. (IMM Rapporto, RAA 746A). In: TETRPLAN, CONSULTORIA E PLANEJAMENTO. 1996. Parecer Técnico Aterro Sanitário Tiradentes. 2v.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. 1996. Ensaio de caracterização, compactação e permeabilidade. São Paulo: IPT. 3p. (IPT Relatório de Ensaio, 834 539). In: TETRPLAN, CONSULTORIA E PLANEJAMENTO. 1996. Parecer Técnico Aterro Sanitário Tiradentes. 2v.
- ORSINI, C., ANDRADE, M.F. 1996. Panorama da poluição do ar no Brasil. In: REBOUÇAS, A.C. (Organizador). 1996. Panoramas da degradação do ar, da água doce e da terra no Brasil. São Paulo: IEA \ USP; Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências. p. 7-57.
- TETRPLAN, CONSULTORIA E PLANEJAMENTO. 1996. Parecer Técnico Aterro Sanitário Tiradentes. 2v. (nov-96)
- PASTORE, E.L., FONTES, R.M. 1998. Caracterização e classificação de solos. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. 1998. Geologia de engenharia. São Paulo. p. 197-210.

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Parecer Técnico Nº 7 231

Processo	3289/97
Folha	149
Assinatura	<i>[assinatura]</i>

ANEXO B**DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO EM ÁREA PERTENCENTE AO LIXÃO DO
ALVARENGA, MUNICÍPIO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP**

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Proj.:	SB 3289/97
Fol.:	14
Ass.:	<i>[assinatura]</i>

Parecer Técnico Nº 7 231

DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO EM ÁREA PERTENCENTE AO LIXÃO DO ALVARENGA, MUNICÍPIO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP

1 INTRODUÇÃO

A seguir é apresentada a primeira parte dos resultados obtidos ao longo do projeto "Análise dos estudos de projeto do aterro sanitário Tiradentes e diagnóstico do meio físico em área pertencente ao Lixão do Alvarenga, Município de São Bernardo do Campo, SP", que a Divisão de Geologia do IPT executou para o Município de São Bernardo do Campo, em atendimento à solicitação da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo - SCTDE, através do seu Programa de Assistência Técnica aos Municípios - PATEM, Ofício AAM-006/98, de 06.02.98.

Os resultados apresentados neste Anexo B referem-se às atividades de diagnóstico do meio físico em área pertencente ao Lixão do Alvarenga. No Anexo A são apresentadas as atividades de análise dos estudos de projeto do aterro sanitário Tiradentes. As atividades descritas nos Anexos A e B completam os objetivos previstos no citado projeto.

O aterro de São Bernardo do Campo, ou lixão do Alvarenga como é mais popularmente conhecido, foi operado no período entre 1974 e 1986, pelos municípios de São Bernardo do Campo e Diadema, recebendo cerca de 1.000 t/dia de resíduos sólidos, das quais cerca de 400 t/dia consistindo em resíduos industriais. Desde o início de seu funcionamento, no entanto, as operações foram conduzidas sob condições ambientais e sanitárias não totalmente adequadas.

A deposição ainda prossegue atualmente na porção sob responsabilidade do município de Diadema, porém, somente para a recepção de inertes.

A área investigada restringiu-se exclusivamente à vertente do aterro situada no território do município de São Bernardo do Campo, somando cerca de 170.000 m² de área.

Proc.:	SB 3287/97
Fls.:	19/20
Ass.:	<i>[Assinatura]</i>

1.1 OBJETIVOS

Os trabalhos executados visaram definir os contornos da pluma de contaminação no aquífero freático a sul do local de disposição e a determinação da permeabilidade dos solos locais e fornecer orientações gerais para o encaminhamento das operações de recuperação ambiental da área.

2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

O chamado lixão do Alvarenga está localizado em área que abrange a divisã intermunicipal dos municípios de São Bernardo do Campo e Diadema, na Região Metropolitana de São Paulo - RMSP, em Área de Proteção de Mananciais - APM, a cerca de 400 m do reservatório da represa Billings, importante fonte de abastecimento de água potável da porção sul da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP.

O acesso à área é feito, a partir do km 20,8 da rodovia dos Imigrantes, sentido litoral, pela Avenida José Odorizzi, Av. Robert Kennedy, Praça Giovanni Breda e Estrada dos Alvarengas.

A FIGURA 1 mostra detalhes da localização e principais vias de acesso.

3 METODOLOGIA DE TRABALHO

A execução do trabalho compreendeu o desenvolvimento das seguintes atividades:

a) levantamento de informações complementares acerca do local

Consistiu na execução de pesquisa bibliográfica envolvendo os trabalhos de avaliação de impactos e de remediação de áreas contaminadas pela disposição de resíduos sólidos.

Foram ainda obtidos dados complementares referentes à área, tais como relatórios técnicos, documentação cartográfica, laudos de análises de água e solo, estudos geológicos e hidrogeológicos anteriores.

As vistorias *in locu* também foram utilizadas para a coleta de informações adicionais;

Nº 3787/97
 143
 Ass. *[assinatura]*

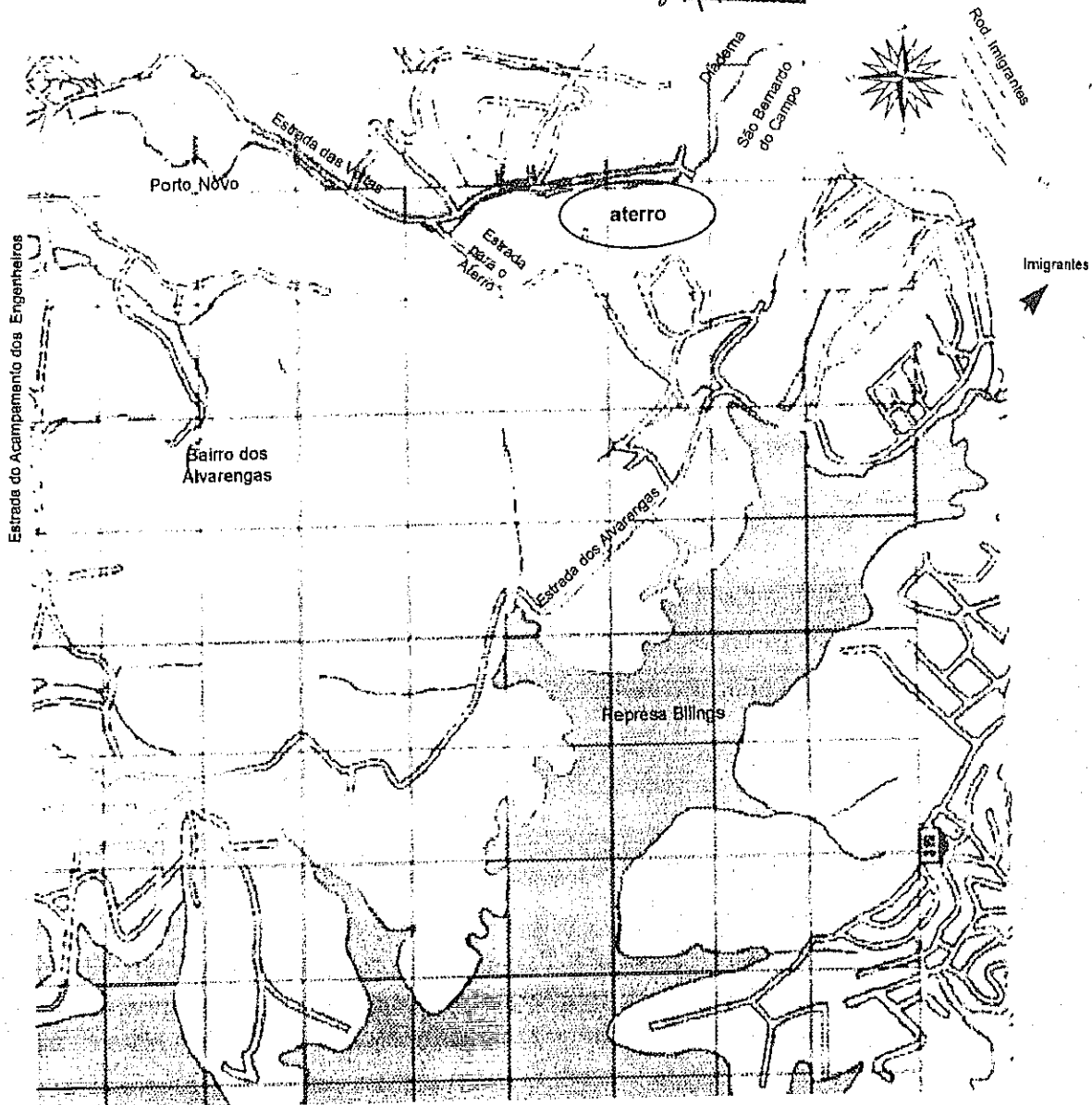


FIGURA 1 - Localização do aterro de resíduos São Bernardo do Campo (lixão do Alvarenga)

Proc.:	SB. 3789/97
Fis.:	149
Ass.:	<i>[assinatura]</i>

b) execução de ensaios geofísicos

Para as investigações indiretas realizadas na área foram aplicados os métodos de eletrorresistividade, polarização induzida e potencial espontâneo com utilização da técnica do caminhamento elétrico. arranjo dipolo-dipolo para definição dos limites da área afetada pela pluma de contaminação;

c) ensaios de permeabilidade em solos

Foram coletadas amostras não-deformadas de solo para determinação, em laboratório, da condutividade hidráulica do substrato local;

d) avaliação dos ensaios e das informações coletadas

As informações obtidas *in situ* e os ensaios geofísicos e de condutividade hidráulica foram analisados e interpretados com vista obtenção de informações acerca da substrato geológico local (profundidade do topo rochoso, espessura de material de alteração), do regime de fluxo subterrâneo na área (direção de fluxo da água subterrânea, valores de condutividade hidráulica) e do contorno da pluma de contaminação.

Com as informações anteriores foram discutidas preliminarmente as opções mais indicadas para a remediação do local; e

e) elaboração de Parecer Técnico contendo os resultados dos trabalhos

4 RESULTADOS OBTIDOS

4.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA ÁREA ANALISADA

4.1.1 Geologia, Pedologia e Hidrogeologia

Na área do lixão do Alvarenga ocorrem rochas metamórficas de baixo grau, representadas por xistos e filitos (SMN, 1986).

Os xistos apresentam granulação predominantemente fina a média, foliação bem desenvolvida e de constituição ora mais micácea ora mais quartzosa. Essas rochas normalmente apresentam espesso manto de alteração (solo de alteração + rocha muito alterada), atingindo até uma dezena de metros nos relevos suavizados e alguns metros, nos acidentados. O solo de alteração possui constituição variando

de argilo-siltosa, nos xistos micáceos, a areno-siltosa, nos xistos quartzosos e espessura da rodem de 2 a 3 m.

Os filitos, por sua vez, apresentam granulação muito fina e foliação bem desenvolvida, sendo constituídos predominantemente por quartzo e sericita.

Seu solo de alteração normalmente é siltoso e pouco espesso, da ordem de 1 m. O manto dessa alteração da rocha, no entanto, é bastante espesso, apresentando de dezenas de metros, nos relevos suavizados, a alguns metros, nos acidentados.

Entremeados aos xistos e filitos, ocorrem, generalizadamente, faixas de metarenitos finos a metassiltos cuja alteração dá origem a solos arenosos bastante erodíveis.

Segundo DAEE (1975), na área em análise ocorre o sistema aquífero cristalino, de características heterogêneas e localmente constituído por xistos. Na porção do aquífero em que a rocha apresenta-se inalterada a água escoar somente pelas fissuras, conferindo-lhe um comportamento praticamente de aquíclode, contendo pouca água. Já na porção em que na constituição predomina rocha parcialmente alterada, o aquífero é permeável e de alta transmissividade.

As fraturas e lineamento que afetam o aquífero geralmente estão associadas a formação de milonitos que lhe obstruem significativamente o fluxo da água.

Na região de São Bernardo do Campo os poços apresentam vazão específica média da ordem de $0,11 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, ou seja, característica de baixa produção.

Segundo PACHECO *et al.* (1994) o aquífero local é do tipo livre, apresentando profundidades do nível d'água entre 24 m, na vertente, e 1 m, nas porções próximas ao vale. O gradiente hidráulico ($i = \Delta h/\Delta x$) situa-se em torno de 0,06 m/m.

4.1.2 Geomorfologia

O relevo local é representado predominantemente por morros baixos, embora também ocorra relevo de morrotes (SMN, 1986).

No relevo de morros baixos, ondulado, predominam amplitudes entre 90 e 110 m e declividades de encostas entre 20 e 30%. Subordinadamente, ocorrem declividades de até 20% (nos topos de elevações) e maiores que 30% (no terço

Proc.:	50.3.289/97
Ass.:	146
Ass.:	[assinatura]

inferior das encostas e nas cabeceiras de drenagem). As encostas apresentam-se sulcadas por linhas e cabeceiras de drenagem. Os topos das elevações são estreitos e alongados; os vales são fechados e assimétricos, com planícies aluviais restritas.

Na porção de morrotes, também de relevo ondulado, há predominância de amplitudes menores, em torno de 60 m, podendo atingir até 90 m. A declividade das encostas predominante é de até 30%. Subordinadamente, as declividades são superiores a 30%, no terço inferior de algumas encostas e cabeceiras de drenagem. A densidade de linhas de drenagem é variável, sendo maior nas encostas íngremes. Os topos são relativamente amplos e alongados, enquanto os vales são fechados e com planícies aluviais restritas.

4.1.3 Impactos Negativos Instalados na área do aterro e arredores

4.1.3.1 Estudos anteriores

BERNARDES JR. *et al.* (1986), em seus estudos comparativos da poluição ambiental causada por locais de disposição de resíduos, avaliou as condições de alguns aterros da RMSP. Dentre esses, foi incluído o aterro de São Bernardo do Campo, sendo avaliado com relação aos seguintes aspectos:

a) problemas à saúde pública:

a.a) **poluição das águas subterrâneas:** avaliação 2 (zero: impacto negativo máximo; dez: sem impacto negativo). Compatível com a detecção da presença de contaminantes reativos (não especificados pelos autores);

a.b) **liberação de gases tóxicos:** avaliação 8 (zero: impacto negativo máximo; dez: sem impacto negativo). Compatível com a não-liberação de gases tóxicos; somente com liberação de CO₂ e CH₄ a níveis não danosos à saúde;

a.c) **poluição de corpos d'água superficial:** avaliação 0 (zero: impacto negativo máximo; dez: sem impacto negativo). Compatível com a constatação de contaminação, fundamentada em amostragem, e ou

Proc.:	SO 3289/92
Fls.:	142
Ass.:	<i>[assinatura]</i>

se o efluente estiver sendo lançado a montante de alguma captação de água;

- a.d) **potencial de poluição de águas subterrâneas:** avaliação 5 (zero: impacto negativo máximo; oito: sem impacto negativo). Compatível com local de disposição desprovido de impermeabilização de base, porém, situado sobre solo siltoso cujo manto de alteração possui espessura maior que 2 m;
- a.e) **potencial de poluição de águas superficiais:** avaliação 2 (zero: impacto negativo máximo; oito: sem impacto negativo). Compatível com disposição em local sem impermeabilização basal e ou sistema de drenagem de chorume;
- a.f) **proliferação de vetores:** avaliação 2 (zero: impacto negativo máximo; seis: sem impacto negativo). Compatível com a observação da presença de vetores - mosca, rato, etc.- (não especificado pelos autores) no local de disposição e imediações;
- b) incômodos à população:
- b.a) **distância da ocupação urbana/população:** avaliação 2 (zero: impacto negativo máximo; dez: sem impacto negativo). Compatível com população situada a distância menor que 1.000 m, em local com vento predominante no sentido do aterro para a ocupação urbana;
- b.b) **percepção de odores:** avaliação 3 (zero: impacto negativo máximo; oito: sem impacto negativo). Compatível com a percepção de odores a cerca de 200 m do local e ou se houver histórico de reclamações nesse aspecto;
- b.c) **impacto visual:** avaliação 3 (zero: impacto negativo máximo; seis: sem impacto negativo). Compatível com o fato de o local estar somente parcialmente protegido da visão de transeuntes e moradores;
- b.d) **fumaça, poeira, barulho excessivo:** avaliação 4 (zero: impacto negativo máximo; seis: sem impacto negativo). Compatível com a observação desses impactos a distância ligeiramente superior a 200 m;

Processo:	SB 3389/97
Fls.:	148
Assinatura:	[assinatura]

- b.e) **presença de vetores:** avaliação 2 (zero: impacto negativo máximo; quatro: sem impacto negativo). Compatível com a observação de vetores nas imediações e locais de disposição (não especificados pelos autores);
- c) aspectos da operação do local:
- c.a) **cobertura:** avaliação 4 (zero: impacto negativo máximo; dez: sem impacto negativo). Compatível com a existência de cobertura do material depositado, porém, de modo insuficiente ou ineficaz;
- c.b) **sistema de drenagem subsuperficial e tratamento eficiente do chorume:** avaliação 0 (zero: impacto negativo máximo; dez: sem impacto negativo). Compatível com a situação de ausência de estruturas de tratamento dos percolados;
- c.c) **presença de catadores:** avaliação 0 (zero: impacto negativo máximo; oito: sem impacto negativo). Compatível com a existência de catadores atuando no local de disposição de resíduos;
- c.d) **registro de chegada de resíduos industriais:** avaliação 3 (zero: impacto negativo máximo; oito: sem impacto negativo). Compatível com a situação de existência de registro (controle formal) quanto à recepção de resíduos industriais, porém não de forma totalmente adequada;
- c.e) **programa de monitoramento:** avaliação 0 (zero: impacto negativo máximo; oito: sem impacto negativo). Compatível com a inexistência de programa de monitoramento ambiental do local de disposição de resíduos;
- c.f) **sistema de drenagem de gases:** avaliação 8 (zero: impacto negativo máximo; oito: sem impacto negativo). Compatível com a existência de sistema de drenagem de gases;
- c.g) **plano de inspeção em funcionamento:** avaliação 0 (zero: impacto negativo máximo; sete: sem impacto negativo). Compatível com a inexistência de plano de inspeção dos resíduos recebidos no local de disposição;

Prog.: 503.3.289/92
Fls.: 149
Ass.: <i>[assinatura]</i>

- c.h) **sistema de drenagem superficial em funcionamento:** avaliação 4 (zero: impacto negativo máximo; seis: sem impacto negativo). Compatível com a existência de um sistema de drenagem superficial, porém, operando em condições apenas parcialmente adequadas;
- c.i) **plano de emergência:** avaliação 0 (zero: impacto negativo máximo; cinco: sem impacto negativo). Compatível com a inexistência de um plano de emergência (descrevendo as situações e ações requeridas, pessoas a contatar, números de telefones, etc.) a ser aplicado quando da ocorrência de algum fato anormal durante a operação do local de disposição de resíduos;
- c.j) **existência de acessos:** avaliação 5 (zero: impacto negativo máximo; cinco: sem impacto negativo). Compatível com a existência de acessos em condições transitáveis;
- c.k) **existência de cerca, portaria, etc.:** avaliação 5 (zero: impacto negativo máximo; cinco: sem impacto negativo). Compatível com a existência das estruturas citadas;
- c.l) **proteção de taludes:** avaliação 0 (zero: impacto negativo máximo; cinco: sem impacto negativo). Compatível com a inexistência da proteção de taludes;
- d) **compatibilidade com o uso do solo na região:** avaliação 0 (zero: impacto negativo máximo; dez: sem impacto negativo). Compatível com a operação de local de disposição de resíduos em área de preservação e ou de uso predominantemente residencial; e
- e) **danos à ecologia:** avaliação 8 (zero: impacto negativo máximo; dez: sem impacto negativo). Compatível com a detecção, por inspeção visual, apenas da existência de danos menores à ecologia (seres vivos, meio ambiente local e inter-relações entre esses).

Como resultado de seus trabalhos, BERNARDES JR. *et al.* (1986) concluíram que, dentre os vários locais de destinação de resíduos na RMSP, o lixão do Alvarenga (ou aterro de São Bernardo do Campo, conforme citação original dos autores) era o local a ser priorizado para ações de controle, em face dos impactos

Processo:	50 3289/97
Fis.:	150
Ass.:	<i>[assinatura]</i>

negativos instalados, sobretudo em decorrência da recepção de grandes volumes de resíduos industriais, dos problemas operacionais do local e da influência direta na qualidade das águas superficiais próximas.

PACHECO *et al.* (1994) estudaram os impactos dos percolados sobre a água subterrânea nas imediações do lixão do Alvarenga, analisando área situada no reverso da vertente sobre a qual se assenta o aterro, portanto, já em área situada no município de Diadema. Esses estudos, que envolveram investigações geofísicas e análises hidroquímicas de água de poços tipo cacimba, detectaram evidências claras da contaminação proveniente do local de disposição de resíduos.

4.1.3.2 Observações efetuadas

Visando orientar a formulação de diretrizes para sua remediação, a área foi avaliada para identificação dos principais impactos negativos do ponto de vista sanitário e ambiental, os quais encontram-se esquematicamente representados na FIGURA 2.

Tais impactos são discutidos, a seguir, tendo-se em conta três aspectos principais: as atividades necessárias à manutenção do local após o encerramento da vida útil do aterro, os impactos ambientais instalados e os impactos sobre a saúde pública.

a) a área do lixão do Alvarenga atualmente encontra-se praticamente abandonada pela PMSBC. Não há medidas de manutenção ou de controle ambiental sendo executadas. Como consequência disso, vários impactos negativos se instalaram ou foram potencializados.

Cabe enfatizar que, de acordo com as normas ambientais vigentes, o responsável pelos locais de deposição de resíduos sólidos (seja entidade pública ou privada) deverá proceder o monitoramento ambiental e executar as ações de manutenção / remediação que se fizerem necessárias, até a

completa estabilização do local (atendendo aos parâmetros de qualidade definidos pela Cetesb, no caso do Estado de São Paulo).

Portanto, uma vez que ainda não está completa a estabilização do lixão do Alvarenga, as ações de manutenção / remediação deveriam estar sendo realizadas pelo responsável pela área;

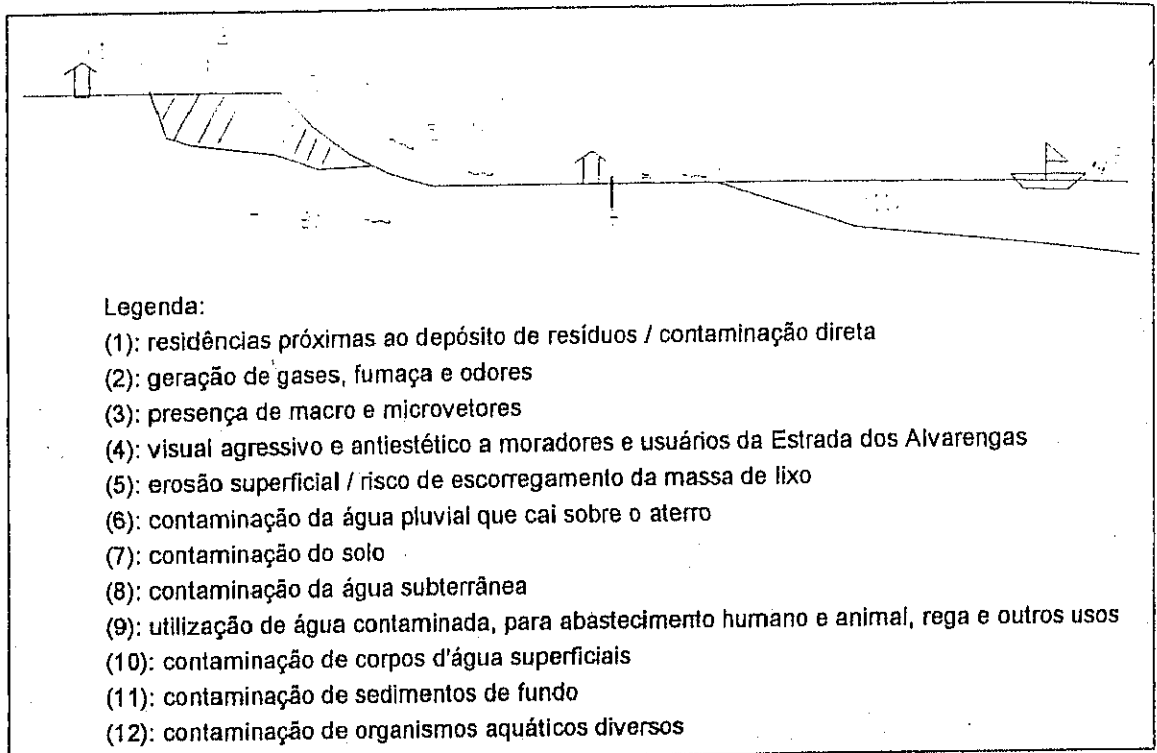


FIGURA 2 - Principais impactos negativos observados no lixão do Alvarenga (ago-98).

b) a porção frontal da vertente sudoeste do anfiteatro que contém o aterro já se encontra praticamente toda ocupada em sua porção de meia encosta, predominando residências térreas em alvenaria, embora as de dois pavimentos não sejam raras.

A medida em que se aproxima do aterro, e nas porções de sopé de encosta e proximidades de fundo vale, verifica-se a recente intensificação da ocupação, caracterizada pelo grande número de construções subnormais em execução e pelas obras de nivelamento (corte e aterro) e demarcação de terrenos.

Proc.:	50 3789/97
Fls.:	152
Ass.:	Armando

Na vertente oposta do anfiteatro, vertente nordeste, as residências são mais antigas e esparsas. A ocupação mais recente, de característica subnormal, está concentrada na porção de topo do morrote.

Sem prejuízos às demais considerações ambientais sobre a ocupação dessas áreas, tratam-se de locais diretamente impactados pelo aterro (tanto a porção já desativada por São Bernardo do Campo como aquela ainda operada por Diadema).

Mais que a ausência de estruturas de isolamento físico, a morosidade na definição do uso futuro da área tende a favorecer tal fluxo de ocupação.

A ausência de cercamento e de fiscalização, por sua parte, poderá ensejar oportunidade de despejos clandestinos diversos no local, vindo a agravar ainda mais a situação atual. É conveniente lembrar que o local já recebeu resíduos industriais no passado; atualmente ocorre despejo clandestino de entulhos diversos ao longo da encosta leste do anfiteatro;

- c) também o município de Diadema está promovendo a deposição de entulho (material de maior densidade em relação ao lixo doméstico) na porção norte do depósito, ou seja, sobre o lixo antigo cuja condição de plasticidade, deve ter sido aumentada ao longo do seu processo de decomposição.

Esse fato, somado às características de aterramento praticada (geometria inadequada, baixa compactação, etc.) poderá propiciar a ocorrência de escorregamentos da massa de lixo depositada, vindo atingir residências ao longo do vale, além das demais implicações ambientais decorrentes;

- d) está ocorrendo contaminação das águas superficiais da represa Billings devido a não-existência de sistemas de drenagem, coleta e tratamento dos percolados gerados pela decomposição do lixo do aterro.

Da encosta do aterro propriamente dito, tem origem um pequeno curso d'água que flui para a represa. Vistoria nesse corpo d'água constatou significativa contribuição de percolado proveniente do aterro. Também foi constatado o princípio de carreamento do material depositado (ainda que de pequena proporção);

Proc.:	SB. 3789/97
Fls.:	153
Ass.:	<i>[assinatura]</i>
Ass.:	

- e) embora restrita ao anfiteatro no qual os resíduos foram alojados, está ocorrendo a poluição das águas subterrâneas, devido à ausência de impermeabilização da base do aterro. A região de descarga do aquífero freático é a represa Billings;
- f) o local é desprovido de cortina vegetal, provocando a degradação do aspecto estético e paisagístico do local. Esse fato é agravado porque o lixão foi construído em local elevado (encosta e topo de morrote), estando relativamente desprotegido da visão tanto dos moradores locais como dos que transitam pela Estrada dos Alvarengas;
- g) constatou-se a presença de microvetores (moscas, mosquitos, baratas) e de macrovetores (ratos, principalmente), decorrentes de falhas na cobertura do material depositado e das demais condições de manutenção da área;
- h) devido ao fato de a área permanecer abandonada após o encerramento das operações no local, constatou-se a instalação de usos do solo não adequados à circunvizinhança imediata de um aterro de resíduos (e mesmo impróprios ao uso urbano), sendo destacáveis os seguintes aspectos:
- utilização da vertente NE como local de pastagem de animais (cavalos, principalmente, e vacas) sobre área onde foi depositado lixo;
 - na porção central da área, junto à margem direita do córrego que drena o anfiteatro onde o aterro foi instalado, existe um local para criação de porcos (pocilga). O proprietário também cria algumas cabras nesse local;
 - instalação de residências subnormais cujos moradores atuam como recuperadores de materiais no aterro de Diadema (principalmente sucatas, plásticos e papelão); e
 - utilização pelos moradores das habitações subnormais situadas na margem direita do córrego citado anteriormente, do solo local para cultivo de hortaliças.

Proc.º	SB 3289/99
Fls.	154
Assi.	g. f. l. z.

Outro fato complicador é que além de os usos citados serem instalados sobre solo potencialmente contaminado, ocorrem em área não-servida pelo abastecimento público de água.

Desse modo, muitos dos moradores dos arredores do aterro valem-se de poços rasos para a captação de água subterrânea do aquífero freático, o qual está em conexão direta com os percolados do aterro, situado algumas dezenas de metros a montante;

- i) os moradores vizinhos ao aterro queixam-se da geração de odores oriundos do aterro. Segundo esses, o impacto é agravado sobretudo em períodos após a ocorrência de chuvas.

Também foi informada a ocorrência de fortes odores quando da recente movimentação de solo sobre o local onde existe lixo antigo depositado (vertente NE, próxima ao agrupamento de residências subnormais, no denominado "Sítio Joaninha").

Outro aspecto observado é a fumaça resultante da constante queima de materiais diversos no local, promovida tanto pelos moradores locais como pelos particulares que se utilizam do local para descartar entulhos; e

- j) constatou-se que, esporadicamente, a lagoa do reservatório Billings, nas porções imediatamente a jusante do local de disposição, é utilizada para atividades de pesca. Devido a contaminação proveniente do aterro e do lançamento irregular do esgoto de origem domiciliar, os organismos aquáticos nessa porção da represa podem representar risco à saúde da população que os consomem.

.....	SB 3389/97
FIG:	156
Ass:	<i>[assinatura]</i>

4.2 Ensaios Geofísicos

Os ensaios geofísicos na porção sul do lixão do Alvarenga, descritos a seguir, foram executados pelo Agrupamento de Geologia Aplicada a Obras da Divisão de Geologia do IPT.

4.2.1 Considerações teóricas sobre os métodos e técnicas utilizados

Os levantamentos constaram de ensaios de potencial espontâneo (SP), eletrorresistividade e polarização induzida (IP) e visaram a detecção de anomalias SP, resistividade e cargabilidade, correlacionáveis a plumas de contaminação oriundas do aterro de resíduos e também a determinação das direções preferenciais de fluxos de água subterrânea no local.

4.2.1.1 Polarização Induzida - Domínio do Tempo

Quando, por intermédio de eletrodos de corrente, denominados convencionalmente de A e B, é aplicada uma diferença de potencial V primária ao solo, essa polarização (ou diferença de potencial) é também induzida nesse solo.

A diferença de potencial primária, contudo, não se estabelece e nem se anula instantaneamente quando a corrente é emitida e interrompida em pulsos sucessivos, mas varia com o tempo, descrevendo uma curva $V_{IP} = f(t)$, a qual liga a assíntota V_p , em regime estacionário, à assíntota zero, após o corte da corrente (FIGURA 3). Esse fenômeno é chamado "Polarização Induzida".

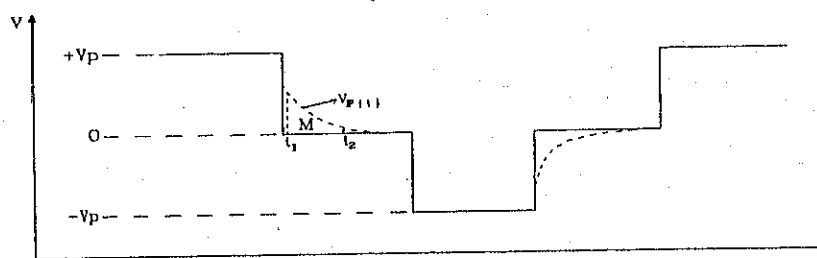


FIGURA 3 - Curva de descarga da Polarização Induzida - domínio do tempo (linha tracejada) e forma de onda da tensão primária aplicada (linha cheia).

Proc.: SB 3781/97
Fls.: 156
Ass.: [assinatura]

A amplitude de um valor $V_{IP} = f(t)$ depende da maior ou menor facilidade que os terrenos têm de ser polarizados. Essa característica constitui a base desse método geofísico e, a maior ou menor facilidade de polarização, constitui a susceptibilidade IP dos materiais analisados.

Analogamente, tudo se passa como se o solo contivesse pequenos condensadores que se carregariam durante a emissão da corrente elétrica, descarregando-se após a interrupção dessa, segundo a curva $V_{IP} = f(t)$, denominada de curva de descarga IP.

Contudo, essa comparação é apenas uma imagem aproximada, pois a analogia com um circuito elétrico (resistência + condensador) não explica por completo o fenômeno da Polarização Induzida. Os fenômenos físico-químicos que poderiam explicar a Polarização Induzida são muito complexos e a maioria dos autores concorda em distinguir duas origens possíveis para o fato:

- a) polarização metálica ou eletrônica: o fenômeno IP se manifesta com maior intensidade em presença de corpos minerais metálicos condutores (condutibilidade eletrônica), os quais não precisam apresentar uma boa continuidade elétrica. A polarização induzida será tão mais intensa quanto menor for a continuidade elétrica entre os grãos minerais. Assim, as mineralizações finamente disseminadas em uma rocha fornecem respostas muito intensas e isso constitui grande vantagem do método da polarização induzida com relação aos outros métodos elétricos e eletromagnéticos para investigação de tais ocorrências; e
- b) polarização não-metálica ou eletrolítica: embora menos intensa, o fenômeno da polarização induzida pode ser produzido mesmo na ausência de corpos que apresentem condutibilidade eletrônica, podendo fornecer dados suplementares para distinção dos tipos de rochas e identificação de estruturas geológicas.

O parâmetro medido no domínio do tempo é a cargabilidade aparente, que é obtida pela integração da área sob a curva do transiente do potencial elétrico secundário, ao longo de um determinado intervalo de tempo.

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Proc.	SB 3.789/92
Fls.	157
Ass.	[assinatura]

Parecer Técnico Nº 7 231

Esse transiente é definido no processo de descarga após a interrupção dos pulsos de corrente, quando a terra ainda energizada retorna ao seu equilíbrio de cargas ou ao seu estado de potencial natural (ver FIGURA 3).

Assim, a cargabilidade aparente, medida entre os tempos t_1 e t_2 , e normalizada pela voltagem primária V_P , é dada pela equação 1.

$$M = \frac{1}{V_P} \int_{t_1}^{t_2} V_{IP}(t) dt \quad (1)$$

sendo:

M: cargabilidade do material;

V_P : diferença de potencial primária;

V_{IP} : diferença de potencial secundária ou induzida; e

t_1, t_2 : limites do intervalo de tempo considerado.

Na equação 1, a unidade da cargabilidade (M) será dada em milivolt x segundos por volt, quando $V_{IP}(t)$ for dado em milivolt e V_P em volt. Após a normalização pelo período de integração (t_1 a t_2), a unidade da cargabilidade será expressa em milivolt por volt. Ainda, tomando-se as voltagens primária e secundárias nas mesmas unidades, obtém-se a cargabilidade em milissegundo.

O que se mede é uma cargabilidade aparente, pois, no ensaio se obtém uma resposta volumétrica de uma porção do terreno através do qual a corrente transmitida se propagou com densidade maior.

O equipamento utilizado no levantamento IP fornece, simultaneamente, leituras de Potencial Espontâneo (SP) e de diferença de potencial (V). Tais medidas também são usadas no cálculo de resistividade aparente (R_a), que corresponde ao parâmetro obtido pelo método da eletrorresistividade.

A estimativa da distribuição (modelo) da cargabilidade em subsuperfície requer processos de interpretação que podem envolver curvas padrão ou modelamento numérico.

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Proc. 50.3789.97
Fls. 158
Ass. [assinatura]

Parecer Técnico Nº 7 231

4.2.1.2 Potencial Espontâneo

Este método é baseado na possibilidade de medir-se a diferença de potencial entre dois eletrodos introduzidos no terreno, mesmo na ausência total de qualquer campo elétrico criado artificialmente.

O método do Potencial Espontâneo (SP), em casos de interesse ambiental ou de engenharia, tem suas principais aplicações no estudo dos movimentos da água em subsuperfície. As anomalias de SP são geradas pelo fluxo de fluidos, de calor ou de íons através do subsolo. O estudo do SP tem sido usado para localizar e delinear esses fluxos e as fontes a eles associadas.

A aplicação desse método nas investigações de terrenos traz vantagens técnicas e financeiras, devido ao seu baixo custo e rapidez na aquisição das informações, qualidades amplamente desejáveis para campanhas mais intensas de prospecção.

Ao ser colocados no terreno dois eletrodos impolarizáveis conectados a um milivoltímetro, observar-se-á uma tensão entre esses, a qual poderá variar desde alguns milivolts até algumas dezenas de milivolts. Em alguns casos, na presença de bons condutores em subsuperfície (sulfetos metálicos maciços, tubulações metálicas, etc.), essa tensão poderá atingir algumas centenas de milivolts.

A FIGURA 4 ilustra o caso hipotético da execução de um levantamento SP para a investigação de vazamento em uma barragem. O fluxo do líquido através do meio poroso gera um potencial elétrico; ou seja, uma diferença de potencial poderá ser medida desde a superfície do terreno.

Deve-se, no entanto, atentar para o fato de que as medidas de diferença de potencial obtidas também podem estar associadas a outras contribuições anômalas, diferentes daquelas produzidas pelo fluxo dos fluidos. Essas outras fontes anômalas, normalmente presentes, resultam das variações das correntes telúricas, fatores biológicos, fenômenos eletroquímicos, deriva e polarização de eletrodos, além de variações de temperatura e umidade do solo. Tais fontes, normalmente indesejáveis nos ensaios, são classificadas de "ruído" e exigem cuidados especiais quando da execução do ensaio ou da interpretação dos resultados obtidos.

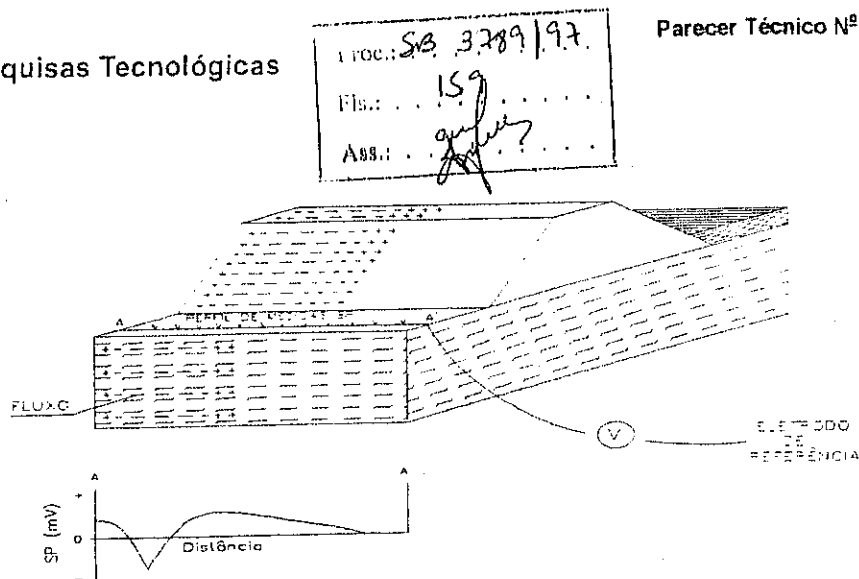


FIGURA 4 - Potencial espontâneo gerado por fluxo d'água em uma barragem de terra e medidas de SP em perfil perpendicular ao fluxo.

4.2.1.3 Resistividade Aparente

A resistividade aparente é o parâmetro fornecido pelo método da eletrorresistividade. Seu princípio de aplicação é baseado na passagem pelo solo de uma corrente de intensidade I , transmitida por um par de eletrodos A e B, conectados a um emissor E (baterias ou grupo-gerador), conforme mostrado na FIGURA 5.

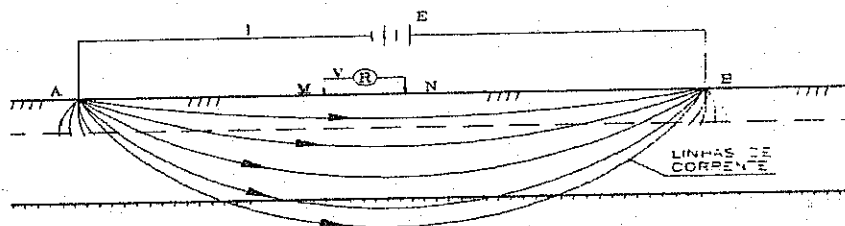


FIGURA 5 - Princípio do método da eletrorresistividade.

Medindo-se a diferença de potencial V entre dois eletrodos M e N, a resistividade aparente (R_a) pode ser obtida pela equação 2.

$$R_a = \frac{KV}{I} \quad (2)$$

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Doc.:	SB 3789/77
Ass.:	169
Ass.:	<i>[assinatura]</i>

sendo:

Ra: resistividade aparente;

K: coeficiente que depende das dimensões e do arranjo do quadripolo AMNB;

V : diferença de potencial entre os eletrodos M e N; e

I: intensidade da corrente.

4.1.3.1 Caminhamento Polarização Induzida - Resistividade

Trata-se de uma técnica de investigação horizontal do subsolo, em uma ou em várias profundidades aproximadamente constantes, a partir de medidas tomadas na superfície do terreno.

A finalidade do caminhamento IP-Resistividade é estudar as variações laterais da cargabilidade e da resistividade do subsolo, sendo muito adequado para se detectar contatos geológicos verticais ou inclinados, mineralizações, diques, fraturamentos e/ou falhamentos e outros corpos ou estruturas que se apresentem como heterogeneidades laterais desses parâmetros. Pode ser também utilizada na prospecção de aquíferos e depósitos de areias e cascalhos, delineando os seus limites.

As investigações pelo caminhamento IP-Resistividade geralmente são efetuadas ao longo de perfis paralelos. Os resultados são integrados em planta (para uma profundidade determinada) ou, ainda, em seções contendo as várias profundidades de investigação.

As pseudo-seções IP-Resistividade obtidas são assim chamadas porque os dados obtidos nos diferentes níveis de investigação (respectivamente cargabilidade e resistividade do subsolo) não correspondem aos valores reais dos parâmetros das camadas investigadas. Referem-se, de fato, a valores aparentes, tanto os parâmetros IP (cargabilidade do subsolo) como os de Resistividade (resistividade do subsolo). De forma semelhante aos parâmetros IP e Resistividade, também as profundidades indicadas na seção vertical são apenas qualitativas.

Na interpretação dos dados das pseudo-seções obtém-se informações qualitativas sobre a posição espacial dos corpos polarizáveis e, mais raramente, pode-se estimar o seu mergulho. Naturalmente que as informações são tão mais precisas quanto melhor for a definição de uma anomalia IP-Resistividade.

O arranjo eletródico de pseudo-seções utilizado no presente trabalho foi o dipolo-dipolo, ou seja, com os eletrodos A e B (de envio de corrente) e os eletrodos M e N (de potencial ou de recepção) alinhados sobre um mesmo perfil. O arranjo é definido pelos espaçamentos $X = AB = MN$. A profundidade de investigação cresce com R (ver FIGURA 6) e, teoricamente, corresponde a $\frac{1}{2} R$.

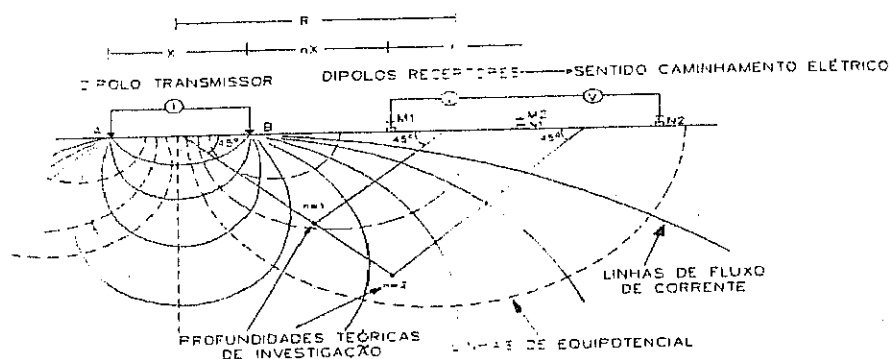


FIGURA 6 - Disposição dos eletrodos, arranjo dipolo-dipolo, caminhamento IP-Resistividade.

Comumente, as medidas são realizadas em várias profundidades de investigação (isto é, $n = 1, 2, 3, 4$ e 5) e são atribuídas ao ponto em que ocorre a intersecção das linhas que partem a 45° dos centros de AB e MN.

A cada estação de medida, os dois dipolos MN são deslocados, de uma distância igual a X, e os dados obtidos são plotados nas posições $n = 1, 2, 3, \dots$ e interpolados, gerando uma pseudo-seção de resistividade aparente e outra de cargabilidade aparente.

4.2.2 Trabalhos Executados

Os ensaios geofísicos de **eletrorresistividade e polarização induzida (IP)** foram executados em oito perfis, quatro aproximadamente perpendiculares (linhas 1, 2, 4 e 8) e quatro aproximadamente paralelos à drenagem local (linhas 00; 10; 20 e 30). A FIGURA 7 contém a localização dos perfis executados, cujas características são apresentadas a seguir:

- a) linha 1: entre os pontos -25 m e 50 m, perfazendo 75 m lineares;

Proc. SB. 3289/97
Fls.: 163
Ass.: [assinatura]

- b) linha 2: entre os pontos -25 m e 45 m, perfazendo 70 m lineares;
- c) linha 4: entre os pontos -30 m e 45 m, perfazendo 75 m lineares;
- d) linha 8: entre os pontos -40 m e 40 m, perfazendo 80 m lineares;
- e) linha 00: entre os pontos 10 m e -45 m, perfazendo 55 m lineares;
- f) linha 10: entre os pontos 30 m e -35 m, perfazendo 65 m lineares;
- g) linha 20: entre os pontos 20 m e -35 m, perfazendo 55 m lineares; e
- h) linha 30: entre os pontos 60 m e -50 m, perfazendo 110 m lineares.

Em todos os levantamentos foi utilizado intervalo de 5 m como abertura entre eletrodos, sendo investigados cinco níveis teóricos, respectivamente correspondentes às profundidades máximas de $n_1 = 5$ m; $n_2 = 7,5$ m; $n_3 = 10$ m; $n_4 = 12,5$ m e $n_5 = 15$ m.

Os levantamentos de **potencial espontâneo (SP)** foram realizados nos mesmos pontos da malha regular de 5 m x 5 m (FIGURA 7, ANEXO 1), abrangendo toda a área onde foi possível coletar as medidas (houve dificuldades devido ao terreno alagadiço), fazendo o recobrimento de um polígono irregular de aproximadamente 4.000 m². Nas investigações foi utilizado um eletrodo de referência fixo, de modo que todas as medidas são referidas a esse único ponto.

4.2.3 Apresentação dos resultados

Os resultados obtidos são apresentados na forma de pseudo-seções, mapas e blocos-diagramas de resistividade aparente; pseudo-seções, mapas e blocos-diagramas de cargabilidade aparente; e mapa e bloco-diagrama de potencial espontâneo. As FIGURAS 8 a 25 encontram-se apresentadas no ANEXO 1.

As FIGURAS 8 a 11 contém as pseudo-seções de resistividade aparente e de cargabilidade aparente dos perfis paralelos à drenagem, enquanto as FIGURAS 12 a 15 contém as pseudo-seções de resistividade aparente e de cargabilidade aparente dos perfis perpendiculares à drenagem.

Quanto aos mapas de resistividade aparente e de cargabilidade aparente, foram selecionados para apresentação, dentre os níveis teóricos investigados, aqueles relativos às profundidade de 7,5 m e 12,5 m, consideradas como representativas das condições de migração subsuperficial da contaminação oriunda

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

São Paulo, 3 de agosto de 1997 Pág.: 163 Ass.: <i>[assinatura]</i>
--

Parecer Técnico Nº 7 231

do aterro de resíduos. Na realidade, essas profundidades são níveis teóricos e representam a porção do subsolo de 0 a 7,5 m (nível 2) e de 0 a 12,5 m (nível 4). Trata-se de uma estimativa bastante qualitativa, conforme mencionado na descrição das pseudo-seções dipolo-dipolo, no item 4.1.3.1. Tais mapas e blocos-diagramas, para as profundidades de investigação de 7,5 m e 12,5 m, constam das FIGURAS 16 a 19, para o parâmetro resistividade aparente, e das FIGURAS 20 a 23, para o parâmetro cargabilidade aparente.

Os resultados obtidos do levantamento de potencial espontâneo (SP) estão apresentados na forma de mapa e de bloco-diagrama de potencial espontâneo e constam das FIGURAS 24 e 25, respectivamente.

4.2.4 Análise dos resultados

A análise das pseudo-seções (FIGURAS 8 a 15) permitiu identificar o comportamento dos parâmetros cargabilidade e resistividade localmente ao longo destes perfis. De acordo com o observado, pôde-se verificar que os valores medidos de cargabilidade assumem valores maiores à medida que aumentam os níveis de investigação. Também os valores de resistividade superficialmente apresentam baixos valores se comparados aos níveis mais profundos. Desse modo, pode-se interpretar que as porções mais superficiais da área investigada, e que devem ser aquelas onde existe a maior concentração de poluentes, está correlacionada aos valores mais baixos de cargabilidade.

Uma idéia global desse comportamento para a área toda pode ser vista nas FIGURAS 20 e 22 (representação em mapas) e nas Figuras 21 e 23 (representação em blocos-diagramas), elaboradas com os dados de cargabilidade aparente medidos nas profundidades teóricas de 7,5 e 12,5 m (níveis teóricos, que compreendem ao pacote do subsolo de 0,0 a 7,5 m - nível 2 - e de 0,0 a 12,5 m - nível 4 - conforme descrição das pseudo-seções, item 4.1.3.1). As cores verdes/azuis podem refletir os locais onde a presença de poluentes é mais intensa e está relacionada às porções mais superficiais do local estudado.

As Figuras 16 e 18 (que mostram os mapas confeccionados com os valores de resistividade obtidos nas profundidades teóricas de investigação de 7,5 m e 12,5 m) e as Figuras 17 e 19 (que mostram os blocos diagrama para os mesmos

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Proc. SB 3789/77	Parecer Técnico Nº 7 231
Fls. 164	
Ass. [assinatura]	

níveis teóricos de investigação), a exemplo do que ocorre com os dados de cargabilidade, também evidenciam um contraste de resistividade, ainda com maior clareza do que com o parâmetro anterior. É bastante evidente que os menores valores de resistividade aparente são significativamente mais representativos para o nível mais superficial de investigação (profundidade de 0 a 7,5 m) do que no mapa da maior profundidade de investigação (profundidade de 0 a 12,5 m). Notar que as cores que representam as zonas mais condutivas (ou de menor resistividade) são as vermelhas/amarelas, enquanto que os locais mais resistivos são representados pelas cores azuis/verdes.

Pode-se concluir daí que os valores mais baixos de resistividade aparente são correlacionáveis aos locais onde há maior concentração de poluentes e que, por sua vez, essa maior concentração é mais pronunciada nas porções mais próximas à superfície do terreno, diminuindo com a profundidade. Nesses mapas, também pode ser observado com clareza os contornos laterais das prováveis regiões mais poluídas.

Um outro fato a ser considerado, é que os locais onde as resistividades são mais elevadas podem também refletir uma menor espessura de solo/rocha alterada, conseqüentemente onde o topo rochoso está mais próximo à superfície.

O que se observa pelas FIGURAS 24 e 25, relativas ao levantamento de potencial espontâneo (SP), é uma direção geral do fluxo no sentido do lixão para a represa. Também pode ser visualizado que existe uma direção preferencial de percolação das águas, mostrada no mapa (FIGURA 24) pelas cores em tons de verde e azul. No bloco-diagrama (FIGURA 25) isso é evidenciado pelos locais onde o "relevo" do bloco é mais baixo.

Com base nesses resultados, os locais mais favoráveis para a instalação de poços de monitoramento, tanto da migração dos contaminantes como das medidas de remediação a ser implementadas, são aqueles onde a resistividade aparente apresentou os menores valores relativos (conforme identificado nas FIGURAS 16 a 19). Os poços mais adequados são os do tipo multiníveis para amostragem de água subterrânea do aquífero livre nas profundidades de amostragem de 2, 6 e 10