UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CRITÉRIOS PARA A GESTÃO DE ÁREAS
SUSPEITAS OU CONTAMINADAS POR
RESÍDUOS SÓLIDOS - ESTUDO DE CASO NA
REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

SEIJU HASSUDA

Orientador: Prof. Dr. Aldo da Cunha Rebouças

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO JULGADORA

	Nome	Assinatura
Presidente:	Prof. Dr. Aldo da Cunha Rebouças	
Examinadores:	Prof. Dr. Auelbani Bráz da Silva	
	Prof. Dr. José Milton Benetti Mendes	
	Prof. Dr. Luiz Roberto Cottas	
	Prof. Dr. Samuel Murgel Branco	

SÃO PAULO
1997

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005051

**CRITÉRIOS PARA A GESTÃO DE ÁREAS SUSPEITAS
OU CONTAMINADAS POR RESÍDUOS SÓLIDOS -
ESTUDO DE CASO NA REGIÃO METROPOLITANA
DE SÃO PAULO**

Seiju Hassuda

Orientador: Prof. Dr. Aldo da Cunha Rebouças

TESE DE DOUTORAMENTO

Área de Concentração: Recursos Minerais e Hidrogeologia

SÃO PAULO
1997

AGRADECIMENTOS

O autor gostaria de expressar a sua gratidão pela ajuda e incentivos recebidos durante o desenvolvimento da tese para as seguintes pessoas:

Ao Prof. Dr. Aldo da Cunha Rebouças e Eng. Agron. Rodrigo César de Araújo Cunha, da CETESB, pelas discussões, leituras e sugestões.

À Geól. Márcia Pressinotti, diretora do Instituto Geológico, pelo seu apoio pessoal e institucional.

Ao Dr. Andreas Marker e Eng. Marco Antonio Gunther por permitir a utilização das informações do Cadastro de Áreas Contaminadas.

Aos colegas Mara Akie Iritani e Paulo César Fernandes pela revisão do texto e valiosas sugestões realizadas.

Ao Geól. Alexandre Magno de Sousa Maximiano pelo auxílio nos trabalhos de digitalização dos mapas e edição final do trabalho.

Aos colegas Elton Gloeden, Wagner França Aquino, Vicente de Aquino Neto, Nádia Azevedo de Almeida, Álvaro Gutierrez Lopez, Maria José de Barros Fraccaroli pelos trabalhos de campo realizados em conjunto.

Aos geólogos Geraldo Hideo Oda, Ricardo César Aoki Hirata e Sueli Yoshinaga e, à Geógrafa Luciana Rodrigues Martin Ferreira pelo incentivo em todos os momentos do trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE ANEXOS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DA QUADROS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS DA TESE	2
3. PROBLEMÁTICA MUNDIAL SOBRE DESTINO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS	2
PARTE 1. FUNDAMENTOS E ESTRATÉGIAS DE GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS	
4. TÉCNICAS E MÉTODOS EXISTENTES DE GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS	10
4.1. Experiência na Alemanha	11
4.2. Experiência do Canadá	13
4.3. Experiência nos E.U.A	14
4.4. Experiência no Brasil	16
5. MODELO DE GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS ELABORADA PARA RMSP	17
5.1. Conceituação Técnico-Científica	19
5.2. Sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas	21
5.2.1. Definição da região de interesse e dos bens a proteger	21
5.2.2. Áreas Potenciais (APs)	24
5.2.3. Áreas Suspeitas (ASs)	29
5.2.4. Áreas Contaminadas (Acs)	31
5.2.5. Caracterização de Acs	33
5.2.6. Plano de Remediação de Áreas Contaminadas	33
5.3. Infraestrutura do Sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas	34
5.3.1. Cadastro Informatizado	34
5.3.2. Cadastro Físico	35

5.3.3. Administração de Fundos e Legislação Específica	35
6. GESTÃO DE ÁREAS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA RMSP	36
6.1. Priorização de Áreas Potenciais	36
6.2. Avaliação Preliminar	37
6.2.1. Ficha Cadastral e de Pontuação de Áreas Contaminadas	37
6.3. Avaliação Confirmatória	61
6.4. Caracterização da Área	69
6.5. Recuperação da Área	69
PARTE 2. ESTUDOS DE CASOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO	
7. AVALIAÇÃO REGIONAL: Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)	71
7.1. Aspectos sócio-econômicos	72
7.2. Diagnóstico dos Recursos Hídricos na RMSP	75
7.2.1. Águas Superficiais	75
7.2.1.1. Quantidade	77
7.2.1.2. Qualidade	77
7.2.2. Águas subterrâneas	82
7.2.2.1. Quantidade	82
7.2.2.2. Qualidade	85
7.3. Diagnóstico das áreas de disposição de resíduos	85
7.3.1. Produção de resíduo sólido doméstico	85
7.3.2. Localização das áreas de disposição	86
7.3.3. Morfologia do terreno e ocupação no local de disposição e áreas adjacentes	88
7.3.4. Local de disposição e o contexto hidrogeológico	90
7.3.5. Aspectos construtivos dos locais de disposição	93
7.4. Sistema de classificação dos locais de disposição	96
7.4.1. Preenchimento da Ficha de Pontuação	96
7.4.2. Distribuição espacial dos locais de disposição por pontuação	97
7.4.3. Classificação das áreas de disposição	111
7.4.4. Priorização das áreas de disposição	113
8. AVALIAÇÃO LOCAL: LIXÃO DO ALVARENGA	115
8.1. Localização	115
8.2. Descrição da área do lixão e adjacências	120
8.3. Avaliação Preliminar	120
8.3.1. Diagnóstico da área de disposição	120
8.3.2. Preenchimento da Ficha de Pontuação	125
8.3.2.1. Características da fonte de contaminação	125
8.3.2.2. Meios de propagação	127

8.3.2.3. Bens a Proteger	130
8.3.3. Resultado da Pontuação	130
8.4. Avaliação Confirmatória	131
8.4.1. Levantamento Geofísico	132
8.4.2. Resultados das análises químicas das cacimbas	132
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	134
10. CONCLUSÕES	137
11. BIBLIOGRAFIA	139

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha Cadastral e Ficha de Pontuação

Anexo 2. Pontuações obtidas pelas áreas de disposição de resíduos da RMSP

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Sistema para avaliação do índice de vulnerabilidade do aquífero (FOSTER & HIRATA 1988)
- Figura 2. Fluxograma de gerenciamento de áreas contaminadas
- Figura 3. Evolução da concentração dos gases CH₄, CO₂, NO₂, O₂ e H₂
- Figura 4. Mapa e quadro demonstrando a distribuição da população por municípios da RMSP
- Figura 5. Mapa e quadro demonstrando a distribuição da densidade demográfica por municípios da RMSP
- Figura 6. Municípios atendidos pela SABESP e serviços autônomos municipais (SABESP, 1994)
- Figura 7. Mapa com sistemas adutores da RMSP (modificado de SABESP, 1994)
- Figura 8. Mapa de qualidade das águas superficiais da RMSP (Modificado de CETESB, 1992)
- Figura 9. Mapa com localização das áreas de disposição de resíduos sólidos da RMSP (CETESB, 1997)
- Figura 10. Gráfico e quadro demonstrando a distância das edificações em relação aos locais de disposição
- Figura 11. Gráfico e quadro demonstrando a existência de catadores nos locais de disposição
- Figura 12. Quadro resumo ilustrativo do contexto hidrogeológico da RMSP associados ao número de locais de disposição de resíduos
- Figura 13. Aspectos construtivos dos locais de disposição dos resíduos sólidos (modificado de IPT, 1995)
- Figura 14. Mapa de pontuação das áreas de disposição considerando BP1 - Saúde e vida da população
- Figura 15. Mapa de pontuação das áreas de disposição considerando BP2 - Abastecimento público
- Figura 16. Mapa de pontuação das áreas de disposição considerando BP3 - Uso do solo

- Figura 17. Mapa de pontuação das áreas de disposição considerando BP4 - Proteção das águas subterrâneas e superficiais
- Figura 18. Mapa de pontuação das áreas de disposição considerando BP5 - Uso agrícola e pecuária
- Figura 19. Mapa de pontuação das áreas de disposição considerando BP6 - Outros bens a proteger
- Figura 20. Mapa com valores estatísticos de BP1 por município
- Figura 21. Mapa com valores estatísticos de BP2 por município
- Figura 22. Mapa com valores estatísticos de BP3 por município
- Figura 23. Mapa com valores estatísticos de BP4 por município
- Figura 24. Mapa com valores estatísticos de BP5 por município
- Figura 25. Mapa com valores estatísticos de BP6 por município
- Figura 26. Figura demonstrando a distribuição do número de áreas por faixa de pontuação para BP1, BP2 e BP3
- Figura 27. Figura demonstrando a distribuição do número de áreas por faixa de pontuação para BP4, BP5 e BP6
- Figura 28. Localização do Lixão do Alvarenga
- Figura 29. Ilustração fotográfica dos três Lixões de Alvarenga
- Figura 30. Ilustração fotográfica de alguns tipos de resíduos encontrados no Lixão de Alvarenga
- Figura 31. Ilustração fotográfica de catadores e animais na área do Lixão de Alvarenga
- Figura 32. Ilustração fotográfica do escoamento do chorume para a Represa Billings
- Figura 33. Mapa de isovalores de condutividade elétrica na área do Lixão do Alvarenga
- Figura 34. Mapa de isoconcentração de sódio das águas subterrâneas provenientes das cacimbas na área do Lixão de Alvarenga

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1. Exemplo de cadeia de eventos da fonte para o receptor (CCME,1992)
- Quadro 2. Níveis de escalas de trabalho (modificado de HIRATA, 1994)
- Quadro 3. Meios a serem investigados e tipos de investigação a serem executados.
- Quadro 4. Quadro contendo informações sobre Identificação da Área
- Quadro 5. Quadro com informações sobre a forma de disposição de resíduos
- Quadro 6. Quadro com informações sobre descrição da área disposição de resíduos e de áreas adjacentes
- Quadro 7. Quadro com informações sobre eventos importantes ocorridos na área de disposição de resíduos
- Quadro 8. Quadro resumo sobre atividades de gerenciamento de áreas de disposição de resíduos sólidos a serem desenvolvidas
- Quadro 9. Quadro resumo sobre etapas do Sistema de Pontuação
- Quadro 10. Valores de R_n e M_n para o componente Ra_1
- Quadro 11. Valores de R_n e M_n para o componente Ra_2
- Quadro 12. Valores de R_n e M_n para o componente Rb_1
- Quadro 13. Valores de R_n e M_n para o componente Rb_2
- Quadro 14. Valores de R_n e M_n para o componente Rb_3
- Quadro 15. Valores de R_n e M_n para o componente Rb_4
- Quadro 16. Valores de R_n e M_n para o componente Rc
- Quadro 17. Totalização do sistema de pontuação
- Quadro 18. Resumo do consumo, demanda média e índices de perdas no sistema de abastecimento da RMSP (SABESP, 1995)
- Quadro 19 - Parâmetros analisados na rede de monitoramento da CETESB (CETESB, 1992)
- Quadro 20. Índice de qualidade da água na RMSP (CETESB, 1992)
- Quadro 21. Potencialidade e disponibilidade de água subterrânea na RMSP (CEPAS, 1994)

**Quadro 22. Número de áreas de disposição por intervalo para os bens a proteger
(BP1 a BP6)**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. População e área de vários países da Terra

Tabela 2. Produção total e geração per capita de resíduos de vários países

Tabela 3. Composição de resíduo doméstico (%)

Tabela 4. Destino final de resíduo doméstico (%)

Tabela 5. Composição química de lixiviado de aterros da RMSP (CETESB, 1993)

Tabela 6. Variação da concentração dos constituintes do lixiviado em função do tempo

Tabela 7. Tabela com substâncias possíveis de serem encontrados nos lixiviados nos locais de disposição de resíduos sólidos (EPA, 1994).

Tabela 8 - Valores referenciais da Holanda para solo e água subterrânea (VROM, 1994)

Tabela 9. Tabela com massa de lixo por município da RMSP

Tabela 10. Morfologia do terreno nas áreas de disposição

Tabela 11. Áreas críticas de disposição de resíduos para o BP1

Tabela 12. Áreas críticas de disposição de resíduos para o BP2

Tabela 13. Áreas críticas de disposição de resíduos para o BP3

Tabela 14. Áreas críticas de disposição de resíduos para o BP4

Tabela 15. Áreas críticas de disposição de resíduos para o BP5

Tabela 16. Áreas críticas de disposição de resíduos para BP1 a BP6 (com pontuação acima de 300)

Tabela 17. Pontuação Lixão de Alvarenga

Tabela 18. Características químicas e bacteriológicas das cacimbas em Alvarenga

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal estabelecer critérios para a gestão de áreas de disposição de resíduos sólidos. Ele visou também fornecer à comunidade técnico-científica um método de estudo e pesquisa dirigida à questão de áreas suspeitas e contaminadas por resíduos sólidos.

O texto encontra-se dividido em duas partes, na primeira, apresenta-se o modelo e a metodologia tanto para a avaliação de áreas contaminadas como para os locais de disposição de resíduos sólidos. Na segunda parte, as metodologias estão aplicadas para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), ao nível regional, e ao Lixão de Alvarenga, ao nível local.

Os trabalhos na RMSP permitiram definir áreas críticas nos locais de disposição de resíduos sólidos onde os seguintes elementos encontram em risco: 28 áreas em relação à saúde e vida da população (BP1), 8 para o abastecimento público (BP2), 4 para uso do solo (BP3), 8 para a proteção das águas superficiais e subterrâneas (BP4) e 5 para áreas de produção agropecuária (BP6).

Entre as 116 áreas de disposição de resíduos da RMSP, o Lixão de Alvarenga foi a que se apresentou mais crítica em relação aos vários aspectos. Os catadores e a população que reside sobre o lixão e/ou nas adjacências convivem diretamente com problemas dermatológicos e doenças de veiculação hídrica. Nas adjacências do local, a jusante, várias residências utilizam água subterrânea proveniente de cacimbas. O lixiviado escoar diretamente para a Represa Billings que é um manancial que abastece algumas cidades da RMSP. Na área, a difusão de gases é um problema comum inclusive com registro de explosão no passado.

Com os estudos realizados definiram-se basicamente duas linhas de ação, a primeira, visando a preservação da saúde e vida da população que residem no local e nas adjacências dos locais de disposição e, a segunda, objetivando a proteção dos recursos naturais da RMSP.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to establish criteria for management of solid waste disposal areas. It also aimed to provide the technical-scientific community with a method of study and research directed to the issue of suspect and contaminated areas by solid waste.

The text is divided in two parts: in the first, the model and methodology to evaluate not only contaminated areas but also sites of solid waste disposal are presented. In the second part, the methodologies are applied at a regional level to the Metropolitan Region of São Paulo (RMSP), and at a local level to the Alvarenga Landfill.

The works in the RMSP allowed to define critical areas in the sites of solid waste disposal where the following elements are at risk: in 28 areas, the health and life of the population (BP1); in 8, public water supply (BP2); in 4, land use (BP3); in 8, protection of superficial and ground waters (BP4), and in 5, the areas of farming production (BP6).

Among the 116 solid waste disposal areas in the RMSP, the Alvarenga Landfill was the most critical regarding various aspects. The pickers and the population of the landfill and/or surroundings live directly with skin problems and diseases transmitted through water. Nearby and downstream, several dwellings use groundwater from shallow wells (*cacimbas*). Leachate flows directly to the Billings Dam, which supplies water to some cities of the RMSP. In the area, the diffusion of gases is a usual problem, including records of explosions.

With the studies, basically two lines of action were defined: the first, aiming the preservation of the health and life of the population living in the disposal areas or nearby, and second, the protection of natural resources in the RMSP.

1. INTRODUÇÃO

A vida humana encontra-se presente sobre a face da Terra há milhões de anos numa complexa relação entre meio físico e biótico. No último século com o advento da revolução industrial, o ser humano tem manipulado milhares de substâncias, naturais ou sintéticas, muitas vezes de forma inadequada, trazendo danos significativos ao meio ambiente e à própria qualidade de vida.

Nos países desenvolvidos, as ações preventivas e corretivas vem sendo tomadas isoladamente há mais de 30 anos em relação à degradação do meio ambiente. Por outro lado, nos países em desenvolvimento em função da falta de recursos financeiros pouco tem sido feito para conservar e preservar o meio ambiente.

Na “Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento-ECO 92”, realizada no Rio de Janeiro, em 1992, foi traçada uma estratégia internacional conjunta, onde a tese básica definida foi a de que os recursos naturais devem ser a base do desenvolvimento econômico e que, portanto, a proteção ambiental e o desenvolvimento econômico devem ser considerados em conjunto (ANDRADE, 1996). Por outro lado, no evento realizado em março deste ano, denominado RIO+5, chegou-se a conclusão de que os países que participaram na ECO-92 não conseguiram cumprir grande parte das metas previstas no acordo traçado há cinco anos atrás.

Levando em consideração o contexto acima mencionado, o intuito desta tese é apresentar critérios para a gestão de áreas de disposição de resíduos sólidos. Este por sua vez faz parte de um modelo mais abrangente de gestão de áreas contaminadas.

Os resíduos sólidos domésticos tem despertado discussão e polêmica tanto no meio técnico-científico, nas universidades e instituições de pesquisa, quanto nos órgãos públicos responsáveis pela regulamentação e controle, não havendo consenso entre as partes envolvidas e/ou interessadas. Os esforços têm sido concentrados na situação atual cuja problemática reside na adequação do local onde os resíduos devem ser dispostos e qual a melhor maneira de fazê-lo do ponto de vista ambiental. Todavia a questão das áreas já existentes, desativadas ou não, que

muitas vezes foram mal construídas ou operadas, tem sido pouco abordada havendo uma carência de propostas sobre a destinação a ser dada para tais áreas.

O presente trabalho divide-se em 3 tópicos principais: modelo de gestão de áreas contaminadas para RMSP; metodologia de gestão de áreas de disposição de resíduos sólidos para RMSP; aplicação da metodologia de gestão de áreas de disposição de resíduos sólidos para RMSP e um estudo de caso.

2. OBJETIVOS DA TESE

O objetivo principal desta tese é apresentar critérios para a gestão das áreas suspeitas ou confirmadas de contaminação por disposição de resíduos sólidos. Dentro deste escopo, realizou-se um diagnóstico das áreas de disposição de resíduos sólidos na RMSP com propostas de prioridade de medidas e ações para proteger os recursos naturais e a saúde pública.

Outro objetivo específico, é fornecer à comunidade técnico-científica um método de estudo e pesquisa dirigida à questão de áreas suspeitas e contaminadas por resíduos sólidos.

3. PROBLEMÁTICA MUNDIAL SOBRE DESTINO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A geração de resíduos sólidos domésticos tem crescido numa relação diretamente proporcional ao crescimento da população mundial. Associado a isso, a mudança dos hábitos de consumo da sociedade atual tem conduzido à geração de produtos descartáveis e de bens com curto tempo de vida útil. como decorrência, a natureza e a quantidade de resíduo doméstico tem mudado drasticamente nas últimas décadas.

Acrescentando o fato de que a migração da população de zonas rurais para áreas urbanas também tem contribuído para o aumento da geração de lixo nas cidades. Considerando 11 países europeus, 2 países da América do Norte e da América do Sul, da Ásia e da África (1 país de cada continente), observa-se uma variação na densidade demográfica de 2,6 habitantes/km² no Canadá

para 1452 habitantes/km² no Japão (MITI, 1994). Nestes países, a percentagem da população habitando em áreas urbanas varia de um mínimo de 50% até um máximo de 88% (TABELA 1).

Até o início da década de 70, um cidadão comum preocupava-se com o lixo até o momento em que o caminhão de coleta o removia de sua residência. Em vários países esta visão tem se modificado. Muitas pessoas tem questionado o destino e os efeitos que o lixo pode causar ao meio ambiente.

Na década de 80, muitas entidades de pesquisa e controle ambiental produziram relatórios e publicações científicas sobre efeitos a curto e longo prazo, causados pela prática de disposição de resíduos no solo efetuada no passado (BROWNELL et al, 1982; BULL et al, 1983; CUMINS, 1981; GRAHAM, 1981; POHLAND, 1980). Atualmente, o assunto "disposição de resíduos sólidos" tem despertado interesse político em todas as esferas do poder quais sejam, municipal, estadual, internacional, além de interesse científico e da preocupação social.

Nos últimos 10 a 15 anos em muitos países desenvolvidos, uma legislação referente à disposição de resíduos sólidos tem se desenvolvido e profissionais da área ambiental têm contribuído com a elaboração de padrões e normas (CETESB, prelo). Em alguns países, a legislação tem requerido um planejamento do gerenciamento da disposição dos resíduos sólidos.

A tabela 2 apresenta a produção anual e a geração per capita de resíduo doméstico nos países apresentados na tabela anterior. De uma forma genérica, observa-se que, quanto mais desenvolvido economicamente o país, maior é a geração per capita. O valor médio obtido situa-se em torno de 1 kg/pessoa/dia e a população do Brasil apresenta um valor menor que 0,6 kg/pessoa/dia.

A tabela 3 mostra a composição de resíduo doméstico de vários países. Nela observa-se que as categorias de papel e de matéria orgânica somam a maior parte da composição do resíduo doméstico na maioria dos países. A média da somatória é de 63,77%, portanto juntas representam mais da metade da composição total do resíduo. Além destes, vidros, plásticos e metais possuem uma importância secundária na composição do resíduo.

Na composição do resíduo doméstico do Brasil a matéria orgânica sozinha possui valor de 64,4%, enquanto que a média é de 33,2%, portanto um valor bastante superior aos dos outros países.

Tabela 1. População e área de vários países da Terra

País	Área (Km ²)	Pop. (milhão)	Dens. Demog. (pessoa/km ²)	Ocupação Urbana(%)
Austria	83.855	7.9	94,2	55
Canadá	9.855.000	25.4	2,2	76
Dinamarca	43.000	5.1	118,6	83
Finlândia	338.000	4.9	14,5	60
França	550.000	54.3	98,7	75
Alemanha	250.000	61.0	235,0	-
Itália	301.260	56.2	186,5	-
Japão	378.000	120.0	1452,0	76
Holanda	41.473	14.5	349,6	88
Polônia	312.683	36.9	118,0	57
África do sul	1.116.000	31.9	28,6	48
Suécia	450.000	8.4	18,7	83
Suíça	41.293	6.5	157,4	51
Grã-Bretanha	241.200	56.0	232,2	70
USA	9.275.955	235.0	25,3	79
Brasil	8.511.965	146.9	17,3	75

Fonte: Modificado de IBGE (1992)

Tabela 2. Produção total e geração per capita de resíduos de vários países

País	Total (10⁶ t/ano)	Per Capita (kg/pessoa/dia)
Austria	1,7	0,6
Canadá	25,0	2,7
Dinamarca	1,3-3,4	0,7-1,8
Finlândia	2,0-3,0	0,5-1,6
França	17,8-49,8	0,9-2,5
Alemanha	24,0	1,1
Itália	17,3	0,8
Japão	41,0	0,9-1,1
Holanda	8,5	1,6
Polônia	-	0,6-1,3
África do sul	12,0	1,0
Suécia	2,5	0,8
Suíça	6,3	2,6
Grã-Bretanha	18,0	0,9
USA	72,0	1,6
Brasil	32,9	0,6

Fonte: Carra, et al (1990) e IPT(1994)

Tabela 3. Composição de resíduo doméstico (%)

País	Papel	Orgân.	Vidros	Plast.	Metais	Têxteis	Mat. Const	Outros
Austria	22,4	27,8	5,3	10,3	4,2	2,2	4,6	23,2
Canadá	38,9	33,9	6,5	4,9	6,2	3,6	1,8	4,4
Dinam.	29,0	28,0	4,0	5,0	13,0	-	-	21,0
Finland.	51,0	29,0	6,0	5,0	2,0	2,0	-	5,0
França	30,0	25,0	12,0	6,0	5,0	4,0	-	18,0
Alema.	20,8	28,3	10,4	7,7	3,9	-	2,8	26,1
Itália	22,3	42,1	7,1	7,2	3,0	-	-	18,3
Japão	31-37	10-16	14-16	14-16	5,5-6,4	3,8	-	-
Holanda	24,2	52,4	7,2	7,1	3,2	2,9	-	3,0
África do Sul	33,0	31,0	12,0	7,0	7,0	-	0,0	9,0
Suécia	35-45	25-35	6-8	8-10	2-4	2-4	-	6-9
Suiça	20,8	33,0	8,7	13,4	5,9	-	-	9,6
Grã-Bret.	33,9	23,4	14,4	4,2	7,1	4,1	-	12,9
USA	35,6	29,0	8,4	7,3	8,9	2,0	-	8,7
Brasil*	14,4	64,4	1,1	12,0	3,2	-	-	4,5

Fonte: Carra, et al (1990) e IPT(1994)

(*) Valores do Est. São Paulo

A tabela 4 apresenta um resumo do destino final de resíduo doméstico em vários países. A disposição em aterros sanitários é pouco utilizada no Japão e Suíça, e muito utilizada na Finlândia, Canadá e Polônia (acima de 95%). O Japão lidera, com valor de 68%, no uso da tecnologia de incineração de resíduos como resultado da baixa disponibilidade de uso do solo para os fins em discussão. Neste contexto, observa-se uma diferença clara acerca do destino final dos resíduos no Brasil em relação aos países desenvolvidos. Enquanto países desenvolvidos, como exemplificado acima, estão investindo na recuperação e incineração, o Brasil possui um quadro alarmante onde 99% do resíduo gerado é disposto sobre o solo. Deste montante, cerca de 76% é disposto a céu aberto e 13% em aterro controlado (IPT, 1994).

Além disso, vale ressaltar que existem muitos locais desativados, onde existiram antigos lixões. Nestes, o controle de recebimento de resíduo foi menor e geralmente os resíduos industriais e domésticos encontram-se misturados. Portanto, a contaminação dos recursos hídricos torna-se patente, e ainda, o risco à saúde da população que reside nas circunvizinhanças destas áreas é bastante preocupante. Neste cenário, a Região Metropolitana de São Paulo possui 116 lixões e aterros sanitários, onde o diagnóstico sobre o efeito que estas áreas de disposição de resíduos tem sobre os recursos hídricos e a saúde pública é extremamente modesto. Na realidade, existem vários trabalhos desenvolvidos pelas universidades, órgãos do governo e empresas privadas. Contudo, esses trabalhos normalmente possuem caráter específico, tanto em área física como também no aspecto da abordagem técnico-científica, dificultando uma visão global do problema. Conseqüentemente, através dos estudos existentes não é possível realizar uma gestão global adequada das áreas de disposição.

No Brasil, ainda não existe um sistema municipal, estadual ou federal de classificação de áreas contaminadas de forma a priorizar as áreas críticas como existe na América do Norte ou na Europa. Um dos documentos existentes, publicado recentemente pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), é o "Manual de Gerenciamento Integrado sobre Lixo Municipal". Neste documento (IPT, 1994), o enfoque principal compreende os seguintes tópicos: origem, composição, limpeza, tratamento (segregação, reciclagem e incineração) e legislação sobre resíduos sólidos domésticos. De forma sucinta, são abordadas descrições sobre disposição final do lixo, com enfoque na conceituação do lixão e aterro sanitário, na transformação de lixão em aterro sanitário, na remediação e fechamento de lixões (ações mitigadoras) e nos estudos para a viabilização de áreas para instalação de aterros sanitários e projeto de aterro sanitário em áreas

Tabela 4. Destino final de resíduo doméstico (%)

País	Aterro Sanitário	Incineração	Reciclagem	Compostagem	Sem serviço
Austria	64	20	-	16	-
Canadá	95	4	1	-	-
Dinamarca	31	50	18	1	-
Finlândia	95	2	3	-	-
França	47,9	41,9	0,6	8,7	-
Alemanha	74	24	-	2	-
Itália	83,2	13,9	0,6	2,3	-
Japão	29,6	67,6	-	2,8	-
Holanda	51	34	15	-	-
Polônia	99,9	-	-	0,1	-
África do sul ¹	69,2	20,8	3,1	3,8	3,9
Suécia	35	60	5	-	-
Suíça	20	80	-	-	-
Grã-Bretanha	88	11	1	-	-
USA	83	6	11	-	-
Brasil ²	23	0,1	-	0,9	76

Fonte: Carra, et al (1990) e IPT(1994)

(1) 225 aterros de um total de 564 áreas não possuem controle

(2) 10% aterro sanitário + 13% aterro controlado

novas. Assim esse importante documento publicado por IPT (1994), que é dirigido principalmente aos técnicos dos órgãos municipais, trata principalmente de assuntos de interesse para gerenciamento de cada unidade de disposição de resíduos sólidos considerando as áreas existentes e a serem instaladas.

Da mesma forma, enfocando especificamente a área de disposição de resíduos existe o manual elaborado pela CETESB (1987) sobre a construção de aterros sanitários e industriais de forma a dispor resíduos no solo de maneira mais segura. Entretanto, existem poucos estudos sobre a forma de gerenciamento das áreas de disposição já existentes, e sobre o início e implementação deste gerenciamento. O trabalho aqui apresentado procura sanar esta lacuna na questão do gerenciamento das áreas de disposição de resíduos.

PARTE 1 FUNDAMENTOS E ESTRATÉGIAS DE GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Nesta primeira parte da tese apresenta-se inicialmente uma revisão bibliográfica da metodologia de gestão de áreas contaminadas em vários países. Em seguida o enfoque do trabalho é dado para o modelo de gestão de áreas contaminadas elaborada para a RMSP e no final desta parte é apresentada a metodologia de gestão de áreas de disposição de resíduos sólidos para RMSP.

4. TÉCNICAS E MÉTODOS EXISTENTES DE GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Os programas existentes, no país e no exterior, que pretendem preservar e proteger a integridade ambiental do meio físico, enfocam duas linhas básicas: a ação corretiva, voltada especificamente à recuperação de locais contaminados ou degradados, como é o caso dos locais de disposição de resíduos sólidos; e a ação preventiva, voltada à uma região de interesse, onde são estabelecidas restrições ao uso da terra frente às diversas atividades contaminantes, ou potencialmente contaminadoras.

O desafio, para a implantação desses programas, é identificar onde se encontram os problemas, caracterizá-los caso a caso, e posteriormente estabelecer prioridades, com base nos riscos existentes, concentrando os esforços técnicos e os investimentos, de acordo com interesses sócio-políticos. Tais programas devem ser desenvolvidos de uma maneira ordenada, com o objetivo de remediar as áreas existentes de uma forma racional, ou ainda, alocar adequadamente futuros empreendimentos potencialmente contaminadores.

A seguir são apresentadas as experiências existentes no país e no exterior sobre os programas de preservação e proteção ambiental voltadas ao meio físico.

4.1. Experiência na Alemanha

Na Alemanha, as áreas com atividades contaminantes, herdadas ou existentes, são caracterizadas e classificadas em três categorias para priorizar as ações técnicas e financeiras: áreas potenciais, suspeitas e contaminadas. Inicialmente, na região de interesse, as áreas são classificadas como áreas potenciais em função do tipo de atividade existente. Posteriormente, a reclassificação da área potencial para área suspeita é feita através de um sistema de pontuação considerando os recursos ambientais água, solo e ar, e a saúde pública. Por final, a definição (caracterização e classificação) da área como contaminada é feita através de uma confirmação científica pelas autoridades competentes.

No início da década de 80, várias agências estaduais de meio ambiente elaboraram um sistema de caracterização, classificação e priorização das áreas contaminadas. Na realidade, os sistemas elaborados em cada agência possuem diferenças principalmente em relação ao nível de exigência do limite de remediação dos locais contaminados.

Neste contexto, foi apresentado por MUBW (1988) um manual de áreas contaminadas (Altlasten-Handbuch-Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg) elaborado pela agência de meio ambiente do Estado de Baden-Württemberg. Nesse Estado foram levantados sistematicamente 6.500 locais suspeitos, dos quais 1.200 localizam-se em áreas de mananciais de abastecimento público ou em zonas que futuramente serão aproveitadas como mananciais de abastecimento público.

Da mesma forma o estado de Nordrhein-Westphalen apresentou um sistema de classificação em 1991 que, conceitualmente, assemelha-se ao de Baden-Württemberg.

Dessa maneira, os estados alemães defrontam-se com muitas áreas contaminadas onde as informações disponíveis são limitadas. Entretanto, considerando que para a classificação das áreas potenciais, suspeitas e contaminadas é necessário um procedimento de avaliação uniforme, foi elaborado naqueles estados um sistema que permite, com base em pequena quantidade de informação, uma apreciação mais ampla e uniforme do potencial de risco, que possibilita o diagnóstico e a tomada de decisões sobre as providências necessárias para a recuperação ou contenção da contaminação.

O conceito básico do sistema alemão é de que, uma área potencial, em princípio, pode conter materiais que impõem um perigo potencial aos recursos ambientais. Estes materiais podem apresentar seus efeitos prejudiciais, isto é, transformam-se em contaminantes somente quando entram em contato com o recurso. Assim, na averiguação do risco para os recursos ambientais, além do risco inerente à periculosidade da substância, são distinguidos os riscos provenientes dos seguintes equilíbrios e processos:

- (1) Liberação de substâncias nocivas provenientes do local;
- (2) Entrada de substâncias nocivas nos recursos ambientais;
- (3) Transporte (migração) e efeitos das substâncias nocivas no recurso ambiental.

O sistema alemão caracteriza-se por ser um método numérico ponderado e cumulativo. Dessa forma, a avaliação de um local suspeito ou contaminado é feita em várias etapas. As etapas são consideradas em seqüência, porém, independentes umas das outras, pois cada etapa é ponderada de acordo com a sua qualificação técnica.

Assim, partindo-se da existência da periculosidade de uma substância (r_0) que resulta do estabelecimento de uma situação padronizada de disposição de lixo ou solo contaminado, o local pode ser avaliado em três etapas distintas: a liberação (I), a entrada (II) o transporte e efeitos (III). A quantificação da condição real do local leva à pontuação dos riscos r_I , r_{II} e r_{III} . As ações ou fatos que podem levar à minimização ou ao aumento do risco são expressas através de multiplicadores m (m_I , m_{II} e m_{III}). Assim a avaliação do risco do local de interesse é calculada da seguinte forma:

$$r_I = m_I.r_0$$

$$r_{II} = m_{II}.r_I$$

$$r_{III} = m_{III}.r_{II}$$

O risco real é obtido com uma ponderação final (m_{IV}) que considera a importância do recurso ambiental, chegando-se assim à pontuação final $r_{IV} = m_{IV}.r_{III}$.

4.2. Experiência do Canadá

No Canadá, em função do aumento do grau de consciência e de preocupação da população em relação ao risco à saúde e ao meio ambiente causado por áreas contaminadas, o Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente (Canadian Council of Ministers of the Environment - CCME) iniciou o Programa Nacional de Remediação de Áreas Contaminadas (National Contaminated Sites Remediation Program - NCSRP) para a avaliação e remediação das áreas contaminadas de alto risco existentes naquele país. Com o intuito de elaborar uma avaliação consistente das áreas contaminadas, o CCME requisitou à comunidade técnico-científica daquele país o desenvolvimento do Sistema Nacional de Classificação de Áreas Contaminadas (National Classification System for Contaminated Sites).

O Sistema Nacional de Classificação de Áreas Contaminadas Canadense é uma ferramenta que permite a filtragem e priorização na avaliação de áreas contaminadas, de acordo com o grau potencial de impacto adverso à saúde humana e ao meio ambiente. O sistema foi desenvolvido com base em consulta e revisão de uma extensa lista de literatura existente sobre o assunto naquele e em outros países. Além disso, foi realizado um intenso trabalho de levantamento de informações existentes sobre os tipos mais frequentes de áreas contaminadas no Canadá.

A metodologia referente ao Sistema Canadense encontra-se descrita em publicação do CCME (1992), composta por texto explicativo e disquete. No aspecto metodológico, o sistema prima pela facilidade de armazenamento e recuperação de informações, e por permitir uma atualização constante das informações. O Sistema Nacional de Classificação caracteriza-se por ser um método numérico cumulativo onde, ao final, cada característica da área é pontuada e somada. Este método, devido a sua simplicidade de manuseio e de fácil compreensão, é largamente utilizado na avaliação ambiental onde o objetivo final requer decisão em vários atributos. A metodologia baseia-se no fato de que, qualquer efeito adverso sobre o meio ambiente e saúde humana provém de uma cadeia de eventos, iniciando-se na fonte e terminando no receptor. Por exemplo, a cadeia de eventos que resulta na ingestão de águas subterrâneas é ilustrada no quadro 1 abaixo.

Quadro 1. Exemplo de cadeia de eventos da fonte para o receptor (CCME 1992)

FONTE	RISCO	LIBERAÇÃO	CAMINHO	RECEPTOR
Resíduo Armazenado na Área A	Natureza e quantidade do resíduo armazenado na Área A	Vazamento do local de armazenamen-to	Movimento dos contaminantes através da água subterrânea	Poço tubular Usuário ingere água contaminada

O Sistema Nacional de Classificação foi elaborado para avaliar o risco potencial das áreas através da pontuação das características da área, que podem ser agrupadas em três categorias.

- (1) *Característica do Contaminante* - O risco relativo do contaminante estar presente na área.
- (2) *Caminhos de exposição* - A rota provável que o contaminante pode seguir (água subterrânea, água superficial, contato direto, ar, etc) em direção ao receptor.
- (3) *Receptores* - Seres vivos ou recursos que podem estar expostos ou afetados pela contaminação (ser humano, plantas, animais e recursos ambientais).

4.3. Experiência nos E.U.A.

Nos E.U.A, LE GRAND (1964) propôs a primeira cartografia de vulnerabilidade e análise de cargas contaminantes provenientes de sistemas de Disposição de Águas Servidas (Surface Impoundment Assessment). Este método avalia, de forma distinta, a vulnerabilidade natural e a carga contaminante. Os parâmetros utilizados no método são: tipo litológico, espessuras da zona não-saturada e saturada, e Sólidos Totais Dissolvidos (STD).

HAGERTY *et al.* (1973) elaboraram o método "Site Ranking System" para a avaliação de áreas potenciais para a disposição de produtos químicos e de atividades em operação. O método analisa vários fatores, tais como: características de sorção e hidráulica do solo; hidrodinâmica do aquífero, contaminação do ar e risco de toxicidade à saúde humana.

PHILIPS *et al.* (1977) elaboraram a metodologia denominada Waste Soil-Site Interaction Matrix para avaliar os perigos da disposição de resíduos sólidos e líquidos de origem industrial no

solo. O método é bastante abrangente, e entre vários parâmetros considera a ocupação do local, vários aspectos da zona não-saturada e saturada, comportamento dos contaminantes, características físico-químicas das substâncias nocivas.

Mais recentemente, o fato que permitiu uma ação mais eficaz e realística em relação às áreas contaminadas foi a aprovação da legislação federal denominada *Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act*, conforme descrito por CLEARY (1989).

A Agência de Proteção Ambiental Americana (U.S. Environmental Protection Agency-USEPA), criou em 1992, o sistema de classificação denominado *The Hazard Ranking System (HRS)*, que permitiu a elaboração da lista nacional de áreas prioritárias (National Priorities List - NPL). O HRS é uma ferramenta que permite a filtragem e priorização na avaliação das várias áreas com potencial de liberação de substâncias nocivas que causam danos à saúde humana e ao meio ambiente. O HRS permite uma medida de risco relativo, ao contrário de outras formas de avaliação, nas quais o risco absoluto é obtido. A medida do risco relativo pode ser consistentemente aplicada para uma grande variedade de áreas contaminadas, inclusive lixões e aterros sanitários.

O Sistema da USEPA (1992) é mais complexo que o da Alemanha e Canadá, exigindo informações e parâmetros mais detalhados em relação aos sistemas até aqui apresentados, mas com concepção filosófica similar. Assim, no HRS, a pontuação final é uma resultante da avaliação de quatro caminhos preferenciais ("*pathways*") de contaminação:

- migração pelas águas subterrâneas (Sgw);
- migração pelas águas superficiais (Ssw);
- exposição do solo (Ss); e
- migração pelo ar (Sa).

Para a água subterrânea e ar, é utilizada uma avaliação onde o potencial de migração é único até atingir o receptor. No caso da água superficial e solo as possibilidades são múltiplas. Para as águas superficiais existem basicamente três caminhos potenciais: água ingerida, cadeia alimentar, e cadeia ambiental. Estes caminhos potenciais são avaliados e separados para dois componentes de migração: migração aquática /terrestre e migração da água subterrânea para água

superficial. Para o solo são avaliados dois caminhos potenciais: população residente e população do entorno.

O cálculo da pontuação do HRS para áreas contaminadas é inicialmente calculado para cada um dos quatro caminhos preferenciais, sendo posteriormente associados através da equação apresentada abaixo para determinar a pontuação final do HRS, o qual varia entre 0 a 100.

$$S = \sqrt{(S_{gw}^2 + S_{sw}^2 + S_s^2 + S_a^2)/4}$$

4.4. Experiência no Brasil

No Brasil, a gestão das áreas contaminadas foi delineada apenas prevendo a proteção das águas subterrâneas. Nesta linha TALTASSE (1972) apresentou o primeiro mapa de vulnerabilidade da região de Campinas. O trabalho avaliou a condutividade hidráulica e característica de sorção das diferentes formações geológicas que ocorrem na região em questão.

Posteriormente, DUARTE (1980) propôs uma metodologia de mapeamento de vulnerabilidade para aquíferos freáticos considerando o comportamento de contaminantes em vários tipos litológicos, solos e áreas de recarga.

Recentemente, o Instituto Geológico (IG/SMA) em convênio com a Companhia de Tecnologia Ambiental (CETESB) e o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) desenvolveram o mapeamento da vulnerabilidade e risco da poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo (HIRATA *et al.* 1991, HIRATA *et al.* 1992), IG/CETESB/DAEE (1997) em escala 1:500.000. Esse projeto utilizando-se do método desenvolvido por FOSTER & HIRATA (1988) para a Organização Pan Americana da Saúde (OPAS), analisou a vulnerabilidade natural dos principais aquíferos paulistas e a carga contaminante potencial de fontes pontuais (indústrias, aterros e lixões, atividade mineral) e dispersas (agricultura e saneamento "*in situ*"). A integração entre os dados definiu áreas/atividades de maior risco de contaminação dos recursos hídricos.

O método acima descrito, entre os aplicados no país, apresenta uma grande vantagem pela sua simplicidade e pela avaliação de um reduzido número de parâmetros. Este método avalia

separadamente a vulnerabilidade natural dos aquíferos e o potencial de contaminação das atividades antrópicas existentes. A determinação da vulnerabilidade dos aquíferos é baseada em uma ponderação numérica como mostra a figura 1. Este método é empírico e engloba três fatores. O primeiro consiste na identificação do tipo de ocorrência da água subterrânea, num intervalo de 0-1,0. O segundo trata da especificação do tipo litológico acima da zona saturada do aquífero, com a discriminação do grau de consolidação (presença e ausência de permeabilidades secundárias) e das características granulométricas. Este fator é representado numa escala de 0,3-1,0, além de sufixos para os casos de tipos litológicos que apresentem fissuras ou baixa capacidade de atenuação de contaminantes. O terceiro fator é a estimativa da profundidade do nível da água (ou do topo do aquífero confinado), numa escala de 0,4-1,0. O produto destes três parâmetros é o índice de vulnerabilidade, expresso numa escala de 0-1, em termos relativos. A avaliação do potencial de contaminação induzida pelas atividades existentes considerou, de forma geral, três fatores: tipo de substância nociva existente, concentração e forma de ocorrência.

5. MODELO DE GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS ELABORADA PARA RMSP

Conforme apresentado no item anterior existem poucos programas abrangentes implantados sobre prevenção e proteção ambiental voltadas ao meio físico. Neste capítulo da tese pretende-se apresentar uma proposta de metodologia de modelo de gestão de áreas contaminadas.

Há que se ressaltar que, o tema abordado nesta tese faz parte de um projeto maior denominado "Recuperação do Solo e das Águas Subterrâneas em Áreas de Disposição de Resíduos Industriais", patrocinado pela Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (GTZ) da Alemanha e executado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) com colaboração do Instituto Geológico (IG/SMA).

O projeto visa o gerenciamento de áreas potencialmente contaminadas, suspeitas de contaminação ou comprovadamente contaminadas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). O gerenciamento das áreas em questão, na realidade, é um processo que visa principalmente identificar e avaliar áreas potencialmente contaminadas dentro de uma região de interesse, proporcionando assim o estabelecimento e realização de medidas visando a prevenção, contenção e remediação destas, tendo como base o posicionamento e a importância dos bens a

proteger (CETESB, prelo). Outro objetivo do gerenciamento é o fornecimento de informações, para os órgãos de controle e planejamento ambiental, prefeituras, sociedade civil e iniciativa privada sobre as áreas potencialmente contaminadas, suspeitas de contaminação ou comprovadamente contaminadas presentes na região de interesse, subsidiando as ações de controle e planejamento.

No processo, que envolve desde a identificação de áreas contaminadas até a sua remediação, existem responsabilidades que são do poder público e outras que são do causador da contaminação, que na maioria dos casos tem origem na iniciativa privada. Dessa forma, no sistema de gerenciamento apresentado neste trabalho estão descritos os procedimentos que cabem principalmente ao poder público.

5.1. Conceituação Técnico-Científica

O Sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas apresentado neste trabalho baseia-se no sistema adotado pelo Estado de Nordrhein-Westphalen (Alemanha) mas, caracteriza-se por considerar um universo maior de atividades. Enquanto o sistema alemão considera apenas locais de disposição de resíduos e indústrias desativadas, o sistema apresentado neste trabalho amplia os tipos de atividades consideradas, permitindo também avaliar áreas industriais ativas, áreas comerciais, postos de serviços e outros (acidentes e áreas agrícolas).

O fato que diferencia a Alemanha do Brasil, ou ainda do nosso continente, é o período de existência do país. Assim, na Alemanha, as antigas áreas de disposição de resíduos e indústrias são, em número, muito maiores e complexas em relação ao nosso continente. Além disso, as informações sobre a atividade de interesse como projeto, controle, matéria prima, resíduo e/ou registros históricos não encontram-se sistematizados e disponíveis como na Alemanha. Na prática, as áreas potenciais, suspeitas e contaminadas são problemas ambientais complexos que precisam ser estudados, de uma forma rápida e criteriosa, devido ao seu significado intrínseco para a proteção dos recursos naturais e da saúde pública no país. Apesar de cada caso apresentar particularidades e complexidades próprios, o sistema de gerenciamento a ser aplicado nestas áreas requer um procedimento uniforme, mesmo quando se considera um pequeno volume de informações disponíveis. Assim, o intuito básico do sistema de gerenciamento é permitir uma

apreciação ampla e uniforme do potencial de risco de contaminação dos recursos naturais e saúde pública nas áreas em questão, e ainda, possibilitar o ordenamento e priorização de ações e/ou medidas de prevenção, controle e remediação.

Os termos mais importantes dentro da concepção do gerenciamento de áreas contaminadas neste trabalho são: área potencial, área suspeita e área contaminada.

Área potencial pode ser definida como uma atividade ou local que pode vir a alterar a qualidade dos recursos ambientais, acima dos padrões definidos em lei. Dessa forma, conceitualmente, ela não significa obrigatoriamente que esteja causando dano ao recurso ambiental no momento. Quando a atividade ou o local for considerado como área potencial significa que, em função do manuseio de produtos perigosos e/ou geração de efluentes/resíduos tóxicos podem ocorrer acidentes, vazamentos, ou outras formas de transferências de substâncias nocivas aos recursos naturais.

A área suspeita é uma atividade ou local que previamente foi considerada como área potencial. A diferença entre uma área potencial e suspeita reside na forma de avaliação do risco potencial de contaminação. Na área potencial, o risco é inerente apenas ao tipo de atividade, considerando-se as substâncias nocivas associadas. Para a classificação das áreas suspeitas, além dos riscos associados à atividade, é avaliado o risco associado aos bens a proteger, considerando desde sua existência e vulnerabilidade à contaminação.

A área contaminada é uma atividade ou local que previamente foi considerada como área suspeita e potencial. O mesmo procedimento adotado nas duas áreas anteriores também é empregado neste caso, ocorrendo uma classificação e priorização para reduzir o universo numérico de uma área para a outra. O instrumento utilizado para a priorização é uma investigação rápida no campo que permite comprovar cientificamente a contaminação do recurso ambiental. Neste caso, a classificação das áreas suspeitas, em termos de maior ou menor perigo aos bens a proteger, vem nortear os estudos para comprovação da existência ou não de contaminação. No caso dos recursos hídricos subterrâneos, o instrumento pode ser, por exemplo, uma investigação geofísica em terrenos onde a contaminação é por compostos inorgânicos, ou ainda, a utilização de "soil gas survey" para compostos orgânicos voláteis, ou também, para casos extremos, uma coleta simples de amostra de solo ou água subterrânea seguida de análise química.

Assim, no gerenciamento de áreas contaminadas, a estratégia básica é reduzir, através da utilização de metodologia racional e científica, o grande universo de áreas/atividades para um número restrito de áreas que realmente têm possibilidade de estar contaminada, otimizando investimentos financeiros e de tempo durante o processo, facilitando também o manuseio de informações necessárias para cada etapa. Neste contexto, a classificação em três categorias de áreas como conceituadas acima faz-se necessária.

5.2. Sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas

Na prática, o processo de gerenciamento de áreas contaminadas, constitui-se de uma sequência de etapas, conforme apresentado no fluxograma da figura 2. No fluxograma encontram-se sintetizados, além das três categorias de áreas descritas acima, outras etapas que são importantes e devem ser consideradas no procedimento de gestão de áreas contaminadas.

Uma vez definida a região de interesse e identificados os bens a proteger, a ferramenta primordial do gerenciamento é o cadastro das áreas contaminadas. É necessário identificar, no universo de atividades existentes, aquelas que vêm causando impactos que afetam nocivamente os bens a proteger. O cadastro deve identificar as áreas que apresentem risco de contaminação inerente à sua própria atividade, que são denominadas de áreas potenciais (APs). Após uma avaliação prévia das APs, elas devem passar à categoria de áreas suspeitas (ASs), as quais são classificadas de forma a priorizar as ações de confirmação da contaminação. Caso seja comprovada, elas são transferidas para a categoria de áreas contaminadas (ACs), devendo então passar por um processo de caracterização da contaminação e de recuperação do local, caso seja necessário.

5.2.1. Definição da região de interesse e dos bens a proteger

A região onde pretende-se implantar o gerenciamento de áreas contaminadas, deve ser estabelecida considerando-se as características dos tipos de atividades, meio físico, os recursos ambientais e a saúde pública (FIGURA 2).

Na definição do perímetro da região ou da área de interesse para o gerenciamento de áreas contaminadas, deve ser considerado, não somente os contornos do meio físico como bacias

FIGURA 2 - Fluxograma de gerenciamento de áreas contaminadas (modificado de Gloeden, no prelo)

hidrográficas, aquíferos importantes, unidades litoestratigráficas, unidades geomorfológicas, mas também, outros fatores tais como limites administrativos municipais, estaduais e federais adotados pelos órgãos privados e públicos.

A metodologia de gerenciamento de áreas contaminadas pode ser aplicada em qualquer âmbito do poder público (federal, estadual e municipal). Uma das principais ferramentas de trabalho nesta metodologia é a cartografia básica e temática. Assim, dependendo das dimensões da área de interesse escolhida, faz-se necessário definir a escala de trabalho que pode ser, respectivamente, regional, semi-detalle e local. Para o Brasil, que possui dimensões continentais, a escala de trabalho mais adequada é $>1:1.000.000$, em nível de estado, $> 1:250.000$ e quando escolhido o recorte municipal, $<1:50.000$ (QUADRO 2).

Quadro 2. Níveis de escalas de trabalho (modificado de HIRATA, 1994)

NÍVEL DE AVALIAÇÃO	INFORMAÇÕES E TRABALHOS NECESSÁRIOS	ESCALAS DE TRABALHO
I. Reconhecimento Preliminar (existência do risco)	<ul style="list-style-type: none"> Ênfase em dados existentes Sem Perfuração 	Federal $(>1:1.000.000)$ Estadual $(1:250.000 \text{ a } 1:500.000)$
II. Avaliação Sistemática (grau de risco)	<ul style="list-style-type: none"> Sem Amostras Ênfase em aspectos qualitativos 	Regiões Metropolitanas e Municípios $(<1:100.000)$
III. Reconhecimento de Campo		Urbano (Distritos e Bairros) $(1:50.000 \text{ a } 1:10.000)$
IV. Reconhecimento por Rede de Monitoração	<ul style="list-style-type: none"> Requer coleta de dados de campo Requer perfuração Requer amostragem e análises Ênfase em aspectos quantitativos 	Local $(1:25.000 \text{ a } 1:5.000)$
V. Investigação Completa de Campo		Local $(< 1:10.000)$

Os recursos ambientais e outros bens a proteger podem ser classificados de acordo com a sua importância dentro da região de interesse, podendo, esta classificação, por exemplo, ser a base para a seleção inicial de APs a serem avaliadas.

Entre os bens a proteger identificados na RMSP, podem ser destacados:

- Solo: áreas destinadas à agricultura, parques.
- Água superficial: mananciais (Guarapiranga, Billings, Cantareira)
- Águas subterrânea: poço de abastecimento público e privado

- Saúde Humana: área urbana
- Vegetação: Área de Proteção Ambiental, parques, áreas agrícolas.

A própria RMSP pode ser selecionada como uma região de interesse por apresentar muitos conflitos de uso e ocupação, seja nas áreas urbanas seja nas áreas industriais.

5.2.2. Áreas potenciais (APs)

A identificação de APs certamente pressupõe a definição preliminar da região de interesse e dos bens a proteger, das atividades potencialmente contaminadoras e, das denúncias e reclamações. O processo de identificação de áreas potencialmente contaminadas permite o delineamento inicial do universo a ser abrangido no cadastro, com a definição das principais atividades que podem contaminar os recursos ambientais e causar prejuízos à saúde pública. Este processo, representa um primeiro nível de priorização, aqui denominado, priorização por atividades. O universo inicial de APs, nesta primeira etapa, passa a ser o principal elemento do cadastro.

a. Definição das atividades potencialmente contaminadoras ou fontes potenciais de contaminação

As atividades potencialmente contaminadoras são aquelas onde ocorre o manejo de substâncias e/ou resíduos, cujas características físico-químicas, biológicas e toxicológicas podem implicar em riscos à qualidade do solo, água, ar e à saúde da população, etc., ou seja, implicam em riscos aos bens a proteger.

As APs, em áreas urbanas com saneamento básico, podem ser divididas em cinco categorias principais: disposição de resíduos, área industrial, área comercial, postos de serviços e acidentes. Estas fontes podem ser existentes e herdadas. Quando existentes, o procedimento legal e de custeio, desde a caracterização até a remediação, torna-se muito mais fácil. Por outro lado, quando a fonte é herdada, na maioria dos casos o proprietário não existe mais e a responsabilidade acaba recaindo sobre o poder público. Uma fonte herdada pode ser definida como uma área onde existiu uma atividade potencialmente contaminante, mas que atualmente encontra-se desativada, entretanto, os bens a proteger podem ainda continuar a sofrer os impactos negativos da atividade.

Nos EUA, em 1985, foi criado o “Superfund”, um fundo para custear os casos de remediação e estudos de contaminação de aquíferos, nos quais as penalizações não cabiam aos antigos donos ou responsáveis, ou quando estes não possuíam capacidade financeira para tanto.

Segundo HIRATA (1994), no Reino Unido as antigas fábricas e oficinas de reparos de aviões de combate na II Grande Guerra causaram contaminações em aquíferos. O estado tem arcado com os estudos necessários e tratamentos adequados.

Desta forma, analisando os diferentes processos industriais utilizados dentro da região de interesse pode-se reconhecer quais são as matérias primas utilizadas, os produtos e os resíduos gerados em uma determinada atividade industrial, permitindo assim a identificação, das várias atividades industriais, as quais podem ser classificadas como potencialmente contaminadora ou fontes potenciais de contaminação.

Por exemplo, as atividades de disposição de resíduos, produção e armazenamento de substâncias perigosas podem ser classificadas como atividades potencialmente contaminadoras.

b. Identificação de Áreas Potencialmente Contaminadas

Para a identificação de áreas potencialmente contaminadas é necessário, na prática, selecionar e caracterizar as atividades do homem que podem causar danos aos recursos ambientais e à saúde pública.

A identificação das áreas potencialmente contaminadas (APs) é fruto de três atividades: levantamento dos dados existentes em entidades públicas e privadas, interpretação de fotografias aéreas e levantamento das denúncias e reclamações (FIGURA 2).

b.1. Levantamento de Informações existentes

As áreas potencialmente contaminadas (APs) são identificadas, dentro da região de interesse, através dos levantamentos de dados existentes em entidades privadas e públicas, onde muitas das informações necessárias para a avaliação das APs, encontram-se nos órgãos de controle e de pesquisa, necessitando apenas de uma sistematização voltada ao gerenciamento.

- Disposição de Resíduos Sólidos

No caso das áreas de disposição de resíduos sólidos, normalmente as informações estão disponíveis nas prefeituras e órgãos públicos ambientais. Os resíduos são normalmente de origem doméstica, hospitalar ou industrial e têm sido causadores de inúmeros incidentes de contaminação das águas subterrâneas em nosso país (CASTRO NETO *et al.* 1984, GUIGUER 1987, BERNARDES JR *et al.* 1991). Como citado anteriormente, no Brasil 99% das áreas de disposição de resíduos não possuem impermeabilização inferior e superior, e drenos de chorume e gases, acredita-se que é razoável considerar todas as áreas de disposição de resíduos como áreas potenciais de contaminação.

- Áreas Industriais e Comerciais

As informações sobre as áreas industriais e comerciais normalmente estão disponíveis nos órgãos públicos ambientais. Vale ressaltar que, são consideradas aqui como atividades comerciais somente aquelas que manuseiam ou armazenam produtos perigosos. Como exemplos podem ser considerados alguns produtos provenientes do setor químico, farmacêutico, recuperação de resíduos e outros.

Na categoria das áreas industriais e comerciais existe uma diversidade muito grande de atividades, processos de manufaturas e armazenamento que normalmente dificulta a identificação da atividade potencialmente contaminadora dos recursos ambientais e nocivos à saúde pública. Segundo HIRATA (1994), os principais problemas que envolvem a definição de áreas potenciais para as indústrias são:

- grande variedade de atividades industriais existentes;
- considerável variação no nível tecnológico de qualquer indústria;
- extrema e errática variação temporal nas concentrações de substâncias tóxicas nos efluentes;
- grande variação no uso e eficiência dos processos de tratamento para efluentes industriais e as incertezas sobre a efetividade na remoção de contaminantes potencialmente perigosos;
- falta de controle de qualidade e de análises químicas de efluentes e resíduos diversos, incluindo metais pesados e compostos organo-sintéticos;

- falta de uma adequada informação publicada sobre as características de efluentes e resíduos de indústrias representativas, especialmente aquelas que funcionam em países de economias periféricas;
- grande variedade nos modos de manuseio e disposição de matérias primas, resíduos sólidos e líquidos, incluindo a frequente adoção de práticas clandestinas.

Alguns ramos industriais e comerciais podem ser definidos como atividades potencialmente contaminadoras, entre elas podem ser citadas: mineração, energia, produtos químicos, farmacêuticos, produção e transformação de metais, equipamentos eletro-eletrônicos, papel, borracha, têxtil, couro, madeira e recuperação de resíduos.

- Postos de Serviço

Para os postos de serviços, normalmente as informações estão junto aos órgãos ambientais e empresas de distribuição de combustíveis automotivos. Segundo ALLERT *et al* (1987) estima-se que cerca de 35% do armazenamento de combustíveis nos EUA esteja vazando. Nos Países Baixos, o vazamento de tanques de combustíveis é responsável por 25% dos problemas de contaminação das águas subterrâneas. No Estado de São Paulo, no ano de 1993, houve 83 casos de vazamento de combustíveis em postos de serviços que foram notificados à CETESB.

Um estudo desenvolvido durante 6 meses pelo Pennsylvania Department of Environment Resources (1985) em vários postos de serviços no Estado da Pennsylvania mostrou que do total de casos de vazamentos comprovados, 49% estavam associados a tanques, 39% a tubulações e 12% a ambos. Problemas de perdas em tubos estavam relacionados aos primeiros anos de operação do sistema (0 a 10 anos). As principais causas de vazamentos de tanques e tubos foram atribuídas à corrosão (62%), a perdas em encaixes (19%) e a instalações inadequadas (13%).

A corrosão de tanques e tubos é função do tipo de material, da idade do sistema, da agressividade do meio onde enterrados e da inexistência de proteções adicionais, como a catódica. Para a atividade de postos de serviços, a idade do sistema pode ser estabelecida como parâmetro para identificação de áreas potencialmente contaminadoras.

- Acidentes

No caso dos acidentes envolvendo caminhões e trens com cargas líquidas e sólidas torna-se difícil a sua identificação. Entretanto, junto ao órgão de controle ambiental é possível recuperar registros de acidentes e, algumas vezes, através de reportagens em jornais. A identificação das rotas mais importantes de cargas perigosas é um registro mínimo que pode ser contabilizado para efeitos de cadastro.

b.2. Uso de Fotografias Aéreas

A interpretação de fotografias aéreas de uma determinada região pode auxiliar na identificação de novas APs que não estejam contempladas no levantamento das informações existentes. Nas fotos aéreas é possível identificar depósitos desconhecidos, em áreas próximas ou dentro de áreas industriais, que podem ser consideradas como fontes de contaminação ou estarem relacionadas a estas. Da mesma forma, deposições clandestinas de restos de materiais de construção e resíduos domésticos, também podem ser identificadas através da mesma técnica. Desta forma, o trabalho de fotointerpretação pode reconhecer e posicionar áreas que devem ser incluídas no cadastro de APs. O uso desta técnica implica na utilização de fotos aéreas em escala adequada (em geral superior a 1:10.000) e com recobrimento temporal para avaliar a evolução das áreas identificadas.

b.3. Denúncia e/ou Reclamações

As denúncias e reclamações feitas pela população, imprensa, entidades ambientalistas, empresas, etc., relativas a áreas com provável presença de contaminantes ou riscos a bens a proteger, também auxiliam na identificação de APs.

O atendimento inicial deve ser realizado através de uma inspeção pelo órgão de controle ambiental na área indicada pelo reclamante, com o objetivo de determinar a presença de uma atividade ou fonte potencialmente contaminadora, que possa ser responsável pelos problemas que geraram a reclamação. Uma vez identificada a atividade ou fonte potencial, a área poderá ser classificada e incluída no cadastro como uma AP.

No caso de ser constatado o risco de incêndio e explosão durante esta etapa devem ser desencadeadas ações emergenciais cabíveis, e em seguida deve ser seguido o processo de avaliação para determinar se esta AP pode ser classificada como uma área suspeita ou contaminada.

5.2.3. Áreas Suspeitas (ASs)

Dentro do processo de gerenciamento de áreas contaminadas, numa segunda etapa, ocorre uma nova classificação e priorização de áreas onde são definidas as ASs, conforme segue abaixo.

a. Avaliação Preliminar

A avaliação preliminar é uma etapa do Sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas onde o objetivo principal é obter informações específicas de cada local de interesse, definidas anteriormente como APs, através do preenchimento das Fichas Cadastrais (FCs). Em seguida, as informações obtidas nas FCs são transferidas para a Ficha de Pontuação (FP), que por sua vez, permitirá a classificação e priorização, definindo um novo universo no cadastro de áreas contaminadas, denominado de Áreas Suspeitas (ASs).

Assim, nesta etapa as APs, que são reconhecidas e caracterizadas simplesmente em função das atividades, passam por uma avaliação com base em informações de escritório e de campo específicas sobre a área. O levantamento das informações de campo consiste de visita à área para obter informações sobre a situação local e sua relação com os bens a proteger. Esta fase implica em baixos custos pois não há qualquer tipo de investigação “*in situ*” como perfuração, coleta de amostra e análise química. Baseia-se, principalmente, em análise visual e levantamento de informação existentes específicas da AP analisada.

a.1. Ficha Cadastral (FC)

A principal ferramenta desenvolvida para a Avaliação Preliminar é a Ficha Cadastral (FC) que segue no Anexo 1. A FC tem como objetivo principal registrar informações sobre a

localização, características da fonte de contaminação, vias de propagação e a importância dos bens a proteger na área e no seu entorno.

Durante a visita à área, além do preenchimento da ficha cadastral, deve ser realizada a identificação e registro do local de interesse (ainda considerada como área potencial (AP)) em mapa de escala compatível conforme proposto no quadro 2, do item Definição da Região de Interesse e dos Bens a Proteger.

A FC é preenchida com as informações obtidas no escritório e na área, podendo, no entanto, sofrer atualizações, caso sejam geradas novas informações nas etapas subsequentes de avaliação confirmatória, de caracterização da área contaminada e remediação, ou a qualquer momento do processo.

a.2. Ficha de Pontuação (FP)

A base técnica da metodologia assenta-se no fato de que qualquer efeito adverso sobre o meio ambiente e saúde humana provém de uma cadeia de eventos iniciando-se na fonte de contaminação e terminando no receptor.

Na Ficha de Pontuação (FP) é seguido fielmente o princípio da cadeia de eventos, valorando-se as várias etapas que a constituem, desde a fonte até o receptor. Assim, as etapas a serem consideradas são aquelas obtidas nas FCs que podem ser definidas como: características das fontes de contaminação, vias de propagação e a importâncias dos bens a proteger na área e no seu entorno (ANEXO 1).

Nestas três etapas são consideradas, não só a descrição da fonte de contaminação, como a descrição do meio-físico tanto da área como das suas adjacências. Além disso, o sequenciamento das três etapas indica o provável caminho que a substância nociva pode tomar, sofrendo as suas reações bio-físico-químicas durante o processo, até atingir os bens a proteger. Os bens a proteger incluem tanto os recursos naturais como as águas superficiais e subterrâneas, o solo e a vegetação, como também a saúde pública e áreas de interesse público presentes nas proximidades da área de disposição.

b. Classificação das Áreas Potenciais

Nesta etapa, através da utilização das FCs e FPs é feita a classificação e priorização das áreas potenciais, reduzindo e definindo um novo universo de áreas denominadas Áreas Suspeitas (ASs).

Assim durante o processo de classificação, parte das áreas é priorizada e reclassificada como ASs, outra parte é mantida como APs e o restante, caso seja constatada a inexistência de fonte de contaminação, é excluído do Cadastro de Áreas Contaminadas. O critério de corte para reclassificação como ASs deve ser definido de acordo com a atividade contaminadora, vias de propagação e recursos ambientais e saúde pública.

Como resultado principal do processo de classificação das áreas potenciais obtém-se um universo menor de áreas (ASs), tendo como origem as APs.

5.2.4. Áreas Contaminadas (ACs)

A terceira etapa do gerenciamento de áreas contaminadas consiste na execução de Avaliação Confirmatória nas ASs. Esta avaliação deve ser iniciada nas áreas com pontuação mais alta, seguindo a ordem decrescente na pontuação. Se, por exemplo, um programa de gerenciamento de áreas contaminadas não dispor de recursos financeiros suficientes, pode-se priorizar somente aquelas áreas com pontuação mais alta correspondente ao montante de recursos disponíveis. As outras áreas restantes podem ser avaliadas em outro momento quando houver disponibilidade de novos recursos financeiros.

a.1. Avaliação Confirmatória

Na Avaliação Confirmatória deve ser feita uma investigação expedita "*in situ*" naquelas áreas priorizadas, onde havendo a confirmação de substâncias nocivas, elas passam a ser reclassificadas como ACs. A investigação objetivando a avaliação confirmatória pode ser efetuada por métodos diretos e indiretos.

Assim, o objetivo principal da Avaliação Confirmatória é certificar a presença de substâncias nocivas através de técnicas e metodologias consagradas cientificamente. As duas fases

anteriores de classificação (APs e ASSs), ao contrário da avaliação confirmatória, simplesmente permitem realizar uma avaliação a partir de informações cadastrais e descritivas existentes sobre a área em questão.

a.2. Investigação de campo

O intuito principal desta etapa é confirmar a presença de substâncias nocivas na área, nos meios: ar, água subterrânea, água superficial e solo. No quadro 3, encontram-se listados os quatro meios a serem investigados e os correspondentes tipos de investigação que podem ser realizados.

Quadro 3. Meios a serem investigados e tipos de investigação a serem executados.

Meio a Ser Investigado	Tipo de Investigação Rápida
Ar do Solo	<ul style="list-style-type: none">• Soil Gas Survey• Coleta e Análise de Gases
Água Subterrânea	<ul style="list-style-type: none">• Investigação Geofísica• Coleta e Análise de Água Subterrânea
Água Superficial	<ul style="list-style-type: none">• Coleta e Análise de Água Superficial na Área Suspeita
Solo	<ul style="list-style-type: none">• Coleta e Análise de Solo na Área Suspeita

Por meio ar entende-se principalmente o ar existente nos interstícios da zona não-saturada. Em muitas áreas onde são manipuladas substâncias voláteis, ou substâncias que geram um produto gasoso secundário, pode existir a propagação dos gases por difusão molecular através da zona não-saturada e colocar em risco a saúde da população, seja pelos efeitos diretos ou através de explosões.

Para detectar ou coletar estes gases na zona não-saturada, a técnica mais apropriada é o “Soil Gas Survey”. Nos casos onde há a emissão de gases em edificações próximas são coletadas e analisadas amostras do ar contido nestas edificações.

Na água subterrânea em alguns casos podem ser utilizado métodos de investigação geofísica, tais como eletroresistividade, eletromagnético indutivo e radar de penetração. Estas técnicas devem ser utilizadas somente na detecção de substâncias que são comprovadamente suscetíveis de serem determinadas por método indireto, tais como: sais, metais pesados, etc.

Em outros casos de avaliação confirmatória deve ser utilizada a coleta e análise da água subterrânea. Uma precaução deve ser tomada, a perfuração para a coleta de amostras de água deve ocorrer à jusante da fonte de contaminação de tal forma a atingir a água subterrânea contaminada.

Na água superficial, o procedimento é simples, a coleta deve ser feita à jusante do local de interesse. O maior problema nos cursos de água, é a probabilidade do corpo d' água superficial estar previamente contaminado. Neste caso, a análise da água superficial deve merecer maior detalhamento. As atividades potencialmente contaminantes a montante devem ser consideradas.

No solo, o procedimento também é simples, a coleta deve ser feita no solo potencialmente contaminado. Vale ressaltar que a definição da profundidade de amostragem é bastante importante.

5.2.5. Caracterização das ACs

Na etapa anterior, a presença da contaminação no local de interesse foi apenas confirmada através da investigação rápida. Assim, o objetivo principal da etapa de caracterização de ACs é definir e dimensionar a fonte de contaminação, assim como a área efetivamente contaminada nos meios solo, água superficial e subterrânea, e ar, considerando também os impactos nos bens a proteger.

Alguns aspectos importantes a serem incluídos na etapa de caracterização dizem respeito à determinação de características da fonte de contaminação, aplicando técnicas de investigação que permitam o reconhecimento de suas dimensões precisas, concentrações e tipos de contaminantes presentes. Da mesma forma, deve ser definida as características da pluma de contaminação ou área afetada pela contaminação gerada. Estes dados são fundamentais para a execução das etapas posteriores deste plano, que pode consistir de ações preventivas ou corretivas, como contenção ou remediação da área.

5.2.6. Plano de Remediação de Áreas Contaminadas

Após, a realização da caracterização das ACs, a etapa seguinte é a remediação. Além dos

dados obtidos na etapa de caracterização das ACs, o plano de recuperação deve considerar os seguintes itens:

- a proteção da saúde humana e meio ambiente, com a análise de risco das atividades que serão desenvolvidas;
- as tecnologias conhecidas ou alternativas que tenham potencial para atingir o objetivo da recuperação;
- um cronograma da implantação e outro do tempo estimado para a recuperação;
- identificar todas as exigências especiais necessárias para provar a viabilidade técnica das ações corretivas;
- apresentar os métodos de destino final para os eventuais materiais contaminados que venham a ser removidos da área, como solo, água e entulhos, de acordo com a legislação específica;
- Contemplar a recuperação da fase livre, da fase dissolvida e da fase retida no solo. A não recuperação de qualquer uma das fases acima especificadas deve ser justificada;
- Definir os objetivos e limites a serem atingidos pelo sistema de recuperação;
- Avaliar periodicamente a eficiência da recuperação através do cálculo da remoção dos contaminantes e resultados analíticos do monitoramento.
- Apresentar memorial descritivo com respectiva memória de cálculo, mapa de localização, seções ilustrativas, bem como a identificação e registro do profissional responsável.

Caso o responsável pela contaminação não seja descoberto ou não possua condições financeiras para arcar com as despesas, no entanto a AC esteja representando um alto grau de risco aos bens a proteger, o órgão ambiental de controle deverá articular e viabilizar um fundo especial de remediação de áreas contaminadas para arcar com os custos de execução, que poderão ser repassados ao responsável pela contaminação caso este seja posteriormente identificado.

5.3. Infraestrutura do Sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas

Para viabilizar a implementação da metodologia de gestão de áreas contaminadas discriminada acima é necessário organizar uma infraestrutura básica, conforme segue.

5.3.1. Cadastro Informatizado

As informações da Ficha Cadastral de Áreas Contaminadas referentes a Áreas Potenciais (APs), Áreas Suspeitas (ASs) e Áreas Contaminadas (ACs) devem ser armazenadas no cadastro informatizado através de banco de dados georeferenciados através de um Sistema Geográfico de Informações.

As informações básicas a serem consideradas no cadastro informatizado sobre APs são:

- nome;
- localização;
- atividade.

Além dos dados de identificação acima, as informações a serem armazenadas, específicas sobre as ASs são:

- fontes suspeitas de contaminação;
- responsáveis pela contaminação;
- área/volume aproximado;
- contaminantes prováveis;
- bens a proteger;
- evidências de contaminação;
- vias de transporte dos contaminantes potenciais.

As informações a serem armazenadas, específicas sobre as ACs, além dos parâmetros acima mencionados são:

- forma de comprovação da contaminação;
- bens a proteger atingidos;
- vias de transporte dos contaminantes.

5.3.2. Cadastro Físico

Informações mais detalhadas, como por exemplo o resultado da caracterização da área contaminada, relatórios, fotos aéreas, etc., sobre as APs, ASs, e ACs devem ser armazenadas em arquivos físicos

5.3.3. Administração de Fundos e Legislação Específica

A execução da caracterização e remediação das ACs implicam em custos. O órgão de controle e planejamento ambiental da região de interesse deve considerar a criação e administração de fundos destinados a este fim conforme estabelecido em legislações específicas como nos casos dos programas de áreas contaminadas nos E.U.A., Canadá, Alemanha, Holanda e outros países.

6. GESTÃO DE ÁREAS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA A RMSP

O quadro do destino final de resíduos sólidos no Brasil é bastante caótico, sendo que 76% das áreas são consideradas como lixões. Do restante, 13% são aterros controlados, 10% aterros sanitários e 1% correspondem a áreas com compostagem e incineração. Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), o quadro do destino final de resíduos é igualmente caótico, mostrando-se bastante similar ao do restante do país.

Neste contexto, observa-se que o número de áreas onde os resíduos são dispostos diretamente sobre o solo (lixões) predominam sobre as áreas de aterro. No contato direto entre o resíduo e o solo deve certamente haver a transferência de substâncias nocivas para o solo e água subterrânea. Dessa forma, a contaminação de recursos naturais torna-se evidente. Além disso, outros aspectos relativos à saúde pública também são claros, em função da existência de catadores nestas áreas. Este quadro indica uma necessidade imediata de ações governamentais para preservar e proteger estes recursos e a saúde da população.

Nos itens seguintes são descritos os diferentes procedimentos que compõem a metodologia de gestão das áreas de disposição de resíduos sólidos na RMSP.

6.1. Priorização de Áreas Potenciais

Conforme apresentado anteriormente, no país apenas 1% dos resíduos sólidos não são dispostos sobre o solo na forma de lixões e aterros. Dessa forma, as áreas de disposição de resíduos, na maioria dos casos, não possuem obras de engenharia envolvendo impermeabilização superior e inferior, e a instalação de drenos de líquidos e de gases, o que torna a contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas inevitável nestes locais. Tendo em vista o contexto e as circunstâncias mencionadas anteriormente, na RMSP, todas as áreas de disposição de resíduos sólidos são consideradas automaticamente áreas potenciais por dois motivos: primeiro, as áreas de lixões e aterros controlados transferem diretamente lixiviados e gases para a zona não-saturada e saturada, uma vez que não possuem sistemas de impermeabilização e drenos; segundo, nos aterros sanitários, há sempre o risco de rompimento da camada impermeabilizante e/ou drenos e transferência de substâncias nocivas como no primeiro caso.

6.2. Avaliação Preliminar

Todas as áreas de disposição de resíduos consideradas Áreas Potenciais (APs) devem passar por uma avaliação preliminar, seguida de visita ao campo com o preenchimento da Ficha Cadastral e posterior uso da Ficha de Pontuação para a classificação dessas áreas. O escopo das duas fichas estão descritos nos itens que seguem.

6.2.1. Ficha Cadastral e de Pontuação de Áreas Contaminadas

O Sistema de Cadastramento e Pontuação para Classificação das Áreas Potenciais (APs) para Locais de Disposição de Resíduos Sólidos foi concebido considerando-se o baixo volume de informações e de conhecimentos disponíveis existentes no Brasil. Assim, para a classificação das APs elaborou-se um procedimento que permite uma apreciação com pouca informação, mas com resultado uniforme, conclusivo e amplo.

A concepção do Sistema de Cadastramento e Pontuação para a Classificação das APs apresentado no presente trabalho tem como base o sistema utilizado em Nordeheim-Westphalen denominado ISAL. A escolha deste sistema é devida à sua eficiência comprovada na Alemanha, também ao fato da metodologia não exigir parâmetros técnicos detalhados como o sistema dos E.U.A. Estes aspectos foram decisivos para a seleção de um sistema realístico e aplicável na RMSP.

Operacionalmente, o sistema constitui-se basicamente da Ficha Cadastral de Áreas Contaminadas cujas informações são utilizadas para a classificação das APs através da Ficha de Pontuação de Áreas Contaminadas.

a. Ficha Cadastral de Áreas Contaminadas

Para a elaboração da Ficha Cadastral de Áreas Contaminadas foi efetuada preliminarmente uma minuciosa pesquisa das fichas utilizadas no Canadá, E.U.A e Alemanha, em seus respectivos Programas de Áreas Contaminadas. Posteriormente, estas informações foram

comparadas ao levantamento das informações necessárias para este projeto, elaborando-se uma primeira versão tentativa da Ficha Cadastral.

Esta primeira versão tentativa foi testada várias vezes nas áreas de interesse, e no escritório para verificar a validade e a representatividade das informações nela contidas, até chegar-se à versão final apresentada no Anexo 1.

Posteriormente, as informações das fichas foram compatibilizadas com aquelas necessárias para o preenchimento da Ficha de Pontuação de Áreas Contaminadas. Vale ressaltar que as fichas foram elaboradas de forma a considerar que, durante o, preenchimento ocorra um mínimo de subjetividade. Este fato é importante, na medida que permite garantir a confiabilidade e representatividade das informações, mesmo sendo preenchida por pessoas diferentes. Individualmente, a Ficha Cadastral de Áreas Contaminadas pode servir como instrumento de registro e consulta de informação da área de interesse. A Ficha Cadastral é um instrumento que permite registrar, através da observação em campo, de forma descritiva, rápida e genérica, o retrato atual das APs, permitindo uma posterior avaliação uniforme, rápida e de baixo custo, através da utilização da Ficha de Pontuação de Áreas Contaminadas.

Para o preenchimento da Ficha Cadastral não é necessário executar nenhum trabalho “*in situ*” (perfuração, levantamento geofísico, etc), portanto, o procedimento de preenchimento da ficha caracteriza-se como uma avaliação expedita no local de interesse, determinando-se os parâmetros que permitem a descrição da área apenas por visualização e por sistematização das informações existentes.

A Ficha Cadastral de Áreas Contaminadas, no que concerne às áreas de disposição de resíduos sólidos, é composta basicamente de 5 tópicos de coleta de informação: Identificação da Área, Forma de Disposição de Resíduos, Descrição da Área e suas Adjacências, Eventos Importantes e Atividades Desenvolvidas na Área.

a.1. Identificação da Área

As informações básicas que constam neste item objetivam a identificação do local de interesse e outros dados básicos, conforme apresentado no quadro 4.

Quadro 4. Quadro contendo informações sobre Identificação da Área

Tópicos	Tipo de Informação
Identificação	<ul style="list-style-type: none"> • Nº de Cadastro • Data de visita • Responsável pela coleta da informação • Denominação atual do local • Endereço • Coordenadas Geográficas • Proprietário
Informações Básicas	<ul style="list-style-type: none"> • Situação atual quanto ao funcionamento • Área total • Classificação da área • Tipo de fonte de contaminação

As informações referentes à identificação que constam no quadro acima têm como objetivo básico a fácil identificação do local e do proprietário da área, seja através dos sistemas tradicionais de identificação, conforme exigido pelos governos municipais, estaduais e federais, seja pelo sistema cartográfico utilizado nos meios científicos.

Quanto ao quadro das informações básicas são considerados vários aspectos. A área do local de deposição pode ser caracterizada como um pequeno local, como pode possuir porte médio a grande, podendo estar em funcionamento ou desativada.

Quanto à classificação da área, o objetivo básico é identificar, dentro do conceito de gerenciamento de áreas contaminadas, se o local de interesse deve ser classificado como área potencial, área suspeita ou área contaminada.

a.2. Forma de Disposição de Resíduos

Na Ficha Cadastral, como forma de disposição de resíduos encontram-se contemplados os seguintes tópicos: tipo e forma de disposição, aspectos operacionais e construtivos do local de disposição, líquidos percolados e existência de catadores no local, conforme segue no quadro 5.

Quadro 5. Quadro com informações sobre a forma de disposição de resíduos

Tópicos	Tipos de Informação
Tipo e forma de disposição	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de disposição • Volume • Tipo de resíduos • Profundidade da disposição
Aspectos operacionais e construtivos do local de disposição	<ul style="list-style-type: none"> • Impermeabilização • Recobrimento operacional • Compactação • Drenagens
Líquidos percolados	<ul style="list-style-type: none"> • Destino dos líquidos percolados • Tipo de sistema de tratamento de líquidos percolados
Catadores no local	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de catadores no local

Na ficha estão relacionados aspectos como o tipo de disposição, o que inclui a forma de disposição, a quantidade e o tipo de resíduo. As formas de disposição abrangidas são: aterro controlado, aterro industrial, aterro sanitário, aterro de entulhos, lixão e bota fora.

No atributo da quantidade são incluídos parâmetros como volume e também o peso. Na realidade, estes dois aspectos devem ser considerados porque existem locais que possuem controle através de balança e outros onde somente é possível estimar o volume.

Tendo sido definida a forma de disposição, o passo seguinte é a caracterização dos tipos de resíduo quanto a sua origem: resíduo industrial, resíduo domiciliar, resíduo de mineração, resíduo de serviço de saúde, resíduo inerte, lodos de tratamento de águas residuárias, lodos de dragagem, resíduos de varrição, entulhos e outros lodos.

Outro aspecto considerado é a posição do local de disposição em relação a superfície do terreno (abaixo ou acima). Este aspecto é avaliado visando principalmente a proximidade da posição do local de disposição em relação à profundidade do lençol freático.

Em relação aos aspectos construtivos, são considerados vários itens. Inicialmente, a existência de impermeabilização inferior e o tipo utilizado: argila, membrana, dupla membrana. Em seguida, a possível existência de drenagens de água de escoamento superficial, de líquidos percolados, de nascentes e de gases. Além disso, na operação do local de deposição é considerado o fator compactação e o recobrimento diário do resíduo.

Quanto aos líquidos percolados são analisadas várias possibilidades de destino final, entre outros: água superficial, infiltração no solo ou em poços, estação de tratamento de esgotos e estação de tratamento no local. Além disso, quando há tratamento dos líquidos no local, deve ser

avaliado se ele é feito através de lagoas com impermeabilização, filtros, digestor anaeróbico ou recirculação.

Como é comum a presença de catadores nos lixões da RMSP, tentando aproveitar produtos recicláveis existentes na massa de lixo, na ficha é identificado o número de pessoas existentes para poder avaliar o risco à saúde.

a.3. Descrição da Área e Suas Adjacências

Neste item encontram-se contempladas as substâncias químicas possíveis de serem encontradas na massa de lixo, e também as informações relativas aos recursos ambientais solo, água superficial, água subterrânea e vegetação, e também as áreas de interesse público. No item são relacionados também aspectos referentes à propagação das substâncias nocivas através do solo, ar, água superficial e água subterrânea (QUADRO 6).

Os locais de disposição de resíduos sólidos na RMSP normalmente possuem na sua massa tanto materiais de origem doméstica quanto industrial. Estes materiais sofrem reações químicas ao longo do tempo e podem gerar líquidos perigosos que podem conter na sua composição, desde solventes orgânicos halogenados até metais pesados. Assim, entre muitas substâncias manipuladas pelo homem, os principais grupos que podem estar presentes no líquido são: solventes orgânicos, hidrocarbonetos (clorados, aromáticos e policíclicos), dioxinas e furanos, compostos orgânicos nitrogenados, fosfatados e sulfurados, derivados de petróleo, alcatrão e similares, pesticidas, metais, compostos inorgânicos, ácidos, bases e anidridos.

A avaliação da ocupação do solo e de áreas com bens a proteger são importantes porque eles serão os elementos atingidos pela contaminação, que por sua vez, podem atingir o homem tanto através da exposição direta ao contaminante, como indiretamente ingerindo água ou alimentos contaminados. Além disso, os contaminantes podem deteriorar o padrão e a qualidade das áreas de interesse público.

Vale ressaltar que, a avaliação do solo apresentada na ficha, permite a compreensão de aspectos relacionados à textura do solo (argilosa, siltosa ou arenosa), que por sua vez, está diretamente ligada à questão da vulnerabilidade do aquífero. Segundo HIRATA (1994), o solo e a zona vadosa representam a primeira e mais importante defesa natural contra a poluição de aquíferos. Este fato é devido não somente à sua posição estratégica, situada entre a superfície e a

Quadro 6. Informações sobre descrição da área de disposição de resíduos e áreas adjacentes

Tópicos	Tipos de Informações
Resíduos e/ou substâncias presentes na área	<ul style="list-style-type: none"> • Solventes orgânicos • Hidrocarbonetos clorados, aromáticos e policíclicos • Dioxinas e furanos • Comp. org. nitrogenados, fosfatados e sulfurados • Derivados de petróleo • Alcatrão e similares • Pesticidas • Ácidos, bases e anidridos • Metais e compostos metálicos • Compostos inorgânicos
Ocupação do solo/áreas com bens a proteger	<ul style="list-style-type: none"> • Ocupação do solo urbano • Zonas viárias • Áreas agropastoris • Áreas de proteção ambiental • Áreas de proteção de manancial • Áreas com água para abastecimento público • Aquíferos importantes • Posição da área no relevo
Solo	<ul style="list-style-type: none"> • Textura predominante do solo • Análise do solo
Água subterrânea	<ul style="list-style-type: none"> • Profundidade do nível d'água • Qualidade de água • Uso da água subterrânea • Contexto hidrogeológico
Água superficial	<ul style="list-style-type: none"> • Proximidade do local de disposição em relação à água superficial • Qualidade da água superficial • Uso da água superficial
Ar	<ul style="list-style-type: none"> • Qualidade do ar inclusive no solo

água subterrânea, mas também pelo seu ambiente físico-bioquímico, que geralmente é mais favorável à eliminação e à atenuação de poluentes. O levantamento de análises químicas do solo, previamente existentes, pode auxiliar na identificação da qualidade do solo.

A água subterrânea ocorre na zona imediatamente abaixo da zona não-saturada e é considerada como um recurso estratégico para o abastecimento público. Para a substância derivada do local de disposição atingir este recurso é necessário percorrer toda a zona não-saturada. Dessa forma, para avaliar a possibilidade de ocorrer a contaminação do lençol freático é necessário observar dois aspectos: a composição granulométrica da zona não-saturada e a sua espessura. A questão da composição granulométrica está contemplada na avaliação do solo e a espessura da zona não-saturada pode ser obtida estimando-se a profundidade do lençol freático. Assim como no caso do solo, a qualidade da água subterrânea pode ser avaliada através do levantamento das análises químicas já existentes.

Outros aspectos relacionados à água subterrânea são o seu uso e o contexto hidrogeológico em que o local de disposição está inserido. Na questão do uso, a água subterrânea existente nas adjacências do local de disposição pode ter diferentes fins como irrigação, pecuária, piscicultura, recreação, abastecimento público e uso industrial. Quanto ao contexto hidrogeológico existem dois aspectos importantes: o tipo de aquífero e a forma de circulação das águas subterrâneas. Na RMSP, ocorrem alguns tipos de aquíferos mais susceptíveis à contaminação, tais como aquífero cárstico, sedimentar e cristalino com manto arenoso. Por outro lado, existem outros tipos de aquíferos como o cristalino ou sedimentar, com manto argiloso, menos susceptíveis à contaminação. A este conceito está intimamente associada a forma de circulação das águas subterrâneas, isto é, as áreas de recarga são mais susceptíveis à contaminação que as áreas de descarga.

Na propagação através das águas superficiais, qualquer substância química proveniente do local de disposição pode ter duas origens. A primeira é a transferência direta do lixiviado para o corpo hídrico superficial e o segundo é a transferência indireta através da descarga da água subterrânea, que sofreu anteriormente contaminação no local da disposição. O caminho através das águas subterrâneas foi avaliado e discutido no parágrafo anterior. Para a transferência direta deve ser avaliada inicialmente a questão da distância do local da disposição em relação ao corpo hídrico superficial. Além disso, para determinar se o corpo hídrico está contaminado ou não, deve ser realizado um levantamento de análises químicas existentes. O uso da água superficial na área

adjacente ao local de disposição também deve ser considerado, assim como para a água subterrânea.

A propagação via ar refere-se principalmente ao ar que migra através da zona não-saturada. Isto porque os gases gerados no processo de decomposição do material existente no local de disposição, são fortemente susceptíveis às explosões, causando acidentes e colocando em risco a população existente no local e nas áreas adjacentes.

a.4. Eventos Importantes/Riscos Comprovados

Muitos dos eventos e indicações observadas no solo ou na superfície podem indicar uma provável presença de contaminação, ou caminho preferencial, para a contaminação da zona não-saturada e saturada, ou ainda, provável indicação de prejuízo à saúde da população (QUADRO 7).

Quadro 7. Informações sobre eventos importantes ocorridos na área de disposição de resíduos

Tópicos	Tipos de Informações
Eventos	<ul style="list-style-type: none">• recalque• desabamento• danos à vegetação, animais e saúde humana• explosão, incêndio
Indicações no Solo	<ul style="list-style-type: none">• erosão• escoamento de chorume no solo• gases/vapores nas edificações

O recalque ou desabamento da área de interesse, seja no aterro ou nas suas adjacências, indicam a presença de movimentação diferencial da massa de material (solo, rocha, resíduo, etc), que muitas vezes pode redundar em danos nas obras de engenharia, como rompimentos de drenos, mantas, selos e coberturas. Estes processos de movimentação de massa acabam acarretando aberturas de fraturas que podem ocasionar fluxos preferenciais das águas de percolação e/ou lixiviado.

O processo de erosão pode favorecer o transporte de resíduos, ou mesmo do lixiviado, através do escoamento das águas superficiais.

Muitos dos danos causados à vegetação ou à saúde de animais e humana, ocorrem como consequência da difusão de gases, transferência de lixiviados, dispersão de poeira e veiculação de doenças.

Fatos como geração de gases são indicações de riscos para a saúde e vida da população no local de disposição e suas adjacências. Os gases gerados na massa de resíduos podem migrar para as áreas adjacentes da área de disposição e causar danos tanto à vida humana e animais quanto às edificações, através de explosões, incêndios e intoxicações.

a.5. Atividades Desenvolvidas na Área

Na Ficha Cadastral, na sua última página, existe um item onde pretende-se obter um registro rápido a cerca da situação atual na qual se encontra cada área de disposição, segundo a concepção do Sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. Na realidade, nesta página da ficha ficam registradas, de forma sintética, as atividades que foram desenvolvidas: avaliação confirmatória, caracterização da área, monitoramento e remediação do local, conforme observa-se no quadro 8 e descrito na parte 2, desta tese.

Quadro 8. Resumo sobre atividades de gerenciamento de áreas de disposição de resíduos sólidos a serem desenvolvidas

Tópicos	Tipos de Atividades
Atividades desenvolvidas	<ul style="list-style-type: none">• Avaliação Preliminar• Avaliação Confirmatória• Caracterização da Área• Monitoramento• Remediação do Local

b. Ficha de Pontuação de Áreas Contaminadas

b.1. Conceituação técnica

Conforme descrito anteriormente, a base técnica da metodologia encontra-se no fato de que qualquer efeito adverso sobre o meio ambiente e saúde humana provém de uma cadeia de eventos iniciando-se na fonte de contaminação e terminando no receptor.

Dessa forma, a concepção básica do sistema elaborado é de que a área de disposição de resíduos, em princípio, pode conter substâncias nocivas que põem em risco a qualidade dos recursos ambientais e a saúde pública. Estas substâncias podem apresentar seus efeitos prejudiciais

somente quando entram em contato com o recurso. Assim, na averiguação do risco para os recursos ambientais e saúde pública são consideradas três etapas.

- (1) Origem e volume de resíduos, e tipos de grupos de substâncias possíveis de serem encontradas no local da disposição;
- (2) Propagação das substâncias nocivas através dos meios ar, solo, água superficial e água subterrânea;
- (3) Existência de bens a proteger na área de disposição e/ou nas adjacências.

Na primeira etapa é realizada a caracterização da massa de lixo quanto a sua origem, volume e tipo de grupo de substâncias, onde cada uma delas é classificada respectivamente em três categorias de acordo com a sua periculosidade, tamanho e toxicidade.

Na segunda etapa são avaliados os prováveis caminhos que a substância originária da massa de lixo pode tomar através do meio ar, solo, água superficial e subterrânea. No meio ar, inicialmente são considerados apenas os componentes gasosos que estão presentes na zona não-saturada e que podem receber uma contribuição (principalmente do gás metano originário da decomposição de matéria orgânica). Os componentes gasosos ao difundirem em subsuperfície podem atingir os bens a proteger e causar danos materiais e à vida, através de acidentes e/ou intoxicação.

Na terceira etapa é feita a análise dos efeitos que as substâncias causam aos bens a proteger, que basicamente são os recursos naturais e a saúde pública.

A entrada da substância significa a exposição do recurso à ela e a sua liberação é a condição necessária para que se tenha a exposição do recurso.

b.2. Formato da Ficha de Pontuação

O sistema de pontuação apresentado neste trabalho caracteriza-se por ser um método numérico, ponderado e cumulativo. Dessa forma, a avaliação de um local suspeito ou contaminado é feita em vários módulos seguindo sucessivamente as três etapas apresentadas no item anterior.

As informações sobre a fonte de contaminação, origem e volume de resíduos, e tipos de grupos de substâncias possíveis de serem encontrados no local da disposição, são avaliadas partindo-se do pressuposto da existência de periculosidade no local. Em seguida são avaliados os

vários caminhos que a substância nociva e/ou seus derivados podem seguir através do ar, solo, água superficial e água subterrânea. Por fim efetua-se a análise da existência de bens a proteger na área de disposição e/ou nas suas adjacências, que podem ser prejudicados ou danificados pelos efeitos das substâncias originárias do local de disposição.

Dessa forma partindo-se de existência da periculosidade de uma substância que resulta do estabelecimento de uma situação padronizada de uma atividade ou local, elas podem ser avaliadas em três etapas distintas, a periculosidade do local de disposição (a), a propagação (b) e os efeitos sobre os bens a proteger(c).

Na prática, cada um dos componentes de risco é composto por um parâmetro que representa uma ação ou fato (Rn), que por sua vez, é multiplicado por um fator de minimização ou de agravamento do risco, expresso através de multiplicadores (Mn). Os parâmetros Rn e Mn são classificados em três categorias que são: alto (3), médio (2) e baixo (1). Assim a avaliação do risco do local de interesse é calculada segundo a fórmula e o quadro 9.

$$R = (MI.RI) \times (MII.RII) \times (MIIL.RIIL) = Ra \times Rb \times Rc$$

Quadro 9. Resumo sobre etapas do Sistema de Pontuação

SISTEMA DE PONTUAÇÃO					
Disposição de Resíduos (Periculosidade)	$Ra = Ra_1 + Ra_2$	Tipo de resíduo		Grupo de substâncias	
		Área			
Propagação	$Rb = Rb_1 + Rb_2 + Rb_3 + Rb_4$	Rb_1	Rb_2	Rb_3	Rb_4
		Ar	Água subterrânea	Água superficial	Solo
Efeitos sobre os bens a proteger	$Rc = Rc_1 + Rc_2$				
		Dentro da área		Fora da área	

b.2.1. Periculosidade do local de disposição

Conforme apresentado no quadro acima, o risco Ra que considera a periculosidade do local de disposição é composto por componentes Ra_1 e Ra_2 , onde o primeiro componente considera o tipo de resíduo e o volume de resíduos do local de disposição, e o segundo, o grupo de substâncias que pode ser encontrado no local. Para os componentes Ra_1 e Ra_2 , os valores de Rn e Mn são conforme apresentados nos quadros 10 e 11.

Dessa forma, inicialmente são considerados o tipo de resíduo existente na massa de lixo e o seu volume. O valor mais alto é atribuído ao local de disposição que apresentar alta toxicidade e/ou grande volume (QUADRO 10). Os tipos de resíduos considerados no quadro acima, são classificados, de uma forma genérica em, domiciliar, hospitalar, industrial, mineração, inerte e outros, de acordo com a sua origem.

Quadro 10. Valores de Rn e Mn para o componente Ra_1

Disposição: Tipos de Resíduos	Mn	Rn
Resíduo Industrial	1,90	3
Resíduo de Serviço de Saúde	1,90	3
Resíduo Domiciliar	1,90	2
Resíduo Inerte	1,90	1
Resíduo de Mineração	1,90	1
Varrição	1,90	1
Entulhos	1,90	1
Lodos do Tratamento de Águas Residuárias	1,90	2
Lodos de Dragagem	1,90	3
Outros Lodos	1,90	3
Volume de Disposição de Resíduos		
> 1.000.000 m ³	0,48	3
100.000 - 1.000.000 m ³	0,48	2
< 100.000 m ³	0,48	1

Por outro lado, em muitos locais de disposição, os resíduos encontram-se misturados e possuem na maioria dos casos origens bastante variadas. Nesta situação, apenas o caso de maior valor é considerado para a questão da pontuação. Assim, o sistema de pontuação é eliminatório, considerando-se apenas a pior situação ou de maior risco.

O volume de resíduo do local de disposição também deve ser considerado. Normalmente, locais de disposição com volume pequeno estão associados a municípios pequenos, que geralmente possuem na massa de lixo resíduos domésticos. Ao contrário, locais de disposição com

Quadro 11. Valores de Rn e Mn para o componente Ra_2

Grupos de Substâncias	Mn	Rn (Confirmado)	Rn (Estimado)
Orgânicos halogenados voláteis	0,95	3	2
Orgânicos não halogenados voláteis	0,95	3	2
Hidrocarbonetos clorados voláteis	0,95	3	2
Aromáticos Clorados (PCB)	0,95	3	2
Dioxinas e Furanos	0,95	3	2
Compostos org. Nitrogenados, Fosfatados, Sulfados (sem Pesticidas)	0,95	3	2
Hidrocarbonetos aromáticos (sem PAH)	0,95	3	2
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAH)	0,95	3	2
Fenóis	0,95	3	2
Derivados de petróleo	0,95	2	1
Alcatrões e produtos similares	0,95	2	1
Pesticidas	0,95	3	2
	0,95		
Metais e seus compostos	0,95	3	2
Compostos inorg. (sem metais)	0,95	2	1
Compostos inorg. (mais tóxicos: Cianetados, fluorados e cromados)	0,95	3	2
	0,95		
outras substancias	0,95	2	1
desconhecida	0,95	1	1

volume grande estão associados a municípios grandes, que possuem atividades bastante variadas, que por sua vez, geram resíduos de várias origens com toxicidade alta.

A periculosidade do local de disposição é ainda avaliada através da pontuação por grupo de substâncias. No quadro 11 apresenta-se a classificação, também de forma genérica, da possível constituição da massa de lixo, em grupos de substâncias. No quadro, observa-se que os grupos que possuem valores mais altos são substâncias bastante persistentes e tóxicas quando introduzidas nos recursos ambientais. Vale ressaltar que, estão listados no quadro 11 tanto os compostos orgânicos quanto os inorgânicos. Estes últimos, principalmente representados pelos metais pesados e compostos nitrogenados.

Na pontuação apresentada nos quadros 10 e 11, está implícito o conceito de periculosidade de um resíduo/substância, onde são levado em consideração principalmente fatores como:

- características de toxicidade humana e ambiental;
- possibilidades de bioacumulação;
- concentração e distribuição;
- solubilidade, lixiviabilidade, miscibilidade;
- estado de agregação, estrutura, densidade e viscosidade;
- mobilidade, estabilidade, volatilidade;
- reatividade com a água;
- alterações possíveis com o tempo;

b.2.2. Propagação

O risco R_b que avalia o risco de propagação das substâncias nocivas é constituído pelos componentes R_{b1} , R_{b2} , R_{b3} e R_{b4} , que correspondem respectivamente à avaliação da possibilidade de propagação nos meios ar, água subterrânea, água superficial e solo. Para os componentes R_{b1} , R_{b2} , R_{b3} e R_{b4} , os valores de R_n e M_n são conforme apresentados nos quadros 12, 13, 14 e 15.

b.2.2.1. Ar

Para a avaliação da propagação via ar, de substâncias nocivas a partir do local de disposição, podem ser distinguidos quatro caminhos preferenciais.

- ar livre diretamente sobre o local contaminado;
- ar livre nos arredores do local contaminado;

- ar nos poros do solo;
- ar existente nos ambientes fechados no solo ou sobre o solo (porões, clarabóias, etc)

Quando ocorre a produção de gás e a sua consequente liberação no interior de um local contaminado, este se propaga em virtude da alta pressão que ocorre. Com isso, o ar sobre o local e o ar do solo contido no entorno do foco de risco podem ser diretamente prejudicados. No caso de substâncias nocivas formadoras de gás é importante também a liberação propiciada pela difusão. Ainda, o gás liberado, especialmente quando gerado em grandes quantidades, pode funcionar como gás de arraste para outros, que caso contrário, teriam dificuldades para deixar as proximidades do foco de risco. Por exemplo, substâncias traços existentes na composição do gás do local de disposição, como hidrocarbonetos halogenados e ácidos orgânicos de baixo peso molecular podem ser carregados em conjunto com gás metano.

Os fatores que permitem o transporte do gás liberado até o recurso ambiental a proteger são os listados abaixo.

- possibilidade de escape (poros, fendas, frestas, canalizações, divisão do subsolo em camadas, passagens de tubulações);
- elementos de separação (camadas de argila, corpos d'água);
- condições de corrente (diferença de pressão e temperatura, etc);
- meios de transporte de gases nocivos (por exemplo, gás de aterro para gases traço);
- alterações de concentração.

Os fatores acima discriminados estão implicitamente inclusos no sistema de pontuação apresentado no quadro 12.

b.2.2.2. Águas subterrâneas

A água, por si só, tem uma grande importância na maioria dos processos de reações químicas existentes na face da Terra, agindo como um solvente universal. No caso da propagação de substâncias nocivas, a água subterrânea possui o mesmo grau de importância e funciona como um dos principais meios de entrada e transporte de substâncias perigosas para diversos recursos ambientais. Dessa forma, sob o ponto de vista da água subterrânea, os seguintes fatores característicos da situação de disposição são significativos para a liberação da substância nociva:

- impermeabilização superficial, cobertura intermediária (tipo, qualidade, cobertura vegetal, etc);
- escoamento de águas superficiais (configurações da superfície, declividade, drenagem da água, tipo e condições dos canais);

Quadro 12. Valores de Rn e Mn para o componente Rb_1

Qualidade do ar do solo	Mn	Rn
Análise não realizada	0,3	2
Contaminada	0,3	3
Não contaminada	0,3	0
Desconhecida	0,3	2
Eventos importantes		
explosão, incêndios, danos à saúde	0,4	3
emanação perceptível de gases/vapores, dispersão de poeira contaminada	0,4	2
danos materiais, outros	0,4	2
danos à vegetação	0,4	2
inexistente	0,4	0
Presença de vapores/gases nas edificações vizinhas		
Não	0,4	0
Sim	0,4	3
Desconhecido	0,4	1
Distância até a edificação mais próxima		
< 50 m	0,4	3
50 - 100 m	0,4	2
> 100m	0,4	1
edificações inexistentes	0,4	0

- adições de água (águas de encosta, fontes);
- clima (quantidade de chuvas, taxa de evaporação);
- impermeabilização do fundo (material, declividade)
- drenagem do fundo ou de camadas intermediárias compactadas (perfil do fundo, distâncias, pressões hidrostáticas, diâmetro e inclinação de canalizações de drenagem);
- existência e durabilidade de impermeabilizações;

Após a liberação, a entrada da substância nociva no recurso ambiental “água subterrânea” é contabilizada somente quando a sua quantidade excede os padrões de potabilidade para o consumo humano. Assim, os seguintes fatores relacionados ao subsolo são importantes para a entrada de substância nociva:

- estrutura e principalmente a uniformidade do subsolo (porosidade, permeabilidade, fissuras, granulometria);
- profundidade ou distância da água subterrânea à fonte de substância nociva;
- propriedades físico-químicas (composição mineral, umidade do solo, pH, potencial Redox, CTC, teor de argila, tipo e quantidade de substâncias orgânicas, propriedades de sorção);
- temperatura;
- vida no solo (microorganismos)

Os fatores acima listados estão implícitos e inclusos no sistema de pontuação do quadro 13.

b.2.2.3. Águas superficiais

Assim como no recurso ambiental água subterrânea, na água superficial a característica da reatividade da própria água tem um papel importantíssimo no processo de liberação, entrada e transporte de substâncias nocivas.

No caso da avaliação de liberação de substâncias nocivas do resíduo e potencial de propagação via água superficial, os seguintes fatores são importantes.

- impermeabilização superficial e intermediária;
- condições topográficas (cota do foco de risco em relação ao terreno);
- adições de água (entradas de água de encosta e fontes);
- clima (chuvas, taxa de evaporação);
- drenagem de fundo ou de camadas intermediárias compactadas;
- tipo de enchimento (camadas intermediárias, construção das células, material de recobrimento, etc);
- quantidade de substância nociva.

Quadro 13. Valores de Rn e Mn para o componente Rb_2

Contaminação das águas subterrâneas	Mn	Rn
Sim, contaminada	0,5	3
Não	0,5	0
desconhecida	0,5	2
Uso da água subterrânea afetada pela contaminação		
Abastecimento público	0,4	3
Abastecimento domiciliar	0,4	3
Recreação	0,4	3
Irrigação, pecuária	0,4	2
Uso industrial	0,4	1
Desconhecida	0,4	2
Inexistente	0,4	0
Textura predominante do solo		
arenosa, siltosa	0,1	3
argilosa	0,1	0
desconhecida	0,1	2
Impermeabilização inferior		
inexistente, outros, desconhecida	0,2	3
argila ou membrana	0,2	1
argila e membrana, dupla membrana	0,2	0
Destino final de líquidos percolados, efluentes, substâncias e materiais		
água superficial, infiltração no solo ou poços	0,2	3
estação de tratamento	0,2	0
Nível sazonalmente mais elevado d'água subterrânea		
em contato com resíduo/solo contaminado	0,1	3
abaixo dos resíduos/solo contaminado	0,1	0
desconhecida	0,1	2
Contexto hidrogeológico		
Quaternário, Terciário em área de recarga, Cárstico, Cristalino aflorante, Cristalino com manto arenoso em área de recarga.	0,4	3
Terciário em área de descarga, cristalino com manto argiloso em área de recarga, cristalino com manto arenoso em área de descarga.	0,4	2
Cristalino com manto argiloso em área de descarga	0,4	1
desconhecido	0,4	3

Liberada a substância nociva, a sua entrada e o transporte no recurso “água superficial”, pode ser via direta ou indireta, através da água subterrânea.

Assim, quando o caminho é via direta, com a entrada de sólidos e de águas contaminadas no recurso “águas superficiais”, os principais fatores que influenciam são:

- instalações existentes, por exemplo, canais e canalizações;
- extensão e tempo de percurso até o recurso ambiental (arraste, oxigenação, etc);
- tipo, quantidade e concentração da substância nociva (degradabilidade, sorção, persistência e volatilidade);
- vegetação e vida no solo;
- condições microclimáticas (temperatura, condições de vento, etc).

Quando a entrada da substância nociva é feita indiretamente através da água subterrânea, os fatores que influenciam são:

- diferença de nível entre a água subterrânea e a superficial;
- declividade do nível da água subterrânea e direção de fluxo;
- alterações da substância nociva devido à percolação pelo subsolo;
- impermeabilização do fundo.

Os fatores descritos acima estão contemplados de uma forma implícita no sistema de pontuação do quadro 14.

b.2.2.4. Solo

O recurso ambiental solo possui diferentes situações em relação a área de disposição de resíduos, conforme apresentado abaixo.

- (1) O solo contaminado é um recurso ambiental;
- (2) O solo a proteger está abaixo do local contaminado, e é prejudicado principalmente pelo lixiviado;
- (3) O solo a ser protegido é o material de cobertura do local contaminado, e pode estar principalmente prejudicado por substâncias nocivas formadoras de gás;
- (4) O solo a ser protegido encontra-se na vizinhança do local contaminado.

Se o local a ser investigado for o solo contaminado, a avaliação da liberação e a entrada da substância nociva no recurso ambiental deixa de ser necessária, visto que a contaminação já está caracterizada (caso 1). Por outro lado, se o foco de risco se limita diretamente com o recurso ambiental, não existe área de migração. Portanto a avaliação deve partir das condições mais

Quadro 14. Valores de Rn e Mn para o componente Rb_3

Qualidade da água superficial	Mn	Rn
Não	0,6	0
sim, utilizada para abastecimento público	0,6	3
sim, utilizada para abastecimento domiciliar	0,6	3
Sim, não utilizada	0,6	1
sim, utilizada para irrigação, pecuária, piscicultura	0,6	2
sim, utilizada para recreação	0,6	3
desconhecida	0,6	2
Possibilidade de influência direta da área sobre águas superficiais		
não	0,4	0
sim, utilizada para abastecimento público	0,4	3
sim, utilizada para abastecimento domiciliar	0,4	3
sim, não utilizada	0,4	1
sim, utilizada para irrigação, pecuária, piscicultura	0,4	2
sim, utilizada para recreação	0,4	3
desconhecida	0,4	2
Possibilidade de enchente na área e uso da água superficial		
não	0,3	0
sim, utilizada para abastecimento público	0,3	3
sim, utilizada para abastecimento domiciliar	0,3	3
sim, não utilizada	0,3	1
sim, utilizada para irrigação, pecuária, piscicultura	0,3	2
sim, utilizada para recreação	0,3	3
desconhecida	0,3	2

desfavoráveis (casos 2 e 3). No caso 4, o procedimento de avaliação deve considerar as condições de transporte da substância nociva do local contaminado até o recurso ambiental “solo”.

Cabe ressaltar que, os solos são formados apenas em longos períodos de tempo, e quando contaminados, dificilmente são regenerados. Por outro lado, os solos têm uma alta capacidade de filtração, tamponamento e acumulação, quando colocados em contato com a maioria das substâncias nocivas e ainda, os índices de transferência de substâncias nocivas do solo para as plantas consumidas por animais são geralmente pequenos.

Para os solos superficiais, principalmente aqueles localizados nas camadas superiores, que permitem a sobrevivência de vida animal e vegetal, deve existir uma preocupação exagerada na questão da eventual fixação de substâncias nocivas por pessoas, animais e plantas.

No caso 1, na observação da liberação de substâncias nocivas do solo contaminado devem ser considerados os seguintes fatores:

- possibilidade de entrada e saída de água, considerando especialmente o risco de erosão;
- condições de vento;
- condições de inclinação;
- condições de temperatura;
- natureza da substância nociva;
- disponibilidade de plantas;
- efeitos de troca com outras contaminações (adubação intensiva).

Em outros casos (2, 3 e 4), a distância existente entre o local de origem do resíduo/substância e o solo a ser protegido é o que determina a forma de avaliação. Neste caso, os fatores a serem considerados são os seguintes:

- quantidade e concentração de substância nociva emigrante;
- capacidade de transporte de substância nociva (peso específico, miscibilidade, solubilidade, dispersibilidade pelo vento, natureza);
- capacidade de sorção;
- reatividade com outros materiais;
- existência de meios para transporte: água, gás e ar.

De uma forma subjetiva, os fatores acima listados estão implícitos no sistema de pontuação do Quadro 15.

Quadro 15. Valores de Rn e Mn para o componente Rb_4

Qualidade do ar do solo	Mn	Rn
análise não realizada	0,3	2
contaminada	0,3	3
não, contaminada	0,3	0
desconhecida	0,3	2
Eventos importantes		
explosão, incêndios, danos à saúde	0,4	3
emanação perceptível de gases/vapores, dispersão de poeira contaminada	0,4	2
danos materiais, outros	0,4	2
danos à vegetação	0,4	2
inexistente	0,4	0
Presença de vapores/gases nas edificações vizinhas		
não	0,5	0
sim	0,5	3
desconhecido	0,5	1
Distância até a edificação mais próxima		Pontos
< 50 m	0,4	3
50 - 100 m	0,4	2
> 100 m	0,4	1
edificações inexistentes	0,4	0

b.2.3. Bens a proteger

Por final são avaliados os possíveis efeitos das substâncias nocivas sobre os bens a proteger através do risco R_c que soma os componentes R_{c1} e R_{c2} . Neste caso, o primeiro componente representa a avaliação da existência dos bens a proteger na área, e o segundo, a existência de bens a proteger nas adjacências da área. Para os componentes R_{c1} e R_{c2} , os valores de R_n e M_n são estabelecidos conforme quadro 16.

O uso da área (R_{c1}), ou o uso do entorno do local de disposição (R_{c2}), são fatores extremamente importantes quando é realizada a avaliação de risco de uma área de disposição de resíduos. A ocupação antrópica e/ou outros componentes ambientais que se encontram nos locais de disposição e suas adjacências, podem ser direta ou indiretamente afetados pelas substâncias tóxicas originárias dos resíduos. Entende-se, por exemplo, por relação direta, quando o ser humano é atingido por contato direto, através de ingestão de água contendo substância tóxica e/ou através de uma simples alergia de pele. O efeito indireto pode ser exemplificado através de uma substância tóxica que entra na cadeia alimentar e atinge o ser humano.

Assim, através dos bens a proteger listados no quadro 16 é possível genericamente avaliar a entrada e transporte de substâncias nocivas no recurso ambiental. Além disso, outros bens a proteger de interesse público como matas naturais, áreas de proteção ambiental e de mananciais, parques e outros locais onde há grande circulação de pessoas encontram-se também classificados nesta categoria.

b.2.4. Pontuação Final

Assim, a pontuação final é obtida através do produto final ($R = R_a \times R_b \times R_c$), conforme apresentado no quadro 17. Deve ser ressaltado que, os componentes (R_a , R_b e R_c) somam o valor relativo a 10 e o total final de 1000.

Quadro 16. Valores de Rn e Mn para o componente Rc

Áreas com bens a proteger / Ocupação do solo	Mn (dentro)	Mn (fora)	Rn
Zona ferroviária	2,22	1,11	1
Zona viária	2,22	1,11	1
Estacionamento	2,22	1,11	1
Aeroporto	2,22	1,11	1
Área militar	2,22	1,11	1
Comercial	2,22	1,11	1
Industrial	2,22	1,11	1
Área de interesse público	2,22	1,11	1
Mineração	2,22	1,11	1
Residencial com hortas (alta. dens. pop.)	2,22	1,11	3
Residencial com hortas (baixa dens. pop.)	2,22	1,11	3
Residencial sem hortas (alta dens. pop.)	2,22	1,11	3
Residencial sem hortas (baixa dens. pop.)	2,22	1,11	3
Parque, área verde	2,22	1,11	2
Parque infantil/escola infantil	2,22	1,11	3
Área de lazer e desportos	2,22	1,11	2
Cemitérios	2,22	1,11	1
Escola	2,22	1,11	2
Hortas	2,22	1,11	3
Área de pecuária	2,22	1,11	1
Área agrícola	2,22	1,11	3
Mata natural	2,22	1,11	1
Área de proteção ambiental	2,22	1,11	2
Área de proteção de mananciais	2,22	1,11	2
Bacia hidrográfica para abastecimento	2,22	1,11	3
Aquíferos importantes	2,22	1,11	2
Zona de maior restrição de proteção de mananciais	2,22	1,11	3
Área inundável, várzea	2,22	1,11	2
Represa para abastecimento público	2,22	1,11	3
Água superficial para abastecimento público	2,22	1,11	3
Poço para abastecimento público	2,22	1,11	3
Poço para abastecimento domiciliar	2,22	1,11	3

Quadro 17 - Totalização do sistema de pontuação

Resíduo Origem, Composição e Volume	(Ra=ml.rI=10)	X
Propagação Ar, Água e Solo	(Rb=mlI.rII=10)	X
Bens a Proteger	(Rc=mIII.rIII=10)	=
Pontuação Final	(R = Ra x Rb x Rc=1000)	

6.3. Avaliação Confirmatória

A avaliação confirmatória em áreas de disposição de resíduos sólidos deve considerar os quatro meios de propagação incluídos na avaliação preliminar: solo, ar, água superficial e subterrânea. Nesta etapa denominada avaliação confirmatória, a investigação deve restringir-se a estes meios.

Nos locais de disposição, os gases e lixiviados gerados são os principais causadores de contaminação nos quatro meios discriminados acima.

A composição dos gases provenientes da decomposição de resíduos sólidos pode ser definida pelos constituintes maiores CH_4 , CO_2 , H_2S , N_2 , O_2 e H_2 (USEPA, 1994) e elementos traços como benzeno, tolueno, xileno, pentano, etilbenzeno, propilbenzeno, hexano, tolueno, diclorometano, 1,1-dicloroetileno, 1,2-dicloroetileno, tricloroetileno, 1,1,2-tricloroetano, tetracloroetileno, tetrahydrofurano e hexano.

A Figura 3, mostra a evolução da concentração dos gases CH_4 , CO_2 , N_2 , O_2 e H_2 , em função do tempo, após o encerramento da disposição de resíduos. Inicialmente, os gases existentes no local de deposição apresentam-se praticamente com a mesma composição e distribuição dos gases atmosféricos, cerca de 80% de nitrogênio e 20% oxigênio e pequenas concentrações de CO_2 e outro gases. Em seguida, os microorganismos presentes no local de deposição iniciam a degradação da matéria orgânica. A concentração de O_2 diminui e a do CO_2 aumenta, e as condições aeróbias passam gradativamente a mudar para anaeróbias. Inicialmente, a concentração de CH_4 é muito baixa, mas aumenta ao longo do tempo, e CO_2 passa a diminuir paralelamente.

FIGURA 3 - Evolução da concentração de gases CH₄, CO₂, NO₂, O₂ e H₂ (USEPA, 1994)

A composição química do lixiviado pode ser caracterizada genericamente conforme apresentada na tabela 5.

Assim como no caso dos gases, a concentração dos lixiviados varia em função do tempo, conforme apresentado na tabela 6. Da mesma forma que no caso dos gases, no aterro recente observam-se altos valores de concentração de DBO indicando alta atividade bioquímica e no aterro antigo os valores observados são baixos. Da mesma forma, o valor de TOC é alto no aterro recente e baixo no aterro antigo, indicando a degradação da matéria orgânica em função do tempo, enquanto que os ácidos orgânicos são observados no aterro recente, mas no aterro antigo não são detectados na análise química.

Na tabela 7 encontram-se listadas as substâncias inorgânicas e orgânicas que podem ser detectadas nos locais de disposição de resíduos sólidos conforme USEPA (1994). Cabe notar que entre as substâncias orgânicas listadas predominam compostos que são considerados traços.

Dentro deste quadro, observa-se que os critérios que permitem a classificação de uma área como “contaminada”, ainda não estão definidos para o Estado de São Paulo, ou mesmo para qualquer outro estado do país. A inexistência desses critérios fez com que fossem avaliadas as metodologias empregadas por outros países no processo de classificação de áreas contaminadas de modo a auxiliarem no processo da avaliação confirmatória. Desta forma, em função de sua ampla utilização na Europa, decidiu-se pela adoção dos valores referenciais empregados pela Holanda (VROM, 1994), onde são estabelecidos três níveis de referência, tanto para o solo como para a água subterrânea:

- nível S - indica o nível de qualidade ambiental, sem quaisquer restrições de uso para o meio investigado.
- nível T - valor intermediário, utilizado como um indicador de um certo declínio nas propriedades do meio investigado. Investigações adicionais são requeridas se este valor for ultrapassado.
- nível I - valor de intervenção. Indica os níveis de qualidade acima dos quais existe um risco para o homem e o ecossistema.

No tabela 8 podem ser observados os valores referenciais para os três níveis. Nele constam os valores para alguns metais, compostos inorgânicos, compostos aromáticos, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, hidrocarbonetos clorados e pesticidas. Com certeza, os parâmetros relacionados não abrangem todo o universo de substâncias químicas que podem ser

Tabela 5. Composição química de lixiviado de aterros da RMSP (CETESB, 1993)

	1	2	3	4	5	6
pH	7,49	7,94	7,10	6,60	5,40	8,50
Cond. Elétr.	21.300	16.900	4.437			
Res. Total	5.599	7.258	6.267	14.431	3.155	18.709
Res. Fixo				7.825	1.646	12.967
Res. Volátil	2.310	4.110	1.923	6.740	1.715	5.769
Res. Filtrável				10.764	3.106	18.701
Res. N. Filtrável	317	171	3.240	3.678	249	178
Res. N. Filtr. Vol.	209	122	-			
Res. Sediment.	0,81	0,25	69,33	20,50	<1,3	<0,5
Alc. bicarb.	3.400	2.665	1.014			
Nitr. Amoniacal				549	75	2.564
Nitr. Nitrito				0,003	0,02	-
Nitr. Nitrato				0,65	0,13	2,24
Nitr. Kjeldhal	1.419	395	160	709	127	2.729
DBO (5 dias, 20°)	3.869	5.070	2.643	10.919	3.738	1.389
DQO	4.133	6.355	3.063	18.110	5.836	6.671
Cloreto				2.341	311	138
Sulfato	114	<2	6	<70	33	1.223
Fósforo Total				7,40	-	-
Fosfato Total	6,89	10,35	6,71			
Ferro	52,9	23,18	1041	1.121	84,4	20,1
Cobre	0,38	0,015	0,07	0,29	0,05	0,28
Chumbo	0,20	0,175	254	0,69	0,09	0,44
Níquel	0,19	0,11	0,12			
Zinco	1,47	0,31	0,47	10,36	2,33	1,03
Manganês	3,57	3,96	12,27	15,17	4,19	0,21
Magnésio	101,89	57,7	81,33			
Cádmio	0,02	0,01	0,01	0,08	0,01	-
Alumínio	< 1,29	1,94	212,13			
Bário	< 0,14	0,23	5,01			
Cálcio	114,77	43,2	-			
Potássio	553	665	308			
Sódio	303	648	288			
Cromo Hexav.				<0,014	-	-
Cromo Total	0,08	0,095	1,00	0,75	0,35	0,97
Óleos e graxas	34	27	126			
Colif. Totais				1,7E6	-	2,3E5
Colif. Fecais				1,7E5	-	3,3E4

1. Aterro Sanitário de Santo André
2. Aterro Sanitário dos Bandeirantes
3. Aterro Sanitário de Itapequerica de Serra
4. Aterro Sanitário de Vila Albertina
5. Aterro Sanitário Eng. Goulart
6. Aterro Sanitário Raposo Tavares Km 14,5

Tabela 6. Variação da concentração dos constituintes do lixiviado em função do tempo (CETESB, 1992b)

Parâmetro	Aterro Recente (1 ano)	Aterro Antigo (+ de 20 anos)
pH	6,9	7,1
DBO	4286	55
DQO	6050	96
TOC	2040	38
Nitr. Orgânico	16	8
Nitr. Nitrato	0,77	85
Nitr. Nitrito	0,63	0,84
Nitr. Amoniacal	224	34
Ortofosfato	0,16	0,30
Cloretos	2777	520
Sulfatos	218	-
Sódio	1590	380
Magnésio	215	35
Potássio	320	135
Cálcio	700	230
Cromo	0,09	0,02
Manganês	13,5	0,19
Ferro	38	0,10
Níquel	0,03	0,03
Cobre	0,03	0,15
Zinco	0,20	0,95
Cádmio	0,01	0,005
Chumbo	0,08	0,06
Carboidratos	62	16
Ac. acético	750	4
Ac. propiônico	339	ND
Ac. iso-butírico	83	ND
Ac. n-butírico	334	ND
Ac. iso-valérico	76	ND
Ac. n-valérico	142	ND
Ac. iso-capróico	61	ND
Ac. n-capróico	127	ND

Tabela 7. Substâncias possíveis de serem encontradas nos lixiviados nos locais de disposição de resíduos sólidos (EPA, 1994).

Subst. Inorgânicas	Subst. Orgânicas
1. Antimônio	33. 1,1-Dicloroetano
2. Arsênio	34. 1,2-Dicloroetano, Dicloroetileno
3. Bário	35. 1,1-Dicloroetileno; 1,1-Dicloroetano
4. Berílio	36. Cis-1,2-Dicloroetileno; cis-1,2-Dicloroetano
5. Cádmio	37. Trans-1,2-Dicloroetileno; trans-1,2-Dicloroetano
6. Cromo	38. 1,2-Dicloropropano
7. Cobalto	39. cis-1,2-Dicloropropeno
8. Cobre	40. trans-1,3-Dicloropropeno
9. Chumbo	41. Etilbenzeno
10. Níquel	42. 2-Hexanone; Metil butil ketone
11. Selênio	43. Brometo de metila; Bromometano
12. Prata	44. Cloreto de metila, clorometano
13. Tálcio	45. Brometo de metileno, Dibromometano
14. Vanádio	46. Cloreto de Metileno, clorometano
15. Zinco	47. Metil-etil-ketone; MEK; 2-Butanona
Subst. Orgânicas	48. Iodeto de metila; iodometano
16. Acetona	49. 4-Metil-2-Pentanona; Metil isobutil ketone
17. Acrilonitrilo	50. Estireno
18. Benzeno	51. 1,1,1,2-Tetracloroetano
19. Bromoclorometano	52. 1,1,2,2 - Tetracloroetano
20. Bromodiclorometano	53. Tetracloroetileno; tetracloroetano, Percloroetileno
21. Bromofórmio, Tribromometano	54. Tolueno
22. Dissulfeto de Carbono	55. 1,1,1-Tricloroetano; Metilclorofórmio
23. Tetracloreto de Carbono	56. 1,1,2-Tricloroetano
24. Clorobenzeno	57. Tricloroetileno; Tricloroetano
25. Cloroetano; Cloreto de Etila	58. Triclorofluorometano; CFC-11
26. Clorofórmio, Triclorometano	59. 1,2,3-Tricloropropano
27. Dibromoclorometano, Clorodibromometano	60. Acetato de Vinila
28. 1,2-Dibromo-3-cloropropano; DBCP	61. Cloreto de Vinila
29. 1,2-Dibromoetano; Dibrometo de Etila	62. Xileno
30. o-Diclorobenzeno; 1,2-Diclorobenzeno	
31. P-Diclorobenzeno; 1,4-Diclorobenzeno	
32. Trans-1,4-Dicloro-2-butano	

Tabela 8 - Valores referenciais da Holanda para solo e água subterrânea (VROM, 1994)

SUBSTÂNCIAS	S	T	I	S	T	I
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS						
Benzo(a)pireno	-	-	-	0,001	0,026	0,05
Benzo(ghi)perileno	-	-	-	0,0002	0,025	0,05
Indeno(1,2,3cd)pireno	-	-	-	0,0004	0,025	0,05
PAH (Soma)	1,00	20,5	40,0	-	-	-
HIDROCARBONETOS CLORADOS						
Diclorometano	-	10,0	20,0	0,01	500	1000
Triclorometano	0,0010	5,0	10,0	0,01	200	400
Tetraclorometano	0,0010	0,5	1,0	0,01	5	10
1,1-dicloroetano	-	25	50	-	1300	2600
1,2-dicloroetano	-	2,0	4,0	0,01	200	400
1,1,1-tricloroetano	-	25	50	-	275	550
1,1,2-tricloroetano	-	25	50	-	750	1500
Cloreto de Vinila	-	0,050	0,100	-	0,35	0,7
1,2-cis-dicloroeteno	-	25	50	-	650	1300
Tricloroeteno	0,0010	30,0	60,0	0,01	250	500
Tetracloroeteno	0,010	2,0	4,0	0,01	20	40
Restante dos Hidrocarbonetos Clorados	-	25	50	-	-	-
Clorobenzenos (Soma)	-	15,0	30	-	-	-
Monoclorobenzeno	-	-	-	0,01	90	180
Diclorobenzeno (Soma)	0,010	-	-	0,01	25	50
Triclorobenzeno (Soma)	0,010	-	-	0,01	5	10
Tetraclorobenzeno (Soma)	0,010	-	-	0,01	1,26	2,5
Pentaclorobenzeno	0,0025	-	-	0,01	0,5	1
Hexaclorobenzeno	0,0025	-	-	0,01	0,26	0,5
Clorofenóis (Soma)	-	5,0	10	-	-	-
Monoclorofenóis (Soma)	0,0025	-	-	0,25	50	100
Diclorofenóis (Soma)	0,0030	-	-	0,08	15	30
Triclorofenóis (Soma)	0,0010	-	-	0,025	5	10
Tetraclorofenóis (Soma)	0,0010	-	-	0,01	5	10
Pentaclorofenóis	0,0020	2,5	5,0	0,02	1,5	3
Cloronaftaleno	-	5,0	10,0	-	3	6
PCB (Soma)	0,020	0,5	1,0	0,01	0,01	0,01

Tabela 8 - Valores referenciais da Holanda para solo e água subterrânea (VROM, 1994) (Continuação)

SUBSTÂNCIAS	S	T	I	S	T	I
PESTICIDAS						
DDD, DDE, DDT (Soma)	0,0025	2,00	4,0	-	0,005	0,01
Aldrin	0,0025	-	-	-	-	-
Dieldrin	0,0005	-	-	0,00002	-	-
Endrin	0,0010	-	-	-	-	-
Compostos de BHC (Soma)	-	1,00	2,0	-	0,5	1
Alfa-BHC	0,0025	-	-	-	-	-
Beta-BHC	0,0010	-	-	-	-	-
Gama-BHC	0,00005	-	-	-	-	-
Carbaril	-	2,50	5	0,01	0,06	0,1
Carbofurano	-	1,00	2,0	0,01	0,06	0,1
Atrazina	0,00005	3,00	6,0	0,0075	75	150
OUTROS COMPOSTOS						
Ciclohexanona	0,10	135,1	270	0,5	7500	15000
Ftalatos (Soma)	0,10	30,1	60	0,5	2,75	5
Hidrocarbonetos de Petróleo Total (TPH)	50	2525	5000	50	325	600
Piridina	0,10	0,55	1,0	0,5	1,75	3
Estireno	0,10	50,1	100	0,5	150	300
Tetrahydrofurano	0,10	0,25	0,40	0,5	0,75	1
Tetrahidrotiofeno	0,10	45,1	90	0,5	15	30

encontradas nos locais de disposição de resíduos sólidos. Mas, por outro lado, é a relação mais completa e aceita pela comunidade científica.

6.4. Caracterização da Área

A caracterização da área é uma etapa na qual procura-se definir a extensão dos efeitos dos gases e lixiviados sobre os 4 meios (solo, ar, água superficial e subterrânea) existentes no local ou nas adjacências do local de deposição. Além disso, nesta etapa ainda podem ser geradas informações necessárias e pertinentes para a remediação.

Inicialmente, a caracterização inclui a compilação de todas as informações históricas da área, tais como: arquivo fotográfico, entrevista aos operadores, análise do projeto do local, consulta aos arquivos da empresa operadora e levantamento de dados geológicos, hidrogeológicos e hidrológicos.

Em seguida, realiza-se uma investigação detalhada no local, que inclui poços de monitoramento, amostragens de ar, água e solo, execução de métodos geofísicos, análise integrada dos dados, e avaliação da tecnologia de remediação factível.

Informações mais detalhadas sobre a caracterização de áreas encontram-se descrita em CONSONI (1981), USEPA (1989), USEPA (1991) e GUIGUER (1987). Deve ser observado que o detalhamento desta etapa foge ao objetivo desta tese.

6.5. Recuperação da Área

A recuperação de uma área contaminada pressupõe a seleção e implementação de tecnologia adequada. A tecnologia selecionada para atingir o objetivo da remediação deve:

- proteger a saúde humana e o meio ambiente;
- atingir padrões de qualidade de ar, água (superficial e subterrânea) e solo;
- controlar ao máximo, reduzir ou eliminar, a fonte de liberação de contaminantes;
- obedecer as normas, guias e diretrizes do órgão ambiental.

Na seleção da tecnologia de remediação devem ser considerados os seguintes fatores:

- A eficiência a curto e longo prazo, da técnica de remediação;
- A efetividade da técnica de remediação no controle de redução de futuras liberações de contaminantes;
- A facilidade ou dificuldade da implementação da técnica de remediação;

- Capacitação técnica e financeira;
- A aceitabilidade pela comunidade em relação à técnica selecionada.

PARTE 2. ESTUDOS DE CASOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

7. AVALIAÇÃO REGIONAL: Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)

Os últimos dois capítulos da tese apresentam a aplicação do modelo de gestão de áreas contaminadas elaborada para a Região Metropolitana de São Paulo. Apesar do modelo ser aplicável para vários tipos de fontes de contaminação (indústria, comércio, postos de serviços, acidentes, etc.), os dados apresentados nos capítulos subsequentes referem-se especificamente às áreas de disposição de resíduos sólidos.

Como descrito na Parte 1, o Sistema de Classificação elaborado permite realizar a avaliação do risco de contaminação em três etapas. Inicialmente a avaliação é feita a partir da fonte de contaminação, seguida dos vários caminhos que a substância nociva e/ou seus derivados podem tomar para se propagar através dos meios ar, solo, água superficial e água subterrânea. Por final efetua-se a análise da existência de bens a proteger, na área de disposição e/ou nas suas adjacências, que podem ser prejudicados ou danificados pelos efeitos das substâncias originárias do local de disposição. Dessa forma, neste capítulo de Avaliação Regional, é feita preliminarmente diagnóstico dos aspectos sócio-econômicos, recursos hídricos superficiais e subterrâneos e área de disposição de resíduos.

A discussão sobre aspectos sócio-econômicos da RMSP é feita com enfoque em uso e ocupação do solo, para posteriormente poder confrontar com os resultados da Avaliação Preliminar, tanto no aspecto saúde e vida da população (BP1) como no do uso do solo (BP3).

Em seguida, descreve-se um diagnóstico sobre águas superficiais e água subterrânea da RMSP. Este diagnóstico foi realizado para fins de comparação com os resultados da pontuação dos bens a proteger (abastecimento público (BP2) e proteção das águas subterrâneas e superficiais (BP4)).

Por final, apresenta-se, um diagnóstico das áreas de disposição de resíduos da RMSP, seguido de classificação e priorização das mesmas áreas.

7.1. Aspectos sócio-econômicos

A região metropolitana de São Paulo segundo SEADE (1995), possui uma área de 8.051 km² e população de 15.902.412 pessoas, com uma densidade demográfica de 1914,84 habitantes/km² e arrecadação de ICMS de R\$ 7.828.388.683. Confrontando estes valores com os correspondentes ao do Estado de São Paulo observa-se que a região, apesar de ocupar apenas 3,24% da área total (248.600 km²), concentra quase a metade da população estadual com uma densidade demográfica 15 vezes maior ao valor médio do Estado e arrecada 62% do ICMS total.

Na figura 4 pode ser observado quadro e mapa demonstrando a distribuição da população por município da RMSP. Dos 39 municípios que compõem a RMSP, o município de São Paulo destaca-se por apresentar 61,6% (9.800.997 pessoas) da população total. Em seguida destacam-se os municípios de Guarulhos com 5,2% (830.056 pessoas), Santo André com 3,9% (619.904 pessoas) e São Bernardo do Campo com 3,7% (587.854 pessoas) (FIGURA 4). Nessa figura observa-se que somente 4 municípios da região concentram 74,4% da população numa área que corresponde a 30% (2435 km²) do total. Outros 15 municípios localizados ao longo da Rodovia Castelo Branco (Osasco, Carapicuíba, Barueri e Itapevi), Rodovia Raposo Tavares (Cotia), Rodovia Regis Bittencourt (Taboão da Serra e Embu), Rodovia Airton Senna (Guarulhos, Itaquaquecetuba, Ferraz de Vasconcelos, Suzano e Mogi das Cruzes) e ainda Mauá, Diadema e São Caetano do Sul, possuem uma população variando entre 100.000 e 400.000 pessoas. Os 20 municípios restantes apresentam uma população menor que 100.000 pessoas e localizam-se nas regiões mais distantes das zona leste, norte e sul da RMSP (FIGURAS 4).

Por outro lado, se a análise populacional da RMSP for realizada em termos de densidade demográfica o quadro torna-se um pouco diferente do apresentado anteriormente. Os 6 municípios da região que possuem mais alta densidade demográfica incluem São Caetano do Sul (12.433,58 habitantes/km²), Diadema (9.533,38 habitantes/km²), Carapicuíba (7.879,25 habitantes/km²), Osasco (8.337,49 habitantes/km²), Taboão da Serra (7994,7 habitantes/km²) e São Paulo (6.379,65 habitantes/km²) (FIGURA 5). Outros 19 municípios que se localizam nos arredores de São Paulo possuem densidade demográfica maior que 500 habitantes/km², conforme observa-se no quadro da figura 5. O restante dos municípios que são mais periféricos e somam um total de 15, possuem densidade demográfica entre 27 e 391 habitantes/km².

FIGURA 4 - Mapa e quadro demonstrando a distribuição da população por municípios na RMSP

FIGURA 5 - Mapa e quadro demonstrando a distribuição da densidade demográfica por municípios da RMSP

Na região, os valores da taxa de urbanização atingem a cifra altíssima de 97,84%, enquanto a taxa populacional geométrica de crescimento anual é de 1,86%. Portanto, a RMSP apresenta alta taxa de urbanização e também alto valor de densidade demográfica, como consequência, praticamente não dispõe de área a ser ocupada. Este reflexo pode ser observado pelo baixo índice de taxa populacional geométrica de crescimento anual, valor este considerado como crescimento vegetativo por especialistas no assunto.

Na década de 80, a população total da RMSP era de 12.549.856 habitantes. Destes, 12.147.273 habitantes (96,8%) ocupavam a área urbana e 402.583 habitantes (3,2%) a área rural. Passada uma década, em 1990, este quadro passou para uma população total de 15.089.744 habitantes, das quais 14.749.147 (97,7%) residem na área urbana e 340.597 habitantes (2,3%) na área rural. Dessa forma, observa-se que a população da RMSP é essencialmente urbana e esta população tem aumentado percentualmente em relação a rural ao longo do tempo.

7.2. Diagnóstico dos Recursos Hídricos na RMSP

A RMSP conta atualmente com aproximadamente 16 milhões de habitantes, que são abastecidos basicamente por água de superfície, tanto proveniente do Sistema Integrado de Produção e Adução quanto dos Sistemas Isolados (FIGURA 6). A demanda média de água, para o Sistema Integrado da RMSP, está estimada em aproximadamente 48,9 m³/s e nos sistemas isolados em cerca de 8,8 m³/s (SABESP, 1995). O abastecimento de água na RMSP é complementado por água subterrânea nas áreas não servidas pelo Sistema Integrado, em locais isolados e onde há necessidade de suplementação de água da SABESP por água subterrânea. A utilização da água subterrânea na RMSP é feita através de cerca de 7.000 poços profundos ativos de um total de 10.000 perfurados.

7.2.1. Águas Superficiais

O diagnóstico das águas superficiais é apresentado a seguir considerando aspectos quantitativos e qualitativos.

FIGURA 6 - Municípios atendidos pela SABESP e serviços autônomos municipais (SABESP, 1994)

7.2.1.1. Quantidade

O abastecimento de água na RMSP é feito através do denominado Sistema Integrado e por uma série de pequenos Sistemas Isolados (FIGURA 7). O Sistema Integrado consiste de um complexo conjunto de adutoras, elevatórias e reservatórios, denominado SAM - Sistema Adutor Metropolitano, que interliga os Sistemas Produtores de água tratada aos reservatórios setoriais de distribuição (FIGURA 7). O sistema Adutor Metropolitano foi concebido de forma a abranger a maior parte da área metropolitana e interligar os principais sistemas produtores da SABESP na região. Atualmente, a SABESP abastece 23 municípios através do SAM, que conduz a água tratada aos reservatórios setoriais de distribuição, e 7 municípios através de sistemas isolados. São também abastecidos através do SAM, 6 municípios que compram água por atacado da SABESP. Apenas 3 municípios possuem sistemas próprios de abastecimento, totalmente isolados, sob responsabilidade de suas administrações municipais.

O Sistema como um todo apresenta um consumo de 35.405 l/s, com um déficit de 22.289 l/s e o índice de perda é da ordem de 37,5%. As projeções futuras do consumo, da demanda e do índice de perdas estão listadas no quadro 18.

7.2.1.2. Qualidade

A CETESB através do seu Programa de Monitoramento do Estado de São Paulo monitora a qualidade das águas superficiais em 27 pontos da RMSP, conforme apresentado na figura 8.

Em cada ponto são analisados 33 parâmetros físico-químicos e bacteriológicos (QUADRO 19). Destes, somente 9 parâmetros (OD, DBO, coliformes fecais, temperatura da água, pH, nitrogênio total, fosfato total, resíduo total e turbidez) são utilizados para calcular o Índice de Qualidade de Água (IQA) (CETESB, 1992).

A partir dos valores observados para os nove parâmetros de qualidade em uma amostra d'água, é obtida matematicamente uma "nota" que corresponde ao valor do IQA, e que varia entre

FIGURA 7 - Mapa com sistemas adutores da RMSP (modificado de SABESP, 1994)

Quadro 18 - Resumo do consumo, demanda média e índices de perdas no sistema de abastecimento da RMSP (SABESP, 1995).

CONSUMO (l/s)					
Sistema/Ano	1995	2000	2005	2010	1015
SABESP - Município de São Paulo	26.289	28.899	31.204	33.269	35.139
SABESP - Outros Municípios	3.844	4.594	5.219	5.748	6.159
Sistemas Isolados	5.273	6.020	6.682	7.290	7.858
Total	35.405	39.513	43.106	46.307	49.156

DEMANDA MÉDIA (l/s)					
Sistema/Ano	1995	2000	2005	2010	1015
SABESP - Município de São Paulo	42.091	41.792	42.112	43.000	44.480
SABESP - Outros Municípios	6.823	6.013	7.171	7.472	7.797
Sistemas Isolados	8.780	9.095	9.458	9.909	10.475
Total	57.694	57.800	58.741	60.381	62.752

ÍNDICE DE PERDAS (%)					
Sistema/Ano	1995	2000	2005	2010	1015
SABESP - Município de São Paulo	37,5	30,9	25,9	22,6	21,0
SABESP - Outros Municípios	43,7	33,5	27,2	23,1	21,0
Sistemas Isolados	39,9	33,8	29,3	26,4	25,0

FIGURA 8 - Mapa de qualidade das águas superficiais da RMSP (modificado de CETESB, 1992)

**Quadro 19 - Parâmetros analisados na rede de monitoramento da CETESB
(CETESB, 1992)**

Parâmetros Físico-Químicos e Bacteriológicos	
Temperatura da água	pH
Oxigênio Dissolvido (OD)	Nitrogênio Total
Coliformes Fecais	Resíduo Total
Fosfato Total	Nitrogênio Nitrato
Bário	Nitrogênio Nitrito
Cádmio	Nitrogênio Amoniacal
Chumbo	Nitrogênio Kjeldahl
Cobre	Resíduo Não Filtrável
Cromo	Coloração
Mercúrio	Temperatura do Ar
Zinco	Ferro
Fenol	Níquel
Coliformes Totais	Demanda Química de Oxigênio (DQO)
Manganês	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)
Surfactantes	Ortofostato solúvel
Condutividade Específica	Turbidez

1 e 100. A aptidão que as águas brutas apresentam para serem utilizadas na produção de água potável, pode ser classificada a partir do IQA, segundo a gradação a seguir: 0-19=péssima; 20-36=ruim; 37-51=aceitável; 52-79=boa; 80-100=ótima.

A classificação conforme o IQA dos pontos de amostragem da RMSP para o ano de 1992 estão representados no quadro 20 e são apresentados em forma de mapa na figura 8.

7.2.2. Águas subterrâneas

O uso das águas subterrâneas para o abastecimento público na RMSP é mais restrito que a água superficial. Assim, nos itens que se seguem é descrita, de uma forma genérica, a questão da quantidade e qualidade das águas subterrâneas nos principais aquíferos.

7.2.2.1. Quantidade

Na RMSP existem dois tipos de aquíferos, o sedimentar e o cristalino. O aquífero sedimentar é constituído pelos sedimentos terciários da Bacia de São Paulo e por aluviões recentes. Hidrogeologicamente, ele é considerado de extensão limitada, heterogêneo, granular, descontínuo, anisotrópico, e livre a localmente semi-confinado. A capacidade específica média dos poços profundos no aquífero sedimentar, conforme estudos do DAEE (1975), é da ordem de 1,6 m³/h/m. Entretanto, vale ressaltar que 50% dos poços apresentam um valor de capacidade específica igual ou inferior a 0,3 m³/h/m. A vazão média dos poços é da ordem de 18 m³/h, podendo atingir até 120 m³/h, sendo que metade deles apresenta vazão igual ou inferior a 8,5 m³/h.

O aquífero cristalino é constituído pelas rochas ígneas e metamórficas aflorantes no entorno da Bacia Sedimentar de São Paulo. O aquífero cristalino pode ser dividido em duas partes. A primeira constituída pela zona de rocha alterada saturada, e a segunda formada pela zona de rocha sã e fissurada em profundidade. Assim, o cristalino é considerado como um aquífero heterogêneo, descontínuo, anisotrópico, livre a semi-confinado, com porosidade de fissuras, ou mesmo granular em zonas de rocha alterada. As rochas cristalinas não constituem, em si, camadas

Quadro 20 - Índice de qualidade da água na RMSP (CETESB, 1992)

Ponto Amost/ Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
BT2200-R. Birit. Miri	77	-	65	-	-	-	68	80	-	-	56	-
JD2050-Rio Jundiaí	77	-	82	-	-	-	75	85	84	-	84	-
TE1010-Rio Tietê	58	-	65	-	-	-	58	88	87	-	67	-
TE1040-Rio Tietê	74	-	70	-	-	-	61	75	74	-	61	-
TI2100-Rio Taiaçu.	88	-	89	-	-	-	90	84	89	-	85	-
BG 3010-R.Bar-Guaç	49	-	45	-	-	52	23	-	35	-	-	24
JM2050-Res. Juqueri	86	-	71	-	-	85	81	-	87	-	-	85
JQ2500-Rio Juqueri	23	-	22	-	-	31	20	-	22	-	-	18
PN4500-Rio Pinheir	21	-	14	-	-	-	-	14	13	-	19	-
TA4200-Rio Tamand.	15	-	17	-	-	15	14	-	14	-	13	-
TA4500-Rio Tamand.	13	-	13	-	-	11	13	-	14	-	-	14
TE4020-Rio Tietê	25	-	27	-	-	-	14	12	28	-	24	-
TE4080-Rio Tietê	15	-	15	-	-	15	10	-	16	-	22	-
TE4100-Bar.Ed Souz	20	-	25	-	-	17	12	-	21	-	15	-
TE4200-Bar. Pirapo.	26	-	17	-	-	29	13	-	18	-	18	-
TG2200-Res.T.Grand	89	-	85	-	-	92	78	-	64	-	-	86
BI2100-Res. Billings	84	-	75	-	-	91	65	-	-	-	72	-
BI2500-Res. Billings	45	-	43	-	-	-	32	33	21	-	56	-
BI2900-Res. Billings	53	-	54	-	-	-	57	71	43	-	54	-
GR2010-Res.R.Gran	78	-	80	-	-	57	80	-	-	-	57	-
GR2100-R.Gran/.	32	-	43	-	-	57	37	-	-	-	46	-
CO2030-Rio Cotia	52	-	59	-	-	47	52	-	44	-	56	-
CO2070-Rio Cotia	57	-	62	-	-	66	62	-	-	-	44	-
CO2500-Bar. Graças	75	-	85	-	-	87	87	-	77	-	54	-
EG1200-R.Em-Guaç	66	-	57	-	-	71	69	-	-	-	61	-
EM1200-R. Em-Mirim	62	-	54	-	-	67	59	-	-	-	51	-
GA1150-Res. Guarap	90	-	66	-	-	88	88	-	-	-	76	-

aquíferas, e somente ao longo de lineamentos estruturais como falhamentos, fraturas e contatos entre diferentes litologias ou corpos intrusivos, apresentam condições de ocorrência de água subterrânea em regime de porosidade de fissuras. A capacidade específica média dos poços profundos no aquífero cristalino, conforme o estudo do DAEE (1975), é de $0,34 \text{ m}^3/\text{h/m}$, variando de $0,06$ a $0,7 \text{ m}^3/\text{h/m}$. Entretanto deve-se notar que 80% dos poços apresentam um valor de capacidade específica igual ou inferior à média. A vazão média dos poços é da ordem de $7 \text{ m}^3/\text{h}$, podendo atingir até $90 \text{ m}^3/\text{h}$, no entanto metade deles apresenta vazão igual ou inferior a $2 \text{ m}^3/\text{h}$.

Segundo estudos realizados pelo CEPAS (1994), as potencialidades das águas subterrâneas de uma área compreendem três tipos principais de reservas: permanente ou estática, reguladora ou dinâmica e explotável ou disponível. Para a RMSP, as 3 categorias de reservas estão apresentadas no quadro 21. O estudo de águas subterrâneas do DAEE (1975) estimou a existência de 4.000 poços tubulares ativos e cerca de 40.000 poços escavados. Os volumes de água extraídos pelos poços tubulares foram avaliados em 39 milhões de m^3/ano do aquífero sedimentar, 23 milhões de m^3/ano do aquífero cristalino e 40 milhões m^3/ano por poços rasos escavados nos dois domínios. A vazão total de água subterrânea extraída (102 milhões de m^3/ano , ou $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$) correspondia a cerca de 16% do volume total de água fornecida pelo sistema público, da ordem de $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

Quadro 21 - Potencialidades e disponibilidade de água subterrânea na RMSP (CEPAS, 1994)

RESERVAS/AQUÍFEROS	SEDIMENTAR	CRISTALINO
PERMANENTE(Milhões M^3)	8.857	9.898
REGULADORA(Milhões M^3)	898	2.343
DISPONÍVEL(Milhões M^3)	224	586
DISPONIB. ESPEC.(L/s. km^2)	4,8	2,7

Segundo CEPAS (1994), existem atualmente na RMSP cerca de 6.000 poços tubulares em operação explorando os dois aquíferos. Estes estariam atualmente explorando cerca de 203 milhões de m^3/ano , ou $6,37 \text{ m}^3/\text{s}$. Este valor representa 17,9% do volume total de água fornecida pela SABESP atualmente, que é da ordem de $35,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

7.2.2.2. Qualidade

Conforme CEPAS (1994), as águas obtidas de poços que captam as zonas aquíferas das rochas cristalinas e sedimentares na RMSP têm, em geral, excelente qualidade para consumo. Os valores de condutividade específica variam entre 24 e 996 mSiemens/cm. O pH varia entre 4,7 e 8,9, com predominância de valores entre 5 e 6. Os sólidos totais dissolvidos (STD) são, em geral, inferiores a 250 mg/l, com predominância dos valores inferiores a 100 mg/l. Quanto à composição química, predomina o tipo bicarbonatada cálcica, característico de águas de circulação rápida.

Para as águas subterrâneas não existe uma rede de monitoramento da qualidade implantada como para as águas superficiais. Assim, CEPAS (1994) sugere que sejam implantados dois níveis principais de rede de monitoramento da qualidade da água subterrânea: monitoramento da qualidade natural das águas subterrâneas e monitoramento de fontes potenciais ou reais de poluição.

7.3. Diagnóstico das áreas de disposição de resíduos

As informações apresentadas neste item referem-se às 116 áreas de disposição existentes na RMSP (CETESB, 1997). Os dados apresentados neste item correspondem às informações provenientes do cadastro de áreas contaminadas da CETESB/GTZ. A partir destas informações foi possível descrever o cenário atual dos locais de disposição de resíduos sólidos e suas adjacências.

7.3.1. Produção de resíduo sólido doméstico

A RMSP com uma população de 15.902.412 habitantes gera cerca de 12.826 toneladas de resíduos domésticos por dia, considerando-se uma produção média de 850 g de lixo por pessoa por dia. Na tabela 9 apresenta-se valores referentes à geração de massa de resíduo por município por dia.

Tabela 9. Tabela com volume estimados de resíduos por município da RMSP

Município	População	Volume Resíduos	Município	População	Volume Resíduos
Aruja	42.312	35.965,2	Ferraz Vasc.	104.745	89.033,3
Barueri	139.928	118.938,8	Franc. Morat	99.445	84.528,3
Biritiba-Mirim	18.518	15.740,3	Franco Roch	92.750	78.837,5
Caieiras	41.806	35.535,1	Guararema	18.479	15.707,2
Cajamar	35.863	30.483,6	Guarulhos	830.056	705.547,6
Carapicuíba	301.486	256.263,1	Itapeç. Serra	91.300	77.605,0
Cotia	118.937	101.096,5	Itapevi	120.459	102.390,2
Diadema	317.509	269.882,7	Itaquaquec.	187.181	159.103,9
Embu	167.523	142.394,6	Jandira	67.944	57.752,4
Embu-Guaçu	38.871	33.040,4	Juquitiba	21.364	18.159,4

Município	População	Volume Resíduos	Município	População	Volume Resíduos
Mairiporã	42.288	35.944,8	Sant. Parnaí.	46.602	39.611,7
Mauá	310.478	263.906,3	Santo André	619.904	526.918,4
Mogi Cruzes	286.055	243.146,8	S. Ber. Cam.	587.854	499.675,9
Osasco	579.110	492.243,5	S. Caet. Sul	145.501	123.675,9
Pirap B. Jes	8.634	7.338,9	S. Paulo	9.800.997	8.330.847,5
Poá	80.579	68.492,2	Suzano	170.266	144.726,1
Rib. Pires	90.205	76.674,3	Tab. Serra	170.156	144.632,6
Rio G. Serra	31.602	26.861,7	V. Gr. Paul.	16.913	14.376,1
Salesópolis	11.382	9.674,7	S. Lour. Ser.	8.004	6.803,4
Santa Isabel	39.406	33.495,1			

Em função da grande massa de resíduos gerada diariamente, os vários municípios que consituem a RMSP têm enfrentado muitos problemas ambientais, administrativos e de saúde pública. Entre esses problemas, podem ser citados: a dificuldade de selecionar locais apropriados para disposição de resíduos; conflitos de uso do solo com a população estabelecida ao redor das instalações de tratamento e destino final do lixo; exportação de lixo para municípios vizinhos, gerando resistências da população; e contaminação dos escassos recursos hídricos.

Atualmente existem na RMSP 116 áreas cadastradas de disposição de resíduos sólidos, ativas e encerradas, sem considerar as áreas de “bota-foras”. Deste total apenas 20 áreas são consideradas aterros sanitários ou aterro controlados. O restante, 96 áreas, são lixões onde não foram consideradas a avaliação dos impactos ambientais, aspectos construtivos ou a questão da saúde pública.

7.3.2. Localização das áreas de disposição

A localização das 116 áreas encontra-se apresentada na figura 9. Nela observa-se que a maior parte dos locais de disposição concentra-se nas porções limítrofes entre São Paulo e municípios vizinhos, nas porções norte, leste e oeste. A porção sul, possui poucas áreas em

FIGURA 9. Mapa com localização das áreas de disposição de resíduos sólidos da RMS (CETESB, 1997)

função da existência da Área de Proteção de Mananciais (Billings e Guarapiranga) e Área de Proteção Ambiental (Serra do Mar).

Estas 116 áreas de disposição somadas ocupam uma superfície aproximada de 20 km², e um volume estimado correspondente a aproximadamente 100 milhões de m³.

7.3.3. Morfologia do terreno e ocupação no local de disposição e áreas adjacentes

A forma de disposição dos resíduos nas diferentes áreas ocorre em diferentes condições de morfologia do terreno. A morfologia predominante nestas áreas são encostas e vales que somam 59,3% do total (69 áreas). Além destas morfologias existem outras formas, conforme apresentado na tabela 10. Uma situação particular são as cavas de mineração que são preenchidas com resíduos e que representam 14,7% do total de áreas (17 áreas). Nestas áreas, a maior preocupação, sem dúvida, é o contato direto das águas subterrâneas com as substâncias originárias do resíduo e/ou o próprio resíduo.

Tabela 10. Morfologia do terreno nas áreas de disposição

Morfologia do terreno	Número de áreas	%
Topo	6	5,2
Encosta	22	19,0
Vale	24	20,6
Topo + Encosta	9	7,8
Topo + Encosta + Vale	4	3,5
Encosta + Vale	23	19,7
Cava de Mineração	17	14,7
Sem Informação	11	9,5

A RMSP encontra-se densamente ocupada conforme descrito no item anterior. Este fato tem causado o avanço da ocupação humana nas regiões periféricas dos municípios, onde normalmente encontram-se instaladas as áreas de disposição de resíduos. A figura 10, através do gráfico e quadro, ilustra a proximidade da ocupação humana em relação às áreas de disposição. Em 50% dos casos (50 áreas) a ocupação encontra-se a uma distância menor que 50 metros dos

EDIFICAÇÃO PRÓXIMA (DISTÂNCIA EM METROS)				
0-50	50-100	100-500	> 500	S/ INFORMAÇÃO
50	12	38	1	

FIGURA 10 - Gráfico e quadro demonstrando a distância das edificações em relação aos locais de disposição

locais de disposição, 10% (12 áreas) entre 50 e 100 metros, 38% (38 áreas) entre 100 e 500 metros e 2% (1 área) a uma distância maior que 500 metros. Assim, a proximidade da ocupação humana em relação aos locais de disposição tem causado sérios conflitos tanto no aspecto da saúde pública quanto da contaminação dos recursos hídricos, trazendo risco de explosão, ou ainda, problemas com menor risco como odor e proliferação de insetos e roedores.

Na questão da ocupação humana, os problemas sociais que envolvem os locais de disposição não se restringem apenas às áreas adjacentes mas também às pessoas que sobrevivem do lixo selecionando materiais recicláveis e comercializáveis. Em muitas áreas, estas pessoas denominadas de “catadores”, chegam a construir casas provisórias (barracos) e moram no próprio local de disposição de resíduos.

Na figura 11 o gráfico e o quadro demonstram a existência de catadores nos locais de disposição. Em 59%(69) das áreas não foi observada a presença de catadores, em 13% (15) das áreas registram-se poucos catadores (de 5 a 10 pessoas), em 16%(19) das áreas verificam-se de 10 a 50 catadores e em 4% (5) das áreas com mais de 50 catadores. Assim, observa-se que, em pelo menos 39 áreas existem catadores que sobrevivem do material retirado do local de disposição.

7.3.4. Local de disposição e o contexto hidrogeológico

As 116 áreas de disposição de resíduos sólidos da RMSP encontram-se inseridas dentro do contexto hidrogeológico anteriormente mencionado, onde distinguem-se basicamente dois tipos de aquíferos: o sedimentar e o cristalino. O aquífero sedimentar é constituído principalmente pelos sedimentos terciários e quaternários e o aquífero cristalino de rochas ígneas e metamórficas pré-Cambrianas.

Do total de 116 áreas de disposição de resíduos apenas 101 áreas possuem informação sobre o contexto hidrogeológico em que se encontra inserido. A figura 12 se apresenta uma ilustração das 9 situações de contexto hidrogeológico possíveis de serem encontradas na RMSP, e estas, por sua vez, associadas ao número de locais de disposição de resíduos. Notadamente, existe uma associação entre tipos litológicos e o tipo de circulação das águas subterrâneas.

Nas 101 áreas que possuem informações sobre a litologia, apenas 24 locais estão sobre aquífero sedimentar e os 77 locais restantes sobre o aquífero cristalino. Entre os locais situados sobre o aquífero sedimentar 22 estão sobre o quaternário e 2 sobre o terciário em área de recarga.

CATADORES				
0	1-5	5-50	>50	S/ INFORMAÇÃO
69	15	19	5	-

FIGURA 11 - Gráfico e quadro demonstrando a existência de catadores nos locais de disposição.

(1) Quaternário		22
(2) Terciário em área de recarga		02
(3) Terciário em área de descarga		-
(4) Carstico		-
(5) Cristalino aflorante		-
(6) Cristalino com manto argiloso em área de recarga		37
(7) Cristalino com manto argiloso em área de descarga		09
(8) Cristalino com manto arenoso em área de recarga		13
(9) Cristalino com manto arenoso em área de descarga		18

FIGURA 12 - Quadro resumo ilustrativo do contexto hidrogeológico da RMSP associados ao número de locais de disposição de resíduos

No restante das áreas que estão sobre o aquífero cristalino, 37 locais estão sobre rochas cristalinas com manto argiloso em área de recarga, 9 sobre cristalino com manto argiloso em área de descarga, 13 sobre cristalino com manto arenoso em área de recarga e 18 sobre cristalino com manto arenoso em área de descarga.

Da observação desses números, pode-se concluir que a maioria dos locais de disposição de resíduos estão em área de recarga, somando um total de 52 locais de disposição. Por outro lado, estas áreas situam-se em regiões periféricas das principais zonas urbanas da RMSP, que são coincidentes com as áreas de ocorrência das rochas cristalinas.

7.3.5. Aspectos construtivos dos locais de disposição

A forma de disposição do resíduo, seja em lixões ou em aterros, tem sido realizada de duas formas básicas: acima ou abaixo da superfície do terreno. Do total de 116 áreas cadastradas, 86% (100) das áreas os resíduos estão depositados acima da superfície do terreno e em 14% (16) abaixo da superfície do terreno.

Na Figura 13 consta um desenho esquemático com as condições ideais para a construção de aterro, minimizando os impactos ambientais nos locais de disposição de resíduos sólidos. Nestas condições, uma obra deste tipo pode ser dividida em três partes: setor em preparação, setor em execução e setor concluído.

No setor em preparação, normalmente, três condições básicas são observadas. A primeira diz respeito à profundidade do nível d'água subterrânea, que deve estar a pelo menos 2 metros de profundidade a partir da superfície inferior do aterro, conforme manual elaborado pela CETESB (1987). A segunda refere-se à camada inferior do aterro que deve ser impermeabilizada, conforme a mesma norma. Os materiais que podem ser utilizados podem ser tanto sintéticos como argila natural. A terceira condição refere-se à drenagem de coleta de chorume, que deve ser instalada sobre a camada impermeabilizante.

No levantamento das 116 áreas de disposição observou-se que o nível d'água varia até a máxima profundidade de 50 metros.

Na RMSP observa-se que, pelo menos em 31% (36) das áreas a situação é crítica, apresentando o nível d'água muito próximo da superfície, entre 0 e 5 metros, 46% (53) das áreas apresentam-se em situação razoável, com profundidade do nível d'água entre 5 e 20 metros. O

IMPERMEABILIZAÇÃO SUPERIOR		
SIM	NÃO	S/ INFORMA
78	31	7

IMPERMEABILIZAÇÃO INFERIOR		
SIM	NÃO	S/ INFORMA
92	7	17

IMPERMEABILIZAÇÃO OPERACIONAL		
SIM	NÃO	S/ INFORMA
86	23	7

DRENAGEM (ÁGUA SUPERFICIAL)		
SIM	NÃO	S/ INFORMA
94	14	8

DRENAGEM (NASCENTES)		
SIM	NÃO	S/ INFORMA
99	9	8

DRENAGEM (LÍQUIDOS)		
SIM	NÃO	S/ INFORMA
94	13	9

DRENAGEM (GASES)		
SIM	NÃO	S/ INFORMA
93	14	9

FIGURA 13 - Aspectos construtivos dos locais de disposição de resíduos sólidos (modificado de IPT, 1995)

restante das áreas estão com a profundidade do nível d'água maior que 20 metros. Na realidade, a profundidade do nível d'água torna-se um fator crítico para a contaminação da água subterrânea em áreas de disposição de resíduos, pelo simples motivo de que as substâncias nocivas originárias do chorume têm menor distância a percorrer até atingir a zona saturada.

Ainda na figura 13, observa-se que das 116 áreas de disposição de resíduos, apenas 7 locais possuem algum tipo de impermeabilização inferior. Na prática, mesmo a maioria dessas 7 áreas possui apenas solo compactado como camada inferior impermeabilizante, diminuindo a condutividade hidráulica do terreno, porém, longe das condições técnicas ideais. Tal situação pode ser traduzida da seguinte forma: mesmo estas áreas não possuem uma verdadeira camada inferior impermeabilizante, mas sim uma obra minimizadora em relação a possível infiltração do chorume no solo.

Além da camada impermeabilizante, as drenagens de líquidos para a coleta de chorume é um outro tipo de obra que permite minimizar o efeito da infiltração do chorume no solo, e posteriormente, na água subterrânea. No universo de 116 áreas, apenas 13 locais possuem drenagens de líquidos percolados.

Considerando-se que a maioria dos locais de disposição de resíduos da RMSP não possui nem a camada inferior impermeabilizante e tampouco drenagens de líquidos, o destino final do chorume acaba sendo o solo, a água subterrânea e a água superficial, comprometendo a qualidade destes meios.

Durante a disposição dos resíduos sólidos, normalmente é realizada a cobertura operacional dos resíduos, criando-se células de lixo para evitar a proliferação de vetores e mau cheiro. Além disso são instalados drenos para gases no local de disposição, a fim de evitar possíveis explosões ou escape de gases para edificações ou áreas adjacentes. Na RMSP apenas 23 locais de disposição possuem algum tipo de impermeabilização ou cobertura operacional, e 14 locais apresentam drenos de gases instalados. Na maioria das áreas os cuidados operacionais não existem e o risco de acidentes é considerado alto.

Dois tipos de obras de engenharia são considerados como básicos para a conclusão ou encerramento de uma área de disposição: a impermeabilização superior e instalação de drenos para água de escoamento superficial das chuvas. Ambas têm a função de impedir a infiltração da água pluviométrica para o interior da massa de lixo, e conseqüentemente reduzir a geração de chorume.

No contexto da RMSP apenas 31 locais possuem impermeabilização superior e 14 áreas tem drenagem de água superficial . Dessa forma, a maioria dos locais de disposição da RMSP sofrem a influência da pluviosidade, gerando grandes volumes de chorume.

7.4. Sistema de classificação dos locais de disposição

Nos itens seguintes são apresentados os dados de pontuações realizadas na RMSP, a distribuição espacial, a classificação, e finalmente, a priorização das áreas de disposição de resíduos sólidos, identificando aquelas consideradas como críticas.

7.4.1. Preenchimento da Ficha de Pontuação

Para as 116 áreas de disposição de resíduos domésticos apresentadas no item anterior, foi realizado o preenchimento da Ficha de Pontuação, tendo as Fichas Cadastrais como fontes de informações.

Os valores individuais de pontuação para cada bem a proteger e também para cada área encontram-se no Anexo 1.

Vale relembrar que, o conceito de liberação, transporte e entrada de substâncias nocivas nos bens ou recursos ambientais apresentados no início deste trabalho, está implícito na pontuação de cada bem a proteger.

O conceito de bens a proteger apresentado, refere-se especificamente aos bens ou recursos naturais que devem ser protegidos no local de disposição e/ou suas adjacências. Assim, os bens a proteger mais relevantes considerados neste trabalho são os listados abaixo:

- BP1 - Saúde e vida da população
- BP2 - Abastecimento público (água potável)
- BP3 - Uso do solo (residências)
- BP4 - Proteção das águas subterrâneas e superficiais
- BP5 - Uso agrícola e pecuária

BP6 - Outros bens a proteger

O maior enfoque dado à pontuação dos bens a proteger foi para os recursos hídricos e a saúde pública. Os bens a proteger BP1, BP3 e BP5 estão relacionados com a saúde pública. O BP1 trata das consequências diretas que as substâncias nocivas podem causar na população. O BP3 considera o risco da população residente no entorno entrar em contato direto e/ou indireto com a substância nociva. O BP5 pondera a possibilidade da substância nociva entrar na cadeia alimentar e atingir o ser humano. Os bens a proteger BP2 e BP4 são relativos aos recursos hídricos. Por final, o BP6 contempla outros bens de interesse público, como parques, APMS, APAs e matas naturais.

7.4.2. Distribuição espacial dos locais de disposição por pontuação

As figuras 14 a 19 mostram a distribuição espacial das áreas de disposição de resíduos sólidos da RMSP, identificadas pelos intervalos de pontuação de: 0 a 50, 51 a 100, 101 a 200, 201 a 300, 301 a 400, 401 a 500 e 501 a 600 pontos, para os bens a proteger BP1 a BP6.

Nas figuras 20 a 25 estão apresentados os valores estatísticos (mediana, média, moda, mínimo e máximo) correspondentes às pontuações obtidas pelas áreas de disposição situadas em cada município, considerando cada bem a proteger separadamente.

Em relação ao bem proteger BP1, saúde e vida da população (FIGURAS 14 e 20), pode ser observado claramente que os locais de pontuação mais baixa predominam nos municípios com baixa taxa de ocupação como Santa Isabel, Guararema, Salesópolis, Mairiporã, Francisco Morato, Franco da Rocha, Caieiras, Cajamar, Cotia e Juquitiba. Por outro lado, as áreas com pontuação alta concentram-se nos municípios com alta densidade populacional, como no município de São Paulo e nos municípios imediatamente adjacentes, ou ainda, ao longo das principais rodovias como Castelo Branco, Bandeirantes, Anhangüera, Airton Senna, Dutra, Anchieta e Imigrantes.

No caso de BP2, abastecimento público, os locais com valores de pontuação baixa e média predominam sobre os de valores altos (FIGURAS 15 e 21). Além disso, as figuras demonstram também que as áreas com pontuação alta estão distantes dos principais reservatórios.

FIGURA 14. Mapa de pontuação das áreas de disposição considerando BP1 - Saúde e vida da população

FIGURA 15. Mapa de pontuação das áreas de disposição considerando BP2 - Abastecimento público

FIGURA 16. Mapa de pontuação das áreas de disposição considerando BP3 - Uso do solo

FIGURA 17. Mapa de pontuação das áreas de disposição considerando BP4 - Proteção das águas subterrâneas e superficiais

FIGURA 18. Mapa de pontuação das áreas de disposição considerando BP5 - Uso agrícola e pecuária

FIGURA 19. Mapa de pontuação das áreas de disposição considerando BP6 - Outros bens a proteger

FIGURA 20 - Mapa com valores estatísticos de BP1 por município

FIGURA 21 - Mapa com valores estatísticos de BP2 por município

FIGURA 22 - Mapa com valores estatísticos de BP3 por município

FIGURA 23 - Mapa com valores estatísticos de BP4 por município

FIGURA 24 - Mapa com valores estatísticos de BP5 por município

FIGURA 25 - Mapa com valores estatísticos de BP6 por município

Assim, provavelmente as áreas de pontuação alta devem estar refletindo os locais onde existe o uso da água subterrânea nas proximidades do local de disposição, provavelmente através de cacimbas.

No BP3, uso do solo, os locais de pontuação mais alta estão situados principalmente junto aos municípios imediatamente adjacentes a São Paulo (FIGURAS 16 e 22). Os locais de disposição do município de São Paulo normalmente possuem boa obra de engenharia, seja na fase de operação, através de construções de drenos de gases e recobrimento diário dos resíduos, evitando-se o risco de migração de gases e/ou partículas nas edificações situadas nas proximidades do local. Nos municípios periféricos da RMSP, nas regiões sul, leste e norte, as edificações estão distantes dos locais de disposição, diminuindo o potencial de risco à saúde e vida destas populações. Por outro lado, nos municípios situados imediatamente adjacentes a São Paulo, as áreas de disposição situavam-se distantes das áreas de ocupação humana, mas por falta de oferta de espaço para ocupação humana, as áreas próximas aos locais de disposição foram ocupadas.

Em relação ao BP4, proteção das águas subterrâneas e superficiais, os valores de pontuação apresentados demonstram predominantemente números baixos (FIGURAS 17 e 23). Conforme analisado para o caso do BP2, os locais de disposição situam-se distantes dos principais reservatórios. Além disso, os locais que se situam nas proximidades dos reservatórios possuem coleta de lixiviados. No caso das águas subterrâneas, observa-se que 77 locais encontram-se no contexto das rochas cristalinas e o restante na bacia sedimentar. Os locais de deposição situados sobre o aquífero sedimentar estão, em sua maioria, em áreas de descarga de água subterrânea, minimizando os riscos.

No caso do bem a proteger BP5, uso agrícola e pecuária, a maioria das áreas apresentou pontuação bastante baixa (FIGURAS 18 e 24), existindo apenas alguns casos com pontuação média a alta na periferia de alguns municípios, ou ainda, em alguns municípios periféricos da RMSP. Este fato torna-se coerente quando se considera que na RMSP predominam atividades industriais e de serviços.

A pontuação relativa a outros bens a proteger, apresentada nas figuras 19 e 25, indica que os valores médios a altos predominam sobre os baixos. Este fato ocorre porque os locais de disposição normalmente situam-se nas porções periféricas dos municípios, e nestes locais

encontram-se preservados bens ambientais como matas naturais, além das APAs e APMs que compreendem municípios da RMSP.

7.4.3. Classificação das áreas de disposição

Os dados de pontuação obtidos e listados no Anexo 2, foram organizados em intervalos de valores, para cada bem a proteger, como apresentado no quadro 22.

Quadro 22. Número de áreas de disposição por intervalo para os bens a proteger (BP1 a BP6)

INTERVALO/BENS A PROTEGER	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
0 -50	21	72	79	68	88	12
51-100	27	12	18	13	9	20
101- 200	34	17	8	20	7	39
201-300	19	5	3	4	3	16
301-400	6	2	1	3	2	13
401-500	1	0	0	0	0	6
501-600	1	1	0	0	0	1
600-700	1	0	0	1	0	1

BP1 - Saúde e vida da população; BP2 - Abastecimento público (água potável); BP3 - Uso do solo (residências); BP4 - Proteção das águas subterrâneas e superficiais; BP5 - Uso agrícola e pecuária; BP6 - Outros bens a proteger

Para os dados de pontuação obtidos para cada bem a proteger foi confeccionado um gráfico com valores de pontuação no eixo das abcissas e números de locais de disposição no eixo das ordenadas.

O bem a proteger BP1, saúde e vida da população, apresentou cerca de 44% dos casos entre os intervalos de 0 a 100 pontos, 49% entre 101 e 300 pontos e 7% acima de 301 pontos (FIGURA 26). Portanto, mais da metade dos locais de disposição apresenta valores médios a altos.

No caso do BP2, abastecimento público, aproximadamente 78% dos locais apresentam pontuação abaixo de 100 pontos. Entre os locais restantes, 20% apresentaram valores entre 101 e

FIGURA 26 - Figura demonstrando a distribuição do número de áreas por faixa de pontuação para BP1, BP2, BP3

300 e 2% situaram-se acima de 301 pontos (FIGURA 26). Assim, apenas 22% dos locais de disposição apresentaram valores médios a altos.

Para o BP3, uso do solo, aproximadamente 89% dos casos apresentaram pontuação abaixo de 100 pontos. Os 11% restantes, estão distribuídos respectivamente, 10% entre o intervalo de 101 a 300 pontos e 2% acima de 301 pontos (FIGURA 26). Dessa forma, somente 11% das áreas possuem valores médios a altos.

Para o BP4, proteção das águas subterrâneas e superficiais, cerca de 75% dos locais estão com valores abaixo de 100 pontos. Do restante, 22% e 3%, estão respectivamente distribuídos nos intervalos de 101 a 300 pontos e acima de 301 pontos (FIGURA 27). Portanto, 25% dos casos possuem valores médio a altos.

O bem a proteger BP5, uso agrícola e pecuária, possui cerca de 89% dos casos com pontuação abaixo de 100. Os 11% restantes estão distribuídos entre os valores de 101 a 400 pontos (Figura 27). Portanto, neste caso, os locais com valores médios a altos somam apenas 11%.

No caso do BP6, outros bens a proteger, aproximadamente 30% dos casos encontram-se entre os valores de 0 a 100 pontos (Figura 27), 51% entre o intervalo de 101 a 300 pontos e 19% acima de 300 pontos. Dessa forma, um total de 70% das áreas apresentaram valores médios a altos.

7.4.4. Priorização das áreas de disposição

Nos itens anteriores foram realizados a classificação e a distribuição espacial dos locais de disposição da RMSP. Basicamente foram observadas, para os cinco bens a proteger, situações onde os locais de disposição apresentam valores de pontuação bastante altos. A avaliação foi realizada apenas para BP1 a BP5, excluindo-se o BP6, para considerar aqueles bens a proteger que atingem direta ou indiretamente a vida ou a saúde da população. Como o BP6 refere-se mais à preservação de recursos naturais, não foi considerado nesta avaliação final.

No presente trabalho considera-se como valor crítico (para os cinco bens a proteger) aqueles locais classificados com pontuação acima de 200. Este valor limite foi definido

FIGURA 27 - Figura demonstrando a distribuição do número de áreas por faixa de pontuação para BP4, BP5, BP6

associando-se os valores numéricos à situação real observada no campo. Nas tabelas 11 a 15 encontram-se listados 28 áreas críticas para o BP1, 8 para o BP2, 4 para o BP3, 8 para o BP4 e 5 para o BP5.

Entre as áreas consideradas como críticas, e apresentadas nas tabelas 11 a 15, existem alguns locais que apresentam pontuações elevadíssimas. Na Tabela 16 estão listadas 15 áreas que apresentaram pontuação acima de 300. Dentre elas o Lixão de Alvarenga destaca-se com pontuação acima de 600, para BP1 a BP4.

8. AVALIAÇÃO LOCAL: LIXÃO DO ALVARENGA

O intuito básico de apresentar as informações do Lixão do Alvarenga é mostrar um caso específico de aplicação da metodologia de Gestão de Áreas Contaminadas em áreas de disposição de resíduos sólidos. A escolha deste lixão para o estudo de caso é decorrência de sua importância histórica em relação a disposição inadequada de resíduos sólidos na RMSP e também pela pontuação elevadíssima obtida para vários bens a proteger obtidos na etapa de avaliação preliminar.

O Lixão do Alvarenga é um exemplo clássico de deposição de resíduos com ausência de critérios construtivos, operacionais e de encerramento de área. Estas características, com certeza, prejudicaram a qualidade de vários bens, como água superficial, água subterrânea, solo, saúde pública, vegetação, conforme será demonstrado nos itens seguintes.

8.1. Localização

A área do Lixão do Alvarenga situa-se exatamente no limite dos municípios de Diadema e São Bernardo do Campo. O acesso à área, a partir de São Paulo, é feito através da Rodovia Imigrantes (FIGURA 28). Na altura do km 20 da rodovia toma-se um acesso secundário em direção ao Bairro da Paz e em seguida ao Bairro do Eldorado, onde localiza-se o lixão.

Tabela 11. Áreas críticas de disposição de resíduos para o BP1

Num	Município	Denominação	Pontuação
1	Arujá	Antigo Lixão Municipal	298
2	Barueri	Lixão Motel Bahamas	234
3	Barueri	Lixão de Barueri	203
4	Biritiba Mirim	Antigo Lixão da Estr. Sta Catarina	304
5	Caleiras	Inibra	216
6	Diadema	Lixão do Alvarenga	684
7	Franco da Rocha	Morro do Lixão II	237
8	Franco da Rocha	Lixão Municipal (Mimi)	228
9	Francisco Morato	Antigo Lixão de Francisco Morato	508
10	Guarulhos	Parque Ecológico do Tietê	413
11	Itapeirica da Serra	Antigo Lixão de Itapeirica 2	342
12	Itapeirica da Serra	Antigo Lixão do Jd. São Marcos	287
13	Itapevi	Lixão Desativado	276
14	Mauá	Lara/Sertãozinho	307
15	Mogi das Cruzes	Lixão Bairro Rodeio	212
16	Mogi das Cruzes	Lixão Volta Fria III	225
17	Poá	Lixão da Vila Varela	282
18	São Bern. Campo	Lixão Tiro de Guerra	375
19	São Paulo	Aterro Sanitário de Sapopemba	204
20	São Paulo	Aterro Jacuí	249
21	São Paulo	Lixão Sapopemba IV	207
22	São Paulo	Lixão Sapopemba V	203
23	São Paulo	Lixão Sapopemba VII	287
24	São Paulo	Aterro Sanitário de Santo Amaro	214
25	São Paulo	Aterro de Vila Curuça	294
26	Salesópolis	Lixão do Matadouro	204
27	Varg. Gr. Paulista	Lixão da Rua Palestina	307
28	Guarulhos	Lixão Edson Batista	303

Tabela 12. Áreas críticas de disposição de resíduos para o BP2

Num	Município	Denominação	Pontuação
1	Caieiras	Lixão Municipal Caieiras	213
2	Cajamar	Lixão Municipal Cajamar	301
3	Diadema	Lixão do Alvarenga	637
4	Guarulhos	Jardim Araçongas 2	225
5	Itapevi	Lixão Desativado	360
6	Itaquaquecetuba	Lixão Terra Rocha	250
7	Poá	Lixão Água Vermelha	230
8	São Paulo	Lixão Sapopemba VII	299

Tabela 13. Áreas críticas de disposição de resíduos para o BP3

Num	Município	Denominação	Pontuação
1	Arujá	Antigo Lixão Municipal	392
2	Caieiras	Inibra	241
3	Diadema	Lixão do Alvarenga	704
4	Itaquaquecetuba	Aterro CIPAS	204

Tabela 14. Áreas críticas de disposição de resíduos para o BP4

Num	Município	Denominação	Pontuação
1	Caieiras	Lixão Municipal Caieiras	223
2	Cajamar	Lixão Municipal Cajamar	301
3	Diadema	Lixão do Alvarenga	637
4	Itapevi	Lixão Desativado	375
5	Mairiporã	Antigo Lixão Municipal	209
6	Poá	Lixão Água Vermelha	230
7	São Paulo	Lixão Sapopemba VII	312
8	São Paulo	Lixão Vila Albertina	201

Tabela 15. Áreas críticas de disposição de resíduos para o BP5

Num	Município	Denominação	Pontuação
1	Caieiras	Lixão Municipal Caieiras	205
2	Embu Guaçu	Lixão Desat. Bairro do Paca	334
3	Embu Guaçu	Lixão Beira da Estrada	334
4	Mairiporã	Antigo Lixão Municipal	214
5	São Paulo	Lixão Jardim São João	216

Tabela 16. Áreas críticas de disposição de resíduos para BP1 a BP6 (com pontuação acima de 300)

Município	Denominação	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5
Arujá	Ant Lixão Municipal			392		
Bir Mirim	Ant Lix da Estr. Sta Cat	304				
Cajamar	Lix Mun de Cajamar		301		301	
Diadema	Lix do Alvarenga	684	637	704	637	
E Guaçu	Lix Desat. B. do Paca					334
E Guaçu	Lix Beira da Estrada					334
F Morato	Ant Lixão Franc Mor	508				
Guarulhos	Lixão Edson Batista	303				
Guarulhos	Parque Ec do Tietê	413				
Itap Serra	Ant Lixão de Itapeç 2	342				
Itapevi	Lixão Desativado		360		301	
Mauá	Lara/Sertãozinho	307				
S. B. Cam	Lix Tiro de Guerra	375				
São Paulo	Lix Sapopemba VII				312	
V.Gr. Paul	Lix da Rua Palestina	307

FIGURA 28 - Localização do Lixão de Alvarenga

8.2. Descrição da área do lixão e adjacências

Até a década de 60, o Bairro do Eldorado onde está localizado o Lixão do Alvarenga, era considerado um local de lazer perfeito em função das belezas naturais, como a presença da mata atlântica e da represa Billings, com água de excelente qualidade. A denominação Eldorado tem origem nas características acima apresentadas associada ao clima ameno e bastante agradável da região, até muitas vezes comparado ao clima europeu.

Entretanto, com o crescimento econômico e industrial da região do ABC nestas últimas quatro décadas, o bairro recebeu uma ocupação desordenada inclusive com a instalação do Lixão do Alvarenga.

Assim, o Bairro Eldorado caracteriza-se hoje pela ocupação por população de baixa renda, que na maioria dos casos, reside em barracos e possui apenas parte dos serviços públicos de infraestrutura instalados. O bairro não possui pavimentação asfáltica e muito menos coleta de esgoto. Em Eldorado ainda existem áreas remanescentes da mata atlântica e o bairro encontra-se adjacente à represa Billings.

8.3. Avaliação Preliminar

Neste item serão inicialmente descritas as informações obtidas a partir da Ficha Cadastral da área do Lixão do Alvarenga, informações estas que também foram aplicadas na Ficha de Pontuação (ANEXO 1).

8.3.1. Diagnóstico da área de disposição

As informações apresentadas neste item encontram-se sintetizadas na Ficha Cadastral que foi preenchida em vistoria realizada ao local em junho de 1994

O Lixão do Alvarenga é constituído pelo Lixão de Diadema, Lixão de São Bernardo e Lixão Particular do Nene Preto (FIGURA 28). Estas três áreas de deposição juntas somam cerca

de 350.000 m² e a espessura de lixo depositado varia de alguns metros até 50 metros. Para uma melhor visualização da área, na Figura 29 são apresentadas ilustrações fotográficas dos três lixões.

Geologicamente, o local de deposição situa-se na área de ocorrência de micaxistos. Esta rocha encontra-se bastante intemperizada e não são comuns afloramentos nas proximidade do Lixão do Alvarenga.

Quanto à morfologia da área, em função de sua grande extensão, o local de deposição ocupa desde regiões de topo até zonas de encosta e de várzeas nas proximidades da Represa Billings. Assim, a associação entre as condições de relevo pretéritas e a espessura de massa de resíduo atual devem ter imposto novas condições de fluxo ao lençol freático local, possivelmente transferindo lixiviados diretamente para a água subterrânea.

A disposição de resíduos sólidos no Lixão do Alvarenga teve início em 1974 e atualmente recebe apenas entulhos, restos de madeiras e aparas e outros materiais inertes.

No período em que a deposição era intensa, o local recebeu desde resíduos domésticos, até hospitalares e industriais, caracterizando-se como local sem controle de entrada de resíduos (FIGURA 30). Dessa forma, levando em consideração os tipos de resíduos depositados, pode-se estimar que no local existam pelo menos compostos inorgânicos de elevada toxicidade, metais e compostos metálicos, derivados de petróleo e solventes orgânicos.

No aspecto construtivo, o lixão não dispõe de impermeabilização inferior e superior, tampouco drenagens de chorume e de águas superficiais. Assim, todo o chorume gerado no local tem como destino final a Represa Billings e a água subterrânea.

Por outro lado, em relação às drenagens de gases, o Lixão de Diadema possui 13 drenos de gases que continuam ativos até o momento. Nos outros dois lixões não existem drenos, e como consequência, há registro de explosão de gases na área do Lixão de São Bernardo no passado.

Quando os Lixões encontravam-se em franca atividade, existiam cerca de 300 catadores que sobreviviam dos materiais comercializáveis retirados dos locais de deposição. Atualmente, apenas algumas dezenas de catadores encontram-se em atividade principalmente no Lixão de Diadema (FIGURA 31).

Além dos catadores, tanto no passado como atualmente, existe circulação de animais na área dos lixões que se alimentam dos resíduos ou vegetação existente na área e/ou adjacências

FIGURA 29 - Ilustração fotográfica dos três Lixões de Alvarenga

0 500 1000 m

➔ Ponto de Tomada da foto com indicação da direção

● Ponto de Tomada da foto

FIGURA 30 - Ilustração fotográfica de alguns tipos de resíduos encontrados no Lixão de Alvarenga

0 500 1000 m

Ponto de Tomada da foto

FIGURA 31 - Ilustração fotográfica de catadores e animais na área do Lixão do Alvarenga

(FIGURA 31). Alguns deles apresentando doenças visíveis na pele, conforme constatado pela equipe de toxicologia da CETESB.

Nas adjacências do local de deposição, nas porções norte, leste e sul, existe ocupação por edificações e barracos de população de baixa renda (FIGURAS 28 e 29). Na porção sul existem casos onde os barracos encontram-se construídos sobre a massa de resíduo. Toda a face oeste da área dos lixões limita-se com a área remanescente da mata atlântica.

Ademais, cabe notar que no vale que se estende a partir do lixão em direção NW existe um dos pequenos braços da Represa Billings, para onde é escoado superficialmente uma boa parte do chorume gerado no Lixão do Alvarenga (FIGURA 32).

No aspecto da água subterrânea, observou-se que existem dezenas de residências que se utilizam da água do lençol freático, através de cacimbas, a jusante do local de deposição.

8.3.2. Preenchimento da Ficha de Pontuação

O preenchimento da Ficha de Pontuação para o Lixão do Alvarenga foi realizado com base nas informações obtidas através da Ficha Cadastral (ANEXO 1)

Conforme apresentado no item 6.2, o aspecto metodológico da avaliação preliminar, o preenchimento da Ficha de Pontuação compreende três etapas básicas: características da fonte de contaminação, meios de propagação e os bens a proteger.

A seguir são descritas e discutidas as informações originárias da Ficha Cadastral do Lixão do Alvarenga que foram consideradas como relevantes para o preenchimento da Ficha de Pontuação.

8.3.2.1. Características da fonte de contaminação

Na ficha cadastral, a fonte de contaminação é caracterizada por meio de três tipos de

0 500 1000 m

➔ Ponto de Tomada da foto com indicação da direção

● Ponto de Tomada da foto

FIGURA 32 - Ilustração fotográfica do escoamento do chorume para a Represa Billings

informações: tipo de resíduos, volume de resíduos e grupos de substâncias encontradas no resíduo (ANEXO 1).

Os tipos de resíduos encontrados no Lixão do Alvarenga foram: industrial, serviço de saúde, domiciliar, inerte, varrição e entulhos. Entre estes tipos de resíduos, os que tem origem na indústria e nos locais que prestam serviço à saúde pública são considerados de maior toxicidade.

O volume estimado de resíduos na área do Lixão do Alvarenga é da ordem de 5.250.000 m³. Este volume foi obtido considerando-se que a área do lixão possui 350.000 m² com espessura média de resíduo de 25 m. Dessa forma, o dado de volume de resíduo indica que o lixão possui dimensões acima da média quando comparado aos outros locais de disposição da RMSP.

No aspecto dos grupos de substâncias possíveis de serem encontradas no lixão em estudo, ressalta-se que, na maioria dos casos, os parâmetros foram estimados em função dos tipos de resíduos observados no local. Assim, considerou-se a existência dos seguintes compostos: orgânicos halogenados voláteis, orgânicos não halogenados voláteis, hidrocarbonetos clorados voláteis, orgânicos nitrogenados, derivados de petróleo, metais e inorgânicos. Dos, compostos mencionados, os orgânicos e metais apresentam maior toxicidade à saúde humana.

A somatória destes três tipos de informações permitiu realizar a pontuação do potencial de risco da fonte de contaminação em relação aos seis bens a proteger (BP1 a BP6), conforme apresentado no Anexo 1.

8.3.2.2. Meios de propagação

Os meios de propagação são avaliados em quatro caminhos preferenciais de potenciais de transporte no sistema de pontuação: solo, água superficial, água subterrânea e ar.

- Solo

Para a avaliação da propagação dos possíveis contaminantes através do solo, inicialmente é considerado se existe a análise do solo em duas profundidades, 0 a 1 metro e maior que 1 metro.

No caso do Lixão do Alvarenga não existe análise do solo realizada (ANEXO 1). Em seguida é avaliado se houve algum evento importante relacionado com o solo do lixão. Em Alvarenga foi observada erosão, dispersão de poeiras e desabamento de resíduos que podem facilitar o transporte de contaminantes através do solo. Também foi observado que os catadores, vegetação e algumas edificações que existem no local sofreram efeitos prejudiciais em função dos eventos acima.

Em decorrência da falta de impermeabilização superficial, existe problema de odor forte no local e, observa-se constantemente a presença de contaminantes na superfície do solo.

- Água superficial

Quanto à propagação dos contaminantes via água superficial é avaliada inicialmente a qualidade da água (superficial), e em seguida a possibilidade de haver a influência direta do contaminante nas águas superficiais, por exemplo escoamento do lixiviado para o corpo de água superficial. Por fim, considera-se a possibilidade de ocorrência de inundações ocasionando o contato direto do resíduo com a água superficial (ANEXO 1). A estes três níveis de avaliações é associada ainda a questão do uso da água superficial.

Na área do Lixão do Alvarenga, o chorume é carreado diretamente para a Represa Billings, mas não existe a possibilidade da água proveniente de enchentes atingir o resíduo. Na questão do uso da água, a represa é utilizada para abastecimento público, recreação e piscicultura.

- Água subterrânea

A propagação da água subterrânea é avaliada considerando-se sete fatores como de importância (ANEXO 1). Inicialmente é avaliado se existe a contaminação da água subterrânea comprovada por análise química. Em seguida é avaliado se existe o uso da água subterrânea afetada pela contaminação. No caso de Alvarenga, na época da visita ao campo, não existiam

resultados de análise química comprovando a contaminação. Entretanto, cerca de uma dezena de residências possuíam cacimbas para a captação da água subterrânea localizada à jusante do lixão.

Outro aspecto avaliado é a questão da textura do solo local. A textura do solo está diretamente associada com a da permeabilidade, que de maneira simplificada, reflete a facilidade ou dificuldade do contaminante atingir a água subterrânea. No caso em questão predomina o solo siltoso.

A impermeabilização inferior é avaliada porque a sua inexistência significa que o resíduo está em contato direto com o solo, facilitando a transferência do contaminante para o solo e/ou água subterrânea. Em Alvarenga não existe nenhum tipo de impermeabilização inferior. Como consequência, um dos destino finais dos líquidos percolados seguramente é o solo, e por final, a água subterrânea.

Outro fator importante é a profundidade do nível do lençol freático. No Lixão do Alvarenga o resíduo está em contato direto com a água subterrânea, principalmente nos pontos situados nas várzeas. O contexto hidrogeológico em que está inserido o lixão pode ser descrito como área de ocorrência do aquífero cristalino com manto de material de textura siltosa. Devido a grande dimensão da área de disposição, o lixão ocupa tanto área de recarga como de descarga local.

- Ar

A propagação via ar refere-se especificamente à possibilidade dos gases gerados no local de deposição migrarem e atingirem os bens materiais e a saúde da população (ANEXO 1). Assim sendo, a avaliação inicial procura verificar se a zona não-saturada encontra-se contaminada através da realização de análise química. No caso de Alvarenga não existe análise química dos gases gerados no local.

Numa etapa posterior é avaliada a questão de eventos importantes no local do lixão. No Lixão do Alvarenga existem registros de explosões no passado, e atualmente ainda é possível observar a presença de gases no local, gases estes que não são coletados através de drenos. Apenas o Lixão pertencente ao município de Diadema possui drenos de gases.

Por final, avalia-se a distância das edificações nas proximidades do local de disposição e se há presença de gases nelas. Em Alvarenga as edificações situam-se a menos de 50 metros e atualmente não se observa a presença de gases nas residências.

8.3.2.3. Bens a Proteger

A avaliação dos bens a proteger foi feita levando em consideração os bens que se encontram na área e aqueles situados nas adjacências (ANEXO 1). Os bens registrados na área de disposição foram: áreas residenciais com baixa densidade populacional, área verde e de mata natural, Área de Proteção Ambiental, Área de Proteção de Mananciais, aquífero cristalino e poços de abastecimento domiciliar.

Nas adjacências do local de disposição existem áreas residenciais com alta densidade populacional, Área de Proteção Ambiental, Área de Proteção de Mananciais, bacia hidrográfica de abastecimento público, aquífero cristalino e poços de abastecimento domiciliar.

8.3.3. Resultado da Pontuação

O resultado da pontuação obtida para o Lixão de Alvarenga, apresentada no Anexo 1 e tabela 17, mostra-se bastante coerente para os seis bens a proteger considerados. Apenas o bem a proteger BP5 apresentou-se com pontuação baixa uma vez que não existe atividade agrícola e/ou pecuária na área ou adjacências do Lixão do Alvarenga.

Tabela 17. Pontuação Lixão de Alvarenga

BENS A PROTEGER	PONTOS
Saúde e vida da população (BP1)	684
Abastecimento público (BP2)	637
Uso do solo (BP3)	704
Proteção das águas subterrâneas e superficiais (BP4)	637
Uso agrícola e pecuária (BP5)	58
Outros bens a proteger (BP6)	646

Assim, na questão da saúde e vida da população (BP1), conforme descrito anteriormente, existem vários aspectos preocupantes. Os catadores presentes na área apresentam doenças visíveis de pele conforme constatado pela equipe de toxicologia da CETESB. As residências localizadas na área e nas adjacências correm sérios riscos de sofrer acidentes, seja por explosões dos gases seja pelo desabamento do lixão.

A Represa Billings é uma fonte de abastecimento público (BP2) de água para a RMSP. O chorume gerado no lixão é escoado diretamente para a represa.

O conflito do uso do solo (BP3) ocorre tanto no aspecto social como no de saúde pública para a população residente na área e adjacências do lixão. Eles convivem diretamente com o problema de doenças de veiculação hídrica, mau cheiro, escoamento de chorume e grande quantidade de insetos e roedores.

Na questão da proteção das águas subterrâneas e superficiais (BP4), o caso da contaminação das águas superficiais parece ser mais grave, uma vez que a água subterrânea tem apenas importância local. A água da Represa Billings é utilizada por milhares de pessoas da RMSP.

Por final, no aspecto outros bens a proteger destaca-se a inserção do lixão na Área de Proteção Ambiental contribuindo para a degradação das matas naturais.

8.4. Avaliação Confirmatória

Conforme descrito no item 6.3, a avaliação confirmatória em áreas de disposição de resíduos sólidos deve investigar a possível presença de contaminantes nos meios solo, água superficial, água subterrânea e ar. Na área do Lixão do Alvarenga não existe investigação realizada nestes quatro meios.

Entretanto, DEHAINI (1995) trabalhou na área do lixão realizando a aplicação de métodos geofísicos que servem de subsídio para a avaliação confirmatória. Confrontando-se os resultados geofísicos com a avaliação preliminar, apresentada no item 7.3, pretende-se comprovar a eficiência da metodologia aplicada na área de Alvarenga, somente no aspecto das águas subterrâneas.

8.4.1. Levantamento Geofísico

Na área de Alvarenga, DEHAINI (1995) realizou um total de 2860 metros de caminhamento eletromagnético, distribuídos em 7 perfis, com distância entre bobinas de 10 e 20 metros e o eixo das bobinas nas posições vertical e horizontal.

São aqui apresentados apenas os dados do levantamento realizado para a distância entre as bobinas de 10 metros com o eixo na posição horizontal, tendo em vista que esta configuração do equipamento geofísico foi a que apresentou resultados de melhor qualidade.

A figura 33 mostra o mapa de isovalores de condutividade elétrica para o levantamento realizado. No mapa, todos os valores acima de 5 mmho/m foram considerados anômalos, acima dos valores de "background". No mapa, denota-se a existência de 3 regiões com anomalia acentuada. Duas delas situam-se ao longo da drenagem que tem origem no Lixão de Diadema e encerra na Represa Billings. Outro situa-se na encosta onde está instalado o Lixão de São Bernardo do Campo.

8.4.2. Resultados das análises químicas das cacimbas

Na mesma área em que foi realizado o levantamento geofísico existem 16 cacimbas perfuradas pela população residente no local. DEHAINI (1995), coletou amostras de água para realizar análises químicas para os seguintes parâmetros: sódio, potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco e cobre. Além desses parâmetros, a autora analisou coliformes totais e fecais (TABELA 18).

Tabela 18. Características químicas e bacteriológicas das cacimbas em Alvarenga

	Na*	K*	Ca*	Mg*	Fe*	Zn*	Cu*	Col. Totais**	Col. Fecais**
P06	3,8	0,8	2,0	0,2	0,04	0,05	0,03	$3,0 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^2$
P10	24,0	5,4	9,1	2,9	0,04	0,13	0,07	$3,0 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^2$
P18	6,6	1,9	9,1	2,1	0,03	0,08	0,03	$1,3 \cdot 10^4$	$8,0 \cdot 10^2$
P21	-	-	-	-	-	-	-	$1,7 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^1$
P22	5,1	0,9	0,5	0,8	0,05	0,05	0,03	-	-
P23	167,5	45,0	4,8	5,0	0,08	0,07	0,03	$4,0 \cdot 10^1$	$4,0 \cdot 10^1$
P27	11,0	0,8	4,1	0,5	0,72	0,06	0,03	$1,6 \cdot 10^4$	$9,0 \cdot 10^1$
P29	10,2	1,5	5,8	2,5	0,07	0,05	0,03	$1,4 \cdot 10^3$	$7,0 \cdot 10^1$
P36	1,5	1,3	1,2	0,6	0,25	0,05	0,03	-	-
P45	2,5	0,3	0,3	0,1	0,19	0,05	0,03	-	-
P47	13,0	16,5	25,8	5,0	3,54	0,05	0,03	$8,0 \cdot 10^1$	$8,0 \cdot 10^1$

(*) Dados químicos em mg/l; (**) dados obtidos a partir da contagem para cada 100 ml de água

FIGURA 33 - Mapa de isovalores de condutividade elétrica na área do Lixão do Alvarenga

Como pode ser observado nos dados da tabela 18, o sódio apresenta-se com concentração mais alta que outros elementos químicos. Utilizando-se os dados de concentração de sódio dos poços listados na tabela elaborou-se o mapa de isoconcentração, como mostra a figura 34.

Nesta figura, observa-se que existem duas áreas com concentrações elevadas de sódio, e que são coincidentes com aquelas áreas onde ocorrem valores de condutividade elétrica elevada, determinadas pelos métodos geofísicos, conforme mencionadas no item anterior. Somente a anomalia geofísica localizada mais próxima à Represa Billings não foi confirmada porque não existe cacimba na localidade.

A presença de coliformes totais e fecais indicam que as águas das cacimbas não apresentam condições sanitárias adequadas. Os coliformes podem ter origem tanto no lixão como no escoamento da água superficial. Portanto, os coliformes não são adequados para confirmar a contaminação da água subterrânea através do lixão.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na primeira parte do presente trabalho foram apresentadas as várias metodologias de gestão de áreas contaminadas. Dentre estas, a metodologia Alemã foi selecionada para aplicação na RMSP porque houve o financiamento do projeto pela Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Além disso a metodologia demonstrou-se adequada para ser aplicada na RMSP.

Entretanto, em função das várias características intrínsecas do país, abrangendo diferenças em questões culturais, problemas tecnológicos e aspectos climáticos, a metodologia escolhida foi submetida a adaptações, conforme apresentado na Parte 1.

Entre as adaptações observa-se que a Ficha Cadstral apresenta-se como um instrumento de coleta de informações bastante eficaz e rápido de ser manuseado no campo. Ela permite obter as informações do local de disposição como também das áreas adjacentes.

Uma das intenções iniciais do trabalho, era de que a Ficha Cadastral fosse facilmente preenchida por um técnico de nível médio. Mas a realidade da ficha elaborada demonstra que quando considerada a aplicação posterior ao preenchimento da ficha, é necessário que o técnico

FIGURA 34 - Mapa de isoconcentração de sódio das águas subterrâneas provenientes das cacimbas na área do Lixão de Alvarenga

receba treinamento para obter conhecimento sobre áreas contaminadas e resíduos sólidos, noções básicas sobre hidrogeologia, química, toxicologia e biologia.

As informações utilizadas para o preenchimento da Ficha de Pontuação são correspondentes àquelas obtidas através da Ficha Cadastral. Assim, as duas fichas em conjunto funcionam de uma forma eficaz para uma primeira classificação e priorização de áreas de disposição de resíduos sólidos na etapa de Avaliação Preliminar.

O tipo de metodologia de avaliação proposto, com base em dados existentes, demonstra-se como de grande aplicabilidade num país como o Brasil, em função de seu baixo custo. A metodologia apresenta algumas deficiências por generalizar vários parâmetros do meio físico mas, por outro lado, quando for considerado o alcance em função dos investimentos financeiros, ela demonstra-se como um bom instrumento de trabalho.

Como resultado da aplicação das fichas foram priorizadas as áreas que atingiram pontuação acima de 200, conforme segue: 28 áreas críticas para saúde e vida da população (BP1), 8 para abastecimento público (BP2), 4 para uso do solo (BP3), 8 para proteção das águas subterrâneas (BP4) e 5 para uso agrícola e pecuária (BP5).

Não obstante a metodologia ter sido aplicada apenas para fins de avaliação confirmatória, e ainda que de uma forma parcial, com os resultados obtidos é possível delinear claramente algumas ações que podem ser tomadas imediatamente.

Na pontuação realizada para a RMSP ficou demonstrado claramente que a questão do risco da saúde e vida da população atinge níveis altíssimos principalmente para aqueles que vivem da renda (catadores) do local de disposição.

Entre as áreas priorizadas, o Lixão de Alvarenga apresentou a pontuação mais elevada na RMSP, para BP1 (684), BP2 (637), BP3 (704), BP4 (637) e BP6 (646). Esta pontuação elevada para a maioria dos bens a proteger conduziu a uma investigação mais detalhada do local conforme apresentado no item 6. Nesse item, além das características da área, mostrou-se também a aplicação de forma mais detalhada da Ficha Cadastral e de Pontuação.

Através dos dados da área levantados por DEHAINI (1995), associados aos dados da avaliação preliminar do Lixão do Alvarenga, confrontou-se e comprovou-se a validade da metodologia para a água subterrânea. Cabe chamar a atenção para o fato de que Dehaini (1995)

realizou trabalho comparando a investigação geofísica aos dados de análises químicas provenientes de 16 cacimbas existentes a jusante do lixão.

Assim, a metodologia aqui apresentada indica que devem ser tomadas medidas que visem a caracterização das áreas priorizadas na etapa da avaliação preliminar, para posteriormente traçar diretrizes para a remediação destas áreas.

Na área do Lixão do Alvarenga algumas intervenções imediatas podem ser definidas. A população que reside sobre a massa de lixo deve ser removida. Além do risco de doenças, esta população está assentada em áreas suscetíveis à ocorrência de explosões. No aspecto das águas superficiais, o chorume que escoia juntamente com a água de origem pluvial deve ser coletado e tratado, impedindo o seu acesso à Represa Billings. Na área à jusante do local de deposição, a água subterrânea está contaminada. Razão pela qual, a população que utiliza esta água através de cacimbas deve receber água da rede pública de abastecimento.

Paralelamente a estas ações, a área do Lixão de Alvarenga deve passar por um processo de caracterização para que possam ser delineadas medidas para recuperação da área visando a proteção dos recursos ambientais.

10. CONCLUSÕES

Conforme proposto no objetivo deste trabalho os critérios para a gestão de áreas suspeitas ou contaminadas por resíduos sólidos foram claramente estabelecidos neste trabalho tanto pela elaboração da metodologia como pela sua aplicação. Além disso a metodologia elaborada demonstra-se como uma importante ferramenta disponível para a comunidade técnico-científica para ser aplicada na questão das áreas contaminadas.

Para as áreas de disposição de resíduos sólidos foram estabelecidos critérios desde a classificação e priorização destas áreas como também para a avaliação confirmatória. A validade destes critérios foram testados e comprovados através da aplicação na RMSP e Lixão do Alvarenga, portanto em duas escalas de trabalho distintas, a regional e a local.

Os locais de disposição de resíduos sólidos merecem dois níveis de intervenção por parte dos órgãos de governo. O primeiro, de caráter imediato e emergencial, relaciona-se com a saúde e

vida da população. Nas áreas de disposição devem ser tomadas medidas imediatas visando a retirada da população que vive e trabalha como catadores. Da mesma forma, as residências que se localizam no local ou imediatamente adjacente ao depósito de lixo devem ser removidas, como já foi mencionado há risco de doenças e de explosões que podem ocorrer em função dos gases que migram e se acumulam na área de deposição e adjacências. A utilização da água superficial e/ou subterrânea contaminada é outro grande problema que deve ser solucionado imediatamente com o fornecimento de água dentro dos padrões de qualidade estabelecidos.

O segundo nível de intervenção diz respeito à proteção dos recursos ambientais. As áreas priorizadas devem ser caracterizadas nos meios ar, solo, água superficial e subterrânea para definir ações necessárias para recuperá-las, conforme descrito na Parte 1 desta tese.

O trabalho desenvolvido nesta tese restringe-se tão somente às áreas de disposição de resíduos. Para concretizar a implementação do Programa de Gestão de Áreas Contaminadas é necessário ampliar a avaliação para um elenco maior de fontes de contaminação tais como postos de serviços, áreas industriais, áreas comerciais, áreas agrícolas e outras atividades.

11. BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, A.C. 1996. Sistemas de Avaliação de Prioridades para Recuperação de Áreas Contaminadas por Resíduos Perigosos. São Paulo. 98p. Dissertação de Mestrado. Faculdade da Saúde Pública. USP.
- ALLERT, L; BENNET, T.; LEHR, J.H.; PETTY, R.J. 1987. DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic setting. USEPA Report 600/2-85/018
- BERNARDES JR, C; HIRATA, R; MENDES, J; CLEARY, R. 1991. Remedial action for a industrial open dump. Proposed activities and prospectives. Wat. Sci. Tech (24).
- BROWNELL, R.P. & STUBING, H.D. 1982. Comprehensive approach to landfill leachate treatment. In: Proceedings of the National Conference on Environmental Engineering. Minneapolis, Minnesota. U.S.A
- BULL, P.S.; EVANS, R.M.; WESCHSLER, R.M.; CLELAND, K.J. 1983 Biological Technology of the treatment of leachates from sanitary landfills. Water Research. 17(11):1473.
- DUARTE, U. 1980. Geologia Ambiental da Área de São Pedro (SP). Vetor águas subterrâneas. São Paulo. Tese de doutoramento. IG/USP
- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCME). 1992. National classification system for contaminated sites. Ottawa, Ontario. Canada. 54p.
- CASTRO NETO, P.; BARROTTI, A; BERNARDES, C.; TOSHIMITSO, J. 1984. Aterro sanitário da Cyanamid Química do Brasil Ltda (fábrica de Resende). In CONG BRAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3, Fortaleza, 1984, Anais ... Fortaleza, ABAS, p 144-156
- CENTRO DE PESQUISA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (CEPAS). 1994. Diagnóstico hidrogeológico da Região Metropolitana de São Paulo. Relatório Final Convênio SABESP/CEPAS-IG-USP. 115p.
- CLEARY, R.W. 1989. Águas Subterrâneas. In: Engenharia Hidrológica, cap.5, Nº 2. Coleção ABRH de Recursos Hídricos. Ed. UFRJ. Rio de Janeiro. p. 293-404.

- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). 1995. Relatório Síntese SAM-75. Encibra S.A. Estudos e Projetos de Engenharia.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). 1987. Apresentação de Projetos e Aterros Industriais. São Paulo.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). 1992a. Relatório de qualidade ambiental no Estado de São Paulo. Série Relatórios. 59p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). 1992b. Inventário de Locais de Destinação de Resíduos sólidos na Região Metropolitana de São Paulo (Relatório Interno). Diretoria de Controle das Regiões Metropolitanas.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). 1997. Cadastro de Área Contaminadas. Projeto Recuperação do Solo e das Águas Subterrâneas em Áreas de Disposição de Resíduos Industriais. GTZ/CETESB/IG. São Paulo
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Prelo. Manual de Áreas Contaminadas. CETESB/GTZ/IG.
- CONSONI, A.J. 1993. Seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos urbanos e proposta de aterro sanitário no município de Iguape, SP. São Paulo: IPT.
- CUMMINS, M.D. 1981. Effect of sanitary landfill leachate on the activated sludge process. In: Proceedings of the seventh Annual Research Symposium, Land Disposal: Municipal Solid Waste. Philadelphia. Pennsylvania.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). 1975. Estudo de águas subterrâneas, Região Administrativa 1. 220p.
- DEHAINI, J. 1995. Avaliação da Aplicabilidade de Métodos Geofísicos em Estudos de Casos de Contaminação de Águas Subterrâneas por Diferentes Fontes. Dissertação de Mestrado. IG/USP.
- FOSTER, S. & HIRATA, R. 1988 Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data. CEPIS-PAHO/WHO. Lima, 78p.

- GRAHAM, D.W. 1981. Biological-chemical treatment of landfill leachate. Master's Thesis, Department of Civil Engineering, University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canada.
- GUIGUER, N. 1987. Poluição das águas subterrâneas causada por um aterro sanitário: uma abordagem matemática - experimental. Dissertação de Mestrado (Escola Politécnica - USP).
- HAGERTY, D.; PAVONI, L.; HEER, J. 1973. Solid Waste Management. Van Nostrand Reinhold. New York, NY. 242-262p.
- HINSWEISE ZUR ERMITTLUNG UND SANIERUNG VON ALTLASTEN.(ISAL) 1991. Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft und Länder. Nordrhein-Westfalen
- HIRATA,R; BASTOS,C.; ROCHA,G.; IRITANI,M.; GOMES,D. 1991. Groundwater Pollution Risk Vulnerability Map of the São Paulo State - Brasil. Water Sci. Tech. 24:236-246.
- HIRATA, R; BASTOS,C; ROCHA, G. 1992. Mapa de vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas do Estado de São Paulo. Relatório Final. IG, CETESB, DAEE. São Paulo, 2v.
- HIRATA,R. 1994. Fundamentos e Estratégias de Proteção e Controle da Qualidade das Águas Subterrâneas. Estudo de Casos no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. IG/USP
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). 1994. LIXO MUNICIPAL - Manual de gerenciamento integrado. São Paulo. 278p.
- LE GRAND, H.E. 1964. System for Evaluating the Contamination Potential of Some Wastes Sites, American Water Works Association Journal, Vol 56, Nº 8, pp. 959-974
- MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (MUBW). 1989. Altlasten-Handbuch. Teil I. Altlasten-Bewertung. Baden-Württemberg. 128p.
- MINISTRY OF INTERNATIONAL TRADE AND INDUSTRY. (MITI). 1994. Summary of results from nationwide research on industrial waste discharge by manufacturers. Japão.
- POHLAND, F.G. 1980. Leachate recycle as a management option. In: Proceedings of Leachate Management Seminar. University of Toronto. Toronto. Ontario.

SEADE .1995. Perfil Municipal do Estado de São Paulo. Relatório Anual. 1 Disquete. São Paulo

USEPA. 1989. Requirements for Hazardous Waste Landfill Design, Construction, and Closure. Seminar Publication. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Technology Transfer, Cincinnati, OH.

USEPA. 1991. Site Characterization for Subsurface Remediation. Seminar Publication. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Cincinnati, OH.

USEPA. 1992. The Hazard Ranking System. U.S. Environmental Protection Agency. 201p.

USEPA. 1994. Design, Operation, and Closure of Municipal Solid Waste Landfills. Seminar Publication. Washington, D.C., U.S.A. 86p.

ANEXO 1
FICHA CADASTRAL E
FICHA DE PONTUAÇÃO

FICHA CADASTRAL DE ÁREAS CONTAMINADAS

1. IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA

1.1 Nº de cadastro: **D0001101**

1.2 Data da inspeção: **23.06.94** Data de atualização:

1.3 Inspetores: **Seiju, Wagner e Júlia**

1.4 Denominação atual do local: **Lixão do Alvarenga**

1.5 Endereço: **Estrada do Alvarenga/ Estrada das Volta s/n**

Bairro: **Jardim Bela Vista (Bairro dos Alvarengas)**

Município: **Diadema/ São Bernardo do Campo**

1.6 Proprietário Atual : **Prefeitura Municipal de Diadema e São Bernardo do Campo**

1.7 Latitude [**7.373.700**] Longitude [**335.300**] Folha Topográfica: **3345**

1.8 Tipo de fonte de contaminação: [**1**]

(1) Disposição de Resíduos	(Preencher item 2)
(2) Área Industrial	(Preencher item 3)
(3) Área Comercial	(Preencher item 3)
(4) Posto de Serviço	(Preencher item 3)
(5) Outras Fontes	(Preencher item 4)
(6) Não conhecida	(Preencher item 4)

1.9 Cód. da Atividade IBGE _____

Descrição _____

1.10 Situação atual quanto ao funcionamento

[**x**] Ativa(o) desde: **01/01/79**

[] Desativada(o) funcionamento de _____ até _____

1.11 Denominação anterior da área _____

1.12 Área total da propriedade ou área afetada: **350.000** (m²)

1.13 Classificação da área

Classificação: (1) Área Potencial	Motivo: (1) Identificação de AP
(2) Área Suspeita	(2) Avaliação Preliminar
(3) Área Contaminada	(3) Investigação Confirmatória
(4) Área Excluída	(4) Remediação

Classificação	Data	Motivo
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

2. DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS

2.1 Tipo de Disposição [5]

(1) Aterro Controlado	(2) Aterro Sanitário
(3) Aterro Industrial	(4) Aterro de Entulhos
(5) Lixão	(6) Bota fora

2.2 Volume estimado de resíduos: 5.250.000 metros cúbicos (CP1)

2.3 Tipos de Resíduos (CP1)

☒ Resíduo Industrial	☐ Resíduo de Serviço de Saúde
☒ Resíduo Domiciliar	☒ Resíduo Inerte
☐ Resíduo de mineração	☒ Varrição
☒ Entulhos	☐ Lodos de dragagem
☐ Lodos do tratamento de águas residuárias	☐ Outros lodos

2.4 Tipos de Resíduos Industriais:

Denominação	Quantidade	Unidade (m3)(l)(t)(kg)
Borra de óleo		
Amianto		
Lona de freio		
Plásticos		
Borrachas		

2.5 Disposição desenvolvida [1]

- (1) acima da superfície do terreno
(2) abaixo da superfície do terreno
(3) acima e abaixo da superfície do terreno

Altura: acima: **50 m** abaixo: _____ metros estimados

2.6 Existência de impermeabilização inferior (PAS)

☒ inexistente	☐ Membrana
☐ argila e membrana	☐ Dupla Membrana
☐ argila	☐ Desconhecida

2.7 Recobrimento operacional [2]

- (1) Sim (2) Não (3) Desconhecido

2.8 Operação de compactação [2]

- (1) Sim (2) Não (3) Desconhecido

2.9 Existência de drenagens:

- (1) Sim (2) Não (3) Desconhecido

☒ de águas de escoamento superficial	☒ de nascentes
☒ de líquidos percolados	☒ de gases

2.10. Destino dos líquidos percolados (PAS)

- ☒ Água superficial
- ☒ Infiltração no solo
- ☐ Infiltração em poços
- ☐ Estação de tratamento de esgotos
- ☐ Estação de tratamento própria

2.11 Tipo de sistema de tratamento de líquidos percolados

☒ Inexistente	
☐ Lagoas com impermeabilização	☐ Recirculação
☐ Filtros	☐ Digestor Anaeróbio
☐ Outros _____	

2.12 Existência de catadores no local [3]

- (1) Não
- (2) menos de 5
- (3) de 5 a 50
- (4) mais de 50

2.13 Operação de impermeabilização superior [1]

- (1) inexistente
- (2) parcial
- (3) total com fraturas
- (4) total

2.14 Material de impermeabilização superior (PS) [1]

- (1) inexistente
- (2) aterro argiloso
- (3) aterro arenoso
- (4) membrana
- (5) dupla membrana
- (6) argila e membrana
- (7) pavimentação com asfalto/cimento
- (8) desconhecido

3. ÁREA INDUSTRIAL/COMERCIAL

3.1 Tipo de atividade industrial/comercial (CP1)

☐ Mineração	☐ Produtos químicos
☐ Energia	☐ Produtos farmacêuticos
☐ Equipamentos eletro-eletrônicos	☐ Produção e transformação de metais
☐ Recuperação de resíduos	☐ Borracha
☐ Armazen. de prods. quím. e combust.	☐ Têxtil
☐ Papel	☐ Couro
☐ Madeira	
☐ outras	

3.2 Fonte potencial de contaminação:

- Disposição em aterro próprio (preencher item nº 2)
- Produção
- Armazenagem
- Tratamento
- Infiltração

3.3 Número de funcionários: _____

3.4 Materiais utilizados/produzidos/armazenados

Tipo de Material: (MP)Materia prima (PP)Produtos produzidos (OM)Outra Materia

Armazenamento: (TE)Tanques enterrados (TA)Tanques aéreos (GA)Galpão (DC)depósito a céu aberto (OU)Outros

[illegible]

3.5 Resíduos Gerados:

Acondicionamento: (E01)Tambor de 200 l (E02)A Granel (E03)Caçamba (E04)Tanque (E05)Tambores outros (E06)Fardos (E07)Sacos plásticos (E08)Outras formas (E98)Inexistente (E99)Desconhecido

Armazenamento: (TE)Tanques enterrados (TA)Tanques aéreos (GA)Galpão (DC)depósito a céu aberto (OU)Outros

Dest. final (não no local): (AT)Aterro terceiros (LF)Landfarming (VE)venda (OU)Outros

Dest.final (no local): (AT1) Aterro (LF1) Landfarming (LA) Lagoa (PI) Poço de infilt. (IR) Irrigação (CO) Compostagem (OU) Outros

[illegible]

3.6. Destino das águas residuárias (PAS)

- ☐ Água superficial
- ☐ Infiltração no solo
- ☐ Infiltração em poços
- ☐ Estação de tratamento de esgotos
- ☐ Estação de tratamento própria

3.7 Tipo de sistema de tratamento de águas residuárias:

☐ Inexistente	☐ Recirculação
☐ Lagoas com impermeabilização	☐ Digestor Anaeróbio
☐ Filtros	
☐ Outros	

3.8 Condições de impermeabilização na área

- (1) Boas (2) Ruins

- [] Área de produção
- [] Área de armazenagem de substâncias
- [] Área de armazenagem de resíduos

3.9. Impermeabilização da superfície do solo (PS) [1]

(1) inexistente	(2) aterro argiloso	(3) aterro arenoso
(4) membrana	(5) dupla membrana	(6) argila e membrana
(7) pavimentação com asfalto/cimento	(8) desconhecido	

3.10 Existência de vazamentos/infiltrações

☐ Tanques de armazenamento	☐ Tubulações
☐ No processo produtivo	☐ Na ETE
☐ No tratamento/armazenamento de resíduos	
☐ Inexistente	☐ Desconhecida
☐ Outros	

4. Outras Fontes / Fontes não conhecidas

4.1. Tipo: []

- (1) Acidentes
- (2) Atividade agrícola
- (3) Outras _____
- (4) Não conhecida

4.2. Causa []

- (1) Colisão/tombamento de veículos
- (2) Corrosão de dutos
- (3) Vazamentos
- (4) Infiltração
- (5) Outros _____
- (6) Não conhecida

4.3. Data da Ocorrência: _____

4.4. Material/Resíduo

Denominação	Quantidade Estimada	Unidade (m3)(l)(kg)(ton)
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

4.5. Destino das substâncias/material envolvidos (PAS)

- [] Água superficial
- [] Infiltração no solo
- [] Infiltração em poços
- [] Outros _____

4.6. Existência de impermeabilização da superfície da área (PS) []

- (1) inexistente
- (2) aterro argiloso
- (3) aterro arenoso
- (4) membrana
- (5) dupla membrana
- (6) argila e membra
- (7) pavimentação com asfalto/cimento
- (8) desconhecido

5. DESCRIÇÃO DA ÁREA E SUAS ADJACÊNCIAS (raio de 1.000 metros)

5.1 Resíduos e/ou substâncias presentes na área (CP2)

Conf.	Est.	
[x]	[x]	Solventes orgânicos não halogenados
[]	[]	Solventes orgânicos halogenados
[]	[x]	Hidrocarbonetos clorados voláteis
[]	[]	Hidrocarbonetos clorados não voláteis (ex: PCB)
[]	[]	Dioxinas e furanos
[]	[]	Comp. org. nitrogenados, fosfatados e sulfurados (não pesticidas)
[]	[]	Hidrocarbonetos aromáticos (não PAH)
[]	[]	Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH)
[]	[]	Fenóis
[]	[x]	Derivados do petróleo
[]	[]	Alcatrão e similares
[]	[]	Pesticidas
[]	[]	Ácidos, bases e anidridos
[]	[x]	Metais, ligas e compostos metálicos
[]	[]	Compostos inorgânicos de elevada toxicidade (Cianetos, Fluoretos, Cromatos)
[]	[]	Substâncias utilizadas na indústria bélica
[]	[]	Outros
[]	[]	Desconhecido

5.2 Ocupação do solo/áreas com bens a proteger: (CP3)

dentro	fora	
[]	[]	Zona ferroviária
[]	[]	Zona viária
[]	[]	Estacionamento
[]	[]	Aeroporto
[]	[]	Área militar
[]	[]	Área comercial
[]	[]	Área industrial
[]	[]	Área de interesse público
[]	[]	Mineração
[]	[]	Residencial com hortas, alta dens.pop. (>=20 casas)
[]	[]	Residencial com hortas, baixa dens.pop (<20 casas)
[]	[x]	Residencial sem hortas, alta dens.pop. (>=20 casas)
[]	[]	Residencial sem hortas, baixa dens.pop (<20 casas)
[]	[]	Parque, área verde
[]	[]	Parque infantil/Jardim infantil
[]	[]	Área de lazer e desportos
[]	[]	Cemitério
[]	[]	Escola
[]	[]	Hortas
[]	[]	Área de pecuária
[]	[]	Área agrícola
[]	[x]	Mata natural
[x]	[]	Área de proteção ambiental
[]	[]	Área de proteção de mananciais
[]	[x]	Bacia hidrográfica para abastecimento
[]	[]	Aquíferos importantes
[x]	[]	Zona de maior restrição de proteção de mananciais
[]	[]	Área inundável, várzea
[]	[]	Represa para abastecimento público
[]	[]	Água superficial para abastecimento público
[]	[]	Poço para abastecimento público
[]	[]	Poço para abastecimento domiciliar

5.3 Uso atual da área:

	Edificação industrial desativada
	Edificação industrial com uso residencial
	Edificação industrial com uso comercial
	Edificação industrial com uso cultural
	Edificação industrial com uso industrial
	Edificação comercial
x	Edificação residencial
	Edificação cultural
	Edificação industrial
	Sem edificações
x	Outros

.4 Uso previsto para a área:

- x** Residencial
Industrial
Comercial
Cultural
Desconhecido
Outros

5.5.Distância até a edificação mais próxima da área [1] (PA)

(1) < 50 m (2) 50 - 100 m (3) 100 m - 500 m (4) > 500 m (5) inexistente

5.6 Posição da área no relevo

- ☐ x várzea ☐ fundo de vale
☐ x encosta ☐ x topo
☐ cava de mineração _____
 Outros: _____

5.7 Textura predominante do solo [2] (PAS)

(1) argilosa (2) arenosa (3) siltosa

5.8.Resultado de análise de solo (PS)

(1) contaminado	[3] profundidade 0 a 1m
(2) não contaminado	[3] profundidade >1m
(3) análise não realizada	
(4) desconhecida	

5.9 Variação do nível da água subterrânea na área. [x] inferida [] medida
de 0 a 12 m

5.10 Nível sazonalmente mais elevado da água subterrânea [1] (PAS)

- (1) Em contato com o resíduo/solo contaminado
(2) Abaixo do resíduo/solo contaminado
(3) Desconhecida

5.11 Existência de água subterrânea contaminada por influência da área (confirmada por análise ou presença de produto/substância imiscível) (PAS)

☐ sim ☐ não ☒ desconhecida

5.12 Uso da água subterrânea afetada pela contaminação(PAS)

☐	Abastecimento público	☐	Abastecimento domiciliar
☐	Irrigação/pecuária/piscicultura	☐	Recreação
☐	Industrial	☒	Desconhecida
☐	Inexistente		

5.13.Contexto hidrogeológico da área [8-9] (PAS)

- (1) Quaternário
- (2) Terciário em área de recarga
- (3) Terciário em área de descarga
- (4) Cárstico
- (5) Cristalino aflorante
- (6) Cristalino com manto argiloso em área de recarga
- (7) Cristalino com manto argiloso em área de descarga
- (8) Cristalino com manto arenoso em área de recarga
- (9) Cristalino com manto arenoso em área de descarga
- (10) Desconhecido

5.14 Existência de água superficial contaminada por influência da área (confirmada por análise ou presença de produto/substância imiscível) (PASP)

☐	Não
☐	Sim, utilizada para abastecimento público
☐	Sim, utilizada para abastecimento domiciliar
☐	Sim, não utilizada
☐	Sim, utilizada para irrigação/pecuária/piscicultura
☐	Sim, utilizada para recreação
☒	desconhecida

5.15 Possibilidade de influência direta da área sobre as águas superficiais (PASP)

☐	Não
☒	Sim, utilizada para abastecimento público
☐	Sim, utilizada para abastecimento domiciliar
☐	Sim, não utilizada
☐	Sim, utilizada para irrigação/pecuária/piscicultura
☒	Sim, utilizada para recreação
☐	desconhecida

5.16 Possibilidade de enchente na área e uso da água superficial no local (PASP)

☒	Não
☐	Sim, utilizada para abastecimento público
☐	Sim, utilizada para abastecimento domiciliar
☐	Sim, não utilizada
☐	Sim, utilizada para irrigação/pecuária/piscicultura
☐	Sim, utilizada para recreação
☐	desconhecida

5.17.Qualidade do ar do solo na área [3] (PA)

- (1) contaminada
- (2) não contaminada
- (3) análise não realizada
- (4) desconhecida

6. EVENTOS IMPORTANTES / RISCOS COMPROVADOS

6.1 Ocorrência de acidentes e/ou eventos importantes

- ☒ recalque (PS)
- ☒ desabamento (PS)
- ☐ erosão (PS)
- ☒ danos à vegetação(PS) (PA)
- ☒ dispersão de poeira contendo contaminantes do local (PS) (PA)
- ☐ danos aos animais (PS) (PA)
- ☐ danos à saúde (PS) (PA)
- ☒ danos materiais (PS) (PA)
- ☒ explosão (PA)
- ☒ incêndio (PA)
- ☒ emissão perceptível de gases/vapores (PA)
- ☐ outros (PS) (PA)
- ☐ desconhecida (PS) (PA)
- ☐ inexistente (PS) (PA)

6.2 Erosão existente (tipo predominante) [3 e 4]

- (1) inexistente
- (2) laminar
- (3) sulco
- (4) ravina
- (5) voçoroca

6.3 Existência de risco comprovado a respeito de contaminação do solo (PS)

- ☐ Não, assegurado por análises
- ☒ Sim, para saúde de população
- ☒ Sim, para animais
- ☒ Sim, para vegetação
- ☐ desconhecida

6.4 Indicações visíveis na superfície do solo (PS)

- ☐ Presença do contaminante
- ☒ Odor
- ☒ Coloração
- ☐ inexistente
- ☐ desconhecida
- ☐ Outros _____

6.5 Presença de gases/vapores nas edificações vizinhas [3] (PA)

- (1) Sim
- (2) Não
- (3) Desconhecida

7. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA ÁREA

7.1 Investigação confirmatória: ☐ Sim ☒ Não

Executante: _____

Data da início: _____ Data de encerramento: _____

Resumo dos resultados:

Substâncias	Faixa de concentração	Unidade	Meio amostrado	Padrão considerado
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

7.2 Investigação detalhada: ☐ Sim ☒ Não

Executante: _____

Data da início: _____ Data de encerramento: _____

7.3 Análise de risco: ☐ Sim ☒ Não

Executante: _____

Data de início: _____ Data de encerramento: _____

Existência de risco à saúde: ☒ Sim ☐ Não

7.4 Remediação do local: ☐ Sim ☒ Não

Firma executante: _____

Data de início: _____ Data de encerramento: _____

Técnicas empregadas: _____

8. FONTES DE INFORMAÇÃO

[x]	CETESB
[]	Prefeituras
[x]	Pessoas do local
[]	Indústria
[]	Empresas
[x]	Outras

CRITÉRIO PRINCIPAL 1 - FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Disposição: Tipos de Resíduos	Confirmado	Estimado	BP1 a BP6	Mn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Resíduo Industrial	3		3							
Resíduo de Serviço de Saúde	3		3							
Resíduo Domiciliar	2		2							
Resíduo Inerte	1		1							
Resíduo de Mineração	1									
Varrição	1		1							
Entulhos	1		1							
Lodos do Tratam. de Aguas Resid.	2									
Lodos de Dragagem	3									
Outros Lodos	3									
			3	(x) 1,90 =	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70
Volume de Disposição de Resíduos										
> 1.000.000 m³	3		3							
100.000 - 1.000.000 m³	2									
< 100.000 m³	1									
			3	(x) 0,48 =	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44
Grupos de Substâncias										
Orgânicos halogenados voláteis	3	2	2							
Orgânicos não halog voláteis	3	2	2							
Hidrocarb clorados voláteis	3	2	2							
Aromáticos Clorados (PCB)	3	2								
Dioxinas e Furanos	3	2								
Compostos org. Nitrogenados, Fosfatados, Sulfados (sem Pesticidas)	3	2	2							
Hidrocarb arom (sem PAH)	3	2								
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAH)	3	2								
Fenóis	3	2								
Derivados de petróleo	2	1	1							
Alcatrões e produtos similares	2	1								
Pesticidas	3	2								
Metais e seus compostos	3	2	2							
Compostos inorg. (sem metais)	2	1	1							
Compostos inorg. (mais tóxicos: Cianet, fluorados e cromados)	3	2								
outras substancias	2	1	2							
desconhecida	1	1	2							
			2	(x) 0,95=	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
Soma do Critério Principal 1					9,04	9,04	9,04	9,04	9,04	9,04

CRITÉRIO PRINCIPAL 2A- PROPAG. VIA SOLO

Análise (0-1 m Prof)	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6	Mn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Contaminado	3													
Não contaminado	0													
Análise não realizada	2	2		2		2	2							
Desconhecido	2													
		2		2		2	2	(x) 0,5 =	1,0		1,0		1,0	1,0

Análise (> 1 Prof.)	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6							
Contaminado	3													
Não contaminado	0													
Análise não realizada	2		2	2	2	2	2							
Desconhecido	2													
			2	2	2	2	2	(x) 0,5 =		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Eventos Importantes	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6							
Recal, Desab, Erosão	2	2				2	2							
Danos a vegetação	2			2		2	2							
Dispersão de poeira	1	1		1		1	1							
Danos a animais	2													
Danos ao homem	3													
Danos materiais	2						2							
Outros, desconhecida	1													
Inexistente	0													
		2	-	2	-	2	2	(x) 0,4 =	0,8	-	0,8	-	0,8	0,8

Risco Compr (Solo)	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6							
Não, asseg por anális	0													
Sim, p/ saúde da pop.	3	3												
Sim, p/ animais	2					2								
Sim, p/ vegetação	2			2		2								
Desconhecida	2													
		3		2		2		(x) 0,6 =	1,8		1,2		1,2	

Imperm. Superf.	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6							
Memb, solo	0													
Pav. (asfalto ou cimen)	1													
Aterro argiloso	2													
Aterro arenoso	3													
Inexistente, desconhec.	3	3	3	3	3	3	3							
		3	3	3	3	3	3	(x) 0,6 =	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

Ind. Visiv (sup. Solo)	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6							
Odor, pres de contamin	3	3		3		3	3							
Coloração	3													
Inexistentes	0													
Outros, desconhecido	2													
		3		3		3	3	(x) 0,4 =	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Critério Principal 2 - Propagação Via Solo	6,6	2,8	7,0	2,8	7,0	5,8
---	------------	------------	------------	------------	------------	------------

CRITÉRIO PRINCIPAL 2B - PROPAG. VIA ÁGUA SUPERFICIAL

Qualidade	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6	Mn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Não, utilizada	0													
Sim, util abast público	3		3		3		3							
Sim, util abast domicil	3													
Sim, não utilizada	1													
Sim, util irrig, pec, pisc	2				2	2	2							
Sim, util recreação	3	3			3		3							
Desconhecida	2													
		3	3		3	2	3	(x) 0,6 =	1,8	1,8		1,8	1,2	1,8

Infl direta sobre AS	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6		BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Não, utilizada	0													
Sim, util abast público	3		3		3		3							
Sim, util abast domicil	3													
Sim, não utilizada	1													
Sim, util irrig, pec, pisc	2				2	2	2							
Sim, util recreação	3	3			3		3							
Desconhecida	2													
		3	-		3	-	3	(x) 0,4 =	1,2	1,2		1,2	0,8	1,2

Possib Enchente	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6		BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Não, utilizada	0				0		0							
Sim, util abast público	3													
Sim, util abast domicil	3													
Sim, não utilizada	1													
Sim, util irrig, pec, pisc	2													
Sim, util piscicultura	3													
Desconhecida	2													
		-	-		0	-	0	(x) 0,3 =	-	-		0	-	0

Crítério Principal 2 - Propag. Via Água Superficial		3,0	3,0		3,0	2,0	3,0
--	--	-----	-----	--	-----	-----	-----

CRITÉRIO PRINCIPAL 2C- PROPAG. VIA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Contaminação A Sub	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6	Mn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Sim	3													
Não	0													
Desconhecida	2		2		2		2							
			2		2		2	(x) 0,5 =		1,0		1,0		1,0

Uso A Sub afet. cont	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6		BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Abastec público	3													
Abastec domiciliar	3	3	3	3	3									
Recreação	3													
Irrigação, pecuária	2													
Uso Industrial	1													
Desconhecida	2													
Inexistente	0													
		3	3	3	3	-	-	(x) 0,4 =	1,2	1,2	1,2	1,2	-	-

Text pred do solo	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6		BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Arenosa, siltosa	3		3		3									
Argilosa	1													
Desconhecida	2													
			3		3			(x) 0,1 =		0,3		0,3		

Imperm inferior	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6		BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Inexistente, desconhec.	3		3		3									
Argila, membrana	1													
Dupla membrana	0													
			3		3			(x) 0,2 =		0,6		0,6		

Dest. Fin Liq Percol	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6		BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Ag Sup, Solo ou Poços	3		3		3									
Estac. tratamento	0													
			3		3			(x) 0,2 =		0,6		0,6		

Nível D'água subter.	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6		BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Em cont. com resíduo	3		3		3									
Abaixo do resíduo	0													
Desconhecida	2													
			3		3			(x) 0,1 =		0,3		0,3		

Contex. Hidrogeol.	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6		BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
01, 02, 04, 05, 08			3		3									
03, 06, 09														
07														
Desconhecido														
			3		3			(x) 0,4 =		1,2		1,2		

Critério Principal 2 - Propag Via Ág. Subterrâneas	1,2	5,2	1,2	5,2	0,0	1,0
---	------------	------------	------------	------------	------------	------------

CRITÉRIO PRINCIPAL 2D- PROPAG. VIA SOLO

Qual do ar do solo	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6	Mn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Análise não realizada	2	2		2		2	2							
Contaminada	3													
Não contaminada	0													
Desconhecida	2													
		2		2		2	2	(x) 0,3 =	0,6		0,6		0,6	0,6

Eventos importantes	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6							
Expl, incen, dan saúde	3	3					3							
Gases, disp poeira cont	2	2		2		2	2							
Danos materiais	2													
Danos vegetação	2													
Inexistentes	0													
		3		2		2	3	(x) 0,4 =	1,2		0,8		0,8	1,2

Pres gases Edif Viz	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6							
Não	0													
Sim	3													
Desconhecido	1	1					1							
		1					1	(x) 0,5 =	0,5					0,5

Dist até Edif + Prox	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6							
50 m	3	3					3							
50-100 m	2													
> 100 m	1													
Edif. Inexistente	0													
		3					3	(x) 0,4 =	1,2					1,2

Critério Principal 2 - Propag Via Ar									3,5	-	1,4	-	1,4	3,5
---	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	---	-----	---	-----	-----

CRITÉRIO PRINCIPAL 3A- BENS A PROTEGER

DENTRO DA ÁREA	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6	Mn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Zona ferroviária	1													
Zona viária	1													
Estacionamento	1													
Aeroporto	1													
Área militar	1													
Comercial	1													
Industrial	1													
Área de interes públi	1													
Mineração	1													
Res. Hortas (alt.pop)	3													
Res hortas (bai. pop)	3													
Res (alta dens. pop.)	3													
Res. (bai dens. pop.)	3	3		3			3							
Parque, área verde	2	2					2							
Parq/escola (infantil)	3													
Área de laz e desp	2													
Cemitérios	1													
Escola	2													
Hortas	3													
Área de pecuária	1													
Área agrícola	3													
Mata natural	1						1							
APAs	2						2							
APMs	2		2		2									
Bac hidr de Abastec	3													
Aquíferos Import.	2		2		2									
Zon.maior rest man	3													
Área inund, várzea	2													
Repr abastec.público	3													
Á sup. Abast público	3													
Poço abast público	3													
Poço abast domic	3		3		3									
		3	3	3	3	-	3	(x) 2,22 =	6,66	6,66	6,66	6,66	-	6,66
Critério Princial 3 - Bens a Proteger (Dentro da Área)									6,66	6,66	6,66	6,66	-	6,66

CRITÉRIO PRINCIPAL 3B - BENS A PROTEGER

FORA DA ÁREA	Rn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6	Mn	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Zona ferroviária	1													
Zona viária	1													
Estacionamento	1													
Aeroporto	1													
Área militar	1													
Comercial	1													
Industrial	1													
Área de interes públ	1													
Mineração	1													
Res. Hortas (alt. pop)	3													
Res hortas (bai. pop)	3													
Res (alta dens. pop.)	3	3		3			3							
Res. (bai dens. pop.)	3													
Parque, área verde	2													
Parq/escola (infantil)	3													
Área de laz e desp	2													
Cemitérios	1													
Escola	2													
Hortas	3													
Área de pecuária	1													
Área agrícola	3													
Mata natural	1						3							
APAs	2													
APMs	2		2		2									
Bac hidr de Abastec	3		3		3									
Aquíferos import.	2		2		2									
Zon. maior rest man	3													
Área inund. várzea	2				2									
Repr abastec. público	3		3		3									
Á sup. Abast público	3		3		3									
Poço abast público	3													
Poço abast domic	3		3		3									
		3	3	3	3	-	3	(x) 1,11=	3,33	3,33	3,33	3,33	-	3,33
Critério Princial 3 - Bens a Proteger (Fora da Área)									3,33	3,33	3,33	3,33	-	3,33
Soma do Critério Principal 3									9,99	9,99	9,99	9,99	-	9,99

SOMA DO CRITÉRIO PRINCIPAL 2

		BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Propagação Via Solo		6,6	2,8	7,0	2,8	7,0	5,8
Propagação Via Água Superficial	+	3,0	3,0		3,0	2,0	3,0
Propagação Via Água Subterrânea	+	1,2	5,2	1,2	5,2	0,0	1,0
Critério Principal 2 - Propag Via Ar	+	3,5		1,4		1,4	3,5
	=	14,3	11,0	9,6	11,0	10,4	13,3
	:	1,89	1,56	1,23	1,56	1,62	1,86
Soma do Critério Principal 2		7,57	7,05	7,80	7,05	6,42	7,15

PONTUAÇÃO FINAL							
		BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
Soma do Critério Principal 1		9,04	9,04	9,04	9,04	9,04	9,04
	x						
Soma do Critério Principal 2		7,57	7,05	7,80	7,05	6,42	7,15
	x						
Soma do Critério Principal 3		9,99	9,99	-	9,99	-	9,99
	=						
Pontuação Final		684	637	704	637	58	646

ANEXO 2
PONTUAÇÕES OBTIDAS PELAS
ÁREAS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DA RMSP

Número	Aterro	Município	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
1	Ant L Munic	Arujá	303	42	52	34	53	365
2	L Motel Bah	Barueri	79	37	44	38	38	90
3	L Barueri	Barueri	152	44	52	46	52	170
4	Ant L Estr S	Biritiba Mirim	12	102	26	121	21	25
5	Inibra	Caieiras						
6	L Mun Caiei	Caieiras	212	28	37	31	31	226
7	L Port Laranj	Caieiras	85	97	32	103	24	94
8	Vi.dos Pinhe	Caieiras	73	21	27	22	23	91
9	L Municipal	Cajamar						
10	L Carapicuib	Carapicuíba	143	44	181	47	47	169
11	Aterro Sanita	Cotia	225	36	46	34	40	255
12	Antigo L Diad	Diadema	107	38	37	38	37	121
13	A. Tensão	E. Guaçu	110	225	39	34	198	108
14	B. do Paca	E. Guaçu	169	108	130	108	30	104
15	Bei da Estra	E. Guaçu	87	69	36	72	27	27
16	E. do Bayton	E. Guaçu	91	66	36	69	27	93
17	L. da Cobra	E. Guaçu	71	29	29	30	22	74
18	L Desativado	Embú	84	230	32	230	24	101
19	L Mun Embú	Embú	282	128	44	128	37	323
20	Lix F. Rocha	F. Rocha	90	29	37	31	37	111
21	M. Lixão I	F. Rocha	21	29	27	31	24	57
22	M. Lixão II	F. Rocha	21	29	27	31	24	57
23	Antigo L Fco	Fco Morato	55	26	31	28	27	86
24	L Mun Fco M	Fco Morato	77	29	37	30	32	109
25	L Ferraz Vas	Ferraz Vasc	25	149	42	153	34	30
26	L Mun(mimi)	Franco Roch	27	35	43	32	38	41
27	Antigo L Vi.	Guararema	73	26	85	29	45	131
28	CIPAS Biritib	Guararema	87	34	105	34	30	74
29	Lixão Guarar	Guararema	13	62	36	69	23	83
30	Ant L Itapegi	Guarulhos	193	35	34	38	31	255
31	Jd Arapong 1	Guarulhos	375	34	32	35	29	437
32	Jd Arapong 2	Guarulhos	204	39	37	41	36	237
33	L Aguazul	Guarulhos	249	38	53	42	41	291
34	L Bonsucess	Guarulhos	117	34	143	37	132	138
35	L Pq CECAP	Guarulhos	108	33	39	68	32	110
36	Pq Ecol Tiête	Guarulhos	124	33	46	36	40	145
37	Ant L Itape 1	Itapecerica	168	32	36	33	27	170
38	Ant L Itape 2	Itapecerica	197	31	29	33	176	189
39	Ant L Jd S M	Itapecerica	134	26	30	28	27	193
40	L Mun Itapec	Itapecerica	187	162	43	162	216	243
41	L desativado	Itapevi	24	84	42	88	37	36
42	L Itap Cohab	Itapevi	132	41	52	43	118	151
43	L Itapevi	Itapevi	95	30	37	37	32	115
44	CIPAS	Itaquaquec	81	32	41	34	35	119
45	Farabolini	Itaquaquec	114	94	44	101	39	142
46	L Ter Rocha	Itaquaquec	307	32	32	32	28	360
47	L Bair Vitalin	Juquitiba	77	27	33	29	90	89
48	Lixão Munic	Juquitiba	67	170	28	170	25	76
49	Ant L Munic	Mairiporã	23	28	30	28	30	35
50	Al Boa Hora	Mauá	28	250	36	168	33	39
51	L Mauá (San)	Mauá	25	34	31	36	29	30

52	Lara/Sertãoz	Mauá	80	198	36	209	214	386
53	Rod Hobbes	Mauá	36	44	49	46	42	48
54	Sapope VI	Mauá	143	41	53	43	46	153
55	Ater de Mogi	Mogi Cruzes	160	60	30	63	27	185
56	L Bair Rodeio	Mogi Cruzes	23	174	30	181	27	27
57	L Fco Filho I	Mogi Cruzes	104	154	42	168	37	128
58	L Fco Filho II	Mogi Cruzes	34	182	45	191	42	40
59	L Taiapuêba	Mogi Cruzes	20	185	24	194	24	26
60	Volta Fria I	Mogi Cruzes	207	154	39	161	30	210
61	Volta Fria II	Mogi Cruzes	203	140	38	151	84	319
62	Volta Fria III	Mogi Cruzes	287	299	65	312	144	421
63	Ater Sanitár	Osasco	121	44	184	46	48	174
64	L Água Verm	Poá	214	81	44	88	39	316
65	L VI Varela	Poá	116	192	49	201	46	159
66	Ant L Rib Pir	Ribeir Pires	294	43	47	44	40	372
67	A Matar-BHC	S. Andre	342	38	45	39	40	437
68	ALM S Andre	S. Andre	413	44	52	46	45	490
69	AM S Andre	S. Andre	121	47	54	49	47	165
70	Bandeirantes	S. B. Campo	287	45	54	47	47	337
71	Cama Patent	S. B. Campo	276	360	52	375	45	327
72	Cooperat I	S. B. Campo	138	44	52	41	45	163
73	Cooperat II	S. B. Campo						
74	Montanhão	S. B. Campo	60	41	23	43	20	119
75	T de Guerra	S. B. Campo	133	31	204	32	28	200
76	A.S.Sapope	S. Paulo	148	44	55	47	52	183
77	At. Jacuí	S. Paulo	203	37	38	37	32	286
78	Barrocada	S. Paulo	97	31	99	31	29	111
79	Cebolão	S. Paulo	112	35	37	80	36	99
80	E Pessego I	S. Paulo	35	33	44	37	334	419
81	E Pessego II	S. Paulo	35	33	44	37	334	419
82	Est Palanque	S. Paulo	304	39	52	40	45	324
83	Guarulhos VI	S. Paulo	183	30	32	31	25	189
84	Jd. S. João	S. Paulo	298	31	392	72	37	350
85	Lauzane	S. Paulo	158	71	67	75	61	177
86	Lix Itaquera	S. Paulo	157	30	29	125	28	205
87	Ped Itaberaba	S. Paulo	195	213	231	223	205	202
88	Ped Itatinga	S. Paulo	84	189	39	189	37	109
89	Pq. R. Tavar	S. Paulo	234	31	28	31	29	297
90	Quitaúna	S. Paulo	115	32	134	35	36	124
91	São João	S. Paulo	95	30	42	71	91	119
92	São Mateus	S. Paulo	59	37	38	37	37	83
93	Sapope I	S. Paulo	228	41	46	43	36	275
94	Sapope II	S. Paulo	167	31	34	32	30	202
95	Sapope III	S. Paulo	198	30	35	31	31	233
96	Sapope IV	S. Paulo	508	64	63	67	71	589
97	Sapope V	S. Paulo	237	64	46	43	41	309
98	Sapope VII	S. Paulo	119	37	41	39	36	142
99	Sapope VIII	S. Paulo	53	19	22	20	19	64
100	Sto Amaro	S. Paulo	78	301	37	301	36	82
101	V Albertina	S. Paulo	216	160	241	178	87	225
102	V. Curuçã	S. Paulo	132	19	17	178	16	179
103	L Matadouro	Salesópolis	204	103	32	107	24	208

104	L Morro Gde	Sta.Isabel	86	30	30	31	29	98
105	L Mun Sta.Is	Sta.Isabel	39	94	53	98	132	132
106	L Antig Suza	Suzano	134	40	147	42	43	51
107	L Desat Tab	Taboão Serra	84	30	27	30	27	93
108	L Estr Lages	Var Gde Pta	16	21	25	22	75	57
109	L Ferreira Gu	Var Gde Pta	80	31	33	33	103	195
110	L Rua Pales	Var Gde Pta	307	33	113	34	26	326
111	L Barrocada	Guarulhos	102	167	140	180	0	116
112	L Mun Cajam	Cajamar	31	38	47	39	41	45
113	L Alvarenga	Diadema	684	637	704	637	58	646
114	Aterro Cipas B.M	Biritiba Mirim	172	118	168	136	162	147
115	L. Estr. Sta Cat.	Biritiba Minirm	0	267	0	171	104	78
116	Lix. Munic	Mairiporã	0	108	0	161	134	103