

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

MAÍSA COMAR PINHOTTI AGUIAR

**ANÁLISE DOS CRITÉRIOS DO MEIO FÍSICO APLICADOS NA  
DEFINIÇÃO DE ÁREAS PARA ATERROS SANITÁRIOS NOS  
PROCESSOS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL: realidade e  
perspectivas**

Rio Claro - SP

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**ANÁLISE DOS CRITÉRIOS DO MEIO FÍSICO APLICADOS NA  
DEFINIÇÃO DE ÁREAS PARA ATERROS SANITÁRIOS NOS  
PROCESSOS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL: realidade e  
perspectivas**

MAISA COMAR PINHOTTI AGUIAR

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Marcus Cesar Avezum  
Alves de Castro

Rio Claro - SP

2019

A282a	<p data-bbox="507 1453 1262 1637">Aguiar, Maísa Comar Pinhotti Análise dos critérios do meio físico aplicados na definição de áreas para aterros sanitários nos processos de licenciamento ambiental: realidades e perspectivas / Maísa Comar Pinhotti Aguiar. -- Rio Claro, 2019 190 p. : il.</p> <p data-bbox="507 1733 1171 1823">Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro Orientador: Marcus Cesar Avezum Alves de Castro</p> <p data-bbox="507 1890 1235 1957">1. Meio físico. 2. Aterro sanitário. 3. Licenciamento ambiental. 4. Resíduos sólidos urbanos. I. Título.</p>
-------	--

MAISA COMAR PINHOTTI AGUIAR

**ANÁLISE DOS CRITÉRIOS DO MEIO FÍSICO APLICADOS NA  
DEFINIÇÃO DE ÁREAS PARA ATERROS SANITÁRIOS NOS  
PROCESSOS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL: realidade e  
perspectivas**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente

Comissão Examinadora

Prof Dr Valdir Schalch- EESC-USP

Profa. Dra. Vania Silvia Rosolen- UNESP-IGCE Rio Claro

Prof. Dr. Marcelo Ribeiro Barison- UNIFAL- Poços de Caldas

Prof. Dr. Wellington Cyro de Almeida Leite-UNESP-Guaratinguetá

Prof. Dr. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro - Orientador

Conceito: APROVADA

Rio Claro/SP, 09 de outubro de 2019

## AGRADECIMENTOS

Agradecer significa reconhecer, manifestar gratidão, retribuir.

A Deus que me deu a vida e permitiu que eu chegasse até aqui, colocando em meu caminho pessoas com as quais pude partilhar inúmeros momentos ao longo desses anos e que me ajudaram nesse percurso. Graças!!

À minha família pelo apoio, paciência, incentivo, suporte moral e carinho ao longo desses anos... Amo vocês: Oswaldo (*in memorian*), Odete, Andréa, Giana, Carlos, Giulia e Sofia.

Ao meu orientador Prof. Marcus Cesar Avezum de Castro pela orientação acadêmica e por todos os ensinamentos ao longo do nosso tempo de convivência. Obrigado por tudo!

À amiga Edna Facincani, que, além da amizade, me ofereceu abrigo e apoio ao longo do curso. Obrigada!

À Sandra do ITAP-CETESB pelo auxílio nas solicitações de vistas de processos de licenciamento ambiental.

À Coordenação da Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente e à Rosangela, pelo seu auxílio, sempre.

“O custo do cuidado é sempre menor que o custo do reparo”.

Marina Silva, ambientalista brasileira

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo principal analisar a incorporação dos critérios do meio físico na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários nos processos de licenciamento ambiental no Estado de São Paulo. A investigação foi realizada a partir da análise de estudos ambientais de aterros sanitários (EIA/RIMA e RAP) apresentados para a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), em atendimento ao processo de licenciamento ambiental no Estado de São Paulo. A avaliação da incorporação dos critérios na seleção das áreas nos processos de licenciamento baseou-se em aterros sanitários localizados nas áreas de alta, média e baixa vulnerabilidade à contaminação de águas subterrâneas, conforme Mapa de Vulnerabilidade à Contaminação de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo (IG/DAEE/CETESB, 1997). Foram selecionados um (01) aterro na área de alta vulnerabilidade, dois (02) na de média vulnerabilidade e três (03) na área de baixa vulnerabilidade. A análise dos critérios do meio físico dos EIA-RIMA foi pautada nos capítulos de “Alternativas Locacionais” e “Diagnóstico do Meio Físico”. Com base nos resultados da avaliação dos relatórios ambientais verificou-se que, usualmente, o meio físico não foi considerado determinante na seleção da área de implantação do aterro, predominando critérios financeiros na escolha locacional dentre as alternativas apontadas para cada área. Quanto à caracterização do meio físico apresentada nos relatórios, ela atendeu, em linhas gerais, às indicações dos aspectos a serem abordados conforme Manual de Elaboração de EIA/RIMA. Essa abordagem, no entanto, é realizada de forma descritiva, sem discussão e integração dos dados apresentados. Em alguns aterros estudados, apesar dessa caracterização apontar propriedades desfavoráveis do meio como solo com elevado coeficiente de permeabilidade, nível de água raso (espessura insaturada menor que 2,0 m) ou proximidade do aterro com corpos de água superficiais, isso não foi ponderado pelo órgão licenciador que emitiu as licenças ambientais com as exigências técnicas de praxe, sem solicitar alterações no projeto apresentado ou acrescentar exigências específicas para cada aterro. Constatou-se que uma maior vulnerabilidade do meio físico condicionou alterações na qualidade ambiental local como a contaminação da água subterrânea observada em alguns aterros sanitários estudados. Em relação ao alinhamento dos critérios de análise do meio físico utilizados pela CETESB e por órgãos licenciadores no exterior, verificou-se que os valores considerados no Estado de São Paulo para critérios como o coeficiente de permeabilidade e espessura da zona insaturada são menos restritivos que os empregados pelos demais órgãos. Isso se deve ao fato de a CETESB considerar em sua análise as condições mínimas estabelecidas pela NBR 13896/97. A utilização de valores mais restritivos, que inclusive já possuem previsão legal em norma, seguramente representam uma proteção adicional ao meio ambiente, além das proporcionadas pelos mecanismos de proteção do próprio aterro sanitário.

**Palavras-chave:** Meio físico. Licenciamento ambiental. Aterro sanitário.

## ABSTRACT

The main objective of this study was to analyze the incorporation of the criteria of the physical environment in the selection of areas for the implementation of sanitary landfills in environmental licensing processes in the State of São Paulo. The investigation was carried out based on the analysis of environmental studies of sanitary landfills (EIA/RIMA and RAP) presented to the Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB), in compliance with the environmental licensing process in the State of São Paulo. The evaluation of the incorporation of the criteria in the selection of the areas in the licensing processes was based on sanitary landfills located in areas of high, medium and low vulnerability to groundwater contamination, according to the Map of Vulnerability to Groundwater Contamination of the State of São Paulo (IG/DAEE/CETESB, 1997). One (01) landfill was selected in the area of high vulnerability, two (02) in the area of medium vulnerability and three (03) in the area of low vulnerability. The analysis of the criteria of the physical environment of the EIA-RIMA was based on the chapters "Local Alternatives" and "Diagnosis of the Physical Environment". Based on the results of the evaluation of the environmental reports, it was verified that, usually, the physical environment was not considered determinant in the selection of the area of implementation of the landfill, predominating financial criteria in the choice of location among the alternatives pointed out for each area. As for the characterization of the physical environment presented in the reports, it met, in general the indications of the aspects to be addressed according to the EIA/RIMA Preparation Manual. This approach, however, is generally performed in a descriptive manner, without discussion and integration of the data presented. In some studied landfills, despite this characterization pointing out unfavorable properties of the environment as soil with high permeability coefficient, shallow water level (unsaturated thickness less than 2.0 m) or proximity of the landfill with surface water bodies, this was not considered by the licensing body that issued the environmental licenses with the technical requirements of practice, without requesting changes in the presented project or adding specific requirements for each landfill. It was found that a greater vulnerability of the physical environment conditioned changes in local environmental quality such as groundwater contamination observed in some landfills studied. Regarding the alignment of the criteria for analysis of the physical environment used by CETESB and by licensing agencies abroad, it was found that the values considered in the State of São Paulo for criteria such as the permeability coefficient and thickness of the unsaturated zone are less restrictive than those used by other agencies. This is due to the fact that CETESB considers in its analysis the minimum conditions established by NBR 13896/97. The use of more restrictive values, which already have a legal provision in the standard, surely represent an additional protection to the environment, besides those provided by the protection mechanisms of the sanitary landfill itself.

**Keywords:** Physical environment. Environmental licensing. Sanitary landfill



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b>	Hierarquia de estratégias de gestão de resíduos sólidos .....	23
<b>Figura 2</b>	Etapas do gerenciamento de resíduos .....	23
<b>Figura 3</b>	Segregação de resíduos em função de suas características .....	24
<b>Figura 4</b>	Métodos de aterramento de resíduos .....	41
<b>Figura 5</b>	Estruturas operacionais do aterro sanitário .....	42
<b>Figura 6</b>	Esquema ilustrativo do revestimento de fundo .....	44
<b>Figura 7</b>	Dreno de gás executado em tubo de concreto perfurado envolto em brita .....	45
<b>Figura 8</b>	Sistema de drenagem do líquido percolado em um aterro sanitário .....	46
<b>Figura 9</b>	Parâmetros considerados na avaliação do IQR .....	49
<b>Figura 10</b>	Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação .....	56
<b>Figura 11</b>	Mapa de Vulnerabilidade a Contaminação das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo .....	60
<b>Figura 12</b>	Mapa de Vulnerabilidade a Contaminação das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo .....	61
<b>Figura 13</b>	Etapas de elaboração do EIA/RIMA .....	65
<b>Figura 14</b>	Fluxograma do estudo de impacto ambiental .....	72
<b>Figura 15</b>	Níveis de estudo do meio físico na ADA .....	79
<b>Figura 16</b>	Fases do licenciamento ambiental .....	82
<b>Figura 17</b>	Etapas do Licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental junto à CETESB .....	85
<b>Figura 18</b>	Estudos ambientais exigidos no Licenciamento ambiental de acordo com o porte do empreendimento .....	87
<b>Figura 19</b>	Mapa de vulnerabilidade à contaminação de águas subterrâneas no Estado de São Paulo .....	109
<b>Figura 20</b>	Aterros e sua localização no Mapa de Vulnerabilidade à Contaminação de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo .....	110

## LISTA DE QUADRO

<b>Quadro 1</b>	Fatores do meio físico a serem analisados nos estudos ambientais .....	72
-----------------	--	----

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Resoluções, normas técnicas e leis relacionadas a aterro sanitário .....	37
<b>Tabela 2</b>	Evolução do enquadramento do IQR dos municípios no Estado de São Paulo ...	48
<b>Tabela 3</b>	Componentes de avaliação do IQR e seus pesos na composição da nota do aterro	50
<b>Tabela 4</b>	Classes de Vulnerabilidade para Aquíferos proposta pelo Método AVI .....	58
<b>Tabela 5</b>	Indicadores para caracterização do empreendimento .....	75
<b>Tabela 6</b>	Fatores do meio físico para seleção de áreas para aterro e sua ordem de importância .....	93
<b>Tabela 7</b>	Critérios considerados adequados para a escolha da área para a instalação do aterro sanitário .....	94
<b>Tabela 8</b>	Critérios qualitativos e quantitativos presentes nas normas e leis estudadas em relação a distância do aterro e corpos de água superficial .....	95
<b>Tabela 9</b>	Critérios qualitativos e quantitativos presentes nas normas e leis em relação à zona insaturada .....	96
<b>Tabela 10</b>	Critérios qualitativos e quantitativos presentes nas normas e leis em relação à permeabilidade do solo .....	97
<b>Tabela 11</b>	Critérios qualitativos e quantitativos presentes nas normas e leis em relação à topografia do terreno.....	98
<b>Tabela 12</b>	Critérios qualitativos e quantitativos presentes nas normas e leis em relação à implantação de aterros em planícies de inundação .....	99
<b>Tabela 13</b>	Critérios adicionais para seleção de áreas para disposição de resíduos de outros países e da UE comparados com a CETESB e normas brasileiras .....	100
<b>Tabela 14</b>	Aterros particulares licenciados do Estado de São Paulo e quantidade de resíduos recebido diariamente (t/dia) .....	107
<b>Tabela 15</b>	Aterros sanitários e seu enquadramento nas classes de vulnerabilidade a contaminação do aquífero conforme IG/CETEB/DAEE (1997) .....	111
<b>Tabela 16</b>	Aterros sanitários selecionados conforme critérios de vulnerabilidade e disponibilidade de estudos .....	113
<b>Tabela 17</b>	Caracterização do Aterro de Cachoeira Paulista .....	121
<b>Tabela 18</b>	Tabela resumo da adequação dos critérios do meio físico e o atendimento/ adequação aos critérios normativos e legais do Aterro de Cachoeira Paulista	122
<b>Tabela 19</b>	Parâmetros considerados e as pontuações atribuídas a cada área para seleção de área apta para o aterro de Onda Verde .....	123
<b>Tabela 20</b>	Caracterização do Aterro de Onda Verde .....	126

<b>Tabela 21</b>	Tabela resumo da adequação dos critérios do meio físico na seleção de áreas para aterro de Onda Verde .....	126
<b>Tabela 22</b>	Caracterização do Aterro de Piratininga .....	130
<b>Tabela 23</b>	Tabela resumo da adequação dos critérios do meio físico na seleção de áreas para aterro Piratininga .....	130
<b>Tabela 24</b>	Critérios do meio físico considerados na avaliação de alternativa locacional do Aterro de Jambeiro .....	132
<b>Tabela 25</b>	Critérios para classificação das principais alternativas locais do Aterro de Jambeiro .....	134
<b>Tabela 26</b>	Caracterização do Aterro de Jambeiro .....	138
<b>Tabela 27</b>	Tabela resumo da adequação dos critérios do meio físico na seleção de áreas para Aterro de Jambeiro .....	138
<b>Tabela 28</b>	Caracterização do Aterro Sítio das Neves .....	142
<b>Tabela 29</b>	Tabela resumo da adequação dos critérios do meio físico em relação às normas aplicáveis ao Aterro de Sítio das Neves .....	142
<b>Tabela 30</b>	Caracterização do Aterro CTR Palmeiras .....	145
<b>Tabela 31</b>	Tabela resumo da adequação dos critérios do meio físico na seleção de áreas para o CTR Palmeiras .....	145
<b>Tabela 32</b>	Comparação entre os critérios do meio físico utilizados na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários .....	147
<b>Tabela 33</b>	Critérios do meio físico utilizados pelos estados brasileiros Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul .....	158
<b>Tabela 34</b>	Métodos de caracterização do meio físico utilizados nos estudos analisados	163

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ADA	Área diretamente afetada
AID	Área de influência direta
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CEMPRE	Compromisso Empresarial para a Reciclagem
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CGR	Centro de Gerenciamento de Resíduos
CTR	Centro de Tratamento de Resíduos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EEA	<i>European Environmental Agency</i>
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS
EUA	Estados Unidos da América
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IQR	Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos
LL	Limite de liquidez
LPI	Limite de plasticidade
LP	Licença Prévia
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação

MMA	Ministério do Meio Ambiente
PM	Poço de monitoramento
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RAP	Relatório Ambiental Preliminar
RD	Resíduos domiciliares
RIMA	Relatório de Impacto do Meio Ambiente
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEV	Sondagem Elétrica Vertical
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SMA	Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SPT	<i>Standard Penetration Test</i>
TR	Termo de Referência
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UE	União Europeia
UTM	<i>Universal Transversal Mercator</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Resíduos Sólidos: definição e práticas de gestão .....</b>	<b>21</b>
3.1.1 Gestão de resíduos sólidos no Brasil .....	23
3.1.2 Diagnóstico da situação de resíduos sólidos no Brasil .....	30
3.1.3 Desafios da gestão de resíduos sólidos no Brasil .....	32
3.1.4 Gestão de resíduos em outros países do mundo .....	33
<b>3.2 O papel do aterro sanitário nas etapas de gestão .....</b>	<b>35</b>
3.2.1 Aspectos legais e normativos aplicados à disposição final de resíduos .....	37
<b>3.3 Projeto, implantação e operação de aterro .....</b>	<b>39</b>
3.3.1 Índice de qualidade dos resíduos (IQR) de aterros no Estado de São Paulo .....	47
<b>3.4 Impactos ambientais da disposição de resíduos no solo.....</b>	<b>52</b>
<b>3.5 Avaliação da vulnerabilidade à contaminação de aquífero .....</b>	<b>55</b>
3.5.1 Método GOD .....	56
3.5.2 Método DRASTIC.....	57
3.5.3 Método AVI.....	58
3.5.4 Mapeamento da Vulnerabilidade à Contaminação de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo .....	61
<b>3.6 Avaliação de impacto ambiental .....</b>	<b>63</b>
3.6.1 Estudos de impacto ambiental .....	65
3.6.2 Estudo de alternativas locacionais no contexto dos estudos ambientais .....	70
3.6.3 Elaboração de estudos ambientais no Estado de São Paulo .....	72
<b>3.7 Licenciamento Ambiental .....</b>	<b>81</b>
3.7.1 Licenciamento ambiental no Estado de São Paulo .....	85
<b>3.8 Licenciamento ambiental de aterros no Estado de São Paulo.....</b>	<b>88</b>
<b>3.9 Critérios do Meio Físico na Locação de Aterros Sanitários .....</b>	<b>89</b>
<b>3.10 Aspectos legais e normativos que disciplinam os critérios para escolha de áreas para aterro sanitário em outros países e estados brasileiros .....</b>	<b>96</b>
3.10.1 Distância do aterro ao corpo de água superficial.....	96
3.10.2 Zona insaturada ou zona não saturada.....	97
3.10.3 Permeabilidade do Solo .....	98

3.10.4 Topografia .....	99
3.10.5 Áreas sujeitas a inundação ( <i>floodplains</i> ) .....	100
3.10.6 Outros critérios do meio físico considerados para seleção de áreas .....	100
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>102</b>
<b>4.1 Levantamento dos aspectos legais e normativos relativos aos atributos do meio físico para seleção de áreas para aterros sanitários .....</b>	<b>104</b>
4.1.1 Definição dos critérios do meio físico considerados pela CETESB para implantação de aterros sanitários no Estado de São Paulo .....	104
4.1.2. Levantamento dos critérios do meio físico utilizados para seleção de áreas nos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro .....	105
4.1.3 Levantamento dos critérios do meio físico utilizados pela União Europeia, Estados Unidos, Columbia Britânica (Canadá), México e Argentina na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários.....	106
<b>4.2 Critérios utilizados para a seleção dos aterros sanitários para estudo de caso .....</b>	<b>107</b>
<b>4.3 Análise dos estudos de impacto ambiental/ (EIA/RIMA) e Relatório Ambiental Preliminar (RAP).....</b>	<b>115</b>
<b>4.4 Análise comparativa dos critérios utilizados no Brasil, Estados Unidos, Canada (Columbia Britânica), México, Argentina e União Europeia e outros estados brasileiros..</b>	<b>117</b>
<b>4.5 Análise de oportunidades.....</b>	<b>118</b>
<b>5 RESULTADOS: O MEIO FÍSICO NOS ESTUDOS E RELATÓRIOS DE IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>118</b>
<b>5.1 Aterro Sanitário de Cachoeira Paulista- PROC.SMA. 41/0190/02.....</b>	<b>119</b>
5.1.1 Histórico, alternativa locacional e caracterização do empreendimento .....	119
<b>5.2 Aterro Sanitário de Onda Verde-Processo SMA 13562/2004.....</b>	<b>123</b>
5.2.1 Histórico, alternativas locacionais e caracterização do empreendimento .....	123
<b>5.3. Aterro de Piratininga – Processo SMA 01/01984/08 .....</b>	<b>127</b>
5.3.1 Histórico, alternativas locacionais e caracterização do empreendimento .....	128
<b>5.4 Aterro sanitário de Jambeiro- Processo SMA 9806/2009 .....</b>	<b>132</b>
5.4.1 Histórico, alternativas locacionais e caracterização do empreendimento .....	132
<b>5.5 Aterro Sanitário de Sítio das Neves - CGR Terrestre - Processo 107/2012- Santos (SP) .</b>	<b>140</b>
5.5.1 Histórico, alternativa locacional e caracterização do meio físico .....	140
<b>5.6 Aterro CTR Palmeiras- Processo SMA 194/2013.....</b>	<b>144</b>
5.6.1 Histórico, alternativas locacionais e caracterização do meio físico .....	144
<b>5.7 Alinhamento dos Critérios Legais e Normativos .....</b>	<b>146</b>

<b>5.8 Considerações sobre os estudos de caracterização física realizados nas áreas de estudo</b>	<b>162</b>
<b>5.9 Discussão dos resultados .....</b>	<b>166</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>170</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>172</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A destinação dos milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos produzidos diariamente no mundo constitui uma preocupação mundial e um dos maiores desafios da humanidade no século XXI.

Bezerra (2015) destaca que em meio a um grande conjunto de impactos ambientais atuais, a geração desenfreada de resíduos sólidos urbanos surge como um dos problemas ambientais mais intensos e notórios do cotidiano, que se manifesta com maior intensidade no meio urbano.

Promover uma gestão adequada dos resíduos sólidos implica em avaliar os processos de geração, coleta e disposição bem como formular estratégias, promover a sustentabilidade ambiental e a melhoria da qualidade de vida da população.

No Brasil as etapas de gestão dos resíduos sólidos resumem-se estritamente às etapas de coleta e disposição. A Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei 12305/2010 regulamentada pelo Decreto 7404/2010 (Brasil, 2010b) estabelece como forma de disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, o aterro sanitário.

No entanto, de acordo com o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos (SNIS, 2017) somente 37% dos municípios brasileiros dispõem seus resíduos em aterros sanitários, sendo o restante destinado a lixões ou aterros controlados, que representam uma fonte permanente de contaminação do solo e da água subterrânea.

O impacto poluidor da disposição inadequada de resíduos em geral pode ser observado no Cadastro de Áreas Contaminadas da CETESB (2018) que identificou 197 (cento e noventa e sete) áreas contaminadas devido à disposição de resíduos, incluindo os sólidos domiciliares.

Apesar da existência dessas áreas contaminadas, a qualidade da disposição dos resíduos sólidos domiciliares no Estado de São Paulo evoluiu ao longo dos últimos anos; sendo que a avaliação anual do IQR (Índice de Qualidade de Resíduos) indica uma redução de 95% nos últimos 10 anos de municípios com disposição inadequada.

No Brasil e no Estado de São Paulo as práticas de gerenciamento de resíduos sólidos ainda privilegiam a coleta e disposição e isso faz com que muitos materiais que poderiam ser reciclados ou tratados acabem sendo dispostos nos aterros sanitários, sobrecarregando essa forma de disposição e demandando um número cada vez maior de áreas.

A implantação de aterros sanitários, por sua vez, apresenta um elevado custo que, muitas vezes, não pode ser absorvido por municípios de menor porte, que optam pelo envio dos

resíduos a aterros sanitários particulares de grande porte ou pelo lançamento em aterros em vala.

Assim, para a garantia da qualidade ambiental, a implantação de aterros sanitários demanda um licenciamento ambiental com emissão de licenças em três fases distintas do licenciamento.

O licenciamento ambiental de aterros sanitários tem como base as Resoluções CONAMA 01/1986 (Brasil, 1986) e Resolução CONAMA 237/97 (Brasil, 1997) e as Resoluções SMA aplicáveis no Estado de São Paulo.

Devido ao seu potencial poluidor o licenciamento ambiental de aterros sanitários se faz com a apresentação de estudos ambientais como EIA/RIMA ou RAP.

Esses estudos, elaborados de acordo com as orientações do Manual de orientação para Estudo de Impacto Ambiental-EIA, Relatório de Impacto Ambiental-RIMA (São Paulo (1989), abordam os vários aspectos do meio físico, biótico e antrópico envolvidos na implantação do empreendimento e envolvem o diagnóstico desses meios, avaliação dos impactos ambientais (positivos e negativos) e a proposição de medidas de compensação e mitigação dos impactos, além de um plano de monitoramento.

A seleção de áreas para implantação desses aterros envolve a consideração de vários aspectos, entre eles os do meio físico, conforme previsão da norma brasileira (ABNT NBR 13896/97). A avaliação de áreas aptas é a etapa fundamental do processo de licenciamento ambiental, pois permite a identificação de vulnerabilidades do meio e a possibilidade de alteração de projeto e/ou local para implantação do aterro, minimizando os riscos ao meio ambiente.

Assim, considerando o objetivo deste trabalho que consiste na identificação e análise dos condicionantes do meio físico na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários, foram selecionados inicialmente aterros situados em áreas de alta, média e baixa vulnerabilidade à contaminação de águas subterrâneas, identificadas em estudo publicado em 1997 por meio de parceria entre IG/CETESB/DAEE e adicionalmente foram utilizados os critérios como porte do empreendimento e disponibilidade de estudos ambientais iniciais para seleção dos aterros.

Os aterros selecionados com base nos critérios acima foram: Cachoeira Paulista, Onda Verde, Piratininga, Jambeiro, Palmeiras e Sitio das Neves e a análise da incorporação do meio físico na seleção das áreas foi realizada baseando-se nos capítulos “Alternativas Locacionais” e “Diagnóstico Ambiental do Meio Físico”.

Além dessa análise, fez-se a comparação proposta entre os critérios utilizados pela CETESB com os critérios utilizados por outros países na locação de áreas para aterros. Essa comparação mostrou que existem critérios do meio físico que podem ser incorporados na análise ambiental desses empreendimentos no Estado de São Paulo, sem prejuízo do andamento do processo.

A análise dos estudos ambientais dos aterros selecionados possibilitou a verificação da fundamental importância que o licenciamento ambiental tem na escolha de áreas aptas para implantação do aterro sanitário, uma vez que a escolha técnica e embasada em propriedades do meio físico favoráveis à essa implantação, implica em maior garantia de redução dos impactos ambientais.

Não resta dúvida de que a identificação de áreas com maior fragilidade do meio na fase inicial do processo de licenciamento poderia determinar, inclusive, a modificação do projeto ou a mudança do local de implantação inicialmente proposto, proporcionando desse modo maior proteção ao solo e aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, proteção essa que não pode não ser alcançada se não houver elementos suficientes fornecidos pelos estudos ambientais apresentados para essa avaliação.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho foi avaliar a incorporação dos critérios aplicados ao meio físico no processo de licenciamento ambiental de aterros sanitários no Estado de São Paulo.

Objetivos específicos:

- Avaliar a eficácia dos atributos e exigências técnicas, legais e normativas relacionadas ao meio físico, relativas ao processo de seleção de áreas para aterros sanitários no processo de licenciamento ambiental;
- Analisar o alinhamento dos critérios e exigências legais relativas ao meio físico no licenciamento ambiental de aterros sanitários nos Estados Unidos, União Europeia, México e Argentina, em relação aos utilizados no Estado de São Paulo;
- Elaborar uma análise comparativa dos critérios utilizados pelo órgão licenciador no Estado de São Paulo e por outros países;
- Propor a incorporação de novos critérios de avaliação do meio físico no processo de licenciamento de áreas para implantação de aterros sanitários no Estado de São Paulo ou a melhoria dos critérios já existentes.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Resíduos Sólidos: definição e práticas de gestão

Por resíduo sólido entende-se:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (artigo 3º, inciso XVI da lei 12305/2010).

Os resíduos se classificam de acordo com o artigo 13 Lei 12305/2010 (Política Nacional dos Resíduos Sólidos- PNRS) em função da sua origem como:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas *a* e *b* (resíduos domiciliares e de limpeza urbana);
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas *b*, *e*, *g*, *h* e *j*;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea *c* (resíduos sólidos urbanos);
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) Resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) Resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) Resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) Resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) Resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Em relação ao seu potencial poluidor, a NBR 10.004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) classifica os resíduos sólidos em:

\* Resíduos Classe I – Perigosos: são aqueles que apresentam risco à saúde pública e ao meio ambiente apresentando uma ou mais das seguintes características: periculosidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. (ex.: baterias, pilhas, óleo usado, resíduo de tintas e pigmentos, resíduo de serviços de saúde, resíduo inflamável etc.)

\* Resíduos classe II - Não perigosos: podem ser classificados em não inertes (classe II-A) e inertes (Classe II-B). Os resíduos não inertes podem ter propriedades tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (restos de alimentos, resíduo de varrição, sucata de metais ferrosos, borrachas, espumas, materiais cerâmicos, etc.); os inertes são os resíduos que, submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006/04, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água assim estabelecidos em portarias e resoluções do Ministério da Saúde e Conselho Nacional do Meio Ambiente (rochas, tijolos, vidros, entulho/construção civil, isopor).

Os rejeitos, por sua vez, são definidos pela PNRS em seu artigo 3º, XV como os resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

Assim, somente o que for rejeito deve ir para a disposição final ambientalmente adequada e os demais resíduos devem ser encaminhados para outras formas de destinação final como reciclagem, compostagem e incineração, destaca Massukado *et al.* (2013).

A distinção entre destinação e disposição ambientalmente adequada é apresentada pela própria Política Nacional de Resíduos Sólidos. Assim entende-se por destinação final ambientalmente adequada de resíduos a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama e do SNVS, entre elas a disposição final, enquanto a disposição final ambientalmente adequada, por sua vez, é a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

### 3.1.1 Gestão de resíduos sólidos no Brasil

A gestão de resíduos sólidos representa um desafio para toda a sociedade, pois a questão dos resíduos sólidos urbanos destaca-se como um grave problema ambiental contemporâneo e que exige soluções técnicas adequadas (GOUVEIA, 2012).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei 12305/2010 representou um avanço normativo ao tratar a gestão integrada dos resíduos sólidos e em seu Capítulo II, XI, define gestão integrada de resíduos sólidos como: “[...] o conjunto de ações voltadas para solucionar o problema dos resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável [...]” (BRASIL, 2010).

Segundo Maiello *et al.* (2017), esse trecho da lei chama a atenção para a multidimensionalidade e a necessidade de integração na forma como os resíduos sólidos são entendidos e “manejados”; trata-se de temática ampla e complexa, que transcende a saúde pública por possuir valor social, econômico e ambiental e o caráter integrado da gestão de resíduos sólidos refere-se tanto à necessidade de políticas inter setoriais, quanto aos diferentes aspectos sociais, ambientais e econômicos que envolvem esse setor.

De acordo com Seadon (2010) os sistemas de geração, coleta e disposição, encontram-se intimamente ligados, mas, em geral, são planejados de forma independente, o que dificulta a gestão integrada.

Silva (2015) destaca que para o sucesso da PNRS e a extinção de formas inadequadas de disposição é necessário vencer dificuldades que vão desde a falta de capacidade técnica e institucional para a elaboração dos projetos até dificuldades de governança na gestão das obras e serviços. Dessa forma, parcerias devem ser realizadas entre diferentes órgãos e municípios, o que torna importante uma análise em nível regional.

Em relação às estratégias usadas na gestão de resíduos sólidos, a PNRS aponta em seu artigo 9º uma hierarquia a ser observada: não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, como mostra **Figura 1** (BRASIL, 2010; SCHALCH *et al.*, 2015).



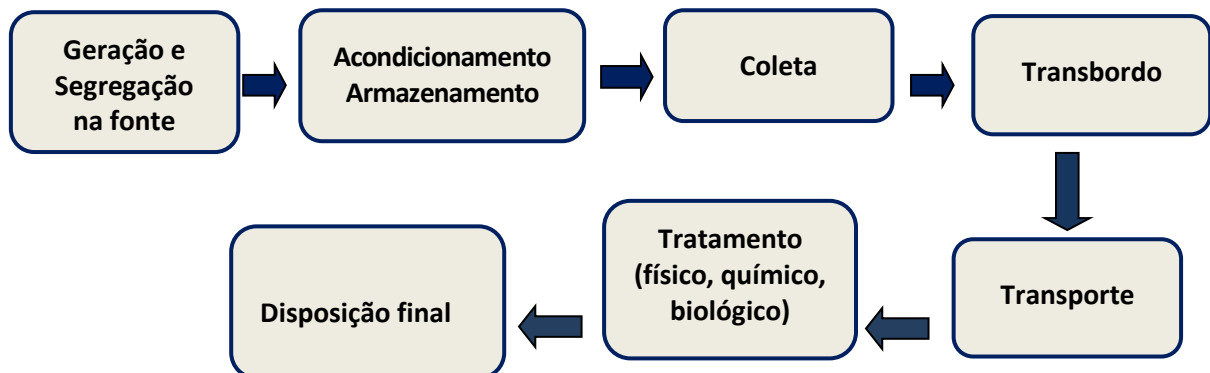
**Figura 1** - Hierarquia de estratégias de gestão de resíduos sólidos

Fonte: Schalch *et al.* (2015)

Já o termo gerenciamento de resíduos sólidos está associado ao conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta lei (BRASIL, 2010, art. 3º, X).

Portanto as etapas do gerenciamento de resíduos são (**Figura 2**):

- Geração;
- Segregação e acondicionamento;
- Coleta;
- Transporte;
- Tratamento;
- Disposição final.



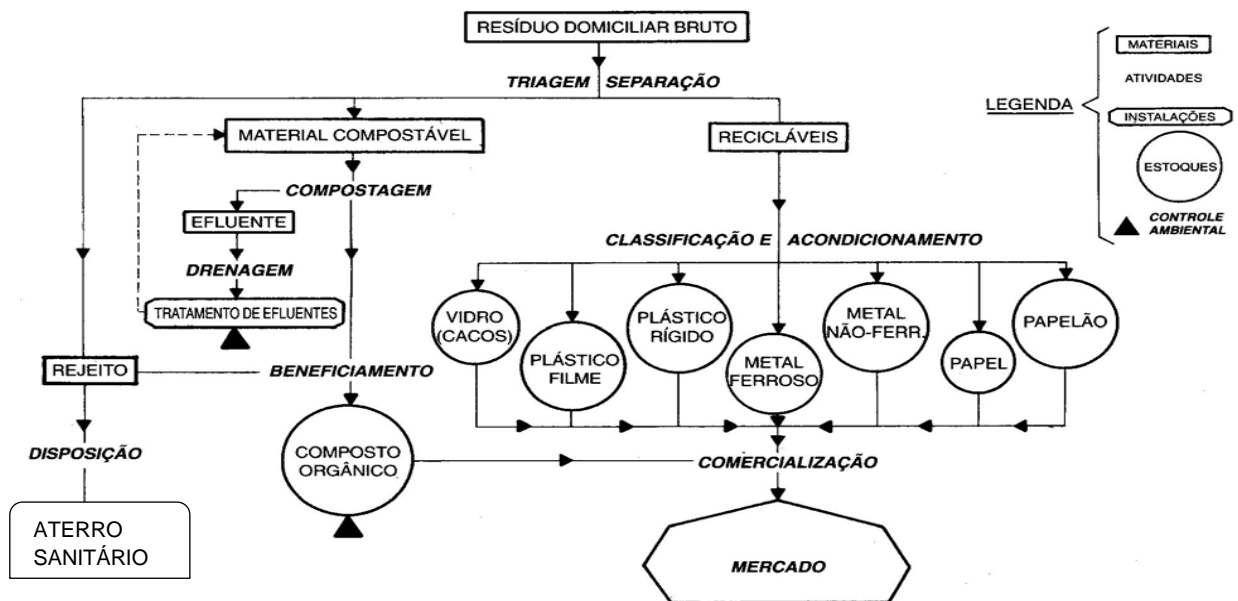
**Figura 2** - Etapas do gerenciamento de resíduos

Fonte: Autora



### a) Geração, Segregação e Acondicionamento na Fonte

A segregação dos resíduos consiste na sua separação de acordo com suas características químicas, físicas e biológicas. A segregação e acondicionamento realizados de forma adequada permitem o reaproveitamento de inúmeros resíduos e em geral são de responsabilidade do gerador do resíduo, sendo fiscalizada pelo poder público (IPT, 2018). A **Figura 3** mostra a segregação e destino de cada fração dos resíduos domiciliares.



**Figura 3** - Segregação de resíduos em função de suas características  
Fonte: IPT (2018)

As dificuldades encontradas na segregação dos resíduos nos domicílios, comércio e demais atividades interferem na implementação de programas de compostagem, reciclagem e outros tratamentos desses resíduos, pois há dificuldade de se obter os resíduos orgânicos e secos já separados na fonte geradora. De acordo com a Abrelpe (2017), 94% das pessoas concordam que a forma correta de descartar os resíduos é separando materiais que podem ser reciclados, mas a maioria revela não separar seus resíduos em casa, devido à falta de informação e o desconhecimento sobre quais materiais podem ser reciclados.

Já em relação à etapa de acondicionamento dos resíduos sólidos refere-se ao preparo destes para a coleta, de forma sanitariamente adequada e compatível com o tipo e a quantidade de resíduos. O acondicionamento adequado evita acidentes e a proliferação de vetores, minimiza o impacto visual e olfativo decorrente dos resíduos, reduz a heterogeneidade dos

resíduos nos casos de coleta seletiva e facilita a realização da etapa da coleta (MASSUKADO, 2004; SOUZA e GUADAGNIN, 2009).

A escolha do tipo de recipiente mais adequado para o acondicionamento dos resíduos deve ser orientada em função das características do resíduo, da frequência da coleta, do tipo de edificação e do preço do recipiente. Para o acondicionamento dos resíduos na fonte a NBR 9190/2008 estabelece as características dos materiais a serem utilizados. Os sacos plásticos que são mais utilizados no Brasil devem possuir características como resistência para não se romper por ocasião do manuseio, volume de 20, 30, 50 ou 100 litros e ser de qualquer cor, com exceção da branca. Outros tipos de acondicionamentos de resíduos são contêineres de plástico ou metálicos, entre outros.

#### b) Coleta dos resíduos

A coleta, de acordo com a NBR 12980/1993, é o ato de recolher e transportar resíduos sólidos de qualquer natureza, utilizando veículos e equipamentos apropriados para tal fim. Esta etapa engloba desde a partida do veículo de sua garagem, compreendendo todo o percurso gasto na viagem para remoção dos resíduos dos locais onde foram acondicionados aos locais de descarga, até o retorno ao ponto de partida.

A norma NBR 12980/1993 define também os diferentes tipos de serviço de coleta de resíduos:

- coleta domiciliar ou regular, que consiste na coleta dos resíduos gerados em residências, estabelecimentos comerciais, industriais, públicos e de prestação de serviços, cujos volumes e características sejam compatíveis com a legislação municipal vigente;
- coleta de resíduos provenientes de varrição de ruas, praças, calçadas, demais equipamentos públicos até 100 litros por dia;
- coleta de feiras e praias, que consiste na coleta regular dos resíduos oriundos da limpeza e varrição de feiras, praias e calçadas;
- coleta especial ou ambulatorial de resíduos de serviços de saúde, englobando hospitais, ambulatórios, postos de saúde, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias etc.

A coleta e o transporte dos resíduos produzidos em residências, em estabelecimentos públicos e no pequeno comércio são geralmente efetuados pelo órgão municipal encarregado da limpeza urbana. Para esses serviços, podem ser usados recursos próprios da prefeitura, de empresas sob contrato de terceirização ou sistemas mistos.

Massukado (2004) destaca que a coleta de resíduos constitui o contato mais direto entre gerador e serviço de limpeza urbana e por isso representa a etapa mais suscetível à crítica dos moradores. Para que esta interação ocorra de forma satisfatória, a administração municipal deve garantir a universalidade do serviço prestado. A autora coloca que outro atributo imprescindível ao serviço de coleta é a regularidade, devendo os veículos coletores passar regularmente nos mesmos locais, em dias e horários pré-estabelecidos.

Cumprido destacar que, sem a etapa de coleta dos resíduos há um comprometimento das etapas posteriores do gerenciamento de resíduos como o tratamento, destinação e disposição final; além disso, a operação de coleta representa, segundo Monteiro *et al.* (2001), um papel importante na prevenção de doenças resultantes da proliferação de vetores e do contato dérmico com os resíduos, além de proporcionar um ambiente limpo para os usuários.

A coleta representa cerca de 60% (2/3) dos custos envolvidos no manejo de resíduos, segundo Christensen (2011). Segundo SNIS (2017) os valores de coleta variam entre R\$126/t na faixa 5 (população de 1 a 4 milhões de habitantes) e atingem o máximo de R\$291/t, no município de São Paulo/SP.

Há também a coleta seletiva de resíduos, que é a coleta de materiais recicláveis previamente segregados conforme sua constituição ou composição como plásticos, papelão, metais entre outros. Este tipo de coleta ainda é restrito na maioria dos municípios brasileiros, sendo realizada, em geral, pela municipalidade ou cooperativas.

Conke & Nascimento (2018) e Mannarino *et al.* (2016) apontaram como dificuldades para implantação efetiva de um sistema de reciclagem de materiais no Brasil a falta de adesão da população à coleta seletiva; a pequena participação do setor industrial no desenvolvimento de um sistema de logística reversa; o fato da coleta seletiva ser mais comum em grandes centros urbanos, a dificuldade em encontrar locais adequados para separação dos resíduos por tipo de material; além de longas distâncias entre os centros geradores de resíduos e as indústrias de processamento e reciclagem de materiais concentradas principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país.

Os PEV- pontos de entrega voluntária, são contêineres ou recipientes dispostos em locais públicos para que a população, voluntariamente, faça o descarte dos materiais separados em suas residências.

### c) Transporte

A norma ABNT NBR 13221:2010 - Transporte terrestre de resíduos especifica os requisitos para o transporte terrestre de resíduos, de modo a atender os requisitos de proteção ao meio ambiente, a saúde pública e os padrões desejáveis de segurança. Uma das primeiras determinações da norma é a de que os materiais do acondicionamento não permitam vazamento ou derramamento do resíduo, devendo o mesmo durante o transporte estar protegido de intempéries, assim como deve estar devidamente acondicionado para evitar o seu espalhamento na via pública ou via férrea. Esta norma proíbe ainda que os resíduos sejam transportados juntamente com alimentos, medicamentos ou produtos destinados ao uso e/ou consumo humano ou animal, ou com embalagens destinadas a estes fins.

### d) Tratamento

Define-se tratamento como os procedimentos que têm como objetivo reduzir a quantidade e o potencial poluidor dos resíduos sólidos dispostos em aterros sanitários (FUNASA, 2014).

No Brasil entre as normas aplicáveis ao tratamento dos resíduos sólidos tem-se:

- Resolução CONAMA 316/02- Tratamento térmico de resíduos- Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos
- Resolução CONAMA 006/91 – Incineração de resíduos- trata sobre a incineração de resíduos.

Entre as formas mais comuns de tratamento de resíduos sólidos urbanos tem-se a Reciclagem, a Compostagem e Incineração.

A Reciclagem é o processo pelo qual resíduos de produtos e objetos que já foram consumidos e seriam descartados no meio ambiente, são reinseridos no ciclo produtivo por meio da sua utilização como matéria-prima para a fabricação de novos produtos. Existem vários tipos de processo de reciclagem, variando de acordo com o material a ser reaproveitado, dentre os quais se destacam: o de papel, de metal, de plástico, de vidro e de lixo orgânico (LOMASSO *et al.*, 2015).

Os resíduos orgânicos, por sua vez, podem se tornar um composto orgânico através da *compostagem*, que consiste na estabilização de matérias orgânicas heterogêneas sob condições aeróbias por ação microbiana segundo Christennsen (2001).

Vigneswaran *et al.* (2015) destacam que esse processo apresenta um produto final suficientemente estável para armazenamento e aplicação sem efeitos ambientais adversos. Entre as vantagens da compostagem, de acordo com IPT (2018), tem-se a redução de cerca de 50% dos resíduos destinado ao aterro, reciclagem de nutrientes para o solo, o processamento de resíduos orgânicos num processo ambientalmente seguro, eliminação de patógenos além de economia de tratamento de efluentes.

A Incineração, por sua vez, é um tratamento que consiste na queima controlada dos resíduos, na presença de excesso de oxigênio, desprendendo calor e gerando um resíduo de cinzas. Normalmente, o excesso de oxigênio empregado na incineração é de 10 a 25% acima das necessidades de queima dos resíduos.

IPT (2018) destaca que entre os processos de tratamento térmico de alta temperatura, a incineração atualmente é o mais difundido, com um número elevado de unidades em operação comercial em todo o mundo. Países com pequena disponibilidade de área adequada para aterro, como Japão, Suíça e Suécia, não somente apresentam muitas unidades de incineração em operação como se tem observado uma tendência acentuada de crescimento desta forma de tratamento ao longo dos anos. Isto ocorre devido à incorporação de sistemas de recuperação de energia e de tratamento de gases de combustão mais eficientes, tornando-os mais interessantes do ponto de vista econômico e mais seguros do ponto de vista ambiental.

Segundo Seadon (2010), a opção pelo tratamento ocorre somente quando a pressão para lidar com o problema é maior que a conveniência de disposição, isto é, quando a existência de áreas para disposição de resíduos é pequena ou em função de alterações legislativas e normativas que incentivam essa etapa do gerenciamento dos resíduos.

#### e) Disposição final

Como foi colocado anteriormente, a disposição final consiste na distribuição ordenada de rejeitos em aterros sanitários, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos, sendo que a Política Nacional de Resíduos Sólidos proíbe a disposição de resíduos a céu aberto, sua queima bem como o lançamento *in natura* ou em quaisquer corpos hídricos dos mesmos (BRASIL, 2010, art. 47).

O aterro sanitário é conceituado pela NBR 8419/1992 como:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área

possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (ABNT: NBR 8419, 1997, p.1)

O IPT (1995, p 75) define aterro como sendo:

Método que utiliza princípios de engenharia para confinar resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão da jornada de trabalho ou a intervalos menores, se necessário.

Outros tipos de aterros são os de materiais inertes e os industriais. Os aterros de materiais inertes recebem materiais de construção civil e são concebidos com base na NBR 15113/2004 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.

Os Aterros Industriais têm seus critérios de projeto, construção e operação estabelecidos pela NBR 10157/87. O conceito de resíduo sólido industrial é dado pela Resolução CONAMA 313/02 que considera resíduos sólidos industriais como aqueles resultantes de atividades industriais e cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível, incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição..

### 3.1.2 Diagnóstico da situação de resíduos sólidos no Brasil

Andrade *et al.* (2018) ressaltaram que o diagnóstico adequado da geração de resíduos é de extrema importância para tomada de decisões a respeito de seu gerenciamento, ou seja, analisar o problema em sua raiz seria de fato um dos melhores meios para se combater o descarte irregular, visto que a coleta seletiva não funciona da maneira devida na maioria dos municípios brasileiros.

O levantamento de dados sobre resíduos sólidos no Brasil é realizado por órgãos e entidades como Ministério das Cidades por meio do SNIS: Sistema de Informações sobre Saneamento – Resíduos Sólidos e a ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), além dos próprios estados e municípios.

Os dois órgãos utilizam dados fornecidos pelos municípios em todo Brasil. O SNIS apoia-se em um banco de dados montado a partir de dados fornecidos por municípios de todo Brasil sobre a prestação de serviços relacionada ao manejo de resíduos sólidos urbanos que, no entanto, não representa a totalidade deles. O levantamento de 2017, por exemplo contou com a

colaboração de forma voluntária de 3.556 municípios dos 5.570 municípios brasileiros existentes, uma participação de 60%.

De acordo com SNIS (2017) a geração de resíduos no Brasil tem apresentado crescimento ao longo dos anos, variando de 145.200 t/dia em 2010 a 166.000 t/dia em 2017 (60,1 milhões de toneladas). Para o mesmo período a ABRELPE aponta valores de 173.583,00 t/dia em 2010 e 196.050 t/dia em 2017, com taxa de geração de 1,035 kg/hab/dia.

A etapa de tratamento, como já foi vista, tem participação reduzida na gestão de resíduos sólidos na maioria dos municípios brasileiros. O SNIS (2017) mostra que a região sudeste concentra a maior parte das usinas/ pátios de compostagem (52 unidades) e de incineração de resíduos (07 unidades), sendo tais equipamentos inexistentes na região norte.

A análise dos dados apresentados pelo SNIS (2017) mostra que as iniciativas envolvendo o tratamento de resíduos sólidos são pontuais e podem ser ampliadas por meio do investimento público e privado integrando as etapas anteriores do gerenciamento de resíduos como a segregação e coleta seletiva.

A etapa de coleta é a única que apresenta melhor cobertura nacional, situando-se na média brasileira, em torno de 91%. Cumpre ressaltar que a coleta é fiscalizada pela população, pois a ausência dela gera, em regra, o acionamento da Municipalidade pela população. Destacam Domingos e Boeira (2015) que a etapa de coleta é facilitada se os resíduos forem separados adequadamente, inclusive para posterior recolhimento pelos serviços de coleta seletiva, pois os materiais apresentam melhores condições de higienização.

A etapa de disposição adequada dos resíduos, por sua vez, ainda não é satisfatória pois, de acordo com o SNIS (2017), dos resíduos coletados 59,0% são dispostos em aterros sanitários, 3,4% encaminhados para unidades de triagem e de compostagem sendo que o restante 37,6% são dispostos em condições inadequadas. A mesma situação é identificada pela Abrelpe (2017) que informa a disposição final de 59,1% dos resíduos coletados em aterros sanitários e 40,9% (cerca de 29 milhões de toneladas de resíduos) depositados de forma inadequada.

Lima *et al.* (2018) observam que apesar da Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelecer que os resíduos sólidos devem ter destinação ou disposição ambientalmente adequada, essa disposição legal não tem prosperado como esperado. A disposição inadequada dos resíduos em lixões e aterros controlados é encontrada principalmente nas Regiões Norte e Nordeste, o que demonstra que a meta de eliminação dessa forma de disposição final inadequada estabelecida pela PNRS inicialmente para agosto de 2014 e depois prorrogado para julho de 2021, não foi atingida e que ainda há muito a avançar.

As limitações encontradas no gerenciamento das etapas apresentadas no diagnóstico demandam, para seu enfrentamento, uma integração dos poderes federais, estaduais e municipais para implementação dos princípios e fundamentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), com estabelecimento de políticas de gestão, investimentos maciços no setor bem como a conscientização da população sobre separação de resíduos na fonte e dos problemas da disposição inadequada de resíduos e seus reflexos na saúde.

Desse modo a gestão integrada e sustentável dos resíduos sólidos deve incluir a redução da produção nas fontes geradoras, o reaproveitamento, a coleta seletiva com inclusão de catadores de materiais recicláveis e a reciclagem, e ainda a recuperação de energia e não apenas a coleta dos resíduos e sua disposição, como ocorrem em geral nos municípios brasileiros (JACOBI & BENSEN, 2011).

### 3.1.3 Desafios da gestão de resíduos sólidos no Brasil

Nascimento *et al.* (2015) sugerem que sistemas de gestão de resíduos sólidos sustentáveis devem ser adotados plenamente pelas autoridades locais em colaboração com ambos os setores privado e público.

Kawakoto (2015) em estudo no município de Campinas (SP), destaca a importância do desenvolvimento de Planos de Gestão de Resíduos e de Saneamento como forma de equacionar os problemas associados à gestão de resíduos nos municípios.

Liikanen *et al.* (2018), analisando o gerenciamento de resíduos sólidos na região metropolitana de São Paulo, apontam que a disposição em aterros sanitários até agora tem sido predominante no Brasil, em detrimento das outras etapas como segregação na fonte e o tratamento. Os resultados do estudo realizado indicaram que os impactos ambientais da gestão de RSM em São Paulo poderiam ser mitigados pelo incremento da digestão anaeróbica de resíduos orgânicos separados na fonte e pelo uso da incineração.

Assim, conciliar desenvolvimento ambientalmente sustentável e a gestão de RSU no Brasil especialmente em cidades de grande porte, exige o uso de alternativas futuras que incluem a redução gradual da disposição em aterro com consequente aumento na produção da compostagem, digestão anaeróbica e tratamento mecânico-biológico (MBT).

Estudos conduzidos por Leme *et al.* (2014) em Betim (MG) também mostraram que os sistemas de aterros sanitários representam a pior opção de gerenciamento de resíduos e que uma economia ambiental significativa é alcançada quando se realiza a recuperação de energia através da combustão direta de resíduos como combustível para geração de eletricidade.



Estudo conduzido por Fratta *et al.* (2019) também identificou no ABC Paulista que a coleta seletiva e reciclagem ainda ocorrem principalmente com os resíduos secos, e que a matéria orgânica ainda não é separada e tratada, o que concorre para que a compostagem praticamente não ocorra e a matéria orgânica acaba disposta nos aterros.

A pequena participação do tratamento de resíduos no gerenciamento dos mesmos pode ser observada através dos estudos do SNIS e da Abrelpe. A Abrelpe (2017) aponta que a porcentagem de matéria orgânica tratada representa menos de 2% do total coletado.

Para Moraes & Borja (2009 *apud* MARCHI, 2015) alguns determinantes para a inadequada gestão dos RSU na maioria dos municípios brasileiros são: (1) limitações de ordem financeira como arrecadação insuficiente e inexistência de linha de crédito específica; (2) pouca capacidade institucional; (3) deficiência na capacitação técnica e profissional da equipe envolvida; (4) descontinuidade política e administrativa; (5) falta de programas de educação ambiental; (6) pouco envolvimento da sociedade com a problemática dos resíduos sólidos; e (7) ausência de controle ambiental.

Tais limitações têm reflexo direto nas políticas de gestão dos resíduos sólidos. Um exemplo é a elaboração do Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos estabelecida pela PNRS que constitui um instrumento para os municípios captarem recursos federais para gerenciar os resíduos sólidos. Segundo o IBGE (2014), apenas 33,5% dos municípios brasileiros conseguiram entregar este plano, o que demonstra as dificuldades que a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos e uma gestão eficiente dos resíduos sólidos ainda devem enfrentar para atingir seus objetivos no Brasil.

Apesar da Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil seguir uma hierarquia de gerenciamento dos RSU muito parecida com a de países desenvolvidos, baseada na não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final dos rejeitos, as deficiências dos sistemas de gestão têm reflexos diretos na vida útil dos aterros sanitários, pois a ineficiência de etapas como, por exemplo, a reciclagem e o tratamento, ocasiona a sobrecarga e compromete a vida útil dos aterros sanitários, pois são depositados vários materiais que poderiam ser reciclados ou compostados .

#### 3.1.4 Gestão de resíduos em outros países do mundo

O gerenciamento integrado dos resíduos sólidos é uma preocupação em vários países do mundo, uma vez que o aumento do poder aquisitivo, somado ao aumento da população e o

crescente consumo de materiais descartáveis tem gerado aumento do volume de resíduos sólidos gerados diariamente e estes resíduos devem ter tratamento e destinação adequadas.

Nelles *et al.* (2016) destaca que na Alemanha, por exemplo, a gestão de resíduos nos últimos 20 anos baseou-se em ciclos fechados e na atribuição de responsabilidade aos fabricantes e produtores de produtos pela sua destinação, o que contribuiu para a introdução de novas tecnologias de eliminação e aumento da capacidade de reciclagem. Atualmente 14% das matérias-primas utilizadas pela indústria alemã são resíduos recuperados, isso apesar de a Alemanha apresentar uma das maiores taxas de geração de resíduos da União Europeia- 626 kg/hab/ano (EUROSTAT, 2018).

De modo geral, a União Europeia apresentou igualmente um incremento nos processos de tratamento e recuperação dos resíduos, o que fez com que a taxa de deposição de resíduos em aterro na UE-28 caísse de 64% em 1995 para 23% em 2017 (EUROSTAT, 2018).

Esta redução pode ser parcialmente atribuída à aplicação da legislação europeia, como a Diretiva 62/1994 relativa a embalagens e resíduos de embalagens que obriga à recuperação de um mínimo de 50% de todas as embalagens colocadas no mercado, o que contribuiu para um aumento na coleta das mesmas bem como sua reciclagem e diminuição de material destinado aos aterros.

Nos Estados Unidos, dos 264,4 milhões de toneladas de resíduos gerados em 2015, de acordo com a EPA (2018), 67,8 milhões de toneladas foram recicladas e 23,4 milhões de toneladas foram compostados. A compostagem ou tratamento correspondeu, portanto, há mais de 30% dos resíduos gerados no país, índice este que deve ser melhorado pela implementação de políticas de incentivo à separação de resíduos e sua reciclagem e tratamento.

O Japão, conforme estudo de Themelis & Mussche (2013), apresenta um excelente índice de gerenciamento de resíduos, com tratamento de cerca de 61% das 65 milhões de toneladas de resíduos gerados, sendo que apenas 2% dos resíduos são dispostos em aterro.

A realidade dos países desenvolvidos como os europeus, Japão e Estados Unidos, contrasta com a de países como o Brasil, Índia, Egito entre outros.

Os países em desenvolvimento encontram dificuldades na implementação de políticas de gestão de resíduos bem-sucedidas, em função principalmente dos custos financeiros e ambientais para gerenciar o expressivo volume de RSU (DIAS, 2012).

No Egito a taxa de coleta dos resíduos gerados é inferior a 60% e a de recuperação dos resíduos coletados (reciclagem/compostagem) é menor que 11,5%; os resíduos não coletados são dispostos em lixões ilegais, o que gera a contaminação de recursos como solo e água, conforme Ibrahim & Mohamed (2016).

Segundo Gosh (2016) Índia e China, duas economias em crescimento, têm problemas semelhantes para lidar com a grande quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU). O autor aponta que na Índia a gestão de resíduos urbanos nas cidades é uma preocupação devido a razões como mau uso da terra e infraestrutura, baixa capacidade técnica e financeira, falta de regulamentos, falta de coordenação entre as autoridades, políticas deficientes e ausência de prioridades políticas.

Gosh (2016) informa que a China, ao contrário da Índia, tem investido para gerenciar a imensa quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados. Entre 1990 a 2004, o investimento em equipamentos de tratamento de RSU e infraestrutura aumentou 21 vezes, permitindo o tratamento de uma quantidade maior de resíduos ou mesmo sua disposição com segurança. Segundo Themelis & Mussche (2013) a China tem investido em plantas de geração de energia através da utilização de aproximadamente 17% dos resíduos gerados, no entanto, o impacto das emissões geradas por essas plantas tem gerado críticas em função dos impactos causados no ar, o que significa que ainda há um longo caminho a ser percorrido.

Na Malásia, segundo Manaf *et al.* (2009), o método predominante para eliminação dos resíduos sólidos urbanos é o aterramento em lixões, que em sua maioria, representam graves ameaças ambientais e sociais. Os autores destacam que a disposição está se tornando mais difícil porque os aterros existentes estão sendo preenchidos rapidamente em função do aumento da geração de resíduos e, que a construção de novos locais se torna mais difícil devido à escassez de terra e ao aumento dos preços da terra e altas demandas, especialmente em áreas urbanas.

Na Malásia, em concordância com Manaf *et al.* (2013), Kadir *et al.* (2013) destacam a predominância da etapa de disposição em aterros ou lixões e a pequena participação da incineração e aproveitamento térmico dos resíduos.

Como se observa, a gestão de resíduos sólidos no Brasil e no mundo ainda carece de investimentos para melhoria da infraestrutura urbana, implantação de aterros e plantas de tratamento e reciclagem de resíduos, além de investimentos em educação e formação dos cidadãos e empresas, o que refletiria diretamente em mudanças de hábitos e cultura a respeito dos resíduos e seu manejo.

### **3.2 O papel do aterro sanitário nas etapas de gestão**

O aterro, como já foi visto, é o meio de disposição ambientalmente adequado para dispor rejeitos (Política Nacional de Resíduos Sólidos, art 3º, inc XV) e sua implantação atende a

legislação vigente e amplia o acesso da população a uma melhor qualidade de vida através da disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos municipais. Apesar das vantagens de sua utilização, os custos de implantação são altos e muitos municípios alegam não possuírem tais recursos.

Estudo realizado por Vital *et al.* (2014) estimou os custos de implantação de aterros de pequeno, médio e grande porte para atendimento à legislação vigente como sendo da ordem de R\$ 2,5 bilhões em aterros sanitários assim distribuídos: R\$1.056,68 bilhão para região Nordeste, R\$652,31 milhões para região Sudeste, R\$342,14 milhões, R\$247,50 milhões para região Norte e R\$188,40 milhões para Região Sul.

Como se pode observar, o papel do aterro como método de disposição de rejeitos e resíduos é fundamental para manutenção ou mesmo melhoria das condições de vida da população.

Mas além desse papel tradicional de disposição final, destaca-se a operação dos aterros sanitários como biorreatores, que tem como principais entradas os resíduos e a água e, as principais saídas são os gases e o percolato (BOSCOV, 2008).

Nestes biorreatores a fermentação do metano produz biogás que é composto principalmente de metano (35 - 70%), dióxido de carbono (20 - 50%) e outros poluentes, como nitrogênio, hidrogênio, sulfeto de hidrogênio, oxigênio, monóxido de carbono. Em média, 150-400 m<sup>3</sup> de gás pode ser recuperado da massa de 1 tonelada de resíduos (CIULA *et al.*, 2018).

Vieira *et al.* (2015) e Boscov (2008) destacaram que o biogás produzido nos aterros sanitários é uma opção de aproveitamento desses resíduos, devido ao seu poder energético e à quantidade disponível, sendo cada vez mais utilizado geralmente na geração de energia, diminuindo os custos e contribuindo com a manutenção do aterro.

Apesar dos incentivos para geração de energia a partir dos resíduos depositados em aterros sanitários, a instabilidade do processo de geração do biogás e a sua baixa produção reduzem, muitas vezes, a eficiência e viabilidade econômica do processo destacam Li *et al.* (2018).

Um outro papel exercido pelos aterros sanitários é o de potencial fornecedor de recursos minerais. De acordo com Wagner & Raymond (2015) devido ao fato de os aterros de resíduos sólidos urbanos continuarem a receber quantidades significativas de materiais recicláveis e metais, o valor econômico dos metais depositados em aterros é significativo, fomentando o interesse mundial em recuperar os metais depositados em aterro por meio da mineração.

Nesse sentido Wanka *et al.* (2017) observaram que recentemente a *Mineração de Aterro* se tornou tema importante no discurso acadêmico e na implementação prática, com o principal objetivo de recuperar o máximo de material possível dos resíduos sólidos urbanos depositados.

Gusca *et al.* (2015) colocam que o potencial de mineração de aterros varia de projeto para projeto e depende do material a ser recuperado e que alguns dos benefícios que podem ser obtidos por essa atividade são a reabilitação de áreas com uso recreativo, diminuição no uso de energia e importação de matéria prima, redução dos impactos negativos no ar, solo e água subterrânea.

No entanto, a mineração economicamente viável de aterros para metais tem enfrentado várias barreiras, incluindo desafios tecnológicos e altos custos de processamento dos resíduos (WAGNER & RAYMOND, 2015).

A prática de mineração de aterros tem sido utilizada inclusive como meio de remediação dos mesmos como mostram os trabalhos de Dubey *et al.* (2016) que aborda a recuperação de materiais em um aterro na Índia, Frandegard *et al.* (2015) que simularam pelo método de Monte Carlo a recuperação de aterros na Suécia, Wagner & Raymond (2015) que tratam da recuperação de aterro no Maine (USA) entre outros.

### 3.2.1 Aspectos legais e normativos aplicados à disposição final de resíduos

A Constituição Federal de 1988 (CF/88), em seu artigo 23, inciso VI, estabelece a competência de combate à poluição e à proteção do meio ambiente para todas as esferas do executivo.

Para efetivar essa proteção ao meio ambiente e o combate à poluição, Estados e Municípios, conforme previsão do artigo 24 e 30, I e II da CF/88 (p. 24 e p. 35, respectivamente) podem legislar sobre esses temas, como se observa:

Artigo 24 - estabelece a competência da União, dos Estados e do Distrito Federal em legislar concorrentemente sobre (...) proteção do meio ambiente e controle da poluição (inciso VI); e,

• Artigo 30, incisos I e II - estabelece que cabe ainda ao poder público municipal legislar sobre os assuntos de interesse local e suplementar a legislação federal e a estadual no que couber.

Considerando a competência concorrente dos Estados e da União para legislar sobre a proteção do meio ambiente, são apresentados na **Tabela 1** os instrumentos legais associados ao gerenciamento de resíduos sólidos.

**Tabela 1-** Resoluções, normas técnicas e leis relacionadas a aterro sanitário

TIPO	DESCRIÇÃO SUCINTA
Resolução CONAMA 481/2017	- Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. - Data da legislação: 09/10/2017 - Publicação DOU, de 04/10/2017, Seção 1, página 51
Lei 12305/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
Decreto 7404/2010	Regulamenta a Lei 12305/2010
Resolução CONAMA 01/1986	Define responsabilidades e critérios para a Avaliação de Impacto Ambiental e define atividades que necessitam do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), bem como do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Data da legislação: 23/01/1986. Publicação DOU de 17/02/1986, p. 2548-2549
NBR 10.004/2004	Classificação dos resíduos sólidos
NBR 13.896/1997	Aterros de resíduos não perigosos – critérios de projeto, implantação e operação
NBR 13.463/1995	Coleta de resíduos sólidos
NBR 12.980/1993	Coleta, variação e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos-Terminologia
NBR 8419/1992	Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos
NBR 10157/1987	Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação
Lei 997/1976	trata do licenciamento de atividades potencialmente poluidoras
Resolução n. 15- SMA-SP 14/02/2017	Dispõe sobre o licenciamento ambiental de empreendimento ou atividades relativas aos resíduos sólidos

Fonte: Elaborado pela autora

Como se observa, a estrutura normativa relativa aos resíduos sólidos é bastante ampla e consolidada, contemplando aspectos relacionados a todas as etapas de gerenciamento deles como coleta, transporte, tratamento dos resíduos e licenciamento ambiental para instalação de aterros. Além disso, as normas técnicas brasileiras (NBR) trazem os aspectos relacionados à caracterização de resíduos e de etapas do gerenciamento como coleta e apresentação de projetos de aterros.

Outro instrumento legal, a PNRS, regulamentou de forma abrangente o tema ‘resíduos sólidos e saneamento básico’, trazendo diretrizes que devem ser observadas pela sociedade, empresários e Poder Público para melhoria da saúde pública e da qualidade ambiental.

Apesar da legislação abrangente e moderna, o gerenciamento de resíduos sólidos ainda enfrenta barreiras para sua implementação. A eliminação de lixões e implantação de aterros sanitários como medidas de proteção do meio ambiente e da população, ainda é uma realidade distante em muitos municípios brasileiros. Uma das etapas básicas desse processo que é a coleta dos resíduos é falha ou inexistente em vários municípios e a disposição dos resíduos muitas vezes é realizada de forma irregular, o que compromete a qualidade ambiental e a saúde da população.

Portanto, o tratamento ou mesmo reaproveitamento desses resíduos situa-se em patamares inferiores aos praticados por países desenvolvidos, demonstrando a necessidade de se avançar em políticas públicas em todas as esferas de organização, para melhorar os índices de reciclagem e compostagem dos resíduos sólidos urbanos, minimizando a disposição de resíduos cujo aproveitamento poderia gerar renda e energia.

### **3.3 Projeto, implantação e operação de aterro**

A implantação e operação de um aterro sanitário envolve etapas que vão desde a concepção do projeto até a operação propriamente dita e seu encerramento. Os aspectos de projeto e construtivos estão contemplados pelas normas técnicas NBR 8419/1992 que descreve as diretrizes técnicas dos elementos essenciais aos projetos de aterros e pela NBR 13896/1997 que trata da Apresentação de projetos de aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação.

A operação de um aterro é precedida por etapas como estudos preliminares, seleção de áreas, do licenciamento, elaboração do projeto executivo e pela sua implantação, que são abordadas a seguir.

1) *Estudos preliminares*: consistem na caracterização do município e na elaboração de um diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos local e dos potenciais municípios que podem ser atendidos pelo aterro a ser implantado.

Esses estudos visam levantar informações sobre a geração per capita de resíduos sólidos gerados no município, a composição gravimétrica e os serviços de limpeza executados no município ou municípios em questão bem como outros aspectos da gestão dos resíduos sólidos nos mesmos.

2) Escolha da área de implantação de um aterro sanitário: de acordo com IPT (2018) essa escolha é realizada através da:

- seleção preliminar das áreas disponíveis no Município;
- estabelecimento do conjunto de critérios de seleção, incluídos os estabelecidos nas legislações municipal, estadual e federal;
- definição de prioridades para o atendimento aos critérios estabelecidos;
- análise crítica de cada uma das áreas levantadas frente aos critérios estabelecidos e priorizados, selecionando-se aquela que atenda à maior parte das restrições através de seus atributos naturais.

A adoção dessa estratégia permite minimizar a quantidade de medidas corretivas a serem implementadas para adequar a área às exigências da legislação ambiental vigente, reduzindo-se ao máximo os gastos com o investimento inicial.

Em relação às restrições que uma determinada área pode apresentar Weber & Hasenak (2000) colocam que restrições são aqueles critérios que cerceiam ou limitam a análise em foco a regiões geográficas específicas, como áreas do tipo apta/não apta. Os fatores, por outro lado, são critérios que definem algum grau de aptidão para a área considerada, realçando ou diminuindo a importância de uma alternativa em consideração naqueles locais fora das restrições absolutas.

Entre as restrições que podem ser encontradas na seleção de áreas para aterros sanitários estão aspectos do meio físico como distância em relação a corpos d'água, espessura da zona insaturada, tipo de solo e permeabilidade do solo.

Van Elk (2007) apontou que a área escolhida deve ser caracterizada através de levantamentos topográficos, geológicos, geotécnicos, climatológicos e relativos ao uso de água e solo. Os estudos geológicos e geotécnicos envolvem levantamentos de campo para coleta de informações e amostras para análises de campo e de laboratório dos materiais presentes nas áreas a serem estudadas.

3) Concepção do projeto: nessa etapa devem ser considerados os tipos de resíduos a serem dispostos e sua quantidade, vida útil de operação, realizadas as escolhas e a justificativa da escolha de cada um dos vários elementos que compõem um aterro sanitário, como a drenagem das águas superficiais, a impermeabilização da camada superior e inferior, a drenagem e o tratamento dos lixiviados e gases, locais de coleta de amostras para monitoramento da água subterrânea e superficial, sistema de controle da estabilidade do maciço, os métodos de operação do aterro, acessos, material de recobrimento, isolamento da área bem



como sugestões de uso futuro da área após encerramento das atividades (UNIÃO EUROPEIA, 2010).

4) Execução do projeto: após os estudos e levantamentos preliminares e concepção do projeto inicia-se a disposição dos resíduos em células ou seu aterramento. O aterramento dos resíduos no aterro pode ser executado sob uma das três formas tradicionalmente empregadas, como mostra a **Figura 4** (IPT, 2018 e BIDONE & POVINELLI, 1999):

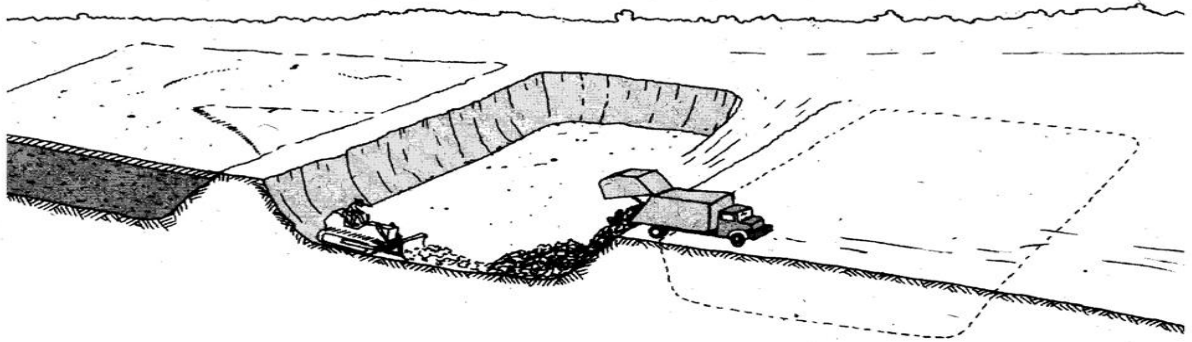
*a) Método da trincheira ou vala:* aplicado quando o local do aterro for plano ou levemente inclinado e quando a produção diária de resíduos não ultrapassar 10 t, preferencialmente. *Esse método* consiste na abertura de valas onde o resíduo é disposto, compactado e posteriormente coberto com solo (10-15 cm de espessura), com valas de tamanhos variados, dependendo dos equipamentos a serem utilizados para a compactação e recobrimento dos resíduos. Atingida a altura máxima da célula, inclusive com a sobreposição das camadas, ela é selada com uma cobertura de solo com 0,60m a 1,0 m de espessura.

*b) Método da rampa:* conhecido também como método da escavação progressiva é utilizado em áreas secas e de encostas, aproveitando o material escavado do próprio local na cobertura dos resíduos. Nesse método os resíduos são dispostos e compactados pelo trator em camadas de 3,0 a 4,0 m de altura posteriormente coberto com solo.

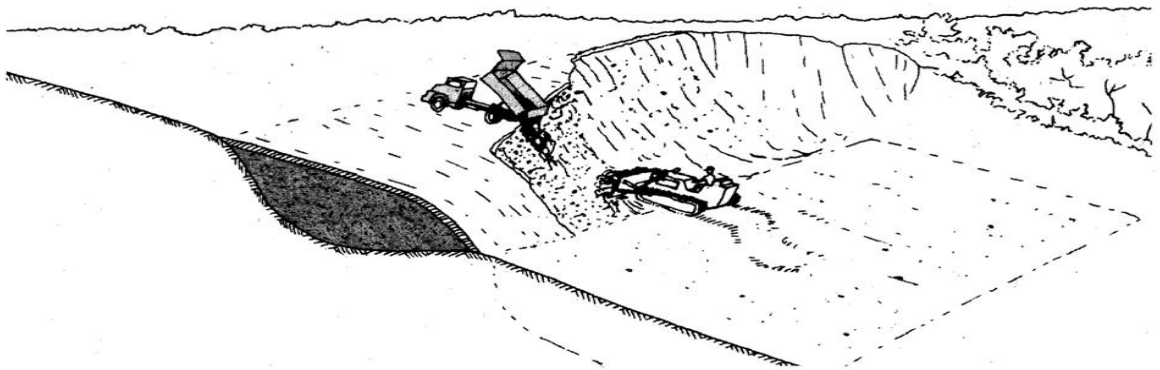
Bidone & Povinelli (1999) destacam que após a conclusão do aterro, com o “selamento” superficial e a reconstituição da morfologia local, a área pode ser utilizada em atividades menos restritivas do ponto de vista ambiental.

*c) Método da área ou aterro do tipo superficial:* é empregado em locais onde a topografia local permite o recebimento/confinamento dos resíduos sólidos, sem alteração de sua topografia original, sendo que nessas áreas os resíduos são descarregados e compactados formando uma elevação tronco-piramidal que recebe o recobrimento com solo ao final da operação de um dia. Em função da falta de locais disponíveis para implantação de aterros sanitários, especialmente nas cidades maiores, alguns aterros foram construídos em áreas baixas e úmidas, com lençol freático raso.

De acordo com Bidone & Povinelli (1999) esse método caiu em desuso, pois exige cuidados especiais como constante rebaixamento do lençol freático, a construção de diques ao longo da linha costeiras, com a finalidade de evitar a contaminação das águas pelo lixiviado, além do impacto visual gerado e danos ambientais de grande magnitude.



**Método da vala**



**Método da rampa**



**Método da área**

**Figura 4 - Métodos de aterramento de resíduos**  
 Fonte: IPT (2018)

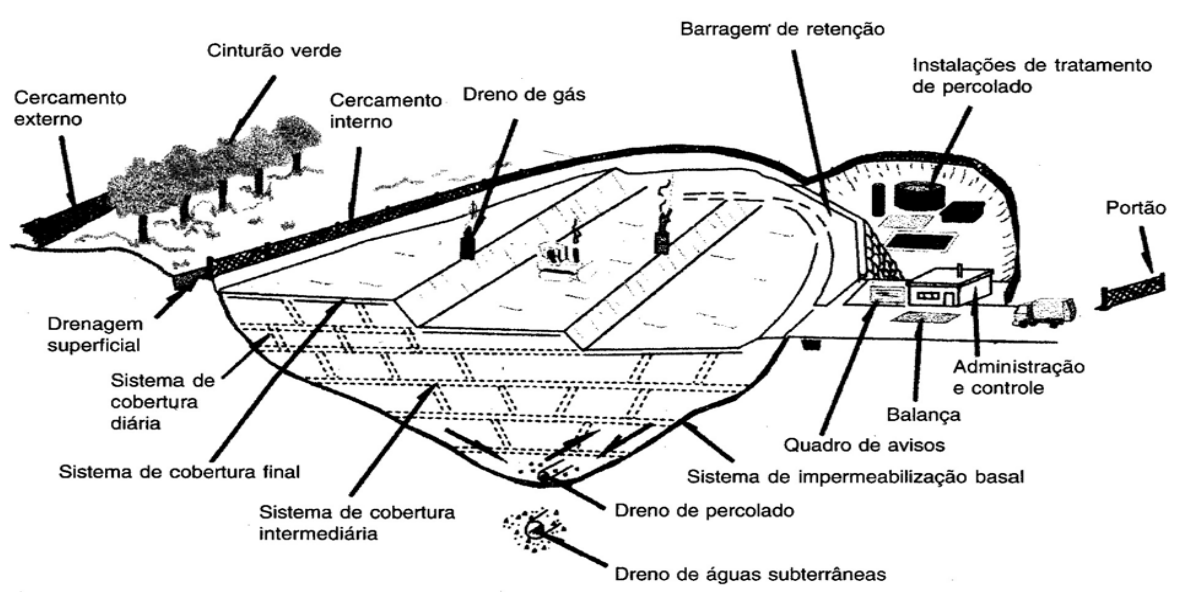
O funcionamento adequado de um aterro depende da existência de estruturas que controlam e protegem o aterro, tais como (BIDONE & POVINELLI, 1999):

- Cerca e barreira vegetal;
- Portaria;
- Balança e sistema de controle de resíduos;
- Instalação de apoio (escritório, refeitório, vestiário, sanitários);

- Almoxarifado;
- Pátio para estocagem de material;
- Galpões para abrigo de veículos;
- Acesso externo e interno e
- Iluminação.

De acordo com IPT (2018) as estruturas operacionais e de proteção presentes no aterro sanitário podem ser observadas na **Figura 5**:

- Células de resíduos domiciliares;
- Impermeabilização de fundo (basal) e superior;
- Sistema de coleta e tratamento dos líquidos percolados;
- Sistema de coleta e queima (ou beneficiamento) do biogás;
- Sistema de drenagem e afastamento das águas pluviais e
- Sistemas de monitoramento ambiental, topográfico e geotécnico.



**Figura 5** - Estruturas operacionais do aterro sanitário  
Fonte: IPT (2018)

De acordo com Boscov (2008) o desenvolvimento de um aterro sanitário no Brasil apresenta, em geral, as seguintes operações e sequência construtiva:

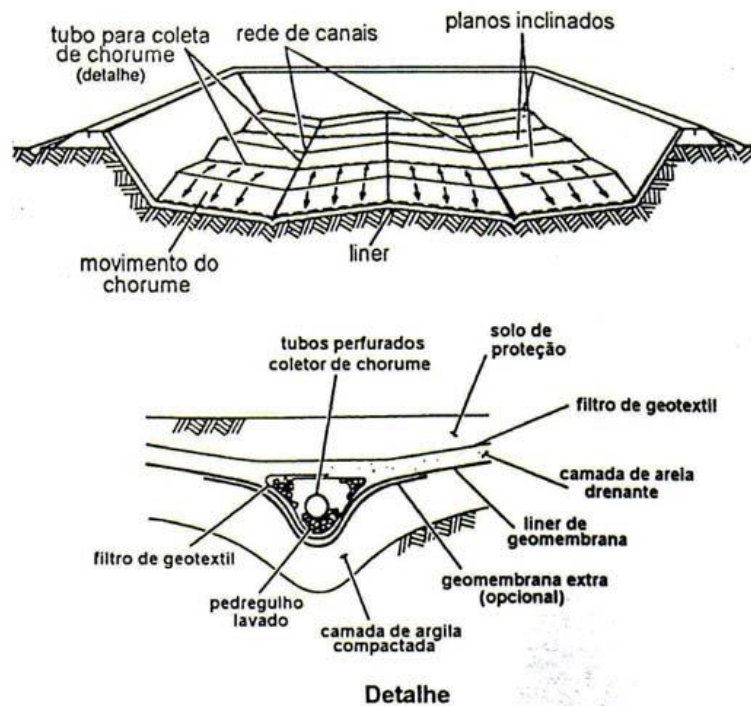
- 1) Revestimento inferior ou de base composto por camadas de drenagem e impermeabilização recobrimdo a área de disposição.

O revestimento de fundo tem como função reduzir o transporte de poluentes para a zona insaturada e/ou aquífero subjacente e compõe-se por camadas de impermeabilização (liners), drenagem e transição, como mostra a **Figura 6**.

A impermeabilização é feita com camada de argila compactada, cujo coeficiente de permeabilidade deve ser menor ou igual a  $10^{-9}$  m/s, que é recoberta por geomembrana, um material polimérico de baixíssima permeabilidade, elevada resistência mecânica e química, flexibilidade, perfeita soldabilidade e proteção contra intempéries. A geomembrana é então protegida contra danos por solo e geotêxtil. A camada de drenagem formada permite a coleta de percolato para tratamento além de reduzir a carga hidráulica sobre a barreira.

A construção da camada impermeabilizante inferior em toda área do aterro deve ser executada, portanto, conforme a ABNT NBR 13896/1997, com materiais cuja espessura e resistência sejam suficientes para evitar rupturas devido a pressões hidrostáticas e hidrogeológicas, ao contato físico com o líquido percolado ou resíduo, às condições climáticas e às tensões da instalação da impermeabilização e da operação diária, decorrentes da operação do aterro sanitário.

Em locais onde estão ausentes as jazidas de solo argiloso a serem utilizadas na impermeabilização, a base da impermeabilização é substituída por geocomposto argiloso para barreira impermeável (GCL).



**Figura 6** - Esquema ilustrativo da impermeabilização de fundo  
Fonte: Rebelo (2003)

## 2) Construção das camadas de RSU ou Célula de resíduo

Executada, em geral, pelo método de aterro em rampa, com taludes de 2 a 4 metros de altura e inclinações que variam entre 1:1 ou 1:2. Nessas células os resíduos são compactados em camadas de 20 a 30 cm de espessura cada e a sobreposição de uma nova célula somente é realizada após decorrido tempo suficiente para processamento da decomposição aeróbica dos resíduos já dispostos (BOSCOV, 2008, JARAMILLO, 2003).

Segundo IPT (2018), é ideal que seja implantado um sistema de zoneamento na disposição dos diferentes tipos de resíduos recebidos no aterro sanitário, especialmente quando houver recepção de resíduos de particulares (co-disposição).

## 3) Compactação e recobrimento dos resíduos

Os resíduos depositados e compactados são recobertos diariamente com uma camada de solo de 15 cm com o objetivo de impedir espalhamento dos materiais pela ação do vento, alastramento de odores desagradáveis, a presença de ratos, insetos e outros vetores de doenças (IPT, 1995).

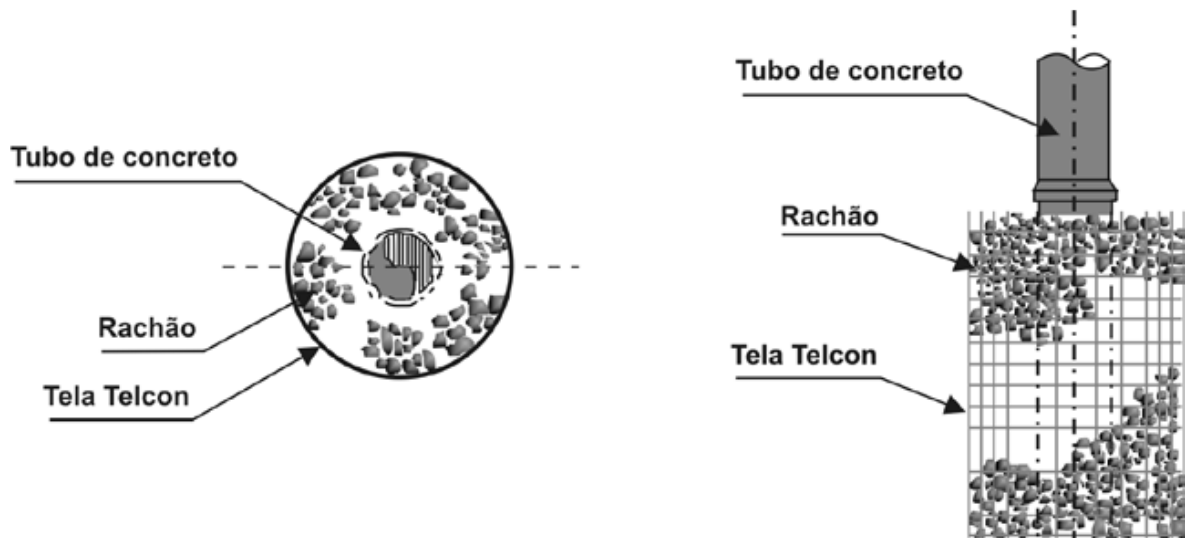
O material usado para a cobertura das células deve ter preferencialmente uma boa proporção de argila e ser oriunda do próprio local do aterro ou de área de empréstimo.

O recobrimento final dos resíduos deve ser feito com o objetivo de reduzir a infiltração das águas pluviais, limitar a combustão e a emissão dos gases, permitindo uma adequada revegetação.

## 4) Sistemas de drenagem

O sistema de drenagem de gases tem a função de drenar os gases provenientes da decomposição da matéria orgânica resultante do processo de digestão e tem a finalidade de evitar a migração de gases através do subsolo, uma vez que concentrações de CH<sub>4</sub> (metano) entre cinco e 15% são explosivas. Estes drenos atravessam todo o aterro no sentido vertical, desde a cobertura superficial até o fundo do aterro e são constituídos por tubos de concreto perfurados revestidos com brita, como mostra a **Figura 7**, instalados entre 50 e 100 m uns dos outros (REBELO, 2003).

O sistema de coleta de gases deve permitir sua remoção para queima ou seu uso na geração de energia, dependendo do projeto evitando que os gases escapem através dos meios porosos que constituem o subsolo e atinjam fossas, esgotos e até edificações. (UNIÃO EUROPEIA, 2010).



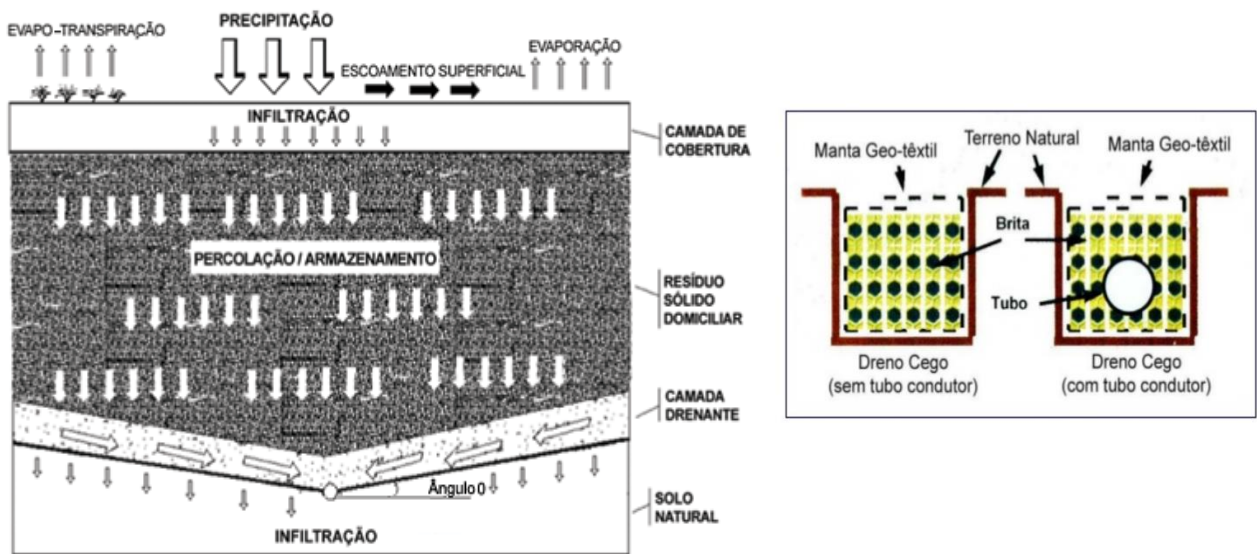
**Figura 7-** Dreno de gás executado em tubo de concreto perfurado envolto em brita  
 Fonte: Van Elk (2007)

O sistema de drenagem de águas pluviais tem o propósito de deter e desviar a água de escoamento superficial para áreas externas ao aterro, durante e após o encerramento dele. Sua principal função é minimizar a entrada de água na massa do resíduo, pois a água superficial é a maior responsável pela quantidade total do volume lixiviado.

O sistema de drenagem do percolado é constituído por um sistema de drenagem interna, com a função de diminuir as pressões dos líquidos sobre a massa de resíduo e de evitar a migração do mesmo para o solo.

De acordo com a ABNT NBR 13896/1997 o sistema de drenagem para a coleta e a remoção de líquido percolado do aterro deve ser instalado imediatamente acima da impermeabilização e dimensionado de forma a evitar a formação de uma lâmina de líquido percolado superior a 30 cm sobre a impermeabilização. Ele deve ser construído de material quimicamente resistente ao resíduo e ao líquido percolado, e suficientemente resistente a pressões originárias da estrutura total do aterro e dos equipamentos utilizados em sua operação.

Este sistema poderá ser projetado através de drenos de brita com tubo perfurado, direcionando os percolados até o local de acumulação, como mostra a **Figura 8**, de onde são enviados a um tratamento adequado por gravidade, bombeamento direto ou em carros-tanque (Rebelo, 2003).



**Figura 8** - Sistema de drenagem do lixiviado em um aterro sanitário  
 Fonte: Neto e Castro (2005)

### 5) Monitoramento ambiental e geotécnico

A operação do aterro sanitário também envolve o monitoramento da qualidade da água superficial e subterrânea e da estabilidade geotécnica do maciço de resíduos.

O monitoramento das águas subterrâneas é realizado através de poços de monitoramento instalados a montante e a jusante do empreendimento e o das águas superficiais em curso de água em pontos próximos ao aterro (jusante e montante). Esse monitoramento dos recursos hídricos visa avaliar a potencial contaminação dos mesmos pela operação do aterro. Os parâmetros a serem analisados nas amostras de água subterrânea e superficiais são os estabelecidos pela CETESB, bem como a frequência da amostragem (CASTRO, 2001).

O monitoramento geotécnico e de estabilidade dos taludes é realizado durante a operação do aterro e ao final da vida útil, visando detectar eventuais instabilidades no maciço como recalques. Este monitoramento pode ser feito através de inspeção visual, com verificação de indícios de erosão e trincas e fissuras na camada de cobertura ou qualquer outro sinal do movimento da massa de resíduos; instalação de marcos superficiais para medida de deslocamentos verticais e horizontais e medidas de pressões de gases e líquidos no interior do maciço, utilizando-se para isso piezômetros.

#### 3.3.1 Índice de qualidade dos resíduos (IQR) de aterros no Estado de São Paulo

Considerando que a qualidade ambiental é fundamental quando se trata de locais de disposição de resíduos, a CETESB realiza no Estado de São Paulo diversos levantamentos sobre as



condições ambientais e sanitárias dos locais de destinação final de resíduos domiciliares nos municípios paulistas. Esse levantamento a partir de 1997 passou a constituir o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares. Estas condições são expressas pelo Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos – IQR que varia de 0 a 10.

A partir de 2012 foram incorporados na avaliação a adequabilidade do monitoramento geotécnico do aterro, a ocorrência de episódio de queima de resíduos a céu aberto, análise da vida útil do aterro e a ocorrência de restrições legais ao uso do solo, e os aterros passaram a ser classificados em duas faixas de enquadramento: inadequada (0 a 7,0) e adequada (7,1 a 10) sendo que até 2012 os aterros eram enquadrados como inadequadas, controladas e adequadas.

De acordo com CETESB (2018) o Índice de Qualidade de Resíduos – IQR aplicado aos aterros sanitários pontua e classifica os aterros a partir da análise dos fatores: a) Estrutura de apoio; b) Frentes de trabalho; c) Taludes e Bermas; d) Superfície superior; e) Outras informações, f) Características da área que podem ser visualizados na **Figura 9**.

O trabalho de avaliação realizado no estado de São Paulo compeliu os municípios a melhorarem as condições dos locais de disposição ao longo do tempo ou disporem os resíduos em aterros particulares licenciados. Essa melhora nas condições de disposição pode ser visualizada na Tabela 1 que mostra a evolução do enquadramento dos aterros no período de 2011 a 2018, pois em 2011 23,7% dos aterros apresentavam condição inadequada e essa porcentagem foi reduzida para 4,4% em sete (07) anos.

**Tabela 2** - Evolução do enquadramento do IQR dos municípios no Estado de São Paulo

Ano	2011		2013		2015		2016		2017		2018	
Enquadramento	Nº de M*	%	Nº de M*	%	Nº de M*	%	Nº de M*	%	Nº de M*	%	Nº de M*	%
Inadequado	153	23,7	29	4,5	41	6,4	38	5,9	25	3,9	28	4,4
Adequado	492	76,3	613	95,5	600	93,6	601	94,1	615	96,1	612	95,6
Total	645	100,0	642	100,0	641	100,0	639	100,0	640	100,0	640	100

M\*: Municípios

Fonte: CETESB (2018)

Observa-se na planilha da Figura 9 que os dados são coletados considerando subgrupos de informações. No Subgrupo 1 avalia as características do local e da infraestrutura implantada como isolamento da área, recobrimento, profundidade do lençol freático, permeabilidade do solo,



disponibilidade do material para recobrimento, qualidade do material para recobrimento, condições dos sistemas viários trânsitos e acessos, impermeabilização da base do aterro, drenagem de chorume, drenagem de águas pluviais definitiva entre outros, obtém-se uma análise efetiva da conservação do meio.

No Subgrupo 2, consideram-se informações relacionadas à operação do aterro como a presença de catadores, queima de resíduos, ocorrência de moscas e de roedores, presença de aves e de animais, assim como, o recebimento de resíduos não autorizados e no Subgrupo 3 aspectos como a vida útil e proximidade de núcleos urbanos.

A avaliação da qualidade do aterro visa, portanto, o aprimoramento do desempenho ambiental e o equilíbrio da proteção e da prevenção da poluição, garantindo dessa forma, dentro do universo aterro, um desenvolvimento sustentável (LOUREIRO, 2005).

ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERROS DE RESÍDUOS - IQR				
MUNICÍPIO:			DATA:	
LOCAL:			AGÊNCIA:	
BACIA HIDROGRÁFICA:			UGRHI:	
LICENÇA: L.I.: <input type="checkbox"/> L.O.: <input type="checkbox"/>			TÉCNICO:	

ÍTEM	SUB-ÍTEM	AValiação	PESO	PONTOS
ESTRUTURA APOIO	1. PORTARIA, BALANÇA E VIGILÂNCIA	SIM / SUFICIENTE	2	
		NÃO / INSUFICIENTE	0	
	2. ISOLAMENTO FÍSICO	SIM / SUFICIENTE	2	
		NÃO / INSUFICIENTE	0	
ESTRUTURA	3. ISOLAMENTO VISUAL	SIM / SUFICIENTE	2	
		NÃO / INSUFICIENTE	0	
FRONTAL	4. ACESSO À FRENTE DE DESCARGAS	ADEQUADO	3	
		INADEQUADO	0	
FRONTAL	5. DIMENSÕES DA FRENTE DE TRABALHO	ADEQUADAS	5	
		INADEQUADAS	0	
	6. COMPACTAÇÃO DOS RESÍDUOS	ADEQUADA	5	
FRONTAL		INADEQUADA	0	
	7. RECOBRIMENTO DOS RESÍDUOS	ADEQUADO	5	
FRONTAL		INADEQUADO	0	
	8. DIMENSÕES E INCLINAÇÕES	ADEQUADAS	4	
FRONTAL		INADEQUADAS	0	
	9. COBERTURA DE TERRA	ADEQUADA	4	
FRONTAL		INADEQUADA	0	
	10. PROTEÇÃO VEGETAL	ADEQUADA	3	
FRONTAL		INADEQUADA	0	
	11. AFLORAMENTO DE CHORUME	NÃO / RAROS	4	
FRONTAL		SIM / NUMEROSOS	0	
	12. NIVELAMENTO DA SUPERFÍCIE	ADEQUADO	5	
FRONTAL		INADEQUADO	0	
	13. HOMOGENEIDADE DA COBERTURA	SIM	5	
FRONTAL		NÃO	0	
	14. IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO	SIM/ADEQUADA (N. PREENCHER ITEM 15)	10	
FRONTAL		NÃO/INADEQUADA (PREENCHER ITEM 15)	0	
	15. PROF. LENÇOL FREÁTICO (P) X PERMEABILIDADE DO SOLO (K)	P > 3 m, k < 10-6 cm/s	4	
FRONTAL		1 <= P <= 3m, k < 10-6 cm/s	2	
		CONDIÇÃO INADEQUADA	0	
FRONTAL	16. DRENAGEM DE CHORUME	SIM / SUFICIENTE	4	
		NÃO / INSUFICIENTE	0	
FRONTAL	17. TRATAMENTO DE CHORUME	SIM / ADEQUADO	4	
		NÃO / INADEQUADO	0	
FRONTAL	18. DRENAGEM PROVISÓRIA DE ÁGUAS PLUVIAIS	SUFICIENTE / DESNECES.	3	
		NÃO / INSUFICIENTE	0	
FRONTAL	19. DRENAGEM DEFINITIVA DE ÁGUAS PLUVIAIS	SUFICIENTE / DESNECES.	4	
		NÃO / INSUFICIENTE	0	
FRONTAL	20. DRENAGEM DE GASES	SUFICIENTE / DESNECES.	4	
		NÃO / INSUFICIENTE	0	
FRONTAL	21. MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	ADEQUADO	4	
		INADEQUADO / INSUFIC.	1	
		INEXISTENTE	0	
FRONTAL	22. MONITORAMENTO GEOTÉCNICO	ADEQUADO / DESNECES.	4	
		INADEQUADO / INSUFICIEN.	1	
		INEXISTENTE	0	
SUBTOTAL 1			86	

ÍTEM	SUB-ÍTEM	AValiação	PESO	PONTOS
OUTRAS	23. PRESENÇA DE CATADORES	NÃO	2	
		SIM	0	
	24. QUEIMA DE RESÍDUOS	NÃO	2	
		SIM	0	
	25. OCORRÊNCIA DE MOSCAS E ODORES	NÃO	2	
		SIM	0	
	26. PRESENÇA DE AVES E ANIMAIS	NÃO	2	
		SIM	0	
	27. RECEBIMENTO DE RESÍDUOS NÃO AUTORIZADOS	NÃO	2	
		SIM	0	
INFORMAÇÕES	28. RECEBIMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS	SIM (Preencher item 29)		-
		NÃO (ir p/item 30)		
INFORMAÇÕES	29. ESTRUTURAS E PROCEDIMENTOS	SUFICIENTE / ADEQUADO	10	
		INSUFICIENTE / INADEQ.	0	
SUBTOTAL 2.1			10	
SUBTOTAL 2.2			20	
CARACTERÍSTICA	30. PROXIMIDADES DE NÚCLEOS HABITACIONAIS	>= 500m	2	
		< 500m	0	
	31. PROXIMIDADES DE CORPOS DE ÁGUA	>= 200m	2	
		< 200m	0	
	32. VIDA ÚTIL DA ÁREA	<= 2 ANOS	<input type="checkbox"/>	-
		2 < x <= 5 ANOS	<input type="checkbox"/>	
CARACTERÍSTICA	33. RESTRIÇÕES LEGAIS AO USO DO SOLO	SIM	<input type="checkbox"/>	-
		NÃO	<input type="checkbox"/>	
SUBTOTAL 3			4	

TOTAL MÁXIMO (100)		TOTAL MÁXIMO (110)	
TOTAL MÁXIMO 2.1		TOTAL MÁXIMO 2.2	
sem recebimento de resíduos industriais		com recebimento de resíduos industriais	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
IQR-SOMA DOS PONTOS/10		IQR-SOMA DOS PONTOS/11	
sem recebimento de resíduos industriais		com recebimento de resíduos industriais	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	

**Cálculo do IQR**

(sem receb. resíduos industriais) IQR = (SUBTOTALS 1+2.1+3)/10 = 10,0

(com receb. resíduos industriais) IQR = (SUBTOTALS 1+2.2+3)/11 = 10,0

IQR	AValiação
0,0 a 7,0	CONDIÇÕES INADEQUADAS
7,1 a 10,0	CONDIÇÕES ADEQUADAS

Figura 9- Parâmetros considerados na avaliação do IQR

Fonte: CETESB (2018)

A Tabela 3 ilustra os componentes da avaliação do IQR e seu peso em ordem crescente, o que permite avaliar a importância de cada item na classificação da qualidade dos índices dos aterros sanitários. Somente os parâmetros Vida útil da área, Restrições legais ao uso do solo e a existência de Licença de Operação não pontuam para cálculo do IQR.

**Tabela 3** - Componentes de avaliação do IQR e seus pesos na composição da nota do aterro

<b>Critério</b>	<b>Peso/classificação</b>	<b>Peso</b>
Estrutura de apoio (portaria/balança/vigilância, isolamento físico, isolamento visual)	2/suficiente	Zero/ insuficiente
Outras informações: - Presença de catadores - Queima de resíduos - Ocorrência de moscas e odores - Presença de aves e animais - Recebimento de resíduos não autorizados - Recebimento de resíduos industriais	2/ quando tais situações não ocorrem no aterro	Zero/ quando são observadas no aterro (catadores queima, moscas e odores, aves, outros resíduos não autorizados)
Características do local: - Proximidade de núcleos habitacionais - Proximidade de corpos de água	2/ maior que 500m 2/ maior que 200 m	Zero/ menor que 500m Zero/ menor que 200m
Acesso às frentes de descarga	3/ suficiente	Zero/insuficiente
Proteção vegetal	3/ adequada	Zero /inadequada
Drenagem provisória de águas pluviais	3 / suficiente/desnecessária	Zero / insuficiente/necessária
Drenagem definitiva de águas pluviais	4 /suficiente/ desnecessária	Zero/não possui/ insuficiente
Dimensões e Inclinação de bermas/taludes	4 / adequada	Zero/inadequada
Drenagem de chorume	4 / sim/suficiente	Zero/não possui/ insuficiente
Tratamento de chorume	4 / sim/adequado	Zero/não possui/ inadequado
Drenagem de gases	4 / suficiente/desnecessária	Zero/ insuficiente/necessária
Monitoramento de águas subterrâneas	4/ adequado	1/inadequado/ insuficiente Zero/ inexistente
Monitoramento geotécnico	4 / adequado/desnecessário	1/ inadequado/insuficiente Zero/ inexistente
Profundidade do lençol freático x permeabilidade do solo	4 / profundidade > 3,0m e k <que 10 <sup>-6</sup> cm/s	2/profundidade entre 1 e 3 m, k menor que 10 <sup>-6</sup> cm/s Zero/ inadequada
Afloramento do chorume	4 / não/ raros	Zero/sim/numerosos
Nivelamento da superfície	5 / adequado	Zero/Inadequado
Homogeneidade da cobertura	5 / sim	Zero/Não
Dimensões da frente de trabalho	5 /adequadas	Zero/inadequadas
Compactação dos resíduos	5 / adequada	Zero/inadequada
Recobrimento dos resíduos	5 /adequado	Zero/inadequado
Impermeabilização do solo	10 /Sim/ adequada	Zero/não existe / inadequada

Fonte: Elaborado pela autora

A análise da **Tabela 3** mostra que os parâmetros que têm peso 5 e 10 na avaliação do IQR relacionam-se à operação do aterro tais como dimensões das frentes de trabalho, compactação do solo e impermeabilização do solo, enquanto os fatores do meio físico profundidade do lençol freático e permeabilidade apresentam peso menor (peso 4).

Proposto e aplicado de forma sistemática no Estado de São Paulo, o IQR tem sido utilizado por pesquisadores em outros estados com a finalidade de avaliar a qualidade de aterros como mostram os trabalhos de Ferreira *et al.* (2014) que utilizaram o IQR para avaliar o aterro do município de Santo Antônio de Goiás (GO) que foi considerado inadequado com nota 3,7; Santos *et al.* (2012) que avaliaram as condições de aterro situado em Anápolis (GO) e identificaram vulnerabilidades da área como a presença de catadores e animais bem como propuseram medidas em sistemas de drenagem permanentes e provisórios; Pirete *et al.* (2014) que avaliaram as condições do aterro da cidade de Araguari (MG) considerando-o como adequado, apesar da necessidade de ajustes em alguns itens como as condições das vias de acesso, acesso à frente de trabalho, recobrimento dos resíduos e a manutenção dos acessos internos entre outros autores. Ainda utilizando o IQR como base para avaliação da qualidade de aterro, Palácio *et al.* (2018) avaliaram o aterro sanitário controlado de Paragominas (PA) cuja pontuação final se situou em 2,4, qualificando-o como inadequado, demonstrando com isso que o aterro em questão apresenta situação de risco.

O levantamento bibliográfico sobre o tema IQR não revelou a proposição de outro índice para avaliar a qualidade do local de disposição dos resíduos em outros estados brasileiros. A maioria dos autores consultados aplicou o IQR para avaliar as condições dos aterros estudados, o que permitiu propor medidas de ajustes nas áreas estudadas, mostrando que o IQR representa um indicador válido para a avaliação das condições de operação de aterros.

### **3.4 Impactos ambientais da disposição de resíduos no solo**

O aterro sanitário representa uma atividade potencialmente poluidora, assim classificada na Resolução CONAMA 01/86 e demanda para sua implantação, a execução de estudos ambientais que visam avaliar os potenciais impactos negativos dos aterros sanitários como a degradação ambiental, a aparência do terreno, o tráfego pesado, barulho, poeira, fumaça e emissão de odores, contaminação dos lençóis freáticos, surgimento de doenças e transtorno visual oriundo de um local com toneladas de resíduos amontoados que afetam a qualidade de vida das comunidades vizinhas às áreas de aterro (Downey and Van Willigen, 2005 *apud* PALMIOTO *et al.*, 2014 e COSTA & RIBEIRO, 2013).

Dessa forma há necessidade de conciliar a disposição final com a escolha de áreas que atendam aos requisitos legais, técnicos e financeiros para implantação dos aterros sanitários.

A operação de um aterro sanitário deve garantir a qualidade ambiental local e da área de influência e por isso em sua implantação e operação são previstas estruturas de drenagem de gases, lixiviado e impermeabilização da célula de resíduos que visam mitigar a migração dos contaminantes.

No entanto existem alguns constituintes do aterro que podem gerar a contaminação de solo e ou água subterrânea e superficial como o lixiviado e os próprios resíduos.

A carga contaminante do lixiviado compõe-se de muitas substâncias diferentes, entre as quais pode se destacar: substâncias orgânicas, nitrogênio, em forma de nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos e amônia; halogênios inorgânicos, carbonatos, cloretos, sulfatos, íons sódio, potássio, cálcio; metais como ferro, zinco, manganês, níquel, cobre etc (FERREIRA, 2010).

O conhecimento detalhado sobre os danos que podem ser provocados nos recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, por depósitos de resíduos sanitários é fundamental para o planejamento das medidas preventivas e corretivas a serem adotadas pelos gestores responsáveis (ALVES & TEIXEIRA, 2004).

Os impactos causados no meio físico por aterros têm sido estudados por vários autores. Azevedo (2004), ao estudar o Aterro Bandeirantes e doenças associadas a disposição dos resíduos, identificou alterações na qualidade da água subterrânea, com destaque para o bário, cádmio e mercúrio.

Matos *et al.* (2011), estudando o Aterro Aurá em Belém do Pará (PA), identificou a contaminação dos recursos hídricos superficiais, sendo que Morales (2002 in Matos *et al.*, 2011) que detectou contaminação por metais em amostras de solo bem como alterações na qualidade da água devido à migração do chorume.

Muñoz (2002) em avaliação de metais pesados do Aterro de Ribeirão Preto (SP) observou que a contaminação de solo por metais como Cu, Cd e Mn era mais intensa no sentido norte da área, sendo que a alteração da qualidade da água subterrânea não foi observada.

Nakamura *et al.* (2013) em pesquisa que tinha o objetivo de avaliar a qualidade da água subterrânea no entorno do aterro sanitário do município de Visconde do Rio Branco - Minas Gerais, detectaram teores elevados dos metais Mn, Fe, Al e Hg, bem como contaminação microbiológica na água subterrânea.

Em relação à presença de contaminantes no lixiviado de aterros, Ferreira (2010) identificou a amônia como sendo o poluente presente em maior concentração no lixiviado do

Aterro de São Carlos (SP), o que evidencia o potencial poluidor deste contaminante gerado pelos aterros.

Marques (2011) e Marques et al (2012) detectaram a contaminação de recursos hídricos superficiais (ferro, alumínio, mercúrio e manganês) e subterrâneos (coliforme fecal) devido à presença de aterros em três municípios do Estado de Minas Gerais em decorrência do lixiviado.

No Aterro de Bauru (SP), Mondelli *et al.* (2016) identificaram alteração na qualidade da água subterrânea nos seguintes parâmetros, após comparação com os valores orientadores da CETESB (2014): pH, fosfato total, DBO, Pb, Fe e Cr, além de alterações na DBO/DQO, indicativas da presença de matéria orgânica.

Nagalli (2005) em seu mestrado, estudando os aterros de Barra do Jacaré e Jacarezinho, concluiu que o sistema de tratamento realiza a remoção de grande parte dos contaminantes do chorume, mas esse tratamento não atinge níveis satisfatórios, pois não atendem aos padrões legais de emissão de efluente previsto na Resolução CONAMA n °357/05 (BRASIL, 2005).

Carvajal *et al.* (2016), ao analisar a qualidade ambiental no entorno do Aterro de El Carrasco, de Bucaramanga (Colômbia) por método da eletrorresistividade, identificou zonas em que se observa o manejo inadequado do lixiviado e a alteração da qualidade do solo e da água subterrânea em função da percolação deste contaminante.

Faria (2012) ao estudar o Aterro Sanitário Delta (Campinas-SP) e Santa Bárbara (SP) detectou alterações na qualidade da água superficial e subterrânea na área desses aterros relacionadas principalmente ao Fe, Mn e em alguns poços de Zn e outros metais, comprovando o potencial poluidor desta atividade.

Ezaki (2004) também detectou alterações na qualidade da água subterrânea em aterros na região metropolitana de São Paulo.

Panthee (2008) estudando três aterros do Nepal identificou que os materiais utilizados para prevenir a poluição, isto é, os impermeabilizantes, tinham granulometria maior que a desejável; além disso, observou que alguns problemas ocorreram devido à falta de alguns estudos técnicos e/ou consideração durante concepção e/ou operação, destacando a importância da execução de e estudos detalhados durante a concepção e operação de futuros aterros sanitários para diminuir a vulnerabilidade do aquífero local.

Oshea *et al.* (2018) estudou a alteração da qualidade da água com a presença de Pb, Cu entre outros metais em função da contaminação difusa de aterro na Inglaterra, em ambiente marinho.

Como se nota dos trabalhos citados, as alterações da qualidade da água subterrânea e solo devem-se, em geral, à presença de metais como cromo (Cr), ferro (Fe), bário (Ba), alumínio

(Al), fenóis, coliformes fecais e bactérias entre outros. A contaminação decorre de fatores como impermeabilização insuficiente, falta de estruturas de drenagem superficial e de coleta do chorume, vazamento de chorume, pequena profundidade do nível de água, alta permeabilidade do solo entre outros.

Muñoz (2002) ao estudar o impacto do incinerador do Aterro Sanitário de Ribeirão Preto (SP) constatou alterações na qualidade do solo das proximidades do equipamento e embora as concentrações estivessem abaixo do limite de intervenção da CETESB (São Paulo, 2016), foi possível identificar que essa alteração se deve à atividade de disposição de resíduos sólidos.

Desse modo, entre os fatores que contribuem para a contaminação do solo e água tem-se a impermeabilização insuficiente ou falta de estruturas de drenagem decorrentes de procedimentos de operação e/ou projeto do aterro; a pequena profundidade do nível de água e a alta permeabilidade do solo, estes fatores intrínsecos da área de implantação e que influenciam a migração desses contaminantes ao longo da zona insaturada, o que demonstra a importância de se conhecer as características do meio físico e a vulnerabilidade dos recursos hídricos à contaminação.

### **3.5 Avaliação da vulnerabilidade à contaminação de aquífero**

Considerando que um dos meios mais afetados por atividades poluidoras são os aquíferos, a avaliação da sua vulnerabilidade à contaminação é um fator muito importante a ser levado em consideração em estudos ambientais.

A vulnerabilidade de um aquífero à poluição refere-se às propriedades ou características intrínsecas que determinam a vulnerabilidade do aquífero em ser afetado pela carga de contaminante imposta (Shirazi, Inram e Akib, 2012). O conceito de vulnerabilidade parte do pressuposto que o meio físico pode fornecer alguma proteção à água subterrânea em razão dos impactos causados pelas atividades humanas, especialmente em relação à penetração de poluentes no subsolo (ABDULLAHI, 2009).

Nesse sentido, Guiguer e Kohnke (2002) destacam que a vulnerabilidade nas águas subterrâneas representa a facilidade com a qual um dado contaminante pode migrar para as águas subterrâneas ou para um aquífero de interesse em determinadas situações de uso do solo, características do contaminante e condições da área e portanto depende tanto das características do aquífero (litologias, porosidade, etc.) , da área (uso do solo, topografia, etc.) e do contaminante (mobilidade, densidade, etc.).

Existem vários métodos para avaliação da vulnerabilidade de aquíferos, a contaminação e os métodos GOD, DRASTIC e AVI são geralmente os mais empregados por utilizarem dados que são mais facilmente obtidos e sua obtenção ser de baixo custo.

### 3.5.1 Método GOD

Método proposto por Foster & Hirata (1988) que faz uso de três parâmetros para a avaliação da vulnerabilidade de aquíferos:

- Ocorrência da água subterrânea (Groundwater - G);
- Litologia (Overall - O);
- Profundidade (Depth - D).

Para determinar a vulnerabilidade do aquífero à contaminação, são considerados dois fatores básicos:

- o nível de inacessibilidade hidráulica da zona saturada do aquífero;
- a capacidade de atenuação dos estratos de cobertura da porção saturada do aquífero.

Esses fatores, no entanto, não podem ser medidos diretamente e dependem, por sua vez, da combinação de outros parâmetros como:

- grau de confinamento do aquífero;
- profundidade até o lençol freático ou a posição da água subterrânea;
- condutividade hidráulica vertical e teor de umidade da zona não saturada (zona vadosa)

ou camada confinante;

- distribuição granulométrica dos sedimentos e fissuras na zona vadosa ou camada confinante (idealmente necessário) ou grau de consolidação/fissuração desses estratos;

- mineralogia dos estratos na zona vadosa ou camada confinante (idealmente necessário) ou característica litológica desses estratos.

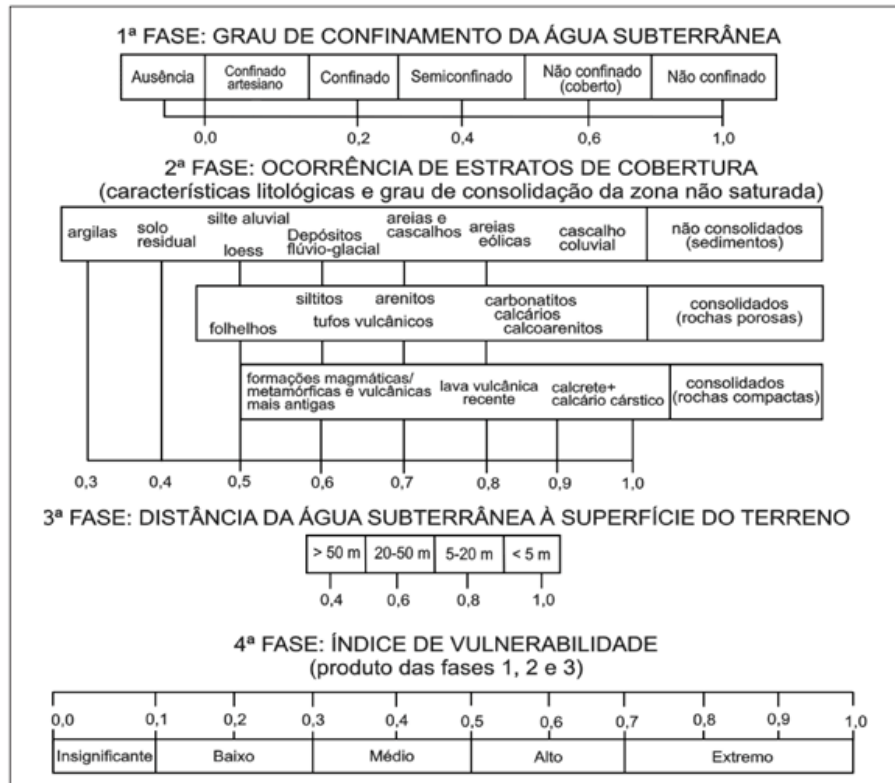
Além dos fatores naturais relativos às características da zona instaurada e do aquífero, deve-se levar em consideração, sempre que possível, os elementos característicos da carga poluidora como:

- modo de disposição no solo ou em subsuperfície;
- mobilidade físico-química;
- persistência do poluente.

O Método estabelece pesos para os diversos parâmetros, sendo o resultado final obtido pela multiplicação dos índices e corresponde a um mapa geral com indicação dos níveis de



vulnerabilidade da área, resultando em um índice de vulnerabilidade que varia de baixo a alto, conforme se observa na **Figura 10**.



**Figura 10** - Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação  
Fonte: Foster *et al.* (2006)

De acordo com Foster *et al.* (2006), o método GOD de avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação foi amplamente testado na América Latina e no Caribe durante a década de 1990 e, graças à sua simplicidade conceitual e de aplicação, é o método preferido por utilizar parâmetros de obtenção mais simples que outros métodos de avaliação de vulnerabilidade.

### 3.5.2 Método DRASTIC

Este método foi desenvolvido pela Aller *et al.* (1987) para ser um sistema padronizado de avaliação da vulnerabilidade de aquíferos frente a eventos de poluição.

O nome DRASTIC é representado por:

D – *depth* - profundidade da água

R – *recharge* - recarga

A – *aquifer* media- tipo de aquífero.

S – *soil* media - características do solo (espessura, material que compõem).

T – *topography* - topografia (declividade).

I - *impact of vadose zone- silte/argila, areia, tipos de rocha* – relaciona-se à permeabilidade dessa região, quanto mais permeável, mais vulnerável.

C- *conductivity of aquifer-* condutividade hidráulica do aquífero.

O principal objetivo da metodologia DRASTIC é o de auxiliar na alocação de recursos e na priorização das diversas atividades relacionadas às águas subterrâneas, definindo-se por exemplo, definir quais áreas deverão ser monitoradas de maneira mais intensiva num estudo de monitoramento. DRASTIC também pode ser utilizado para definir quais áreas devem ser protegidas para garantir a integridade do aquífero em termos de poluição. A aplicação desse método deve atender as seguintes premissas:

- O contaminante é inserido na superfície;
- O contaminante atinge a água subterrânea através da precipitação;
- O contaminante possui a mobilidade da água;
- A área a ser avaliada precisa ter uma dimensão mínima de 40 hectares.

O DRASTIC não foi desenvolvido para avaliação da vulnerabilidade nos casos em que o poluente é introduzido em profundidade no aquífero, como por exemplo, no caso de vazamentos em tanques enterrados, lagoas de resíduo ou poços de injeção.

### 3.5.3 Método AVI

O método AVI- *Aquifer Vulnerability Index* proposto por Van Stempvoort *et al.* (1993) mede a vulnerabilidade do aquífero usando dois parâmetros físicos: a espessura (d) de cada camada acima do aquífero e a condutividade hidráulica estimada (K). São utilizados para o cálculo do índice de vulnerabilidade os fatores hidrogeológicos potencial de recarga ao aquífero (que considera a condutividade hidráulica do meio, o gradiente hidráulico e a porosidade) e a profundidade do nível d'água.

Nesta metodologia divide-se a profundidade do nível d'água pelo potencial de recarga, obtendo-se como resultado o tempo de percurso vertical, que é um valor estimado de quanto tempo um contaminante dissolvido levará para atingir o aquífero. As classes de percurso estão apresentadas na **Tabela 4**.

**Tabela 4** – Classes de Vulnerabilidade para Aquíferos propostas pelo Método AVI

Vulnerabilidade intrínseca/Classe	Tempo de percurso vertical	Características da Vulnerabilidade do Aquífero
Classe 1	<5 anos	A água chega muito rápido ao aquífero através de material de alta condutividade hidráulica (areia/cascalho).
Classe 2	5 a 10 anos	A água chega rápido ao aquífero, sendo que ambos, o material e a distância ao aquífero, controlam a taxa de recarga
Classe 3	10-100 anos	A água chega devagar ao aquífero sendo que ambos, o material e a distância ao aquífero, controlam a taxa de recarga.
Classe 4	>100 anos	A água chega muito devagar ao aquífero através de material de baixa condutividade hidráulica (silte/argila).
Classe 5	Não há fluxo descendente	A mais baixa vulnerabilidade, com fluxo ascendente ou gradiente próximo a zero.

Fonte: Guiguer e Kohnke (2002)

Observa-se que nos três métodos apresentados uma grande importância é atribuída às características da zona insaturada bem como sua espessura. Grantham & Lucas (1985), Feitosa e Manoel Filho (1997), Fitts (2015), Nimmo (2005), Ceccanti *et al.* ( *apud* SILVEIRA e USUNOFF, 2009), Nielsen *et al.* (1986) entre outros autores destacam as propriedades da zona insaturada e seu papel no transporte de poluentes e mitigação da contaminação da água subterrânea, em função de processos como a advecção, difusão, dispersão hidrodinâmica entre outros.

A avaliação da vulnerabilidade e a contaminação de águas subterrâneas contemplam, portanto, atributos do meio físico e sua interação com o empreendimento ou fonte de poluição. Sua aplicação na implantação de empreendimentos potencialmente poluidores representa um método de gerenciamento para prevenir a contaminação deles, servindo como orientação geral para disciplinar o uso e ocupação do solo, ressaltando-se que essas avaliações não substituem investigações locais.

Kumar *et al.* (2015) e Machival *et al.* (2018) após uma revisão bibliográfica sobre os vários métodos de avaliação de vulnerabilidade, sugerem melhorias em alguns dos índices usados; os autores destacam ainda o caráter orientativo dessa avaliação, que não deve ser substituída por avaliações locais. Hadžić *et al.* (2015) em estudo de vulnerabilidade realizado em Sarajevo, destaca a importância de conhecer o impacto que uma fonte poluidora tem na água subterrânea e como é possível protegê-la. A importância de conhecer a vulnerabilidade à

contaminação dos recursos hídricos subterrâneos também foi colocada por Ferreira *et al.* (2000) em trabalho realizado no município de Campinas (SP), Ferreira e Oliveira (2004) abordaram a vulnerabilidade de aquíferos em Portugal e Pisciotta *et al.* (2015) tratam da vulnerabilidade de aquífero ao contaminante nitrato na região da Sicília (Itália).

No contexto da vulnerabilidade à contaminação de aquíferos os aterros sanitários podem ser considerados fontes diretas e permanentes de contaminação, uma vez que os resíduos são lançados em valas escavadas diretamente no terreno e lá permanecem se decompondo por várias décadas, embora existam sistemas de proteção e drenagem cujos materiais utilizados para essa finalidade sofrem a ação dos próprios resíduos e perdem parcialmente sua capacidade de retenção. Como se observou, os principais contaminantes encontrados em aterros são metais, amônia e outros que podem ser considerados contaminantes persistentes, o que demonstra a importância da avaliação de risco potencial aos recursos hídricos.

Na avaliação de vulnerabilidade de aquíferos em aterros sanitários podem ser citados os trabalhos de Al-Farajat *et al.* (2016) que, considerando a importância da água subterrânea para a Jordânia e a crescente necessidade de disposição de resíduos sólidos, analisou a vulnerabilidade de aquíferos em áreas próximas a aterros já existentes nas regiões de Mafraq e Zarqa para verificar possíveis expansões desses aterros, indicando que para o aterro de Mafraq a área a leste do lixão existente tem alta vulnerabilidade a contaminação, enquanto as áreas ao sul e oeste de o site é de vulnerabilidade moderada a contaminação e que na área do aterro de Russaifah, a maioria da área investigada é de moderada vulnerabilidade a contaminação com pequenas áreas para SE do lixão que são de baixa vulnerabilidade à contaminação, estando esse aterro localiza-se em uma área moderadamente vulnerável.

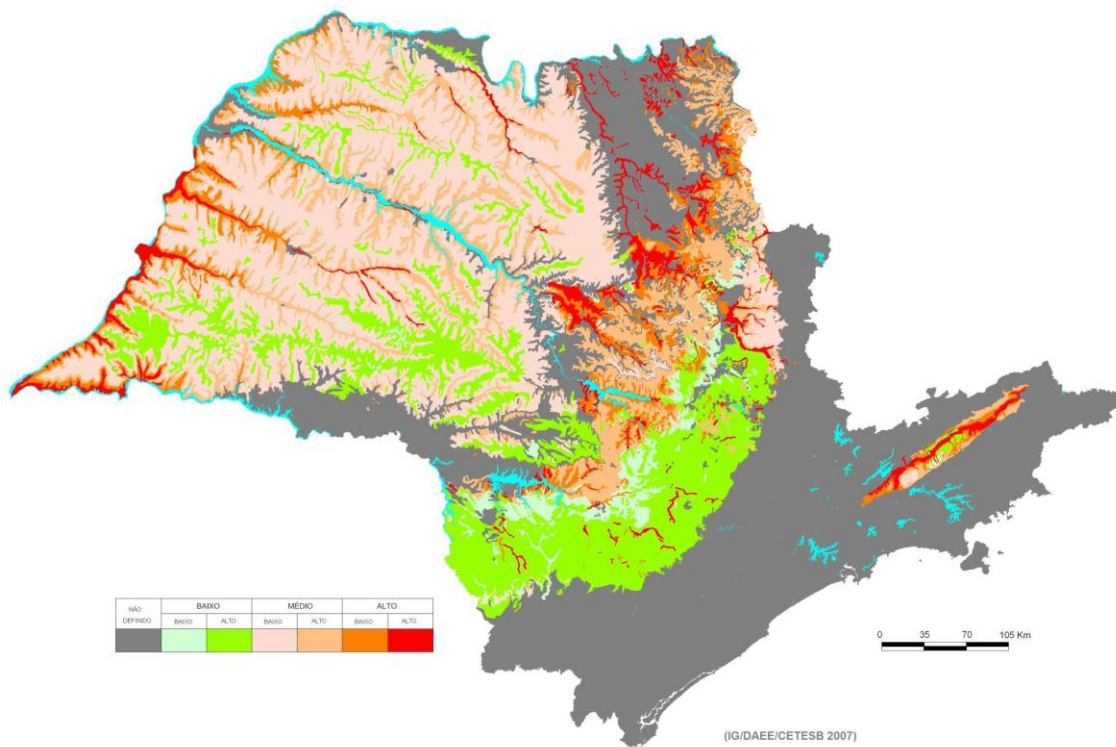
Foufou *et al.* (2017) estudaram a influência do Aterro de Annaba (Nigéria) sobre a qualidade da água do aquífero livre Wadi Zied que ocorre na área do aterro, caracterizando o risco de contaminação através da análise da concentração de alguns metais pesados como chumbo (Pb), zinco (Zn), cromo (Cr), cobre (Cu) e ferro (Fe), o que permitiu a classificação da área do aquífero como muito vulnerável à contaminação, especialmente por se tratar de área úmida.

Borba (2016) ao estudar o Aterro de Seberi (Rio Grande do Sul), identificou alteração na qualidade do solo em relação aos parâmetros Cr e Cu e alteração na água subterrânea em relação aos parâmetros coliformes totais, nitrogênio e nitrato. O estudo em questão indicou a área como de baixa vulnerabilidade à contaminação de aquíferos, determinada com a utilização do método GOD e a baixa vulnerabilidade à contaminação foi atribuída pelos autores à ocorrência de formações geológicas basálticas.

### 3.5.4 Mapeamento da Vulnerabilidade à Contaminação de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo

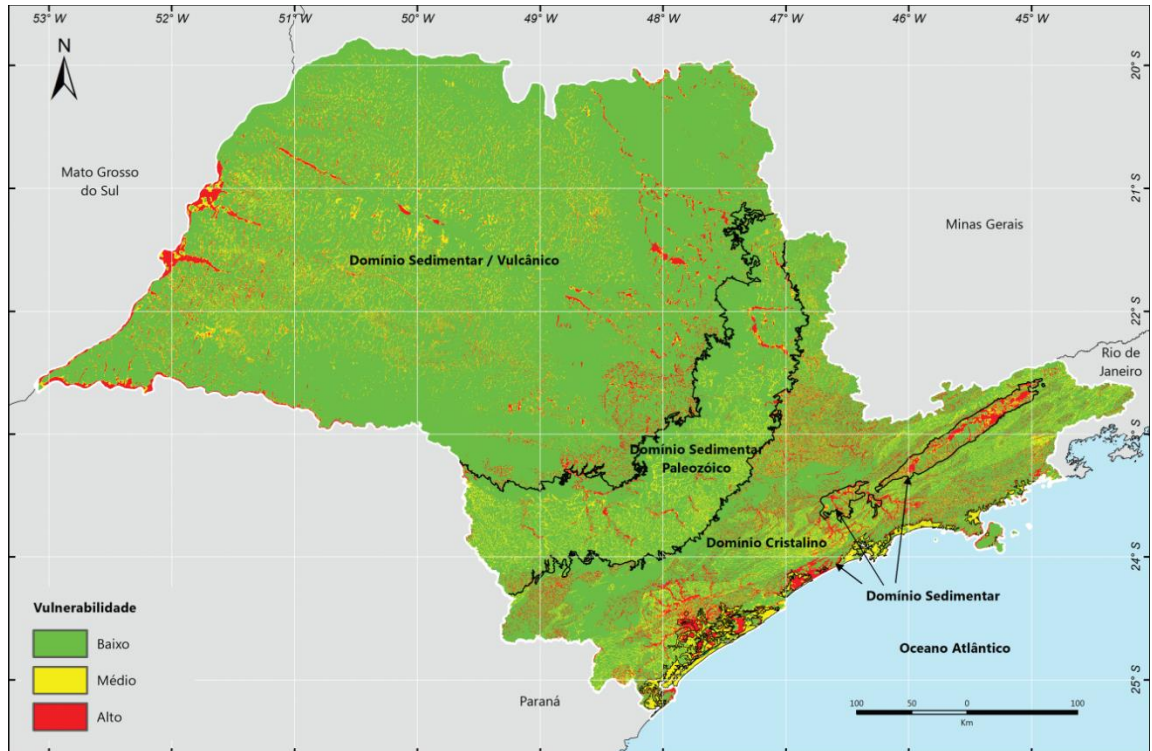
Considerando que a proteção do aquífero é essencial para o uso sustentável dos recursos hídricos subterrâneos, foi publicado em 1997 um mapa indicativo da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas no Estado de São Paulo elaborado pelo IG/DAEE/CETESB; uma atualização desse mapa foi feita em 2013 por meio de um Atlas elaborado pelo DAEE, Governo do Estado de São Paulo e UNESP.

Esses mapas de vulnerabilidade à contaminação podem ser observados nas **Figuras 11 e 12**.



**Figura 11-** Mapa de Vulnerabilidade a Contaminação das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo

Fonte: IG/CETESB/DAEE (1997)



**Figura 12** - Mapa de Vulnerabilidade a Contaminação das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo

Fonte: DAEE/UNESP/SÃO PAULO (2013)

Constata-se que no mapa de 1997 ocorrem predominantemente áreas de baixa a média vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea, enquanto no mapa editado em 2013 são as áreas de baixa vulnerabilidade que predominam, enquanto as de média vulnerabilidade passam a se situar na região litorânea do Estado de São Paulo; em ambos os mapas a alta vulnerabilidade concentra-se próxima a cursos de água e na região do Vale do Paraíba.

A vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos dentro do licenciamento ambiental no Estado de São Paulo somente passa a constituir aspecto a ser avaliado nos estudos ambientais a partir da DD 153/2014 (CETESB, 2014) e seu Anexo Único. A DD 153/2014 estabelece que, no processo de locação de empreendimento potencialmente poluidor, deve-se observar a vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos na AID. Assim, os aterros sanitários licenciados a partir desta data deveriam observar esse aspecto em suas avaliações de impacto ambiental no contexto da área de influência direta. Essa orientação, no entanto, não faz referência a estudos de vulnerabilidade de contaminação da água subterrânea na ADA, onde os efeitos da contaminação se fazem mais intensos.

### 3.6 Avaliação de impacto ambiental

Prevenir impactos de atividades potencialmente poluidoras envolve aspectos técnicos e científicos multidisciplinares e em geral essa avaliação é feita no processo de licenciamento ambiental.

No Brasil a Resolução CONAMA 01/86 estabeleceu o licenciamento de atividades modificadoras do ambiente e nesse processo desenvolve-se o levantamento dos impactos ambientais causados por essas atividades.

A definição legal de impacto ambiental dada pela Resolução CONAMA 01/1986 (p. 1) em seu artigo 1º é:

Art. 1º. Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I. a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II. as atividades sociais e econômicas;
- III. a biota;
- IV. as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V. a qualidade dos recursos ambientais

Para Sanchez (2013), a locução impacto ambiental é encontrada com frequência na imprensa e no dia a dia e associa-se, em geral, a algum dano causado à natureza, mas isso representa apenas uma parte do conceito de impacto, pois o conceito operacional de impacto ambiental acaba sendo a diferença entre a provável situação futura de um indicador ambiental com a implantação do projeto e o cenário atual.

Nesse sentido, a predição de impactos envolve a avaliação das possíveis cadeias de consequências do projeto em análise e essa previsão depende de cuidadosa revisão e avaliação das interferências no meio físico, ecológico e social (AB´SABER, 2002 *in* MULLER-PLANTENBERG & AB´SABER, 2002)

A avaliação desses impactos ambientais- AIA foi instituída pela Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA)- Lei 6938/81 como um instrumento de gestão.

A Associação Internacional para Avaliação de Impacto – IAIA define a avaliação de impacto como “o processo de identificar as consequências futuras de uma ação permanente ou proposta” e é empregada para identificar, prever, avaliar e gerenciar os impactos significativos e ser utilizada como auxílio na tomada de decisões que possam causar significativa degradação (SANCHEZ, 2013).

Para Smith (2014) e Marinho *et al.* (2012), a avaliação de impacto ambiental (AIA) é um processo de gerenciamento de recursos e planejamento ambiental que prevê a realização do

objetivo da sustentabilidade e representa um instrumento de auxílio aos tomadores de decisão em relação à identificação de alternativas de intervenções no ambiente para atender as demandas sociais com sustentabilidade, através do desenvolvimento de projetos ambientalmente menos agressivos.

Agra Filho (2002) ressalta que Avaliação de Impactos Ambientais - AIA é, por definição, uma atividade orientada para identificar e prever os efeitos e impactos sobre o meio ambiente decorrentes de ações propostas por legislações, políticas, programas, planos, projetos entre outros e, para interpretar e comunicar informações acerca dos impactos. A avaliação, assim procedida, deverá fornecer a dimensão dos impactos ambientais pela ação ou atividade considerada, bem como das suas consequências na qualidade do ambiente, evitando que uma obra ou atividade, justificável do ponto de econômico e/ou social, se revele catastrófica para o meio ambiente, daí a relevância que os estudos ambientais sejam conduzidos de forma criteriosa, por equipes multidisciplinares e competentes.

De acordo com Rocha *et al.* (2005) no processo de Avaliação de Impactos Ambientais, são caracterizadas todas as atividades impactantes e os fatores ambientais que podem sofrer impactos dessas atividades, os quais podem ser agrupados nos meios físico, biótico e antrópico, variando com as características e a fase do projeto.

Em relação à avaliação de impacto ambiental, Retief (2010 apud Morgan, 2012) identificou três temas amplos com base em uma revisão da literatura internacional sobre avaliação ambiental:

- Fundamentação teórica - temos um claro senso do propósito da avaliação ambiental e o que ela compreende?

- Qualidade - o que é uma boa prática, como julgar a qualidade dos estudos, que orientações são fornecidas para sua elaboração?

- Eficácia - o que estamos conseguindo através deste processo?

A avaliação de impacto ambiental, no entanto, destaca Wood (2003) tende a ser muito diferente no mundo desenvolvido e nos países em desenvolvimento. A diferença mais visível refere-se ao fato de que as primeiras AIAs realizadas nos países em desenvolvimento eram geralmente exigidas pelas agências de desenvolvimento, projeto a projeto e não constituíam uma demanda interna generalizada por melhor proteção ambiental, e sim uma resposta a um empreendimento, de forma pontual, ao contrário de políticas estabelecidas nos países desenvolvidos.



No Brasil a avaliação de impacto ambiental envolve a avaliação das áreas afetadas pelo empreendimento, denominadas ADA, AII e AID, conforme art. 5º da Resolução Conama 01/86 e no caso do Estado de São Paulo, o Anexo Único da DD 217/2014 da CETESB.

De acordo com o anexo único da DD 217/2014, a Área Diretamente Afetada (ADA) corresponde à área que sofrerá a ação direta da implantação e operação do empreendimento, incluindo suas estruturas de apoio, vias de acesso privativas que precisarão ser construídas, ampliadas ou reformadas, bem como todas as demais operações unitárias associadas exclusivamente à infraestrutura do projeto, ou seja, de uso privativo do empreendimento. A Área de Influência Direta (AID) corresponde à área que sofrerá os impactos diretos de implantação e operação do empreendimento e por fim, a Área de Influência Indireta (AII), que corresponde à área real ou potencialmente sujeita aos impactos indiretos da implantação e operação do empreendimento.

### 3.6.1 Estudos de impacto ambiental

Dentre os instrumentos de compatibilização da proteção ambiental e desenvolvimento econômico, merece destaque o Estudo de Impacto Ambiental, que é elaborado antes da instalação de obra ou atividade potencialmente poluidora.

No Brasil, a avaliação de impacto ambiental consubstanciada no EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental) encontra previsão no artigo 2º da Resolução CONAMA 01/86 (p. 1):

Artigo 2º- Dependerá de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e da SEMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente.

A mesma resolução estabelece em seu artigo 5º (p. 2) os objetivos dos estudos de impacto ambiental:

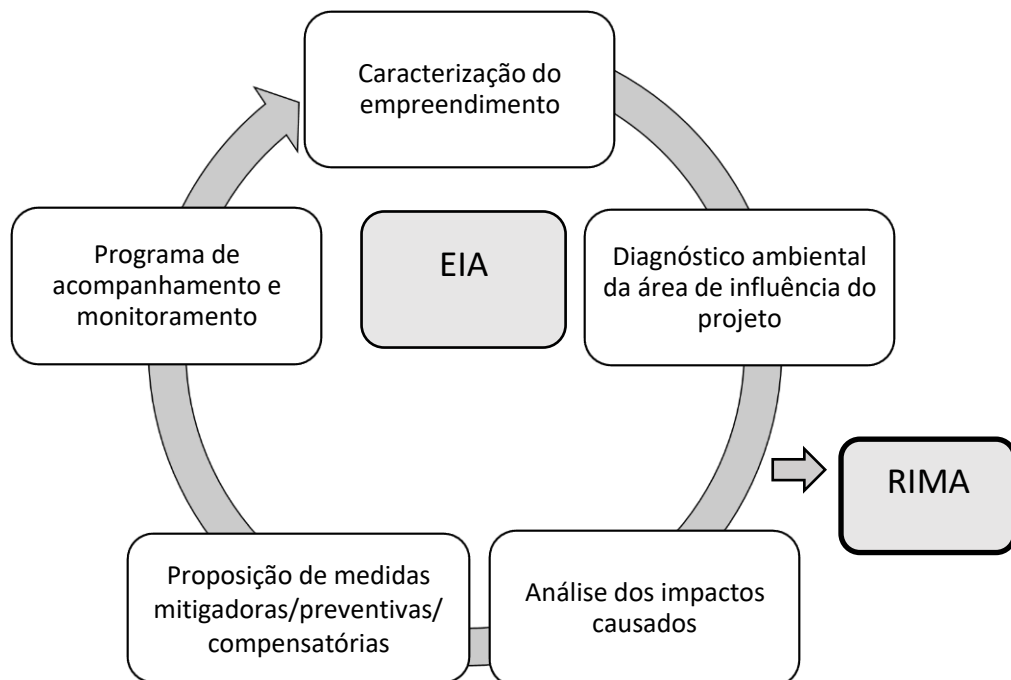
O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às seguintes diretrizes gerais:

- I. contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;
- II. identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;
- III. definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetados pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;
- IV. considerar os planos e programas governamentais propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade;

Parágrafo único. Ao determinar a execução do estudo de impacto ambiental, o órgão estadual competente, ou a SEMA ou, no que couber, ao município, fixará as diretrizes adicionais que, pelas peculiaridades do projeto e características ambientais da área, forem julgadas necessárias, inclusive os prazos para conclusão e análise dos estudos.

Assim, seu objetivo central é evitar que uma obra ou atividade, justificável do ponto de vista econômico e/ou social, se revele catastrófica para o meio ambiente, o que pode ser evitado se os impactos forem devidamente analisados antes da implantação do empreendimento. Destacam Marinho *et al.* (2012) que, ao subsidiar a tomada de decisões quanto à implantação dos empreendimentos, propor a minimização, mitigação ou compensação dos impactos adversos a serem causados, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e as manifestações públicas podem até mesmo indicar a não implantação quando demonstrarem que a ocorrência desses impactos é ambiental e socialmente inaceitável.

O estudo de impacto ambiental é desenvolvido em etapas que envolvem o diagnóstico ambiental, análise ambiental e proposição de medidas mitigadoras, em conformidade com o artigo 6º da Resolução CONAMA 01/86, como ilustrado na **Figura 13**.



**Figura 13** - Etapas de elaboração do EIA/RIMA  
Fonte: Sanchez (2013, modificado pela autora)

A Resolução CONAMA 01/1986 estabelece que no diagnóstico ambiental da área de influência do projeto, deve-se apresentar a completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, antes da implantação do projeto, considerando os meios físico (solo, subsolo, as águas, ar, clima, recursos minerais, topografia e regime hidrológico),

biológico (fauna e flora), e sócio econômico (uso e ocupação do solo; estruturação sócioeconômica da população; sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais; organização da comunidade local), bem como o potencial de uso dos recursos naturais e ambientais da região.

Em relação aos aterros sanitários os impactos ambientais no meio físico associados ao empreendimento são, em geral, a contaminação do solo, contaminação da água superficial e subterrânea além das alterações topográficas locais.

A mesma Resolução propõe no artigo 6º, inciso II que as análises de impactos ambientais do projeto e de suas alternativas sejam categorizados através da identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando-se os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazo, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade, suas propriedades cumulativas e sinérgicas e a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

A adoção de medidas ambientais mitigadoras, por sua vez, organiza-se quanto à sua natureza (preventiva ou corretiva), etapa do empreendimento em que deverão ser adotadas, meio a que se aplicam (físico, biótico e, ou, antrópico), responsabilidade pela execução (empreendedor, poder público ou outros) e os custos previstos.

Identificados os impactos e propostas as medidas de proteção ambiental, elabora-se o programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados.

De acordo com Santos (2013), o EIA/RIMA é hoje um dos instrumentos preventivos mais disseminados no mundo, inclusive no que tange à possibilidade de criar soluções diante de casos marcadamente degradantes do meio. Apesar de sua importância na avaliação sistemática dos impactos ambientais, é fundamental o entendimento de que os estudos ambientais como EIA/RIMA e RAP não constituem uma ferramenta hábil para justificar um empreendimento, em face da legislação ambiental, mas, justamente, analisar os impactos decorrentes da implantação deste no meio ambiente, econômico e social.

No caso do diagnóstico do meio físico, Cremonez *et al.* (2014) colocam que, em geral, a maioria dos métodos de avaliação ambiental atuais apresentam caráter subjetivo na abordagem do meio físico, o que dificulta a avaliação adequada dos impactos nesse caso.

Desse modo, a delimitação do que deve ser avaliado e a forma como isso deve ser feito, não somente para o meio físico para os outros meios, atende aos Princípios de Melhor Prática de Avaliação de Impacto Ambiental (IAIA e IEA, 1999 *apud* Morrison-Saunders *et al.*, 2014), que estabelecem que a avaliação de impacto deve ser: intencional, rigorosa, prática, relevante,

eficaz em termos de custos, eficiente, focada, adaptativa, participativa, interdisciplinar, crível, integrado, transparente e sistemática e que esses princípios estão estreitamente relacionados.

Apesar de sua importância como instrumento de prevenção de danos ambientais, Santos (2013) destaca que, tanto na legislação nacional como em documentos internacionais, há situações em que o Estado decide pelo desenvolvimento econômico em detrimento da proteção ao meio ambiente, fazendo com que o equilíbrio ecológico disposto expressamente na atual Constituição Federal Brasileira ceda espaço para interesses de âmbito político-econômico.

Segundo o mesmo autor, isso ocorre em situações em que, mesmo havendo uma posição da equipe técnica multidisciplinar desfavorável à concessão da licença ambiental, o poder público pode decidir discricionariamente de modo diverso, devendo tão somente motivar sua decisão, apesar da possibilidade de do seu ato decorrerem danos futuros ao meio ambiente e à sociedade como um todo.

As deficiências encontradas nos estudos ambientais apresentados nos processos de licenciamento são destacadas por Trennenpol (2016) e MPU (2004). Trennenpol (2016) destaca como fragilidades do licenciamento ambiental, por exemplo, a imprecisão do conceito de impacto ambiental e da falta de consideração de efeitos cumulativos e sinérgicos; a baixa efetividade dos mecanismos de participação e controle social; ausência de padronização da AIA realizada pelo órgão ambiental; a baixa qualidade dos estudos de impacto ambiental bem como a falta de monitoramento e baixo grau de cumprimentos das medidas de mitigação e compensação determinadas pelas licenças.

Estudo do MPU (2004) sobre o licenciamento ambiental brasileiro, por sua vez, ressalta a importância que o termo de referência (TR) tem na elaboração do EIA/RIMA, mas destaca igualmente que várias deficiências detectadas nos Estudos apresentados tiveram origem em falhas ocorridas na elaboração dos Termos de Referência imprecisos. O trabalho do MPU (2004) aponta algumas deficiências dos estudos ambientais como ausência de proposição de alternativas, prevalência dos aspectos econômicos sobre os ambientais na escolha das alternativas, delimitação das áreas de influência sem alicerce nas características e vulnerabilidades dos ambientes naturais e nas realidades sociais regionais, caracterização da área baseada, predominantemente, em dados secundários entre outras.

Nessa mesma direção aponta Ritter *et al* (2017) que ressalta a insuficiência dos estudos ambientais ao analisar a avaliação de impactos ambientais em empreendimentos na Amazônia; Toro *et al.* (2010) ao analisar licenciamento ambiental de empreendimentos na Colômbia, coloca como problemas dos estudos as deficiências apresentadas em muitos deles, o não atendimento às melhores práticas, a falta de participação popular no licenciamento das

atividades e ainda a insuficiência dos órgãos ambientais na análise dos estudos apresentados. Tais insuficiências encontradas comprometem a avaliação dos impactos a serem gerados pelo empreendimento em questão. Almeida *et al.* (2016) em estudo realizado com analistas ambientais do IBAMA e outros órgãos licenciadores mostra que mais da metade dos analistas entrevistados apontaram as deficiências no diagnóstico ambiental como principais problemas dos EIAs, além de metodologia insatisfatória, estudos compartimentados e sem devida coordenação.

Gallardo *et al.* (2017) ao analisar estudo de impacto ambiental para implantação de hidrelétricas na Bacia Amazônica (Teles Pires) mostram que os efeitos cumulativos, previstos na legislação ambiental (Conama 01/86) não foram considerados em sua totalidade, o que dificulta a tomada de decisões.

Almeida e Montano (2017) após análise de estudos ambientais apresentados e analisados pelos órgãos licenciadores dos estados de Minas Gerais e São Paulo concluíram que os sistemas demonstram ser pouco efetivos com relação a aspectos substantivos da efetividade, como promoção da participação pública, desenvolvimento de alternativas locais e avaliação de efeitos cumulativos, o que limita a influência da AIA sobre as decisões, ficando restrita a ajustes no desenho dos projetos e adoção de medidas de mitigação/compensação.

Veronez e Montano (2017) discutem em seu trabalho a qualidade dos estudos de impacto ambiental no estado do Espírito Santo, destacando que a qualidade da informação apresentada ao órgão licenciador é baixa, o que dificulta a sua análise e possivelmente contribui para uma baixa efetividade da AIA no Estado.

Jeronymo *et al.* (2012) ressaltam que um EIA deficiente pode subtrair atividades antrópicas, infraestruturas sociais e econômicas, espécies animais e vegetais. A subtração poderá acontecer a partir das falhas involuntárias, erros que podem ocorrer ao longo do processo de elaboração do EIA.

Para Smith (2014), algumas falhas foram detectadas nos procedimentos no contexto internacional da AIA, como falta de uma base de dados adequada, tempo relativamente curto para elaboração dos estudos e análises requeridas, ausência de dados de caráter social entre outros. O autor aponta ainda que em relação às alternativas locais apontadas nos estudos, em inúmeras situações, a proposta do empreendedor vem “resolver” possíveis problemas com a locação, ou ainda, pode o problema ser “construído” para justificar a “solução”, nas alternativas tecnológicas tende-se a favorecer alternativas já empregadas no passado, raramente considerando-se as alternativas inovadoras.

Embora os problemas apontados por Smith (2014) estejam relacionados ao contexto internacional, especialmente o americano, as dificuldades ou mesmo as “soluções” são encontradas nos estudos brasileiros também, como demonstra, por exemplo, MPU (2004).

O estudo feito por Morgan (2012) ao analisar o estado da arte dos estudos de impacto ambiental, mostra a aplicação dos estudos de impacto ambiental na maioria dos países principalmente para projetos de maior porte mas que estes em geral, carecem de supervisão adequada ou não embasam a tomada de decisão, por serem muito abrangentes ou ainda Gutierrez *et al.* (2018) que criticam o uso do Relatório Ambiental Preliminar (RAP) como estudo ambiental suficiente para regular o licenciamento ambiental dos empreendimentos no Estado de São Paulo.

Zangh *et al.* (2013) apontam que muitas vezes os estudos dos meios a serem considerados no EIA/RIMA não trazem efetiva predição dos impactos a serem gerados pelo empreendimento, somente “listam” os impactos, sem considerá-los uns em relação aos outros.

Uma melhoria na avaliação ambiental é proposta por Toro *et al.* (2013) com uso de um método qualitativo em que se aplica uma fórmula matemática a uma série de atributos classificados por um peso. Os impactos são considerados a magnitude, reversibilidade, extensão, momento, persistência entre outros. Embora algumas estimativas envolvam certo grau de subjetividade em sua avaliação, a incorporação de índices pode facilitar a avaliação dos impactos. Porciuncula (2014) também sugere a utilização de pesos para avaliação da importância do critério considerado e seu impacto potencial.

O reconhecimento das ligações e inter-relações entre os diversos aspectos do meio ambiente e os impactos futuros é de fundamental importância para elaboração de análises que contemplem o meio ambiente de forma adequada, destacam Morrison-Saunders *et al.* (2014).

Nos últimos anos tem-se proposto a incorporação da avaliação do ciclo de vida dos produtos na avaliação de impactos como nos trabalhos de Larrey-Lassalle *et al.* (2017), Kobayashi *et al.* (2015) entre outros.

Como se depreende do exposto acima, os estudos ambientais são fundamentais para avaliação da qualidade ambiental em um dado local, mas apesar dos mesmos seguirem em geral os roteiros e orientações fornecidas pelos órgãos licenciadores, eles apresentam baixa qualidade, insuficiência de dados e pouca integração entre os dados coletados e analisados, de modo a permitir uma análise criteriosa dos impactos e sua magnitude.

### 3.6.2 Estudo de alternativas locais no contexto dos estudos ambientais

Um dos estudos a ser apresentado pelo empreendedor nos estudos ambientais é o apontamento de alternativas locais. A busca de alternativas mais viáveis ambientalmente é considerada um dos princípios de boas práticas da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), pois sem um estudo de alternativas, a AIA pode se reduzir à proposição de medidas mitigadoras de impactos que poderiam ser evitados, como destacaram Fernandes *et al.* (2017).

Segundo a Irlanda (2017), o empreendedor deve apresentar uma descrição das alternativas razoáveis estudadas, que são relevantes para o projeto e suas características, garantindo-se que uma série de opções, que podem estar razoavelmente disponíveis, seja incluída na avaliação. Deve também fazer uma indicação das principais razões para a opção escolhida, com o objetivo de assegurar que a área escolhida representa a melhor alternativa para o projeto levando em consideração os efeitos do projeto no ambiente. A indicação da melhor alternativa evita lugares menos favoráveis em favor de locais com poucas restrições e mais capacidade de assimilar o projeto de forma sustentável.

De acordo com Machado (2013) as alternativas analisadas deverão ter razoável viabilidade, de modo que seria falsear o espírito da lei se, para forçar a escolha de um projeto, caso apresentasse outra opção manifestamente inexecutável.

Salamanca (2018) ressalta que em muitos EIA/RIMA são propostas alternativas que já se sabe que são desfavoráveis e que são comparadas com a alternativa pretendida, sendo essas áreas desfavoráveis descartadas em um processo aparentemente objetivo de seleção. A ênfase em aspectos econômicos ou de infraestrutura comumente é dada na escolha da área, em detrimento do aspecto ambiental.

A importância da alternativa locacional como ferramenta fundamental da avaliação de impacto ambiental é destacada por Furlanetto (2012) que em estudo de alternativa para a construção do aeroporto em Ribeirão Preto destaca que apesar da sua relevância e obrigatoriedade, o estudo de alternativas locais nem sempre é realizado de forma eficaz, o que compromete todo o processo de análise da viabilidade ambiental do projeto. Segundo o autor, a consideração de informações referentes às características territoriais na fase de concepção das alternativas locais, em uma etapa anterior ao licenciamento ambiental, mostra-se capaz de ampliar o leque de alternativas viáveis.

Morrison-Sanders & Hodgson (2009) colocam que, em atenção ao princípio da precaução e da sustentabilidade ambiental, o apontamento das alternativas de localização de empreendimentos potencialmente poluidores deve considerar, inclusive, a possibilidade de não implantação do empreendimento em questão.

Para Benson (2003) e Steinemann (2001) as alternativas locais representam uma fraqueza em qualquer EIA, pois esse aspecto é controlado pelo empreendedor que, no momento em que o EIA é preparado, já rejeitou alguns sites alternativos bem como projetos e processos alternativos e as alternativas ficam restritas ao que é por ele apresentado, após sua prévia seleção.

Como método auxiliar no processo de seleção de áreas alternativas, Araújo e Nobrega (2016) sugerem o uso de tecnologias de modelagem espacial, que possibilitam uma integração de dados cartográficos e de características do meio disponíveis, auxiliando a tomada de decisão.

### 3.6.3 Elaboração de estudos ambientais no Estado de São Paulo

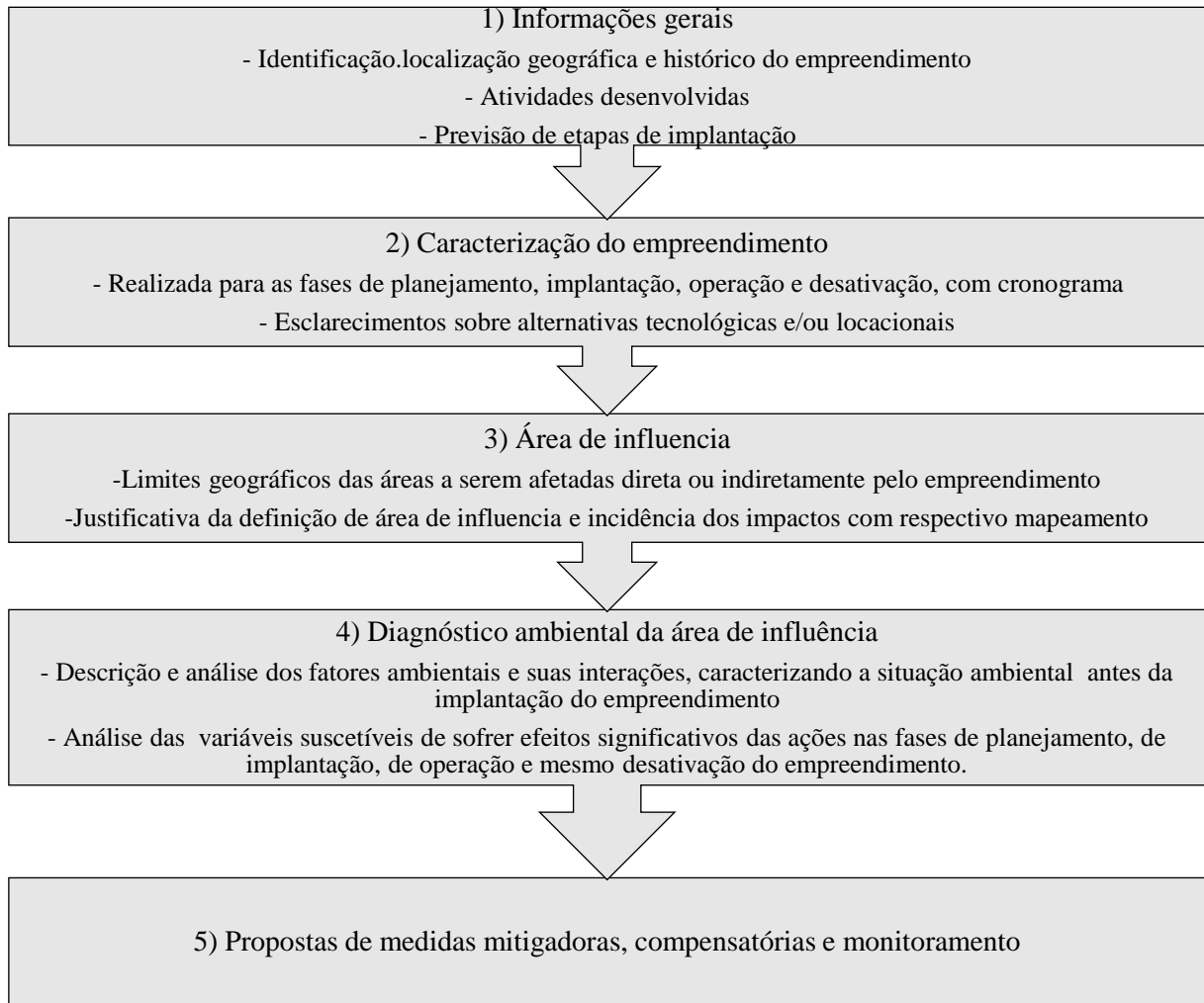
O licenciamento ambiental de empreendimentos poluidores no Estado de São Paulo é realizado junto à CETESB que determina as medidas de controle ambiental a serem adotadas pelos empreendedores de modo a mitigar os impactos gerados pelo empreendimento.

Os estudos ambientais a serem apresentados para licenciamento de atividade potencialmente poluidora já foram definidas anteriormente e as orientações para sua elaboração no Estado de São Paulo foram determinadas inicialmente por São Paulo (1989 e 1991) e posteriormente atualizado em 2014 com a edição da DD 217/2014 e DD 153/2014, que serão apresentadas a seguir.

#### *3.6.3.1 Procedimentos para elaboração de EIA/RIMA e RAP segundo São Paulo (1989, 1991)*

A elaboração de Estudos de Impacto Ambiental deve obedecer à caracterização indicada na **Figura 14**, conforme o Roteiro Básico, que atende ao EIA/RIMA (mais complexo) e ao RAP, para o qual não há roteiro específico para RAP, diferenciando-se os dois na sequência do licenciamento.





**Figura 14** - Fluxograma do estudo de impacto ambiental  
Fonte: São Paulo (1989, 1991)

As informações do diagnóstico deverão ser apresentadas em um quadro sinótico com exposição das interações dos fatores ambientais físicos, biológicos e socioeconômicos, indicando os métodos adotados para análise dessas interações, descrevendo interpelações entre os componentes bióticos, abióticos e antrópicos do sistema a ser afetado pelo empreendimento.

Na caracterização do meio físico propõe-se a análise dos fatores indicados no **Quadro 1**.

**Quadro 01**- Fatores do meio físico a serem analisados nos estudos ambientais (São Paulo, 1989)

<b>MEIO FÍSICO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clima e condições meteorológicas da área potencialmente atingida pelo empreendimento;</li> <li>• Níveis de ruído na região</li> <li>• Caracterização geológica de área potencialmente atingida pelo empreendimento;</li> <li>• Caracterização geomorfológica da área potencialmente atingida pelo empreendimento;</li> <li>• Caracterização dos solos da região potencialmente atingida pelo empreendimento;</li> <li>• Caracterização dos recursos hídricos;</li> <li>• Hidrologia superficial;</li> <li>• Hidrogeologia;</li> <li>• Usos e qualidade da água.</li> </ul>

O detalhamento dos fatores ambientais geologia, geomorfologia, solos e recursos hídricos deve contemplar (São Paulo, 1989,1991):

- |                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| <b>Geologia</b>      | } | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Esboço estrutural, contendo representação de acamamentos, foliação e fraturamento;</li> <li>- Esboço litológico com indicação das características físico-químicas e mineralógicas das rochas;</li> <li>- Avaliação das condições geotécnicas, através do uso de parâmetros de mecânica de rochas e dos solos.</li> </ul>  |
| <b>Geomorfologia</b> | } | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caracterização topográfica geral das áreas de estudo (planalto, depressão, planície);</li> <li>- Posição da área dentro do vale ou bacia hidrográfica (alto, médio, baixo vale ou cabeceira, margens etc.);</li> <li>- Tipos de formas de relevo dominante (crista, colina, planície fluvial etc.)</li> <li>- Presença eventual de grandes massas de relevo ou pontos muito elevados nas imediações;</li> </ul> |
| <b>Geomorfologia</b> | } | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posição da área em relação aos principais acidentes de relevo (encosta, sopé etc.);</li> <li>- Classificação das formas de relevo quanto à sua origem (cársticas, fluviais, aplainamento, litorâneas etc.);</li> <li>- Características dinâmicas do relevo (presença de erosão ou propensão acelerada a assoreamento, áreas sujeitas a inundações, áreas sujeitas a erosão eólica etc.).</li> </ul>             |
| <b>Solos</b>         | } | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definição de classes de solos ao nível taxonômico de série, caracterizadas morfológica e analiticamente;</li> <li>- Distribuição especial individual ou para associações;</li> <li>- Descrição de aptidão agrícola dos mesmos.</li> </ul>   |

- Recursos hídricos**
- Considerar bacias ou sub-bacias hidrográficas que ocorrem na área potencialmente atingida pelo empreendimento.
  - Hidrologia superficial:
    - Rede hidrográfica, características físicas da bacia hidrográfica, estruturas hidráulicas existentes;
    - Balanço hídrico das áreas de estudo;
    - Parâmetros hidrológicos pertinentes;
    - Produção de sedimentos nas bacias e transporte de sedimentos.
  - Hidrogeologia:
    - Caracterização dos aquíferos em dois níveis de abrangência: uma caracterização sumaria dos aquíferos existentes na área potencialmente atingida pelo empreendimento e levantamento dos aquíferos granulares (livres ou confinados) contendo;
    - Localização, natureza, geometria, litologia, estrutura e outros aspectos geológicos do aquífero;
    - Alimentação (inclusive recarga artificial), fluxo e descarga (natural e artificial);
    - Profundidade dos níveis de água subterrânea;
    - Relações com águas superficiais e com outros aquíferos;
    - Caracterização físico-química das águas subterrâneas.
- Recursos hídricos**
- Qualidade da água:
    - Características físico-químicas e bacteriológicas de referência dos recursos hídricos.
  - Usos da água - deverão ser identificados como sendo de abastecimento doméstico e industrial irrigação, pesca e recreação entre outros.

### 3.6.3.2 Procedimentos para elaboração de EIA/RIMA de Aterro Sanitário de acordo com DD 217/2014 (CETESB, 2014)

No estado de São Paulo, a partir da publicação da DD 217/2014 (CETESB, 2014) e seu anexo único a apresentação dos estudos de impacto ambiental para implantação de aterros sanitários devem contemplar:

1. *Características e Justificativas do Empreendimento*

A caracterização do Aterro Sanitário deve informar os elementos elencados na **Tabela 5**.

**Tabela 5-** Indicadores para caracterização do empreendimento

Características do Aterro			
Indicador	Existente	Projeto	Unidade
Área do empreendimento			ha
Área da gleba			ha
Área de disposição dos resíduos			ha
Cota da base			m
Cota final			m
Altura do aterro			m
Volume total de resíduos			m <sup>3</sup>
Capacidade de recebimento diária licenciada			t/dia
Camadas			nº de camadas
Altura da camada			m
Vida útil			anos
Geração de percolado			m <sup>3</sup>
Capacidade de armazenamento de percolado			m <sup>3</sup>
Forma de tratamento do percolado			texto
Volume de escavação			m <sup>3</sup>
Déficit de solo			m <sup>3</sup>
Área de empréstimo			ha
Supressão de vegetação nativa			ha
Propriedades afetadas			nº de propriedades
Famílias afetadas			nº de famílias
Desapropriação/reassentamento			ha
Criação de novos acessos			km
Tráfego gerado na implantação			veículos/dia
Tráfego gerado na operação			veículos/dia
Mobilização de mão de obra na implantação			nº de trabalhadores
Mobilização de mão de obra na operação			nº de trabalhadores

Fonte: CETESB (2014)

## *2. Estudos de Alternativas locacionais nos estudos de impacto ambiental*

Em atendimento ao artigo 5º da Resolução CONAMA 237/1997 (Brasil, 1997), o empreendedor deve apresentar as alternativas tecnológicas e locacionais para implantação do empreendimento e a análise que culminou com a escolha da alternativa apresentada no estudo ambiental. Na escolha deve ser feita a exposição dos dados levantados de maneira a justificar técnica, econômica e ambientalmente a alternativa selecionada, comparando-a com as demais alternativas.

Desse modo, na comparação das múltiplas alternativas, devem ser levados em conta os impactos ambientais aos meios físico, biótico e socioeconômico, com indicação dos fatores que balizaram a tomada de decisão em relação à alternativa escolhida. (CETESB, 2014).

A CETESB (2014) sugere como parâmetros comparativos que podem servir como indicadores das alternativas estudadas: a) volume de aterro e corte; b) quantidade de drenagens e nascentes a serem afetadas; c) áreas de várzea a sofrer intervenção; d) áreas urbanas, atividades econômicas e moradias a serem desapropriadas e reassentadas; e) supressão de vegetação nativa; tamanho médio dos maciços a sofrerem fragmentação; f) áreas produtivas impactadas; g) presença de áreas urbanas, atividades econômicas e moradias a serem desapropriadas e reassentadas, h) estimativa de vegetação nativa em estágio médio ou avançado a ser suprimida; i) Intervenção em Unidades de Conservação e outras áreas de proteção ambiental como áreas indígenas e quilombolas, sítios arqueológicos, Reserva Legal e Área de Proteção dos Mananciais; j) Estimativa do número de famílias a serem desapropriadas e/ou reassentadas.

Como se depreende da leitura do parágrafo anterior, as sugestões apresentadas pelo órgão ambiental licenciador para a comparação entre as alternativas locacionais não contemplam os aspectos do meio físico indicados na NBR 13896/97 como permeabilidade do solo e profundidade do nível de água, predominando o foco no meio biótico e antrópico. Outros aspectos relacionados à alternativa locacional foram discutidos no item 3.6.2.

Em relação às **Alternativas Tecnológicas** deve ser apresentada uma análise comparativa quanto às alternativas tecnológicas viáveis das estruturas, modalidades e/ou principais equipamentos previstos no projeto, suas vantagens e desvantagens, considerando os aspectos técnicos, ambientais e econômicos, recomendando-se que os resultados da avaliação do estudo de alternativa tecnológica sejam apresentados por meio de um quadro comparativo e a alternativa selecionada deve ser devidamente justificada.

### 3. *Diagnóstico Ambiental*

De acordo com CETESB (2014) o diagnóstico ambiental no EIA deve apresentar informações sobre os principais aspectos dos meios físico, biótico e socioeconômico das áreas de influência, que serão passíveis de alterações significativas em decorrência do projeto, em suas fases de planejamento, implantação e operação.

Essas informações poderão ser obtidas por levantamentos de campo ou por meio de consultas a dados secundários, como relatórios, teses e outras bibliografias, devendo ser apresentadas na forma de mapas temáticos e descrição textual, com nível de aprofundamento diferenciado para as diferentes áreas de influência do empreendimento.

Os fatores do meio físico a serem abordados no diagnóstico são a qualidade do ar, ruído e vibração, Geologia e Recursos Minerais, Paleontologia, Geomorfologia, Pedologia, suscetibilidade a processos da dinâmica superficial, recursos hídricos superficiais, qualidade das águas superficiais, qualidade das águas subterrâneas e áreas contaminadas.

### 4. *Identificação e Avaliação dos Impactos*

De acordo com CETESB (2014), essa etapa deve identificar e avaliar os impactos ambientais decorrentes das atividades de planejamento, implantação e operação do empreendimento proposto, devendo para isso apresentar:

- Os procedimentos metodológicos adotados;
- A identificação dos aspectos inerentes ao empreendimento e dos fatores ambientais impactados; e
- A descrição e avaliação dos impactos decorrentes do empreendimento, de acordo com critérios previamente estabelecidos.

Sanchez (2013), EPA (2017) e Cremonez *et al.* (2014) são alguns dos autores que apresentam uma revisão de procedimentos utilizados para avaliação dos impactos ambientais, colocando as vantagens e desvantagens dos diferentes métodos (*check list*, matriz e rede de interação entre outros), sendo que a adoção de uma determinada metodologia para avaliação do impacto depende dos dados disponíveis para a avaliação..

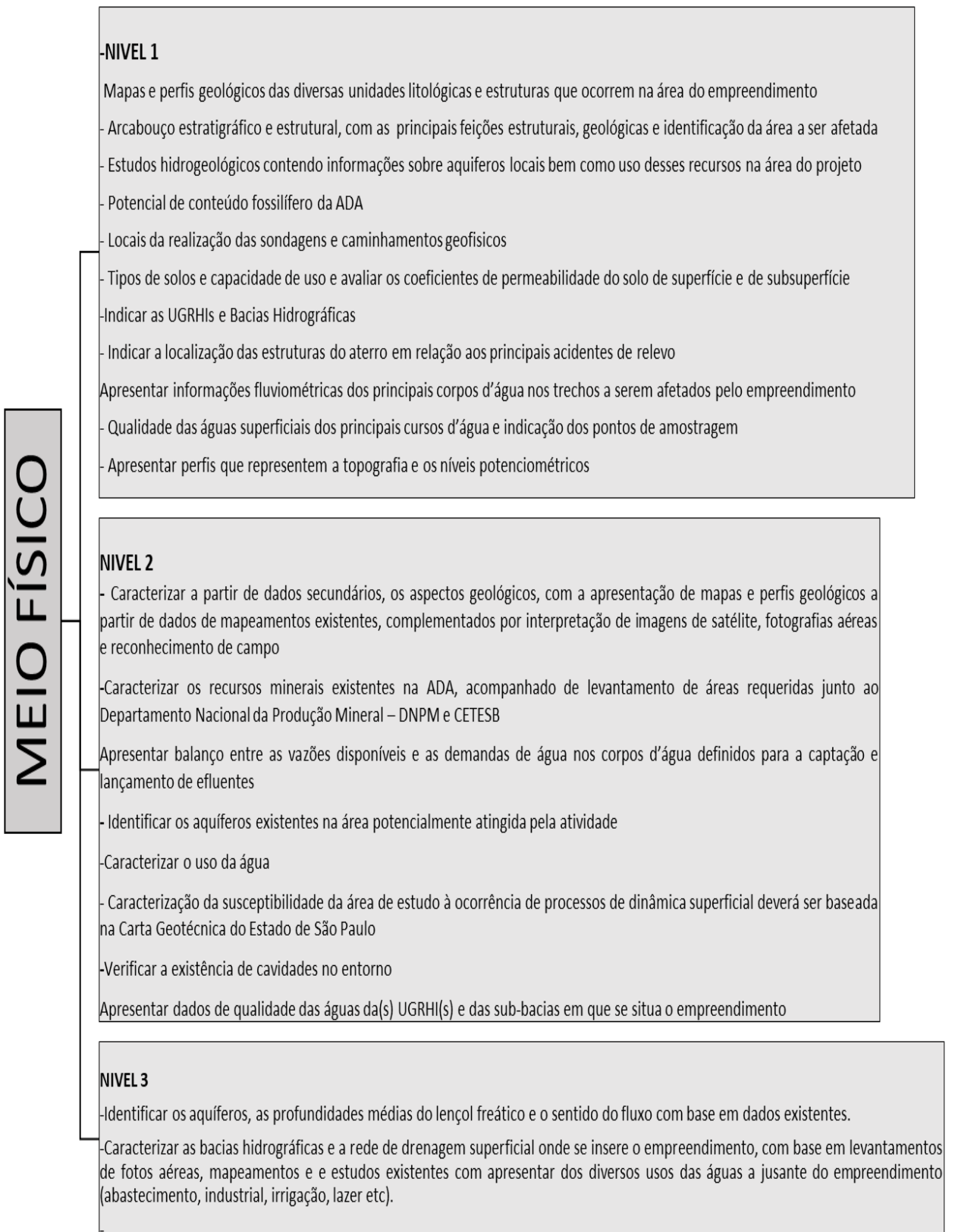
Conforme CETESB (2014), a avaliação dos impactos deve ser realizada considerando-se três níveis de abordagem e na **Figura 15** podem ser observados os aspectos do meio físico a serem analisados para o caso de aterros sanitários, na Área de Influência Direta (ADA).

Destaca-se o fato de que o diagnóstico do meio físico, observado na **Figura 15**, é abrangente, isto é, contempla todos os aspectos físicos do meio- recursos hídricos superficiais e subterrâneos, solo, geomorfologia e geologia porém utiliza-se ainda de dados indiretos,

carecendo sob alguns aspectos, de um maior foco maior na área diretamente atingida pelo empreendimento, onde esses efeitos são sentidos de forma mais intensa.

Ademais, nesse levantamento indicado pela CETESB (2014), predomina o caráter qualitativo das informações fornecidas, estando praticamente ausente o estabelecimento de parâmetros quantitativos no que diz respeito, por exemplo, à quantidade de amostras de solo e água a serem coletadas, número de sondagens a serem executadas, tipos de investigações a serem realizadas para classificação dos materiais, métodos de prospecção de solo, rocha entre outros bem como a integração desses dados no contexto do empreendimento, o que possibilitaria ao empreendedor delinear de modo mais claro os estudos a serem realizados.

Como já destacado por MPU (2004), muitas dessas informações poderiam ser indicadas ou complementadas no TR (Termo de Referência), um documento que deve estabelecer diretrizes específicas do projeto e das características e particularidades socioambientais de sua localidade, levando em conta as características do empreendimento; no entanto, como muitas vezes tem-se um TR padrão, essa diferenciação de projeto para projeto não ocorre.



**Figura 15-** Níveis de estudo do meio físico na ADA

Fonte: Autora (baseado em CETESB, 2014)



### *5. Programas de Mitigação, Monitoramento e Compensação*

O relatório de impacto ambiental deve apresentar os Planos e Programas Ambientais contendo medidas preventivas, mitigadoras e/ou compensatórias associadas a cada impacto negativo identificado e analisado de acordo com as fases do empreendimento, fator ambiental e impacto a que se destinam.

O Programa de Monitoramento deve permitir o acompanhamento dos reais efeitos do empreendimento sobre o meio ambiente, avaliando a eficiência das medidas mitigadoras propostas e desencadeamento dos processos para sua adequação, quando necessário.

### **3.7 Licenciamento Ambiental**

O licenciamento ambiental foi instituído em âmbito nacional pela Lei 6.938/81 no artigo 10 que prevê:

Art. 10 - A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de **prévio licenciamento de órgão estadual competente**, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, em caráter supletivo, sem prejuízo de outras licenças exigíveis.  
(Redação dada pela Lei nº 7.804, de 1989)  
§ 1º Os pedidos de licenciamento, sua renovação e a respectiva concessão serão publicados no jornal oficial do Estado, bem como em um periódico regional ou local de grande circulação (BRASIL, 1981, p.4).

A Resolução CONAMA 237/1997 define licenciamento ambiental como sendo o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

A mesma Resolução CONAMA 237/1997 define Licença Ambiental como o ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente, estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

Moraes (2016) estabelece que o fundamento da exigência do licenciamento ambiental reside na possibilidade, constitucional concedida ao Poder Público de impor condições ao exercício do direito de propriedade e do direito ao livre empreendimento, a fim de que a função socioambiental da propriedade seja observada.

Dessa forma, o licenciamento ambiental é o instrumento hábil pelo qual o poder público controla as atividades econômicas que degradam ou que simplesmente podem degradar e é realizado em três fases: planejamento, implantação e operação do projeto, e em cada uma dessas fases é concedida uma licença: LP, LI e LO.

As três licenças encontram previsão no artigo 8º da Resolução Conama 237/97:

I - Licença Prévia (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;

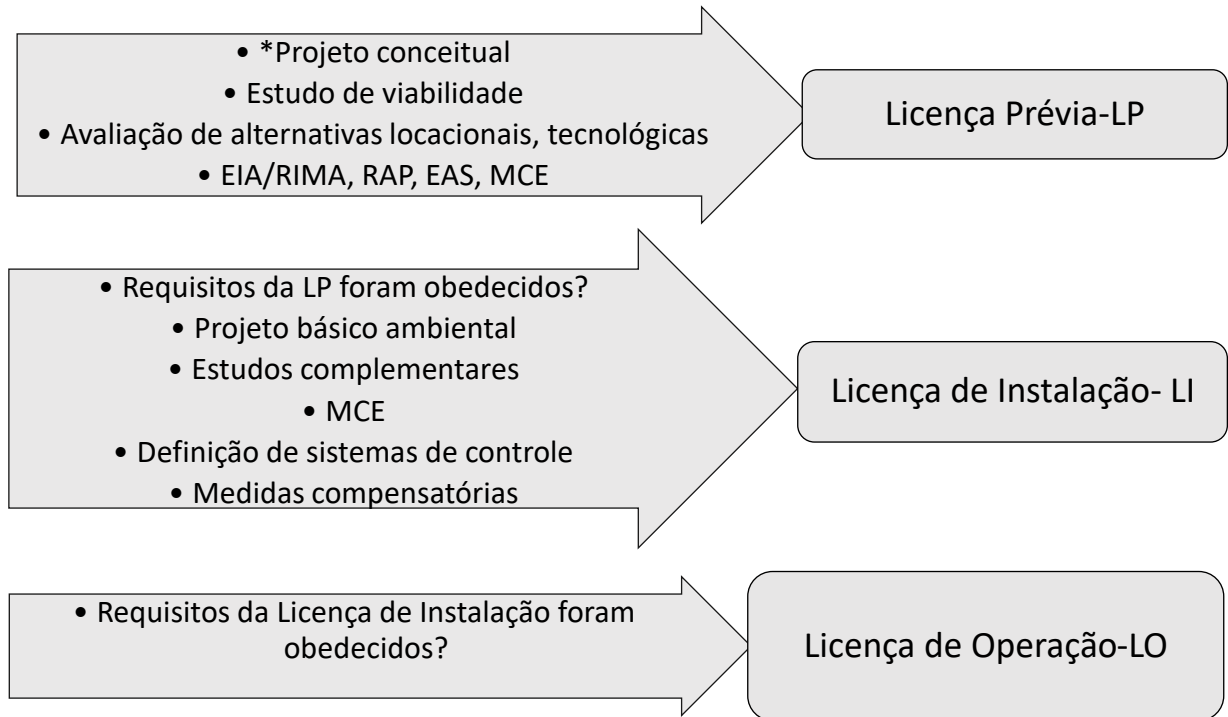
II - Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;

III - Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação (BRASIL, 1997, p. 2).

Ainda, de acordo com parágrafo único do mesmo artigo, tais licenças poderão ser expedidas isolada ou sucessivamente, de acordo com a natureza, características e fase do empreendimento ou atividade.

Observa-se que o sistema de licenciamento ambiental tem um caráter trifásico, com a emissão de três licenças, em fases diferentes, ilustradas na **Figura 16** (SOBRAL & CHORLES, 2002 apud MULLER-PLANTENBERG & AB´SABER, 2002).

A mesma Resolução CONAMA 237/97 (Brasil, 1997) estabelece em seu artigo 12º que poderão ser estabelecidos procedimentos simplificados para as atividades e empreendimentos de pequeno potencial de impacto ambiental, entretanto os aterros sanitários não se enquadram como atividades de pequeno potencial de impacto e, portanto, são licenciados pelo sistema trifásico.



**Figura 16** - Fases do licenciamento ambiental

Fonte: Modificado de Sobral & Chorles (2002 apud Muller-Platterberg & Ab´Saber,2002)

Os prazos de validade estabelecidos no artigo 18 da Resolução CONAMA 237/1997 variam de cinco (05) para as Licenças Prévia e de Instalação até dez (10) anos para as Licenças de Operação.

Para Lima & Rei (2017) o licenciamento ambiental constitui o instrumento preventivo que visa a proteção do meio ambiente por meio da verificação de conformidade e da adequação dos projetos, obras e atividades à legislação vigente, aos padrões de qualidade ambiental, à melhor tecnologia de forma a minimizar e mitigar os impactos por ele causado, englobando em sua concepção e em sua aplicação os princípios da precaução e da prevenção. O princípio da precaução relaciona-se com a avaliação prévia das atividades humanas, diante da incerteza do dano. Já o princípio da prevenção atua quando existe certeza científica quanto aos perigos e riscos ao meio ambiente.

Uma das críticas feitas ao processo de licenciamento ambiental brasileiro é a morosidade dele. A Resolução CONAMA nº 237/1997 em seu art. 14, determinou que o órgão ambiental responsável pela análise terá 12 (doze) meses de prazo máximo para manifestar-se sobre o estudo ambiental apresentado. Apesar da determinação legal, esse tempo é geralmente ultrapassado, não acompanhando a demanda de processos pela falta de estrutura (técnica e humana) dos próprios órgãos ambientais (AGRA FILHO, 2002).

De acordo com Machado (2013), a aplicação de prazos que obriguem os órgãos públicos a decidir deve levar em conta o número e a quantidade dos servidores públicos atuando nas áreas específicas, frente aos procedimentos a serem examinados, não sendo do interesse público e das necessidades sociais, que ocorra a precipitação e a superficialidade no processo de tomada de decisões; no entanto, não há que se falar em “autorização por decurso de prazo”, o que contribuiria para o aumento da poluição e da degradação do ambiente e para o alijamento do Poder Público da questão.

A demora do licenciamento é destacada também por Câmara Neta *et al.* (2015). Em seu trabalho os autores colocam que a preocupação demonstrada pelos empresários com a demora na análise dos processos justifica-se por provocar um efeito dominó de perdas de vez que os contratos com os fornecedores acabam não sendo cumpridos.

Apesar disso, Câmara Neta *et al.* (2015) destacam igualmente que um fator agravante ocasionado por parte das empresas é que muitas vezes a documentação apresentada não está coerente com o tipo de empreendimento, precisando ser refeita, o que ocasionam prolongamento da finalização do processo.

Outros aspectos a serem considerados são: a) os custos investidos para cumprir as exigências ambientais, decorrentes da contratação de consultoria para aquisição de plantas, projetos, estudos ambientais, aquisição de equipamentos, o valor das licenças; b) a dificuldade de identificar e atender os critérios técnicos exigidos, ampliado pela falta de esclarecimento por parte dos órgãos ambientais que, em geral, mantém distanciamento dos empreendedores, impedindo que o licenciamento ambiental seja uma prática eficaz de proteção e indução do desenvolvimento sustentável.

Cardoso Junior *et al.* (2014) ao tratar do licenciamento da UHE Madeira na região norte do Brasil, coloca que o licenciamento de hidrelétricas é um processo lento e cheio de incertezas, que deve ser aperfeiçoado com medidas como definição mais clara da atuação de outros organismos que atuam no licenciamento como IPHAN, ICMBIO, definição do tempo de resposta do órgão licenciador, limitação do número de complementações solicitadas pelo licenciador, entre outras.

De acordo com Jeronymo *et al.* (2012) as abordagens que desqualificam os instrumentos da PNMA podem conter vieses correlacionados aos interesses econômicos, destituindo, então, os aspectos que envolvem as atividades antrópicas e as questões ambientais, o que pode significar que a PNMA dificilmente será cumprida integralmente.

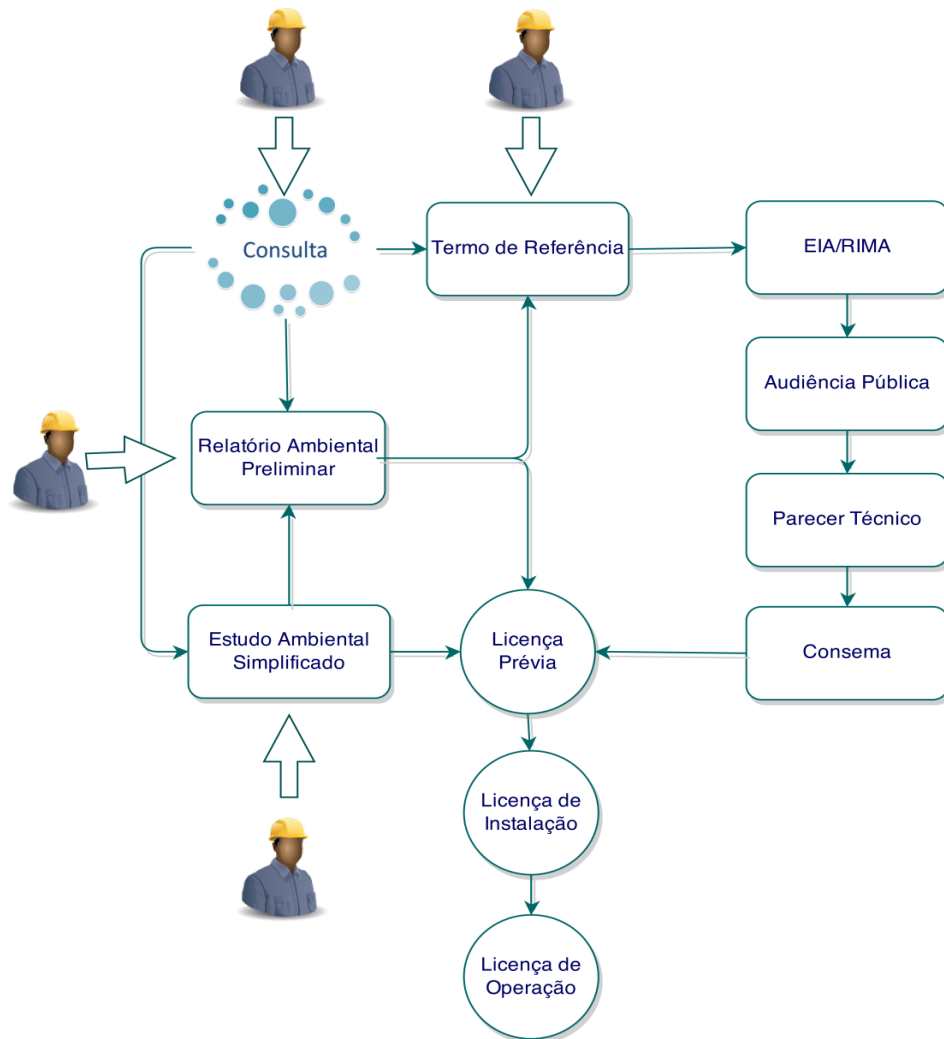
Aspectos do sistema de licenciamento ambiental no Brasil são objeto de questionamento inclusive no Congresso Nacional de acordo com Ramalho e Momm-Schult (2016) e Lima &

Rei (2017) com apresentação de propostas de alteração do processo de licenciamento ambiental. Entre elas, uma propõe que a mera apresentação do estudo prévio de impacto ambiental já importe autorização para a execução da obra, que não poderá ser suspensa ou cancelada a não ser em face de fato superveniente, retirando do órgão licenciador e do respectivo conselho respectivo Conselho de Meio Ambiente a tomada de decisão; outra proposta prevê como modalidades de licenciamento ambiental: licenciamento ambiental trifásico (LP, LI e LO), licenciamento ambiental unificado (Licença Ambiental Única - LU), licenciamento ambiental por adesão e compromisso (Licença Ambiental por Adesão e Compromisso - LAC) e licenciamento ambiental por registro, entre outras.

Verifica-se que o licenciamento ambiental no Brasil é um instrumento hábil para garantir a proteção do meio ambiente em seus vários aspectos. No entanto, a falta de aparelhamento do estado e dos órgãos licenciadores, a insuficiência dos estudos apresentados e outras dificuldades encontradas no decorrer do processo do licenciamento mostram que aprimoramentos são necessários, de modo a assegurar que os objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente sejam atingidos.

### 3.7.1 Licenciamento ambiental no Estado de São Paulo

O licenciamento ambiental no estado de São Paulo rege-se pela legislação federal aplicável e pelas Resoluções SMA 49/2014 (São Paulo, 2014) e 54/2004 (São Paulo, 2004), Lei Estadual nº 13.542, de 08 de maio de 2009 além da Decisão de Diretoria (DD) nº 153/2014 da CETESB. As etapas desse processo no Estado de São Paulo podem ser visualizadas na **Figura 17**.



**Figura 17-** Etapas do Licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental junto à CETESB  
Fonte: CETESB (2014)

De acordo com Resoluções SMA 54/2004 (São Paulo, 2004), em seu artigo 2º a avaliação da viabilidade ambiental de empreendimento, obra ou atividade para emissão da Licença Prévia (LP) pela CETESB, deverá ser realizada com o subsídio de estudos ambientais, a serem definidos em função do potencial de degradação dos impactos esperados.

III - Estudo Ambiental Simplificado-EAS: é o documento técnico com informações que permitem analisar e avaliar as consequências ambientais de atividades e empreendimentos considerados de impactos ambientais muito pequenos e não significativos.

IV - Relatório Ambiental Preliminar-RAP: são os estudos técnicos e científicos elaborados por equipe multidisciplinar que, além de oferecer instrumentos para a análise da viabilidade ambiental do empreendimento ou atividade, destinam-se a avaliar sistematicamente as consequências das atividades ou empreendimentos considerados potencial ou efetivamente causadores de degradação do meio ambiente, em que são propostas medidas mitigadoras com vistas à sua implantação.

VII - Estudo de Impacto Ambiental-EIA: são os estudos técnicos e científicos elaborados por equipe multidisciplinar que, além de oferecer instrumentos para a análise da viabilidade ambiental do empreendimento ou atividade, destinam-se a avaliar sistematicamente as consequências consideradas efetiva ou potencialmente

causadoras de significativa degradação do meio ambiente e a propor medidas mitigadoras e/ou compensatórias com vistas à sua implantação.

VIII - Relatório de Impacto Ambiental-RIMA: é o documento-síntese dos resultados obtidos com a análise dos estudos técnicos e científicos de avaliação de impacto ambiental que compõem o EIA, em linguagem objetiva e acessível à comunidade em geral. O RIMA deverá refletir as conclusões desse estudo com linguagem clara, de modo que se possam entender precisamente as possíveis consequências ambientais do empreendimento ou atividade e suas alternativas e comparar suas vantagens e desvantagens (SÃO PAULO, 2004, p. 1 e 2).

No caso do licenciamento de empreendimentos ou atividades dos quais não são conhecidas a magnitude e a significância dos impactos ambientais decorrentes de sua implantação, o empreendedor poderá protocolar Consulta Prévia, como determinava a Resolução SMA 42/1994, Resolução SMA 54/2004 e mais recentemente a Resolução SMA 49/2014.

O requerimento da Licença Prévia (LP) era feito com a apresentação pelo empreendedor do Plano de Trabalho, atualmente denominado Termo de Referência – TR, juntamente com as manifestações recebidas dos órgãos intervenientes e outras informações do processo. A elaboração dos estudos ambientais (EIA/RIMA ou RAP) tem início após a consolidação do Plano de Trabalho/Termo de Referência pela CETESB.

A participação popular no processo decisório, como previsto no artigo 11 da Resolução CONMA 01/1986, é consubstanciada na participação em audiência pública, além da submissão ao Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA).

Após a comprovação da viabilidade ambiental do empreendimento, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB emite a Licença Prévia - LP, fixando seu prazo de validade e a emissão das demais licenças fica condicionada ao cumprimento das exigências estabelecidas na anterior bem como apresentação de documentos solicitados, como ilustra a **Figura 16**.

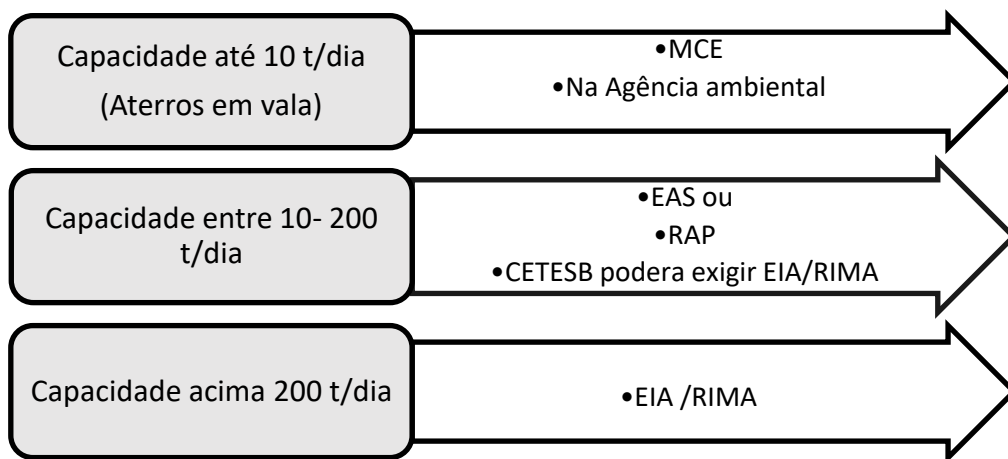
O licenciamento ambiental no Estado de São Paulo apresenta uma diferença em relação ao procedimento estabelecido em lei federal e em outros estados que é a elaboração do atual Termo de Referência para elaboração dos estudos ambientais, antes de sua execução.

A emissão do TR anterior, orientadora dos trabalhos, é destacada por Almeida e Montão (2017) como aspecto positivo do licenciamento ambiental no Estado de São Paulo, pois em Minas Gerais o TR tem caráter genérico e não contempla aspectos peculiares do empreendimento.

### 3.8 Licenciamento ambiental de aterros no Estado de São Paulo

No caso de implantação de aterros a CETESB, órgão ambiental do Estado de São Paulo, responsável pelo licenciamento ambiental, considera como aterro de pequeno porte os que recebem até 10 t/dia de resíduos sólidos urbanos.

Assim, o licenciamento de aterros no Estado de São Paulo obedece a seguinte sequência, em função da massa de resíduo a ser depositada, como ilustra a **Figura 18**.



**Figura 18-** Estudos ambientais exigidos no Licenciamento ambiental de acordo com o porte do empreendimento

Fonte: Resolução SMA 49/14

Apesar dos aspectos positivos relacionados à sua implantação, existe a oposição à implantação de aterros sanitários conhecida na literatura internacional como efeito "Not in My Backyard" - NINBY, ou seja, "Não no Meu Quintal".

Essa oposição é tanto maior quanto menor a participação popular na tomada de decisão, pois segundo Kemp (1992 apud Querol *et al* 2019), a oposição a instalações não desejáveis é uma reação normal, uma resposta à forma como uma política ou uma proposta de planejamento é conduzida. Sebastien (2017) ressalta que essa oposição é muitas vezes tratada como atitude protecionista de grupos que não querem o desenvolvimento local e entendem que seus interesses se sobrepõem aos da comunidade, quando na realidade, esta oposição resulta, muitas vezes, da falta de diálogo com as comunidades a serem afetadas sobre os efeitos do projeto.

Assim, Glucker *et al.* (2013) colocam que é necessário entender o que é a participação popular, pois este é um termo impreciso e em tese, envolve efetiva participação na tomada de decisão, o que muitas vezes não ocorre.



Nesse sentido, de acordo com Queiroz e Miller (2018), a participação em audiências públicas de licenciamento ambiental, como prevê a legislação, não tem sido efetiva em assegurar os direitos de cidadania dos afetados por atividades potencialmente poluidoras e assim, em muitas situações, a oposição aos empreendimentos se acirra

Ferreira *et al.* (2018) destacam que a participação popular é premissa inafastável no âmbito constitucional que sejam oportunizados à sociedade civil espaços adequados para a eficaz participação popular em matéria ambiental. Esse direito é assegurado não só pela Constituição Brasileira como por tratados dos quais o Brasil é signatário.

Eiselt & Marianov (2013) observam que os impactos no ambiente físico e social estão diretamente relacionados ao efeito da distância e, portanto, a rejeição aos aterros diminui à medida que eles se situam cada vez mais distantes dos núcleos urbanos. A distância do aterro a núcleos urbanos constitui inclusive, um dos critérios utilizados em praticamente todas as normas que tratam da locação de aterros, tanto no Brasil quanto no exterior.

Assim, a seleção adequada de áreas para instalação de aterros sanitários tem como objetivo primordial assegurar e preservar a qualidade ambiental do solo e da água subterrânea, bem como da população do(s) município(s), e sua localização é um fator importante, por seu impacto social, econômico e ambiental (MONTAÑO *et al.*, 2012).

### **3.9 Critérios do Meio Físico na Locação de Aterros Sanitários**

Chabuk *et al.* (2016) destacam que a identificação de locais para implantação de aterros sanitários é um processo complexo, que exige a avaliação de diversos fatores como os sociais (distância de centro urbanos, presença de áreas com patrimônio histórico e cultural, percepção da população etc.), ambientais (hidrologia, hidrogeologia, uso do solo, presença de áreas protegidas etc.), geomorfológicas, técnicas e econômicas (custos da terra e desapropriação, custo de transferência/ transbordo dos resíduos, distância para fornecimento de energia entre outros).

Estabelece-se, assim, de um lado a necessidade de dispor adequadamente os resíduos em aterro sanitário e de outro lado, a indisponibilidade de áreas para instalação desses aterros em regiões densamente urbanizadas, como as Regiões Metropolitanas e cidades de grande porte, em função da existência de áreas ambientalmente protegidas, dos impactos de vizinhança das áreas de disposição, conflitos de uso da terra entre áreas rural e urbana bem como de áreas que não atendem aos parâmetros preconizados pelas normas e legislação aplicável, aspectos

esses que se tornam limitantes para a adequada disposição de resíduos sólidos urbanos (BRUSCHI, 2011 e JACOBI & BESEN, 2011).

No Brasil, a NBR 13896/97 (Brasil, 1997) estabelece para localização de aterros sanitários um local onde:

- a) o impacto ambiental a ser causado pela instalação do aterro seja minimizado;
- b) a aceitação da instalação pela população seja maximizada;
- c) a instalação esteja de acordo com o zoneamento da região;
- d) possa haver utilização por um longo espaço de tempo, necessitando apenas de um mínimo de obras para início da operação.

Leite *et al.* (2012) destacam que na determinação da aptidão do meio para a implantação de empreendimentos deve-se tomar como premissa básica o fato de que as características dos meios físico, biológico e antrópico conferem maior ou menor potencial (ou, em oposição, menor ou maior restrição) para os diferentes tipos de ocupação.

Assim, considerando o potencial de contaminação de um aterro sanitário, a escolha do local de implantação é tarefa complexa e tem como objetivo geral garantir que o local escolhido seja ambientalmente e socialmente aceitável e sustentável. Essa análise dos locais envolve grande número de variáveis e a inobservância das limitações do meio físico pode gerar custos elevados para a implantação de projetos e/ou recuperação de áreas degradadas.

Segundo Ball (2005) e Donevska *et al.* (2012) na locação de um aterro sanitário ocorre uma combinação de fatores como conformação do relevo, tipos de solos, formações geológicas, recursos hídricos, entre outros, que determinam a capacidade (ou aptidão) do meio em acomodar certas atividades humanas de forma e que esses impactos não podem ultrapassar os níveis aceitos pela sociedade e/ou impostos pela legislação. Uma área adequada significa menores riscos ao meio ambiente e à saúde pública, mas, fundamentalmente, significa menores gastos com preparo, operação e encerramento do aterro.

Por outro lado, segundo o autor, alterações legislativas ou de procedimentos, restrições administrativas, entre outras que aparecem ao longo do tempo e tornam o processo de seleção do local de aterro mais sofisticado, à medida que novos procedimentos e ferramentas são desenvolvidos.

Duarte (2015) destaca que apesar da importância dos fatores do meio físico na locação de aterros, a decisão pela implantação dessas áreas ainda é fortemente influenciada por aspectos políticos, condições socioculturais e limitação de recursos financeiros. O autor ressalta que em algumas situações a própria Prefeitura dispõe de algumas áreas de sua propriedade, de áreas de interesse para recuperação (cavas de mineração, áreas de empréstimo etc.) ou locais indicados

por estudos anteriores, cuja aptidão deseja avaliar visando minimizar custos e evitar demoras com desapropriação, por exemplo, restringindo a escolha a essas áreas disponíveis.

IPT (1995, 2018) sugere que nos estudos para viabilização das áreas pré-selecionadas sejam considerados os seguintes aspectos ou dados:

- **Dados geológico-geotécnicos-** informações sobre as características e ocorrência de materiais que compõem o substrato dos terrenos e sobre a distribuição das unidades geológico-geotécnicas que compõem o terreno e suas características estruturais (xistosidade, falhas e fraturas).

- **Dados pedológicos-** informações sobre as características e distribuição dos solos na região estudada abordando os tipos de solo, suas características como material de empréstimo (argilas para impermeabilização basal e cobertura final, solos silto-argilosos para cobertura diária e intermediária, areia, etc.), sua espessura, permeabilidade, capacidade de carga e deformabilidade do terreno de fundação, condições de estabilidade do maciço e entorno, suscetibilidade do terreno a processos da dinâmica superficial (erosão, escorregamentos, colapsos).

- **Dados geomorfológicos-** informações sobre as formas e a dinâmica do relevo dos terrenos analisados, indicação da compartimentação geomorfológica e características das unidades que compõem o relevo (áreas de morros, colinas, planícies, encostas, etc.) declividades e principais processos atuantes na região (erosão, escorregamento, inundação, subsidência, etc.).

- **Dados sobre as águas subterrâneas e superficiais** - conjunto de informações sobre o comportamento natural da dinâmica e química das águas subterrâneas e superficiais de interesse para abastecimento público, através da análise de aspectos como profundidade do lençol freático, posicionamento da área quanto à zona de recarga das águas subterrâneas, principais bacias, mananciais subterrâneos e superficiais de interesse ao abastecimento público (âmbito local e regional), qualidade das águas subterrâneas e risco de contaminação.

Como se observa no trabalho do IPT (1995, 2018) vários são os fatores do meio físico a serem considerados na seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos, cujo atendimento resulta na escolha de áreas aptas à preservação da qualidade ambiental da área escolhida.

O levantamento bibliográfico, realizado neste trabalho sobre o tema seleção de áreas para locação de aterros sanitários na última década, mostra que a escolha de áreas é um aspecto importante da gestão de resíduos para os países em desenvolvimento, pois estes países encontram grande dificuldade técnica e econômica na escolha da área de disposição de resíduos sólidos, grandes dificuldades técnicas e econômicas.

Lino (2007) em sua dissertação, analisou alguns métodos utilizados para seleção de áreas de aterro à época e conclui a partir da comparação dos métodos de IG-SMA (1999 apud Lino, 2007) e Basílio (2001 apud Lino, 2007) que, mesmo se tratando de uma mesma área geográfica, a escala, os critérios, parâmetros e atributos podem levar a resultados muito diferentes, sugerindo a aplicação de métodos de seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos urbanos em nível de bacia hidrográfica (escala regional).

Josimovi & Maric (2017) apresentam uma revisão de critérios utilizados para locação de aterros na Europa aplicando-os a região de Kolubara na Sérvia. Entre os critérios utilizados estão as características hidrogeológicas (material da zona insaturada), água subterrânea, distância do aterro aos reservatórios de abastecimento, características geológico-tectônicas, relevo, aceitabilidade da população, características geotécnicas, uso da terra entre outras. O trabalho traz critérios adicionais de exclusão de áreas na área de estudo como posicionamento da área com pelo menos 300 m acima do nível do mar, atividade sísmica acima de 9 mcs (escala mercali), terrenos cársticos e planícies aluviais.

Kharat *et al.* (2016), por exemplo, apresentam uma revisão sobre locação de aterros utilizando técnicas como análise hierárquica que permite identificar um conjunto mínimo ideal de critérios, reduzindo o tempo gasto na tomada de decisão do processo.

Em seu trabalho, Tayyebia *et al.* (2010) destacam que a seleção de *sites* em uma área urbana é uma questão crítica em razão do seu enorme impacto na economia, no ambiente e na saúde da região e muitos fatores e critérios devem ser cuidadosamente organizados e analisados e sugerem que problemas dessa natureza têm sido frequentemente resolvidos através de decisões multicritério (MCDA), exemplificando a análise com sua aplicação em território iraniano.

Montaño *et al.* (2012) ressaltam que o estudo de alternativas locais para aterro sanitário adota, em geral, uma abordagem metodológica de etapas sucessivas e diferenciadas conforme o nível de análise e a escala das informações, constituídas por:

- a) Primeira aproximação: nível regional e escala municipal;
- b) Segunda aproximação: nível municipal e escala local;
- c) Terceira aproximação: nível local e escala de empreendimento.

Schalch *et al.* (2009) apresentam parâmetros que foram considerados na aptidão de áreas em relatório de avaliação de impacto para implantação do Aterro de São Carlos e compreendem:

- a) tipos de solo: entendendo ser mais adequado que a implantação do aterro se dê sobre áreas de solo com baixa permeabilidade natural;

b) formações geológicas: nesse caso, considerando ser mais favorável à segurança, quanto ao risco de contaminação de águas subterrâneas, a implantação do aterro sobre áreas que não estejam associadas a sistemas aquíferos subterrâneos menos profundos;

c) declividade natural do terreno: como medida de minimização dos efeitos da movimentação de terra sobre os processos erosivos na área afetada pelo empreendimento, entende-se que o aterro deve ser implantado sobre áreas de baixa declividade natural;

d) distância a corpos de água superficiais: como medida de segurança, no caso de um eventual deslocamento de águas contaminadas via escoamento superficial ou de subsuperfície, e em atendimento a requisitos legais, estabeleceu-se que o aterro sanitário deveria idealmente observar uma distância de 300 metros a qualquer corpo de água superficial, além de se descartar as bacias de captação de água para abastecimento público;

e) fragmentos de vegetação nativa: como medida preventiva, considerou-se que a existência de fragmentos de vegetação nativa significativos (identificados em imagens de satélite e trabalhos de campo), torna a implantação do aterro inviável;

f) distância a áreas urbanas: a fim de resguardar os aspectos sanitários, e minimizar conflitos entre empreendimento e comunidade, considerou-se inviável implantar o aterro a uma distância inferior a 2.000 metros de áreas urbanizadas ou do perímetro urbano, incluindo distritos, condomínios e núcleos rurais;

g) indicação de restrições de caráter institucional como a presença de áreas de proteção ambiental ou aeroviária.

O Manual para Seleção de Áreas para Aterros da Georgia-USA (AMECO, 2011) determina que, havendo necessidade de um novo aterro, antes de selecionar um site., devem ser identificadas as áreas de exclusão, isto é, as áreas consideradas geralmente inadequadas através da análise de parâmetros restritivos como condições hidrogeológicas, hidrológicas, áreas geologicamente instáveis, presença de falhas geológicas, presença de áreas designadas para conservação (reservas estaduais, parques nacionais, paisagens protegidas etc) e outros.

Pfeiffer (2001) destaca que existem elementos que apresentam as maiores limitações à implantação dos aterros são os fatores físicos: solo, águas superficiais, águas subterrâneas e áreas protegidas e é necessário fazer uma priorização de fatores na seleção de áreas para aterros e os parâmetros utilizados por vários autores podem ser visualizados na **Tabela 6**.

**Tabela 6** - Fatores do meio físico para seleção de áreas para aterro e sua ordem de importância

Fonte	Ordem de importância dos fatores		
	1ª	2ª	3ª
Valeriano e Escalera (1998)	Geologia/Hidrogeologia Uso do solo Topografia	Solos	Uso da água
Jaako Poyry (1992)	Geologia/ Hidrogeologia Uso do solo	Águas superficiais	Solos
Bluestem Solid Waste Agency (1997)	Geologia/Hidrogeologia	Distância do centro gerador do resíduo	Topografia
Kao & Lin (1996)	Geologia/ Hidrogeologia	Água superficial	Infraestrutura
Katsamaki <i>et al.</i> (1996)	Aceitação pública	Geologia/Hidrogeologia Distância do centro gerador do resíduo	Infraestrutura
Araujo <i>et al.</i> (1999)	Profundidade do lençol freático	Permeabilidade, CTC, pH, espessura do material inconsolidado	Topografia Água superficial
Souza (1999)	Profundidade do lençol freático	Água superficial	Permeabilidade
Herzog (1999)	Solos	Custo com a compra da área	Topografia Água superficial
Symeonakis (1996)	Geologia/Hidrogeologia	Topografia	Água superficial
Squiers <i>et al.</i> (1995)	Geologia/Hidrogeologia	Topografia	Água superficial
Javaheri <i>et al.</i> (2006)	Geomorfologia/Hidrologia/	Uso da terra	Permeabilidade/declividade / critérios ambientais
Kontos <i>et al.</i> (2005)	Hidrologia/ Hidrogeologia	Permeabilidade/ Distância de corpos de água	Zonas de permeabilidade/ distância a montante e a jusante de fontes e poços
Josimovic & Maric (2017)	Condições hidrogeológicas/Hidrogeologia/Distância de suprimento de água superficial/condições geológico-geotécnicas	Uso da terra/características geológico-geotécnicas/ atividade sísmica etc.	Acesso/distância de terras agricultáveis/distância de linhas de transmissão etc.

Fonte: Pfeifer (2001) modificado pela Autora

Para verificação da aptidão e seleção de áreas utilizando os vários critérios do meio físico, ambiental e socioeconômicos podem ser empregadas análises multicritério através de sistemas de informação geográfica (SIG) e análise hierárquica do processo (AHP). O caráter multicritério da análise e seleção podem ser observadas em vários trabalhos no Brasil e no mundo.

Zuquette *et al.* (1997), Benda (2008) e Marques (2002) apontam também processos e parâmetros a serem considerados na seleção de áreas para aterro, sendo que a dissertação de Marques (2002) aplicou a análise hierárquica nessa seleção em Araraquara (SP).

Os mesmos autores sugerem ainda a análise de atributos do meio como zona de inundação, profundidade do substrato rochoso e do nível de água, espessura e mineralogia do material inconsolidado, fator de retardamento, recarga, direção e fluxo subterrâneo entre outros.

No Brasil, em relação à adequação de áreas para implantação de aterros, IPT (2018) apresenta na **Tabela 7** características que tornam as áreas de instalação de aterros mais ou menos adequadas.

**Tabela 7** – Critérios considerados na escolha da área para a instalação de aterro sanitário

Dados necessários	Classificação das áreas		
	Possível	Adequada	Não recomendada
<b>Vida útil</b>	Maior que 10 anos	Menor que 10 anos (a critério do órgão ambiental)	
<b>Distância do centro atendido: 5-20 km</b>	Menor que 10 km	10 – 20km	Maior que 20 km
<b>Distância ao centro atendido</b>	5 a 20 km	5 a 20 km	Menor que 5 e maior que 20km
<b>Zoneamento Ambiental</b>	Áreas sem restrições		Unidades de conservação ambiental e correlatas
<b>Zoneamento urbano</b>	Vetor de crescimento mínimo	Vetor de crescimento intermediário	Vetor de crescimento principal
<b>Densidade populacional do entorno</b>	Baixa	Média	Alta
<b>Uso e ocupação das terras</b>	Áreas devolutas pouco valorizadas		Ocupação intensa
<b>Valor da terra</b>	Baixo	Médio	Alto
<b>Aceitação da população e ONG's</b>	Boa	Média	Oposição severa
<b>Declividade do terreno</b>	3 a 20%	20 a 30%	< 3% ou > 30%
<b>Distância com relação aos cursos d'água</b>	Maior que 200m	Menor que 200m, com aprovação do órgão ambiental	Menor que 200m, sem aprovação específica do órgão ambiental

Fonte: IPT (2018)

Sobre a distância de segurança aeroportuária no Brasil, ela é considerada como o raio de 20 km de qualquer ponto no perímetro do empreendimento ou atividade, objeto do parecer aeronáutico e encontra-se no PCA3-3–Plano Básico de Gerenciamento de Risco de Fauna (Brasil, 2017).

Considerando que este trabalho envolve a comparação entre os critérios de locação de aterros requeridos por diversos órgãos de licenciamento no Brasil, Estado de São Paulo e Exterior, serão apresentados a seguir os dados quantitativos e qualitativos dos critérios água

superficial, água subterrânea e permeabilidade e critérios adicionais utilizados na seleção de estudo de impacto ambiental para aterro.

### 3.10 Aspectos legais e normativos que disciplinam os critérios para escolha de áreas para aterro sanitário em outros países e estados brasileiros

A seguir é apresentado o referencial legal e normativo dos critérios do meio físico utilizados por vários órgãos licenciadores no Brasil e no exterior, que foram levantados para comparação com os valores utilizados no Estado de São Paulo.

#### 3.10.1 Distância do aterro ao corpo de água superficial

A distância entre o aterro e a água superficial (córregos, rios, nascentes) é um dos critérios do meio físico considerados em todas as normas/legislações estudadas, como se observa na **Tabela 8**.

**Tabela 8-** Critérios qualitativos e quantitativos em relação a distância do aterro e corpos de água superficial presentes nas normas e leis analisadas

Fonte (norma/legislação)	Valor/ situação sugerida
ABNT 1997 - NBR 13896	Distância mínima de 200 m de corpos de água.
Code of Federal Regulations n. ° 40 parte 258/2003- U.S. Environmental Agency –EPA	Não estabelece valor. Empreendedor deve demonstrar que não haverá degradação, erosão, migração de poluentes e violação do Código de Águas ou outros instrumentos legais.
União Europeia-Directiva 31/1999	Não estabelece valor. Proteção dos recursos superficiais deve ser feita através de barreira geológica, recobrimento dos resíduos e sistema de coleta de chuva.
São Paulo (1989, 1991)	Observar NBR 13896/97
DD 217/2004 CETESB (anexo único)	Observar NBR-13896/97
COPAM (2008)	Distância mínima de 300 m
INEA (1994)	Observar NBR-13896/97
FEPAM (RS)- Diretriz 04/2017	Mais de 200 m
México (NOM-083-ECOL-1996)	1.000 m
Argentina (Resolucion n. 1143/02)	Não há valor estabelecido
Para aterros com capacidade maior que 50 t	
British Columbia (Canadá)	Distância mínima de 100 metros (fonte de abastecimento individual) e 500 m (abastecimento público)

Fonte: Produzida pela autora



Observa-se na **Tabela 8** que as distâncias entre a área de disposição de resíduos e os corpos de água superficiais situam-se no patamar mínimo de 100 m (Canadá) a 1.000 m no México; no Brasil a maior distância é imposta no Estado de Minas Gerais- 300 m.

Na Europa e nos Estados Unidos, embora não haja valores orientadores estabelecidos, existe para os empreendedores a obrigatoriedade de se garantir a qualidade dos corpos de água superficiais próximos ao aterro, por meio da adoção de medidas eficientes de proteção do aterro, que evitem a migração de poluentes para o recurso hídrico superficial.

### 3.10.2 Zona insaturada ou zona não saturada

A zona instaurada é aquela situada entre a superfície freática (nível de água) e a superfície do terreno, onde os poros estão parcialmente preenchidos por gases e água.

Dada a importância que ela tem para a mitigação dos processos de contaminação do aquífero e, portanto, de proteção das águas subterrâneas, ela é um parâmetro considerado por praticamente por todos os órgãos licenciadores e os critérios qualitativos e quantitativos relativos a ela são apresentados na **Tabela 9**.

**Tabela 9-** Critérios qualitativos e quantitativos em relação à zona insaturada presentes nas normas e leis analisadas

Autor (Norma/ legislação)	Valor/ situação sugerida
ABNT 1997 - NBR 13896	<i>Desejável-</i> Zona não saturada com espessura superior a 3,0 metros;
Code of Federal Regulations n. 40 parte 258//2003- - U.S. Environmental Agency – EPA (USA)*	<i>Condição mínima-</i> entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada natural de espessura mínima de 1,50 m de solo insaturado
União Europeia - Directiva 31/1999	Não estabelece valor para zona insaturada Destaca a importância do liner e permeabilidade do solo
DD 217/2004 CETESB (anexo único)	Zona insaturada com espessura mínima de 1,0m Proteção adicional é feita por barreira geológica impermeável (camada de solo) - Barreiras não podem ter espessura inferior a 0,5m
São Paulo (1989,1991)	Observar NBR 13896/97
COPAM (2008)	Observar NBR 13896/97
INEA (1994)	Superior a 3 m
	Observar NBR 13896/97

Autor (Norma/ legislação)	Valor/ situação sugerida
FEPAM (2017,2018)	Superior a 1 m
México (1996)	Não estabelece limite
Argentina (2002)	Superior a 0,6 m
British Columbia (Canadá)	Base do aterro deve estar pelo menos 1,5 m acima do nível de água em todos os períodos do ano

\* O CFR 458 estabelece que todos os estudos, inclusive simulações de potencial contaminação, relacionados à água subterrânea devem ser apresentados por um profissional cuja habilitação é reconhecida pela EPA

Fonte: Elaborada pela autora

### 3.10.3 Permeabilidade do Solo

A permeabilidade do solo é um critério que depende da origem do solo e do tipo de solo existente no local. Os valores indicados na **Tabela 10** referem-se, geralmente, a uma condição entendida como mínima para a implantação do empreendimento.

**Tabela 10** - Critérios qualitativos e quantitativos em relação ao coeficiente de permeabilidade do solo (k) presentes nas normas e leis analisadas

Autor (norma/ legislação)	Valor de k/ situação sugerida
ABNT 1997 - NBR 13896	Coeficiente mínimo de $5 \times 10^{-5}$ cm/s
Code of Federal Regulations n. 40 parte 258//2003- U.S. Environmental Agency –EPA	Valor sugerido mínimo: $<10^{-5}$ cm/s; $<10^{-7}$ cm/s (após compactação)
União Europeia-Directiva 31/1999	Valor mínimo sugerido mínimo: $10^{-6}$ cm/s;
DD 217/2004 CETESB (anexo único)	Observar coeficiente mínimo de $5 \times 10^{-5}$ cm/s (NBR13896/97). Coeficiente pode ser maior a critério do órgão ambiental
São Paulo (1989,1991)	Observar NBR 13896/97
COPAM (2008)	Observar NBR 13896/97
INEA (1994)	Observar NBR 13896/97
FEPAM (2017,2018)	Inferior a $10^{-6}$ cm/s
México (1996)	$3 \times 10^{-10}$ cm/s

Autor (norma/ legislação)	Valor de k/ situação sugerida
Argentina (2002)	10 <sup>-7</sup> cm/s para camada formada por materiais granulares
British Columbia (Canadá)	Mínimo de 10 <sup>-6</sup> cm/s (terreno natural); Liner deve ter espessura mínima de 1m; condutividade após compactação 1x10 <sup>-7</sup> cm/s

Fonte: Elaborada pela autora

### 3.10.4 Topografia

A topografia é um fator que influencia o projeto, a concepção e a operação do aterro, interferindo na escolha do tipo de aterro, nos volumes de corte/ aterro a serem mobilizados, além de influenciar a movimentação das águas superficiais. As sugestões de valores de declividade ou suas características desejáveis encontram-se apresentados na **Tabela 11**.

**Tabela 11-** Critérios qualitativos e quantitativos em relação à topografia do terreno presentes nas normas e leis analisadas

Autor (norma/legislação)	Valor/ situação sugerida
ABNT 1997 - NBR 13896	Entre 1% e 30%
Code of Federal Regulations n40 parte 258//2003- - U.S. Environmental Agency –EPA	Não estabelece
União Europeia-Directiva 31/1999	Observar legislação do país
DD 217/2004 CETESB (anexo único)	Observar NBR13896/97
São Paulo (1989,1991)	Observar NBR13896/97
COPAM (2008)	Declividade menor que 30%
INEA (1994)	Observar NBR 13896/1997
FEPAM (2017, 2018)	Entre 2% e 20%
Mexico (1996)	Não estabelece
Argentina (2002)	Não estabelece
British Columbia (Canadá)	Não apresenta limites ou valores

Fonte: Elaborada pela autora

### 3.10.5 Áreas sujeitas a inundação (*floodplains*)

As áreas sujeitas à inundação representam, em muitos países, um dos critérios impeditivos para implantação de áreas de disposição de resíduos. A **Tabela 12** apresenta o tempo de recorrência para essas áreas de inundação indicados nas normas estudadas.

**Tabela 12** Critérios qualitativos e quantitativos sobre locação do aterro em planícies de inundação nas normas e leis analisadas

Autor (norma/ legislação)	Valor/ situação sugerida
ABNT 1997 - NBR 13896	Período de recorrência de 100 anos
Code of Federal Regulations n.º 40 parte 258//2003- U.S. Environmental Agency –EPA	Período de recorrência de 100 anos
União Europeia-Directiva 31/1999	Não contempla-Observar normas do país
DD 217/2004 CETESB (anexo único)	NBR 13896/97
São Paulo (1989,1991)	NBR 13896/97
COPAM (2008)	Não permite instalação em área de inundação
British Columbia (Canadá)	Tempo de recorrência 200 anos
México (1996)	Tempo de recorrência de 100 anos
Argentina (2002)	Recorrência 100 anos

Fonte: Elaborada pela autora

### 3.10.6 Outros critérios do meio físico considerados para seleção de áreas

A implantação da área de disposição de resíduos obedece a uma seleção multicritério, como já foi discutido. Além dos critérios discutidos anteriormente existem outros considerados em outros países que podem ser observados na **Tabela 13**.

**Tabela 13** - Critérios adicionais para seleção de áreas para disposição de resíduos existentes na legislação de outros países e da UE comparados com normas brasileiras e do Estado de São Paulo

<b>Fonte (norma/legislação)</b>	<b>Risco Sísmico</b>	<b>Instabilidade (recalques, terrenos cársticos)</b>	<b>Áreas instáveis (más condições de fundação, áreas suscetíveis a movimentos de massa) *</b>	<b>Proximidade de poços de abastecimento</b>
ABNT 1992- NBR 8419	Não contempla	Não contempla	Não contempla	Não contempla
ABNT 1997 - NBR 13896	Não contempla	Não contempla	Não contempla	Não contempla
Code of Federal Regulations n. 458- U.S. Environmental Agency – EPA	Distância maior que 60 m de áreas de falha recente; não deve se situar em área instável (sísmica)	Operador deve demonstrar que não haverá dano ao aterro	Restringe implantação	Não contempla
União Europeia-Directiva 31/1999	Não contempla	Observar restrições de cada país	Restringe implantação	Não contempla
DD 217/2004 CETESB (anexo único)	Não contempla	Não contempla	Não contempla	Não contempla
São Paulo (1989,1991)	Não contempla	Não contempla	Não contempla	Não contempla
British Columbia (Canadá)	Distância mínima de 100 m	Distância mínima de 100 m	Distância mínima de 100 m	
México (1996)	Distância mínima de 60 metros de falha	Devem ser evitadas	Devem ser evitadas	Mínimo de 100 m
Argentina (2002)	Não contempla	Não contempla	Não contempla	Distância mínima de 500 m

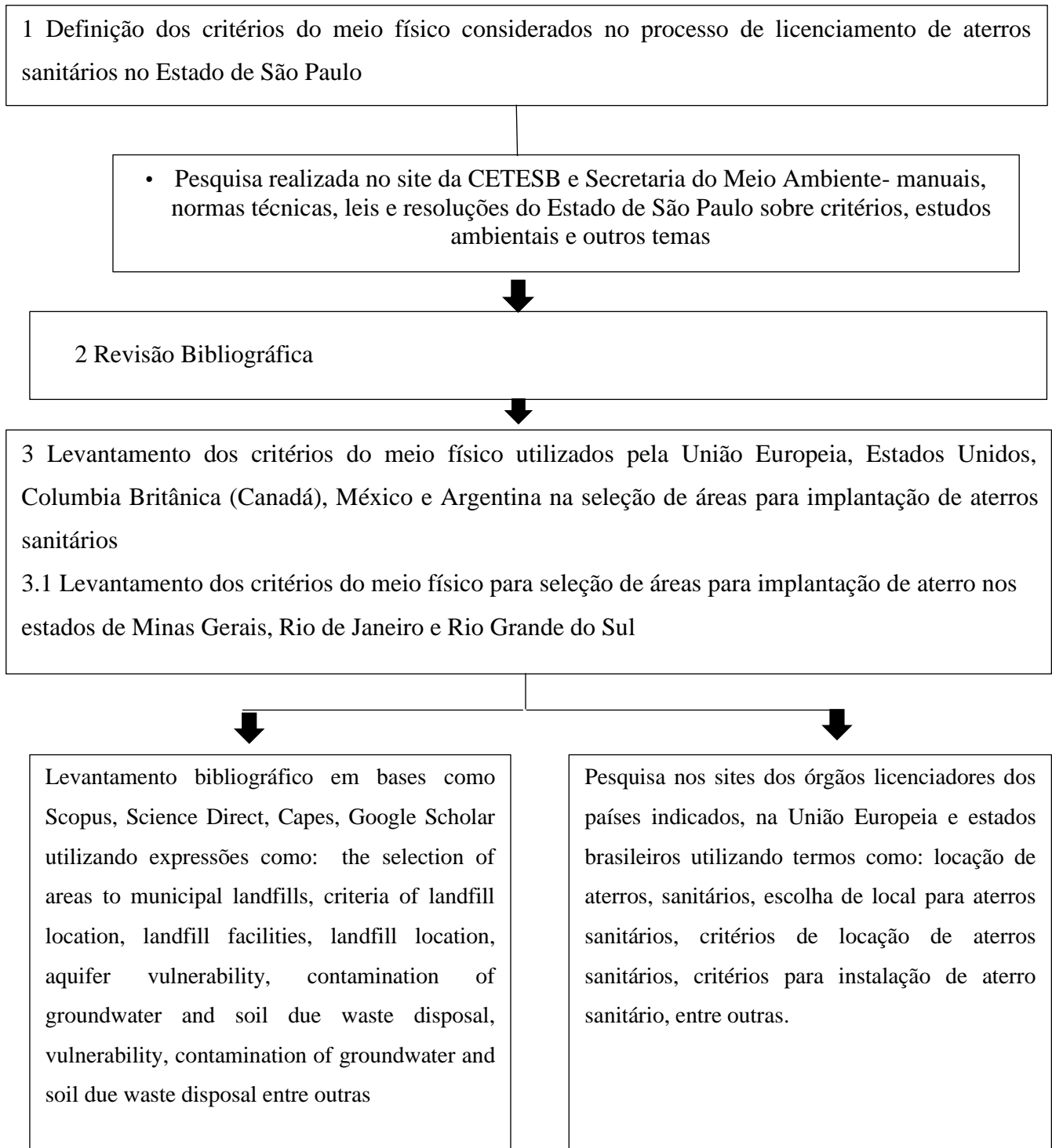
Fonte: Elaborada pela autora

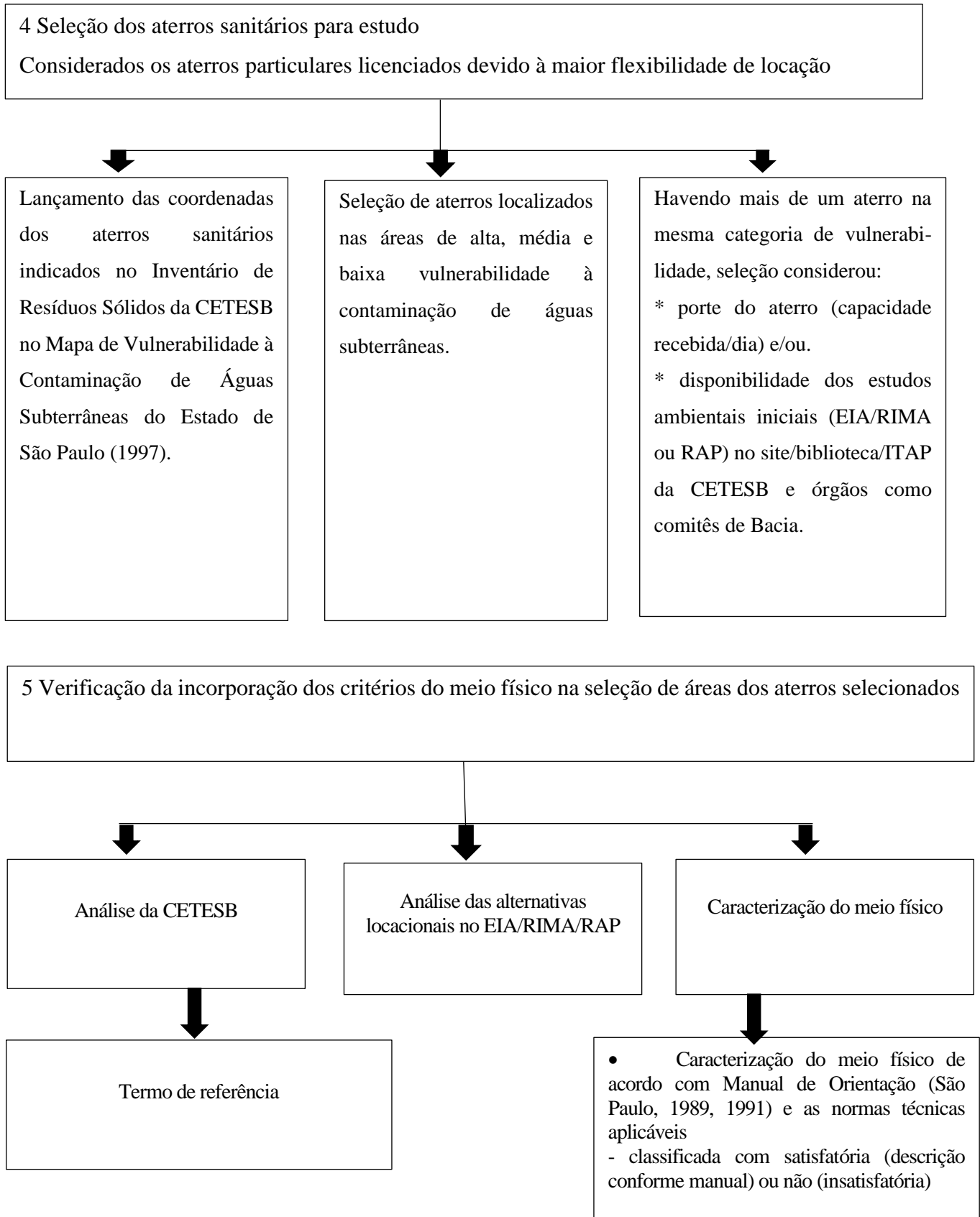
Observa-se que a consideração de critérios como presença de zonas de falha ou de risco sísmico é realizada por países onde esses fenômenos são mais comuns e podem interferir na instalação de empreendimentos como nos EUA; a ocorrência de áreas instáveis, por sua vez, já representa uma possibilidade concreta em todos os locais e elas podem ser entendidas, de acordo com a CFR 40 (EPA, 2003) como áreas onde o solo tende a apresentar recalques diferenciais, terrenos com baixa capacidade de suporte, terrenos cársticos e onde há possibilidade de movimentos de solo e rocha.

Por outro lado, a Diretiva 31/1999 é pouco específica ao tratar de vários critérios para seleção de áreas para aterros. Dajic et al. (2016) colocam que a referida diretiva deve ser atualizada, especialmente no que diz respeito às características de permeabilidade e espessura da camada insaturada, acrescentando que muitos países integrantes da EU já utilizam valores mais restritivos, como, por exemplo, a Espanha e Suíça onde a espessura mínima da zona insaturada deve ser maior que 2,0 m, isto é, o dobro da indicada na Diretiva 31/1999.

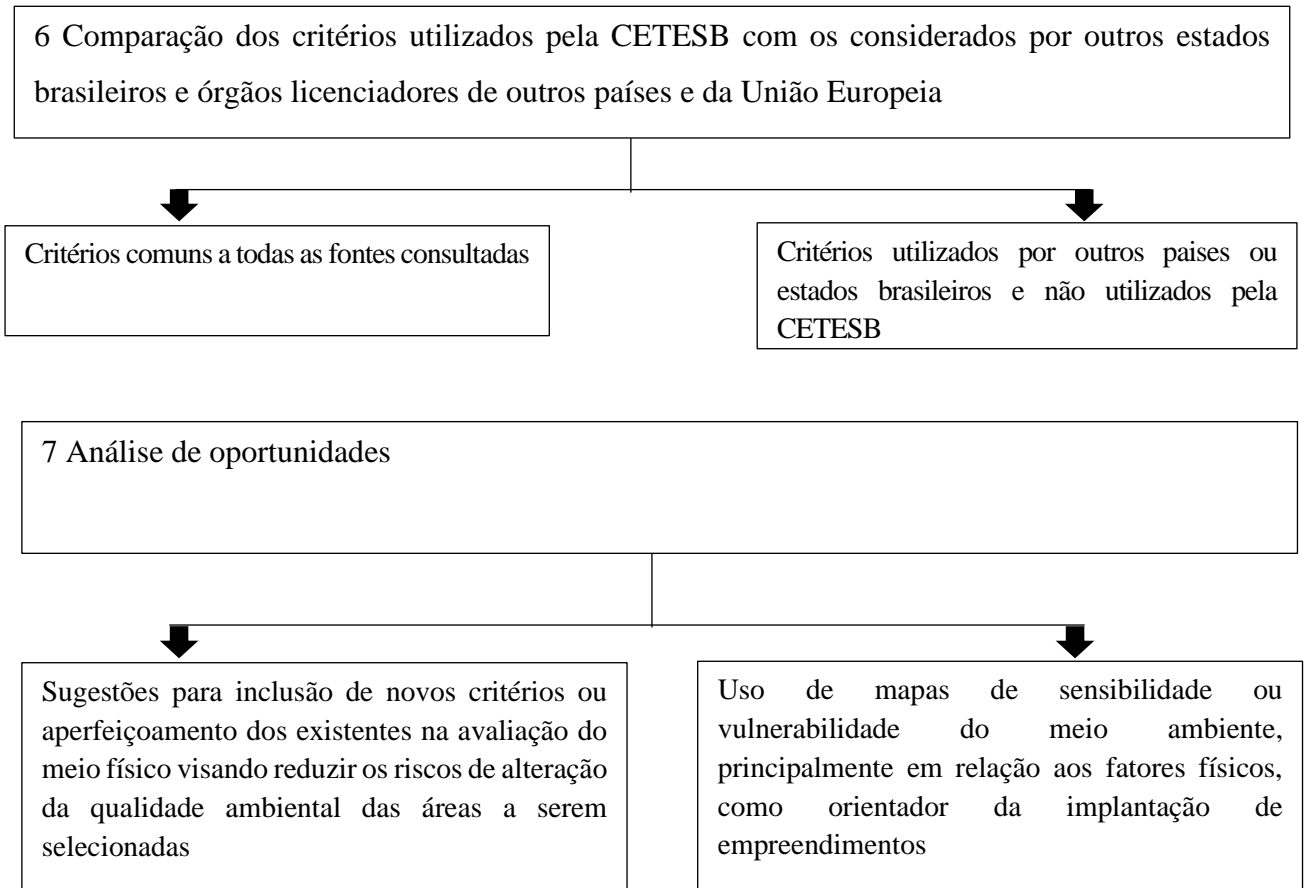
## 4 METODOLOGIA

O presente trabalho, que tem por objetivo de identificar a importância dos critérios do meio físico na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários, foi realizado através da execução das etapas descritas a seguir.





(continua)



#### **4.1 Levantamento dos aspectos legais e normativos relativos aos atributos do meio físico para seleção de áreas para aterros sanitários**

Considerando que o presente trabalho propõe a avaliação dos critérios do meio físico na locação de aterros sanitários no Estado de São Paulo, foi feito inicialmente um levantamento das normas da CETESB e da Secretaria do Meio Ambiente (SMA) do Estado de São Paulo para verificar quais seriam os critérios a serem observados e os valores limitantes ou orientadores estabelecidos para cada um deles.

##### **4.1.1 Definição dos critérios do meio físico considerados pela CETESB para implantação de aterros sanitários no Estado de São Paulo**

A definição dos critérios foi realizada por meio da consulta ao site da CETESB onde constam os documentos aplicáveis ao licenciamento ambiental de aterros sanitários como roteiros, leis, manuais e estudos ambientais.

A pesquisa bibliográfica nos textos legais e normativos e nas publicações técnicas da CETESB apontou que os critérios do meio físico considerados na seleção das áreas para



implantação do aterro sanitário são os indicados na norma NBR 13896 (ABNT, 1997), que trata da apresentação de projeto de aterro de resíduos não perigosos.

Esses critérios são:

a) *Zona insaturada*, caracterizada como região situada entre a superfície do terreno e o nível de água médio da área. A norma em questão sugere como situação desejável aquela em que a profundidade do nível freático esteja há 3,0 m da base de escavação do fundo da vala; se isso não for possível, que seja observada uma profundidade mínima de 1,5m entre o fundo da vala e o nível freático;

b) *Permeabilidade do solo/substrato*- critério que estabelece um valor desejável de  $1,0 \times 10^{-6}$  cm/s, e um valor de, no mínimo  $1 \times 10^{-4}$  cm/s;

c) *Proximidade de corpos de águas superficiais*- os corpos de água superficiais devem situar-se a uma distância mínima de 200m do aterro;

d) *Topografia*- declividade do terreno deve situar-se entre 1% e 30%

Não foram encontradas normas específicas da CETESB ou da SMA tratando desses critérios para a implantação de aterros sanitários, a orientação geral é dada pela norma técnica supracitada.

#### 4.1.2. Levantamento dos critérios do meio físico utilizados para seleção de áreas nos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro

Os estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul estão entre os estados mais populosos do Brasil de acordo com o IBGE (2018) e representam, potencialmente, os maiores geradores de resíduos sólidos domiciliares, motivo pelo qual foi realizada a opção de realizar a comparação dos critérios utilizados no Estado de São Paulo com estes estados para verificar o seu alinhamento para seleção de áreas para implantação de aterros sanitários.

Os critérios utilizados por esses estados brasileiros são espessura da zona insaturada, proximidade com corpos de água superficiais, permeabilidade e topografia.

De modo geral todos eles utilizam como parâmetros norteadores os valores da NBR 13896/1997, a exemplo de São Paulo.

Verificou-se que o Rio Grande do Sul, a partir de 2018, passou a utilizar o mapa de sensibilidade ambiental, sensibilidade essa decorrente da interação da compartimentação geomorfológica (planalto, depressão periférica, escudo cristalino e planície costeira) com a características do meio físico como presença ou ausência de solos argilosos, solos pouco

espessos, ocorrência de erosão, permeabilidade do solo e nível de água entre outros, resultando em áreas de sensibilidade classificadas como imprópria, alta, média, baixa. Essa sensibilidade determina o tipo de licenciamento aplicado ao empreendimento a ser licenciado, incluindo os aterros sanitários.

#### 4.1.3 Levantamento dos critérios do meio físico utilizados pela União Europeia, Estados Unidos, Columbia Britânica (Canadá), México e Argentina na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários

A opção pelo estudo dos critérios do meio físico considerados pela União Europeia, Estados Unidos e do Canadá deve-se ao fato de que são países ou grupo de países que possuem uma gestão de resíduos sólidos domiciliares mais avançada que o Brasil e que se encontra consolidada há décadas; além disso, EUA e União Europeia possuem padrões ambientais que servem de modelo para outros países do mundo.

De outro lado, a escolha do México e Argentina deve-se à semelhança de condições socioeconômica e climática com o Brasil; a condição climática constitui, inclusive, um dos fatores que influenciam a evolução e as características de solo que servem de substrato para disposição dos resíduos sólidos.

Foram realizadas dois tipos de pesquisa: uma do material técnico e normativo desses órgãos licenciadores e outra que envolveu a pesquisa de artigos científicos nas bases indicadas que discutiam a utilização desses critérios na locação de aterros sanitários, possibilitando verificar a importância atribuída nesses estudos aos critérios do meio físico bem como o estabelecimento de hierarquia em relação aos mesmos.

Com o objetivo de realizar a análise comparativa dos critérios do meio físico utilizados na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários nesses países e na União Europeia foi realizada pesquisa bibliográfica utilizando palavras chaves como *licensing of landfill, location of landfill physical environment and sanitary landfills, criteria for landfill location, environmental impacts of landfills, disposal of solid urban waste, criteria for disposal of solid urban waste, contamination of soil and groundwater by waste disposal, rellenos sanitários* entre outras em bases de pesquisa como Science Direct, Scorpion, Google Scholar, Periódicos Capes, Academia.edu e Researchgate.net.

A pesquisa relativa às normas americanas utilizou as informações disponíveis no site da Agência Ambiental Americana (EPA). O mesmo ocorreu na pesquisa relativa às normas da União Europeia na qual foram consultados sites da Agência Ambiental Europeia (EEA) e a Agência da União Europeia; para a província da Columbia Britânica (British Columbia) do

Canadá foi realizada a consulta no site da Agencia Ambiental da mesma, o mesmo ocorrendo para o México e na Argentina, em que se consultou o Ministério do Meio Ambiente e a partir dele o órgão responsável pelo licenciamento ambiental de aterros sanitários.

Esse levantamento permitiu elaborar uma lista dos critérios do meio físico utilizados pelos órgãos ambientais destes países e União Europeia, que foram comparados com os utilizados pela CETESB, uma vez que este trabalho analisa os aterros no Estado de São Paulo.

A comparação dos critérios utilizados pela CETESB em relação aos dos países supracitados visava verificar se os critérios do meio físico para locação de aterros utilizados por esses países ou grupo de países (caso da União Europeia), eram mais ou menos restritivos que aqueles no qual se pauta o licenciamento ambiental de aterros sanitários no Estado de São Paulo. Além disso, verificou-se se havia convergência de critérios e dos limites utilizados bem como se era possível propor, a partir dessa comparação, melhorias nos critérios utilizados no estado de São Paulo.

#### **4.2 Critérios utilizados para a seleção dos aterros sanitários para estudo de caso**

Após a delimitação dos critérios do meio físico considerados pela CETESB na seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos que são espessura da zona insaturada, permeabilidade do solo, distância a corpos de água superficiais e topografia, passou-se à seleção dos aterros a serem analisados.

O universo da pesquisa foram os aterros sanitários particulares licenciados e em operação no Estado de São Paulo, constantes do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos publicado anualmente pela CETESB (2018). A lista com os aterros e as cidades atendidas encontra-se na **Tabela 14**.

A opção pelos aterros particulares deve-se ao fato destes apresentarem, de modo geral, maior flexibilidade de escolha de áreas em relação a aterros municipais que, necessariamente, tem sua implantação restrita ao território do município. Essa maior flexibilidade locacional permitiria, em tese, a escolha de uma área que apresentasse atributos do meio físico mais favoráveis à implantação dentro das áreas disponíveis.

**Tabela 14** - Aterros particulares licenciados do Estado de São Paulo e quantidade de resíduos recebida diariamente (t/dia)

<b>Aterro</b>	<b>Municípios atendidos</b>	<b>Quantidade estimada recebida diariamente (toneladas/dia)</b>
Bragança Paulista	Bragança Paulista, Vargem Grande do Sul	150
Cachoeira Paulista	Aparecida, Areias, Cachoeira Paulista, Canas, Cruzeiro, Cunha, Guaratinguetá, Lavrinhas, Lorena, Potim, Queluz, Roseira, São Jose do Barreiro, Silveiras.	340
Caieiras	Bom Jesus dos Perdoes, Caieiras, Cajati, Campo Limpo Paulista, Francisco Morato, Franco da Rocha, Iguape, Ilha Comprida, Jujutiba, Miracatu, Osasco	1.300
Catanduva	Ariranha, Catanduva, Catigua, Elisiario, Embauba, Guaicara, Itajobi, Mendonça, Mirandópolis, Palmares Paulista, Paraiso, Pindorama, Olímpia, Pitangueiras, Pongai, Santa Adélia, Tabapuã, Uru Urupês	300
Cesário Lange	Cesário Lange, Itapetininga, Laranjal Paulista, Pereiras, Porangaba, Tatuí, Torre de Pedra, Quadra	270
Guará	Buritizal, Cravinhos, Cristais Paulistas, Guará, Ituverava, Miguelópolis, Monte Alto, Pedregulho	140
Guatapar	Américo Brasiliense, Analândia, Araraquara, Barrinha, Bebedouro, Descalvado, Dumont, Guatapar, Pradópolis, Ribeirão Preto, Rincão	1.100
Indaiatuba	Elias Fausto, Monte Mor, Indaiatuba	266
Iperó	Alambari, Alumínio, Araçoiaba da Serra, Boituva, Iperó, Capela do Alto, Porto Feliz, Sarapui, Salto de Pirapora, Sorocaba, Tiete	920
Itapevi	Jandira, Mairinque, Piedade, São Roque, Vargem Grande Paulista	220
Jambeiro	Biritiba Mirim, Caraguatatuba, Ilhabela, Jambeiro, Mogi das Cruzes, Paraibuna, Redenção da Serra, Santa Branca, São Sebastiao, Ubatuba	670
Jardinópolis	Brodowski, Jardinópolis, Morro Agudo, Pontal, Serrana, Sertãozinho,	260
Mauá	Diadema, Ferraz de Vasconcelos, Itanhaém, Juquiá, Mauá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul	2.200

(continua)

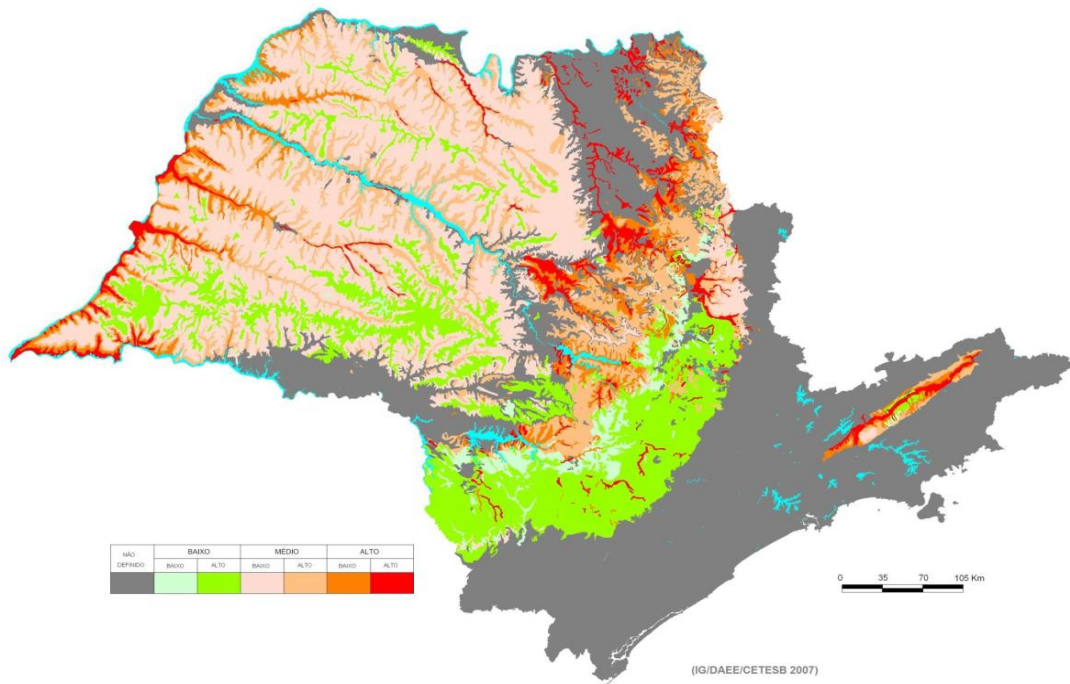
Aterro	Municípios atendidos	Quantidade estimada recebida diariamente (toneladas/dia)
Meridiano	Fernandópolis, Guarani do Oeste, Magda, Macaubal, Meridiano, Ouroeste, Pedranópolis, São Joao do Iracema, Sebastianópolis do Sul, Votuporanga	150
Onda Verde	Altair, Bady Bassit, Cedral, Guapiacu, Ipiruá, Jaci, Jose Bonifácio, Neves Paulista, Nhandeara, Nova Aliança, Nova Granada, Onda Verde, Palestina, São José do Rio Preto, Uchoa	506
Palmeiras	Em implantação	400
Paulínia	Águas de Lindóia, Americana, Amparo, Araras, Artur Nogueira, Campinas, Conchal, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Espírito Santos do Pinhal, Holambra, Hortolândia, Ipeuna, Iracemópolis, Itupeva, Jaguariúna, Lindoia, Louveira, Mogi Mirim, Monte Alegre do Sul, Morungaba, Nova Odessa, Paulínia, Pinhalzinho, Santa Cruz da Conceição, Santo Antônio da Posse, Santo Antônio do Jardim, São Pedro, Serra Negra, Sumaré, Tuiuti, Valinhos, Vinhedo	2.760
Piratinga	Águas de Santa Barbara, Álvaro de Carvalho, Arandu, Arealva, Areiópolis, Avai, Bariri, Bauru, Bocaina, Boraceia, Cabrália Paulista, Cafelândia, Espirito Santo do Turvo, Fernão, Iaras, Itaporanga, Jau, Lins, Lucianópolis, Lupércio, Lucena, Marília, Mineiros do Tietê, Piraju, Piratinga, Santa Cruz do Rio Pardo, Ubirajara	870
Quatá	Assis, Bastos, Bora, Estrela do Norte, Iacri, Joao Ramalho, Lucélia, Lutecia, Maraçai, Marília, Martinópolis, Naranduba, Paraguaçu Paulista, Pirapozinho, Platina, Promissão, Quatá, Rancharia, Tarumã, Vera Cruz	280
Rio das Pedras	Águas de São Pedro, Amparo, Capivari, Conchas, Cotia, Itapevil, Jumarim, Mombuca, Piracicaba, Rafard, Rio das Peras, Saltinho, Santa Gertrudes, Santa Maria da Serra	930
Santana de Parnaíba	Araçariguama, Barueri, Carapicuíba, Jundiá, Pirapora do Bom Jesus, Santana de Parnaíba	1.100
Santos (Sítio das Neves)	Bertioga, Cubatão, Guarujá, Mongaguá, Praia Grande, Santos, São Vicente	1.500
Sales Oliveira	Altinópolis, Batatais, Cajuru, Itirapua, Nuporanga, Orlândia, Sales Oliveira, São Joaquim da Barra	160
Tremembé	Biritiba Mirim, Caçapava, Campos do Jordao, Lagoinha, Monteiro Lobato, Natividade da Serra, Salesópolis, Santo Antonio do Pinhal, Santo Bento do Sapucaí, Taubaté, Tremembé	450

A partir da identificação dos aterros sanitários em operação no Estado de São Paulo, buscou-se analisar, de forma comparativa, os estudos ambientais (EIA-RIMA e RAP) dos aterros sanitários localizados em áreas com diferentes vulnerabilidades (baixa, média e alta) de contaminação das águas subterrâneas. Para isso utilizou-se o Mapa de Vulnerabilidade à Contaminação de Águas Subterrâneas editado por IG/DAEE/CETESB (1997). Desta forma, foi possível avaliar a eficácia da aplicação dos critérios do meio físico no direcionamento da locação de aterros em áreas de menor vulnerabilidade, nos processos de licenciamento ambiental.

Na elaboração do Mapeamento da Vulnerabilidade à Contaminação de Águas Subterrâneas editado por IG/DAEE/CETESB (1997) os autores utilizaram o método de Foster & Hirata (1987) que considera as seguintes características intrínsecas dos aquíferos:

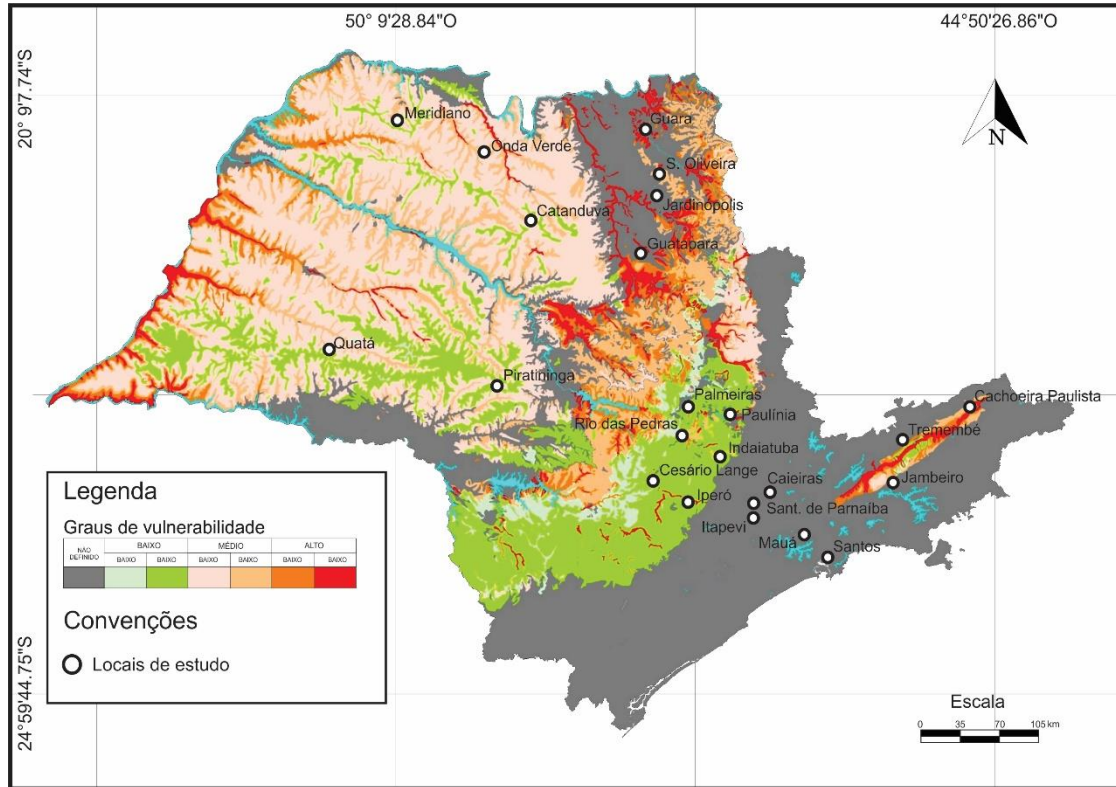
- profundidade do nível de água;
- ocorrência da água subterrânea (aquífero confinado, desconfinado, ausência de zona insaturada);
- características litológicas e seu grau de consolidação da zona insaturada.

O método estabelece índices de vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea classificados em baixa, média e alta vulnerabilidade. Essa determinação é feita considerando-se as características do aquífero e o potencial poluidor de atividades poluidoras, resultando nas áreas indicadas na **Figura 19**.



**Figura 19** - Mapa de vulnerabilidade à contaminação de águas subterrâneas no Estado de São Paulo  
Fonte: CETESB/IG/DAEE (1997)

A plotagem da localização dos aterros no mapa de vulnerabilidade foi feita com o lançamento das coordenadas UTM de cada um obtidas a partir do Google Earth, o que permitiu a verificação da localização dos aterros em relação às áreas de baixa, média e alta vulnerabilidade, como ilustra a **Figura 20**.



**Figura 20** - Aterros e sua localização no Mapa de Vulnerabilidade à Contaminação de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo  
Fonte: Elaborado pela autora

A análise da **Figura 20** mostra que os aterros sanitários se localizam principalmente nas áreas de baixa a média vulnerabilidade, sendo que apenas o aterro de Cachoeira Paulista se situa na área de alta vulnerabilidade.

A partir do cruzamento das classes de vulnerabilidade com a localização dos aterros sanitários no Estado de São Paulo, ilustrado na Figura 20, foram relacionados os aterros localizados em áreas de baixa, média e alta vulnerabilidade, indicados na **Tabela 15**, para posterior seleção e verificação da influência que a vulnerabilidade da área teve na locação dos aterros selecionados.

**Tabela 15-** Aterros sanitários e seu enquadramento nas classes de vulnerabilidade à contaminação do aquífero conforme IG/CETEB/DAEE (1997)

<b>Aterro</b>	<b>Vulnerabilidade</b>	<b>Quantidade diária recebida (t/dia)</b>
Bragança Paulista	Baixa	150
Cachoeira Paulista	Alta	340
Caieiras	Baixa	1300
Catanduva	Média	300
Cesário Lange	Baixa	270
Guara	Baixa	130
Guatapar	Baixa	1100
Indaiatuba	Baixa	53
Ipero	Baixa	920
Itapevi	Baixa	220
Jambeiro	Baixa	640
Jardinópolis	Baixa	260
Mauá	Baixa	2200
Meridiano	Média	150
Onda Verde	Média	506
Palmeiras	Baixa	400
Paulínia	Baixa	2.760
Piratininga	Baixa	870
Quata	Baixa	280

(Continua)



Aterro	Vulnerabilidade	Quantidade diária recebida (t/dia)
Rio das Pedras	Baixa	930
Santana de Parnaíba	Baixa	1.100
Santos (Sítio das Neves)	Baixa	1.500
Sales Oliveira	Baixa	160
Tremembé	Baixa	450

Fonte: Elaborado pela autora

Identificados os aterros situados nas diferentes áreas de vulnerabilidade procedeu-se à pesquisa dos estudos ambientais apresentados para licenciamento dos mesmos junto à CETESB. Essa pesquisa foi realizada inicialmente no site da CETESB, na área de licenciamento e no site da Biblioteca para verificação dos processos disponíveis para consulta. Importa destacar que muitos aterros que atualmente recebem mais de 200 t/dia e, portanto, estariam sujeitos à apresentação de EIA/RIMA, em conformidade com a Resolução CONAMA 237/97, foram licenciados inicialmente com a apresentação do RAP-Relatório Ambiental Preliminar.

A pesquisa inicial realizada no site da CETESB indicou também que nem todos os estudos ambientais apresentados nos licenciamentos dos aterros sanitários iniciais estavam disponíveis para download e demandaram pesquisa junto setor de Acompanhamento e Triagem de Processos – ITAP da CETESB e às Agências Ambientais.

Para a seleção de aterros situados nas áreas de baixa e média vulnerabilidade, que constituem a maioria dos aterros elencados na **Tabela 15**, utilizou-se inicialmente como critério de seleção o porte do empreendimento, assim entendida como a capacidade de recepção diária efetiva.

Assim, os aterros inicialmente selecionados considerando-se a vulnerabilidade e o porte do aterro foram Cachoeira Paulista (alta vulnerabilidade), Catanduva, Piratininga e Onda Verde (média vulnerabilidade), Paulínia e Mauá (baixa vulnerabilidade).

No entanto, para os aterros de Catanduva, Mauá e Paulínia os estudos ambientais localizados no site da CETESB, ITAP e na Biblioteca relacionavam-se somente ao processo de ampliação da vida útil dos mesmos, o que impossibilitou sua utilização neste trabalho, pois no processo de ampliação são considerados aspectos como a existência prévia da infraestrutura

(portaria, balança, garagem, escritório), sendo a ampliação geralmente realizada em área contígua à existente, em geral, sem a análise e seleção de alternativas locais.

A consulta realizada mostrou que para outros aterros como os de Itapevi, Caieiras, Jardinópolis, Tremembé, Bragança Paulista, os processos disponíveis referiam-se igualmente a ampliações e foram descartados neste estudo, uma vez que não era possível identificar quais foram os critérios, inicialmente considerados na sua locação, bem como não foi possível realizar a análise da alternativa locacional proposta neste trabalho. Isso decorre do fato de que alguns desses aterros foram licenciados inicialmente como aterros municipais e depois passaram à administração de empresas particulares ou ainda porque foram licenciados como aterros de pequeno porte, cujo licenciamento não requer a apresentação de estudos ambientais e posteriormente tiveram sua capacidade ampliada.

Desse modo, utilizou-se como critério adicional a disponibilidade dos estudos ambientais apresentados inicialmente para a obtenção da licença prévia no ITAP, além da localização em áreas de baixa, média e alta vulnerabilidade e o porte do empreendimento. Este critério adicional atendeu inclusive ao tempo disponível para a realização deste trabalho dentro do programa de Pós-Graduação, pois a visita a várias agências ambientais para levantamento de estudos iniciais que não haviam sido localizados, demandaria tempo não disponível e, além disso, os processos de interesse disponíveis na biblioteca e no ITAP já haviam sido pesquisados.

Portanto, considerando os critérios vulnerabilidade, porte e existência de estudos ambientais para aterros novos foram selecionados os aterros elencados na Tabela 16.

**Tabela 16** - Aterros sanitários selecionados conforme critérios de vulnerabilidade e disponibilidade de estudos

<b>Vulnerabilidade à contaminação do aquífero</b>	<b>Aterro selecionado</b>
Baixa	CTR Palmeiras
Baixa	Santos
Baixa	Jambeiro
Média	Onda Verde
Média	Piratininga
Alta	Cachoeira Paulista

Fonte: Elaborada pela autora

A pesquisa e vista dos processos era realizada por meio de solicitação prévia de vistas de processos em data agendada pelo setor responsável no ITAP e em Agências Ambientais como as de Taubaté e São Bernardo do Campo. O tempo decorrido entre a solicitação e a data agendada muitas vezes se deu em lapsos superiores a um (01) mês e além disso, em algumas ocasiões, a análise do processo se mostrou infrutífera, pois, processos identificados no sistema como sendo iniciais, isto é, com emissão de Licença Prévia, se revelaram ampliações de aterros já existentes, como no caso dos aterros supracitados.

Além do site da CETESB foram pesquisados sites de Comitês de Bacia Hidrográfica como a do Capivari- Jundiá (PCJ), Tietê-Batalha, uma vez que os comitês emitem pareceres sobre instalação de empreendimentos potencialmente poluidores no âmbito das bacias hidrográficas.

#### **4.3 Análise dos estudos de impacto ambiental/ (EIA/RIMA) e Relatório Ambiental Preliminar (RAP)**

A análise dos estudos de impacto ambiental dos aterros selecionados teve por finalidade verificar como os critérios do meio físico foram incorporados na seleção das áreas do aterro nos processos de licenciamento.

Considerando que os aterros selecionados foram licenciados na vigência do procedimento anterior a Decisão de Diretoria 217/2014/I, os instrumentos legais e normativos da CETESB utilizados foram o Manual de Orientação para Estudo de Impacto Ambiental-EIA e Relatório de Impacto Ambiental –RIMA (São Paulo, 1989, 1991).

Na avaliação dos atributos do meio físico foram analisados os Capítulos denominados “Alternativas locacionais”, “Diagnostico do Meio Físico”, e “Avaliação de Impactos do Meio Físico”, cuja elaboração encontra-se prevista no Manual de Avaliação de Avaliação de Impactos Ambientais de São Paulo (1989) e que devem abordar pelo menos os seguintes aspectos:

- Geologia;
- Recursos hídricos- Superficiais e Hidrogeologia;
- Solos.

Os itens analisados em cada um dos capítulos dos EIA-RIMA dos aterros sanitários são apresentados a seguir.

#### ***Análise do capítulo “Caracterização do empreendimento” do EIA-RIMA***

Nessa caracterização serão indicados para cada aterro estudado os seguintes atributos:

- Área do empreendimento;
- Área da gleba;
- Área de disposição dos resíduos;
- Volume total de resíduos;
- Capacidade de recebimento diária licenciada;
- Geração de percolado.

### ***Análise do capítulo “Justificativa locacional/ Alternativa locacional”***

A justificativa locacional deve indicar fatores que foram considerados na escolha da área pretendida em detrimento de outras que foram também estudadas quanto às suas características, apontados os fatores que justificam a escolha da área indicada.

Nesse sentido, analisou-se com maior ênfase como os critérios do meio físico foram incorporados no processo de seleção.

O Manual sugere alguns indicadores que compõem o estudo locacional, tendo sido selecionados aqueles relacionados ao meio físico conforme descrito a seguir:

- Volumes de solo e rocha movimentados;
- Características do solo (principalmente a permeabilidade);
- Declividade/ topografia;
- Área do empreendimento;
- Ocorrência de processos da dinâmica superficial.

Outros aspectos como área a ser desmatada, proximidade de núcleos habitacionais, infraestrutura entre outros não foram considerados por não envolverem o meio físico.

### ***Análise do capítulo “Caracterização do meio físico”***

A caracterização do meio físico nos estudos de avaliação ambiental aqui abordada refere-se aos aspectos indicados para a ADA/AID (área diretamente afetada ou área de influência direta) envolve a caracterização da pedologia, água subterrânea e superficial e geologia.

A análise do aspecto água superficial nos estudos ambientais levou em consideração:

- distância do corpo de água ao maciço;
- microbacia onde se insere o empreendimento;
- uso do recurso superficial a jusante, especialmente se for manancial de abastecimento;
- qualidade, quando essa informação for disponibilizada;

A água subterrânea foi avaliada através dos parâmetros:

- profundidade do nível de água, principalmente na área do maciço;

- presença/ocorrência de área de recarga na ADA ou AID;
- tipo do aquífero (livre ou confinado);
- permeabilidade;
- qualidade e vulnerabilidade à contaminação;
- ocorrência de recarga na área do empreendimento.

A caracterização geomorfologia nos estudos ambientais selecionados foi analisada em termos de:

- declividade;
- tipo de relevo (planície fluvial, colina e outros);
- características dinâmicas do relevo (processos erosivos, movimentos de massa e outros).

Os aspectos pedológicos das áreas de estudo foram analisados quanto ao tipo de solo, coeficiente de permeabilidade do substrato e a caracterização geológica em termos de unidades litológicas, suas interpelações bem como através de perfis litológicos, geofísicos e geotécnicos.

#### **4.4 Análise comparativa dos critérios utilizados no Brasil, Estados Unidos, Canada (Columbia Britânica), México, Argentina e União Europeia e outros estados brasileiros**

A análise dos critérios quantitativos e qualitativos exigidos para a definição de áreas de disposição de resíduos sólidos envolveu os três grupos de critérios do meio físico: recursos hídricos superficiais e subterrâneos, solos e topografia.

A partir do levantamento dos critérios do meio físico realizado, foram elaboradas tabelas comparativas e verificadas as convergências e divergências na utilização dos referidos critérios. Isso permitiu observar diferenciação na aplicação dos critérios entre os diversos órgãos licenciadores, com reflexos na avaliação de impacto ambiental e da qualidade ambiental.

A comparação também identificou critérios adicionais utilizados, por exemplo, pelos Estados Unidos que consideram separadamente a ocorrência de fenômenos de instabilidade geológico-geotécnica do local e entorno do aterro bem como valores estabelecidos por outros países que são mais restritivos que os utilizados no Estado de São Paulo.

A caracterização do meio físico apresentada nos relatórios ambientais foi avaliada em relação ao que é solicitado no Manual (São Paulo, 1989, 1991) e nos documentos da CETESB, sendo considerada satisfatória quando atendeu a previsão inicial ou não satisfatória quando algum aspecto- geologia, geomorfologia ou recursos hídricos não se encontra abordado conforme previsão.

#### **4.5 Análise de oportunidades**

Nessa etapa discutiu-se como os critérios de meio físico foram incorporados no licenciamento de aterros de outros países e se esses critérios foram suficientes para garantir a qualidade dos meios potencialmente atingidos pela disposição de resíduos sólidos.

Assim, a partir dos estudos de caso de aterros e da análise comparativa foi possível identificar possíveis oportunidades de incorporações de critérios adicionais nos critérios do meio físico no licenciamento de áreas para disposição de resíduos sólidos no Estado de São Paulo.

A aplicação de critérios adicionais ou mesmo o aprimoramento dos critérios existentes, esses através do estabelecimento de valores mais restritivos para determinados aspectos do meio físico (solo, água e relevo), permitiria um aprimoramento do processo de licenciamento, diminuindo a vulnerabilidade do meio. Nesse sentido, sugere-se a utilização de matrizes como os critérios a serem considerados e a atribuição de peso maior para os critérios que se mostraram mais críticos ou que conferem maior vulnerabilidade ao meio, subsidiando de forma mais objetiva uma decisão sobre a locação do aterro.

Importante ressaltar que a utilização de critérios mais objetivos atende também à necessidade de um licenciamento mais ágil, onde o empreendedor e órgão licenciador seguem procedimentos pré-estabelecidos que permitam entender de antemão o que deve ser analisado, mas com possibilidade de flexibilização dos estudos em relação às características de cada empreendimento.

### **5 RESULTADOS: O MEIO FÍSICO NOS ESTUDOS E RELATÓRIOS DE IMPACTO AMBIENTAL**

Considerando que o escopo deste trabalho é fazer uma análise da incorporação dos critérios do meio físico na seleção de áreas para implantação dos aterros sanitários no Estado de São Paulo, neste capítulo serão discutidos a caracterização do meio dos empreendimentos selecionados, referidos principalmente à ADA dele.

As análises serão apresentadas iniciando-se pela área de maior vulnerabilidade à contaminação de águas subterrâneas, que é o aterro de Cachoeira Paulista, seguida pelas áreas de vulnerabilidade decrescente. Ao final da discussão de cada aterro foi apontado o alinhamento das características do meio físico em relação às exigências previstas no Manual da CETESB e aos valores dos parâmetros previstos na NBR 13896/1997, utilizada pela CETESB como norteadora para a implantação de aterros de resíduos não perigosos.

## 5.1 Aterro Sanitário de Cachoeira Paulista- PROC.SMA. 41/0190/02

O aterro de Cachoeira Paulista foi inicialmente licenciado em 2002 com a apresentação de um Relatório de Avaliação Preliminar (RAP), prevendo uma capacidade de disposição de 90 toneladas /dia. A instalação deste aterro visava atender municípios da região do município de Cachoeira Paulista.

### 5.1.1 Histórico, alternativa locacional e caracterização do empreendimento

O empreendimento insere-se numa área de 237.000 m<sup>2</sup> sendo que a área de disposição de resíduos licenciada inicialmente era de 133.000 m<sup>2</sup> para uma capacidade de 90 t/dia. Em 2008, o aterro passou por uma ampliação de capacidade de recebimento de resíduos diária para 1.000 t/dia e área de disposição para 466.900 m<sup>2</sup>. A ampliação foi licenciada com apresentação de EIA-RIMA por se tratar de capacidade superior a 200 t/dia.

No licenciamento inicial, no item Alternativa Locacional, o Relatório Ambiental Preliminar (RAP) indicou que a escolha da área licenciada se deve ao fato de que esta não apresentava restrições, com exceção daquelas associadas a proximidade do Córrego Bela Vista no norte da área, apresentava relevo favorável, bem como era próxima dos demais municípios que fariam a disposição no aterro.

As condições apresentadas para escolha da área para locação do empreendimento não levaram em conta os fatores do meio físico como, por exemplo, as águas subterrâneas e as características do solo (tipo de solo e permeabilidade), aspectos de grande importância na implantação de atividades poluidoras como os aterros sanitários. Além disso, os motivos apontados foram bastante genéricos, utilizando expressões como relevo favorável sem especificar a declividade ou qual característica do relevo foi considerada. Essa descrição não considera o proposto no Manual de Orientação (São Paulo, 1989), que fala em esclarecimentos sobre as alternativas locacionais, o que significa identificar áreas onde o empreendimento poderia ser instalado e compará-las entre si.

Na ampliação do aterro, EIA/RIMA em relação à alternativa locacional, aponta como fatores determinantes na escolha do terreno a topografia favorável do terreno conveniente, com declividades baixas a médias, lençol freático com profundidade variando entre 4,60 m e 15,0 m, e solo superficial e o substrato de constituição argilo-siltosa e pouco permeável.

Observa-se que a topografia foi novamente considerada como fator preponderante na justificativa da escolha área, e adicionalmente foram colocadas características como a profundidade do lençol e a textura do solo, porém de maneira genérica e sem comparação com

outras áreas, restando caracterizada a ausência de processos de seleção de áreas aptas para a implantação do aterro.

A não indicação de alternativas locacionais viáveis, que poderiam apresentar maior aptidão ou menor vulnerabilidade do meio, contraria o princípio da prevenção de danos ambientais, ainda mais considerando-se que a região onde se insere o aterro era avaliada como de alta vulnerabilidade à contaminação de águas subterrâneas no mapa de vulnerabilidade à contaminação de águas subterrâneas (IG/CETESB/DAEE, 1997). A constatação da contaminação da água subterrânea por metais como o cromo (no PM-01), o manganês (nos poços PM-01, PM-03, PM-06 e PM-07) e por sólidos dissolvidos totais (no PM-06) evidencia a insuficiência dos mecanismos de proteção ambiental do aterro e o comprometimento da qualidade ambiental deste importante recurso.

Um fato que merece ser comentado é o licenciamento inicial do aterro para capacidade inferior a 100 t/dia, com a apresentação do RAP, conforme determinação da CONAMA 237/97, com posterior solicitação da sua ampliação para uma capacidade 10 vezes maior.

Essa alteração é de difícil entendimento, pois um empreendimento particular, para o qual foi realizado um estudo das potenciais cidades que poderiam ser beneficiadas com o aterro, solicitou em um período menor que dez anos, a ampliação para uma capacidade dez (10) vezes maior, mostrando que ou o estudo inicial foi muito subestimado ou existiu a intenção de simplificar o processo de licenciamento em um primeiro momento, para em um segundo momento, justificar a localização da ampliação em função da estrutura existente.

- **Caracterização do meio físico**

Em relação ao meio físico, o empreendedor caracterizou a geologia, geomorfologia, solos e recursos hídricos superficiais e subterrâneos na área do aterro e área de influência, como determina o Manual de Elaboração do EIA/RIMA (SÃO PAULO, 1989).

Na área da ADA ocorrem sedimentos da Formação Caçapava (atual Fm. Resende) composta por argilas mais ou menos arenosas, arenitos e menores lentes de conglomerados com seixos de quartzo, iniciando-se com conglomerados basal em que se notam fragmentos da Formação Tremembé (camada inferior) e para sua caracterização foram realizadas 17 sondagens a percussão de diâmetro de 2 1/2 polegadas e sondagens elétricas verticais.

Observa-se que a caracterização geológica atende, de modo geral, ao que prevê o Manual de Elaboração de Estudos Ambientais (São Paulo, 1989), pois foi apresentado o esboço litológico com descrição dos materiais superficiais classificados como arenosos finos com



presença de eventuais níveis conglomeráticos bem como a determinação da profundidade do substrato rochoso (entre 48m a 67m). O esboço estrutural com as feições de acamamento e estruturas, no entanto, não foi apresentado para a ADA, sendo essas feições apenas indicadas na descrição da geologia regional no contexto da Bacia Taubaté.

A caracterização física dos solos indicou tratar-se de latossolos, com porcentagens aproximadamente iguais de areia e argila. A permeabilidade dos solos foi determinada a partir de ensaios de infiltração e os coeficientes de permeabilidade variaram entre  $1,4 \times 10^{-5}$  cm/s a  $1,7 \times 10^{-6}$  cm/s; nos ensaios de permeabilidade após a compactação, os coeficientes obtidos são da ordem de  $10^{-7}$  a  $10^{-8}$  cm/s.

Assim, os valores de coeficientes de permeabilidade obtidos para os solos em seu estado natural (não compactados) encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela NBR 13896/97 ( $10^{-6}$  cm/s), o mesmo acontecendo para a permeabilidade após a compactação do solo, na construção das células.

Em relação aos recursos hídricos superficiais, o aterro insere-se na sub-bacia do córrego Bela Vista, um afluente do Rio Paraíba do Sul, e conforme consta no RAP apresentado está distante cerca de 100 metros do referido Córrego. Nesse sentido, a distância mínima estabelecida normativamente não obedece ao recomentado na NBR 13896/1997, isto é, que o aterro esteja localizado a uma distância mínima de 200 m de corpos de água superficiais; a referida norma, no entanto, prevê que a critério do Órgão Ambiental, essa distância pode ser alterada.

O aquífero que ocorre na ADA (área de influência direta) do aterro é representado pelo Aquífero Taubaté, um aquífero do tipo livre, porosidade primária e bastante heterogêneo, com fluxo no sentido nordeste. A profundidade do nível freático oscilou na área do empreendimento entre 4,61 m e 15,2 m, sendo que as menores se situam em pontos próximos ao Córrego Bela Vista. Os níveis de água na área do maciço de resíduos variam entre 5,28 m a 7,7m e, embora se situem a mais de 1,5m do fundo da vala conforme determinação normativa, em função de suas características texturais (areia argilosa) apresentam potencial de mitigação da contaminação menor que o apontado no relatório, o que fica evidente nas alterações na qualidade da água subterrânea na área do empreendimento. Cumpre ressaltar que, de modo geral, aquíferos sedimentares são mais suscetíveis à poluição em função de sua maior permeabilidade primária.

Apesar de o relatório indicar que na área de influência do empreendimento pode ocorrer aquífero cristalino, em que o movimento da água subterrânea ocorre nas fraturas e, portanto, de forma mais lenta, a profundidade do substrato dos arenitos da Formação Taubaté mostra que

basicamente a circulação da água subterrânea ocorre neste aquífero sedimentar, que tem porosidade primária.

A avaliação a condutividade hidráulica realizada nos poços de monitoramento apresentou valores de  $1,10 \times 10^{-5}$  cm/s e de  $5,77 \times 10^{-5}$  cm/s, um coeficiente de permeabilidade compatível com as encontradas nos ensaios em furos de sondagem e maiores que as obtidas na compactação, o que demonstra a necessidade de criteriosa avaliação da área de implantação do aterro em relação à vulnerabilidade do aquífero, o que não foi realizada neste empreendimento.

A caracterização geomorfológica mostra que na área do empreendimento as declividades são baixas, em torno de 15% e que esta se situa nos patamares indicados pela NBR 13896/97 (entre 1% e 30%).

A caracterização geomorfológica não atendeu plenamente o Manual de Orientação, pois o RAP contemplou apenas a descrição da declividade, não mencionando a ocorrência de processos da dinâmica superficial na área do aterro, sua compartimentação topográfica e sua posição dentro do vale ou bacia hidrográfica.

A **Tabela 17** apresenta um resumo das características da área e a **Tabela 18** a consideração sobre o atendimento/ adequação aos critérios normativos e legais.

**Tabela 17**– Caracterização do Aterro de Cachoeira Paulista

<b>Parâmetros</b>		<b>Observações/ Comentários</b>
Área do empreendimento (ha)	24	-
Área de disposição (ha)	13,3 (inicial) 14,4 (final)	-
Capacidade de recebimento (t/dia)	90	Ampliado p/ 1000 t/dia (2008)
Vida útil (anos)	107 (inicial)	-
Obs: Mínimo de 10 anos		

Fonte: Elaborado pela autora

**Tabela 18** – Tabela resumo da adequação dos critérios do meio físico e atendimento aos critérios normativos e legais do Aterro de Cachoeira Paulista

<b>Parâmetros</b>	<b>Caracterização conforme o Manual (São Paulo, 1989)</b>	<b>Atendimento a NBR 13896/97</b>	<b>Observações/Comentários</b>
Justificativa locacional	Não atende	Não se aplica	Não houve comparação em relação a outras áreas e critérios de seleção apontados são genéricos
<b>Meio físico- Caracterização</b>			
Geologia	Satisfatória	Não se aplica	Foco principalmente na litologia
Geomorfologia	Atende parcialmente	Atende	Declividade entre 1% e 30%
Solos	Satisfatória	Atende	-
Hidrogeologia (nível de água)	Satisfatória	Atende	-
Recurso hídrico superficial	Satisfatória	Não atende	Distância menor que 200 m

Fonte: Elaborado pela autora

Fonte: Elaborado pela autora

## 5.2 Aterro Sanitário de Onda Verde-Processo SMA 13562/2004

O licenciamento compreendeu o aterro sanitário para resíduos sólidos domiciliares e de varrição de Onda Verde e os rejeitos da Unidade de Triagem e Compostagem de São José do Rio Preto, bem como os de resíduos de serviços de saúde advindos do tratamento de esterilização.

### 5.2.1 Histórico, alternativas locacionais e caracterização do empreendimento

O Sistema de Disposição Final de Resíduos de São José do Rio Preto e Onda Verde localiza-se às margens da Rodovia Transbrasiliana - BR 153 em um terreno com área total de 1.250.442 m<sup>2</sup>, sendo que o aterro insere-se numa área de cerca de 433.000m<sup>2</sup>, com um volume útil de 8.065.664 m<sup>3</sup>. O aterro tem vida útil prevista de 40 anos e 8 meses, considerando a capacidade diária de recebimento (236 t/dia).

Considerando a capacidade licenciada (superior a 200 t/dia) houve a apresentação de EIA/RIMA que, num primeiro momento não apresentou as Alternativas Locacionais para o empreendimento. Essas alternativas foram indicadas posteriormente em complementação solicitada pela CETESB e eram constituídas por sete (07) áreas situadas em São José do Rio Preto e nos municípios vizinhos Onda Verde e Ipiguá, além da área vizinha ao Aterro já existente na cidade de São José do Rio Preto (SP) denominada Área 1.

A comparação das áreas foi feita através de pontuação de parâmetros do meio físico, social e antrópico atribuídos a cada uma das áreas, como pode ser observado na **Tabela 19**.

**Tabela 19** - Parâmetros considerados e as pontuações atribuídas para seleção de área apta para o Aterro de Onda Verde

Grupo	Parâmetros	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7
Saúde pública e segurança	Geologia/permeabilidade do solo	8	8	8	8	8	8	8
	Hidrogeologia/distância aos cursos d'água	2	10	4	4	10	2	2
	Acessos	10	10	10	10	10	10	4
	Cobertura vegetal, fauna e flora	10	10	10	10	10	10	10
	Não impactação de outras áreas	10	10	10	10	10	10	10
Meio Ambiente	Geomorfologia/declividade	10	10	10	10	10	10	10
	Clima (precipitação)	8	8	8	8	8	8	8
	Ventos predominantes	8	8	8	8	8	8	8
	Adequação à legislação	10	10	10	10	10	10	10
Aspectos sociais	Compatibilidade com uso do solo local	10	10	10	10	10	10	10
	Impacto visual	8	8	8	8	6	6	6
	Proximidade de habitações	6	8	2	10	4	2	4
	Odor/poeira/ruídos	8	10	8	8	8	8	8
	Uso futuro da área	10	10	10	10	10	10	10
Custos de implantação	Infraestrutura	10	10	10	10	10	10	10
	Dimensões da área e vida útil	2	10	10	10	10	10	10
	Investimento na implantação	10	8	8	8	8	8	8
	Distância do centro gerador	8	4	6	4	6	6	6
	Titularidade da área	4	10	2	2	2	2	2
	Localização das jazidas de empréstimo	10	10	10	10	10	10	10
<b>SOMA</b>		<b>162</b>	<b>180</b>	<b>162</b>	<b>168</b>	<b>168</b>	<b>158</b>	<b>154</b>

Fonte: Elaborado pela autora

A análise da **Tabela 19** mostra que os parâmetros de maior pontuação obtida pela área selecionada- a Área 2 e que resultaram na sua escolha para implantação do aterro são a titularidade e distância a corpos de água superficiais.

Observa-se que a pontuação dos demais parâmetros é bastante próxima entre as áreas, isto é, há relativa homogeneidade entre as áreas. A diferenciação dada pela titularidade deve-se ao fato de que o terreno da Área 2, de acordo com o EIA/RIMA, é de propriedade da operadora do aterro. Dessa forma, o parâmetro titularidade não deveria ser considerado na comparação das áreas, uma vez que a Área 2 apresentava essa característica diferenciada das outras.

Em relação à pontuação dos parâmetros do meio físico, o valor 8 atribuído à Geologia para todas as áreas refere-se à ocorrência de solo argiloso de média permeabilidade; para o valor 10 atribuído à distância de corpos de água tem-se a distâncias superiores a 350 m (Áreas 2 e 5) enquanto a declividade inferior a 6% confere o valor 10 a todas as áreas.

Assim, o critério determinante para seleção foi o custo de aquisição, pois a análise da **Tabela 19** revela que praticamente todas as áreas colocadas como alternativas possuíam características do meio físico favoráveis à implantação do aterro.

Verifica-se dessa forma, que os critérios do meio físico não foram reputados preponderantes na escolha da área para implantação do aterro, imperando a questão econômica (titularidade e custo de aquisição) em detrimento de condicionantes do meio físico e até mesmo do meio biótico.

#### • Caracterização do meio físico

Em relação aos aspectos geológicos, o aterro insere-se no contexto da Bacia Bauru que é representada na área pela Formação Adamantina, constituída por arenitos finos a muito finos, de cor castanho, com intercalações de lentes de siltito e argilito. A caracterização geológica não incluiu a estruturação geológica havendo somente a referência à geologia geral da Bacia Bauru.

Para a caracterização geológica e dos solos foram executadas dez (10) sondagens a percussão, sendo que as sondagens de 01 a 07 foram realizadas na área de implantação direta do aterro e evidenciaram a textura arenosa pouco argilosa dos materiais encontrados na ADA, cujas cores variam de vermelho a vermelho amarelado com espessura variável. O nível de água encontrado nas sondagens variou de 2,49 m (SP 5) a 19,42 m.

O coeficiente de permeabilidade do solo apresentou valores em torno de  $1,0 \times 10^{-4}$  cm/s até a profundidade média de seis (06) metros e a partir disso os coeficientes são da ordem de  $10^{-5}$  cm/s. Cumpre destacar que o coeficiente de permeabilidade encontrado nos solos deste empreendimento situa-se no patamar mínimo do valor indicado em norma, que é de  $10^{-4}$  cm/s.

Em relação aos recursos hídricos superficiais, o aterro insere-se na sub-bacia do Córrego dos Castores, que é um tributário do Rio Preto, afluente da margem direita do Rio Turvo, não sendo citada a distância entre o aterro e o curso de água. Os recursos hídricos subterrâneos são representados na ADA e demais áreas do aterro pelo Aquífero Bauru, um aquífero sedimentar livre, de porosidade granular e contínua.

Outros aspectos hidrogeológicos locais como direção de fluxo, recarga, caracterização físico-química e relação com águas superficiais não foram abordados na caracterização do meio físico, embora haja essa recomendação no Manual (São Paulo, 1989).

Um aspecto a ser ressaltado é que a vulnerabilidade média à contaminação de águas subterrâneas não foi considerada na locação da área, que apresenta coeficiente de permeabilidade no patamar mínimo estabelecido em norma, bem como nível de água na área do maciço com profundidade de apenas 2,49 m.

O relevo da área é suave, com desnível máximo de doze (12) metros e colinas amplas e a descrição da Geomorfologia não menciona outros aspectos da caracterização geomorfológica da área como a presença de processos da dinâmica superficial ou a declividade.

Destaca-se que a caracterização do meio físico do relatório ambiental apresenta uma caracterização descritiva dos aspectos do meio físico, limitando-se a apontar as características geológicas da área baseada principalmente na litologia, sem apresentação de estruturas ou outras feições eventualmente presentes. A geomorfologia é descrita de forma sintética, apenas com indicação do enquadramento regional, sem classificar a geomorfologia da área em que se insere o empreendimento ou abordar processos superficiais que podem ocorrer na ADA ou mesmo na AID.

A ocorrência de solos arenosos finos em toda área do empreendimento é descrita com base nos furos de sondagem e no relato bibliográfico; apesar disso, o EIA/RIMA apontou entre as características favoráveis à escolha da área na Alternativa Locacional a ocorrência de solos argilosos de média permeabilidade, inexistentes na área, contradizendo assim, a informação apresentada pelo próprio empreendedor no EIA/RIMA.

A existência de solos arenosos na área do empreendimento é também informada pelo relatório ao tratar do solo de cobertura diária e final das células de resíduos, destacando que o solo utilizado para essa finalidade será o existente na área, pois não existe solo argiloso no local.

A **Tabela 20** apresenta um resumo das características do empreendimento e a **Tabela 21** a adequação da caracterização do meio físico às normas e leis aplicáveis ao licenciamento do aterro.

**Tabela 20** - Caracterização do Aterro de Onda Verde

Parâmetros		Observações/ Comentários
Área do empreendimento (ha)	125,04	-
Área de disposição (ha)	43,33	-
Capacidade de recebimento (t/dia)	236	-
Vida útil (anos)	40 anos e 8 meses	Atende
Obs: Mínimo de 10 anos		

Fonte: Elaborada pela autora

**Tabela 21**- Tabela resumo da adequação dos critérios do meio físico na seleção de áreas para o Aterro de Onda Verde

Parâmetros	Caracterização conforme ao Manual (São Paulo, 1989)	Atendimento a NBR 13896/97	Observações/Comentários
Justificativa locacional	Atende	Atende	
<b>Meio físico- Caracterização</b>			
Geologia	Satisfatória	Sim	Foco principalmente na litologia
Geomorfologia	Insatisfatória	Insatisfatória	Não indica a declividade, compartimento topográfico local ou processo superficial
Solos	Satisfatória	Atende	-k= 10 <sup>-4</sup> cm/s (mínimo)
Hidrogeologia (nível de água)	Parcialmente Satisfatória	Atende	Não aborda direção de fluxo, recarga
Recurso hídrico superficial	Satisfatória	-	Não informa a distância

Fonte: Elaborada pela autora

### 5.3. Aterro Sanitário de Piratininga – Processo SMA 01/01984/08

O Centro de Gerenciamento de Resíduos – CGR Piratininga foi instalado no município de Piratininga a fim de atender a demanda crescente de vários municípios da região de Bauru.

### 5.3.1 Histórico, alternativas locais e caracterização do empreendimento

A Central de Gerenciamento de Resíduos (CGR) de Piratininga situa-se na área rural do município e conta com área do Aterro Sanitário; unidade de armazenamento de resíduos da construção civil e demolição (100 t/dia); triagem de resíduos sólidos destinados à reciclagem (100 t/dia); unidade de armazenamento temporário e blendagem de resíduos industriais (50 t/dia), além de unidade de tratamento de resíduos de serviços de saúde (5 t/dia).

A área total é de 75,58 hectares e a destinada efetivamente à disposição dos resíduos sólidos é de 30,514 hectares, com vida útil estimada para 25 anos.

Para atendimento ao quesito Alternativa Locacional foram analisadas cinco (05) áreas situadas nos municípios de Pederneiras e Piratininga.

A Área 01 em Pederneiras (SP) com 60 hectares apresenta como características favoráveis relevo de colinas amplas, com amplitude altimétrica da ordem de 65 metros, ocupação por cana de açúcar e latossolos vermelho escuro, e pontos desfavoráveis a proximidade com área residencial e a presença de uma estação ecológica no limite sul da gleba. A Área 02 situada em Pederneiras (SP) possui 260 hectares, relevo suave, não apresenta núcleos habitacionais próximos, mas é seccionada por linha de transmissão e há litígio sobre a área. A Área 03 situada em Piratininga (SP) possui 75 hectares, relevo suave e apresenta na divisa norte algumas residências e estruturas industriais e seu acesso é feito por vias não pavimentadas. A Área 4 de 75 hectares apresenta relevo suave, é ocupada por pastagens e limita-se com várias sedes de propriedades rurais no entorno e unidades agroindustriais. A Área 05 de 75 hectares situada em Piratininga (SP) tem acesso pela SP 225, apresenta ocupação por pastagens e relevo suave.

A escolha pela Área 05 foi justificada em função do acesso feito por rodovia pavimentada e duplicada, isolamento físico em função de barreira vegetal já existente (plantação de eucalipto), configuração topográfica adequada, disponibilidade para compra e com a ocupação por pastagens, não havia necessidade de supressão de vegetação.

Observa-se que houve a apresentação das alternativas locais, porém estas não se configuravam como tal, pois todas apresentavam alguma restrição para implantação do aterro.

Constata-se que os critérios para escolha ou mesmo de comparação entre as áreas indicadas são critérios de ordem econômica (preço, disponibilidade para compra e facilidade de acesso) e uso e ocupação do solo (pastagens), desconsiderando assim, os aspectos do meio físico como permeabilidade e profundidade do nível de água.

Apesar de o relevo ter sido indicado na descrição de todas as áreas ele não representou efetivamente um fator de peso na escolha da mesma, até mesmo porque todas as áreas apresentavam



o mesmo relevo suave com colinas, característico do domínio geomorfológico onde se inserem (Planalto Ocidental).

Não há menção ao tipo de solo, coeficiente de permeabilidade ou ainda a profundidade do nível de água nas áreas como critério de seleção, apesar da importância desses fatores no projeto do aterro e na avaliação da vulnerabilidade do meio à implantação do empreendimento.

Cumprе salientar que se uma área se encontra em litígio ela não representa, de fato, uma alternativa locacional viável e, portanto, as possibilidades de implantação seriam reduzidas para as demais áreas.

- **Caracterização do meio físico**

A caracterização do meio físico- recursos hídricos, geologia, pedologia e geomorfologia foi executada por meio de levantamentos topográficos, sondagens de solo, levantamento geofísico e análises físicas de solo discutidos a seguir.

A identificação dos litotipos da área do aterro, constituída por arenitos da Formação Adamantina do Grupo Bauru, que são arenitos finos a muito finos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos, com lentes de siltitos arenosos e argilitos e possuem estratificação plano-paralela e cruzada de médio a pequeno porte, foi feita principalmente com base na literatura, embora o Termo de Referência para elaboração dos estudos previsse levantamentos de campo e elaboração de perfis geológicos.

As sondagens a trado, percussão e rotativas utilizadas na caracterização geológica e também dos solos permitiram identificar camadas de areia fina a muito fina de cor marrom a vermelha e argilas de cor branca a cinza, numa proporção de mais de 80% da amostra com teor de silte em torno de 15%, características texturais compatíveis com o material de origem que é a Formação Adamantina.

A investigação geofísica permitiu a verificação do topo do substrato rochoso (arenito), cuja profundidade varia entre 03 a 34 metros; na porção sudoeste da área observa-se o afloramento do arenito e nas demais regiões.

A profundidade apontada pelos estudos geofísicos para ocorrência do arenito mostra que seu recobrimento por materiais de alteração é relativamente espesso.

A área insere-se na unidade geomorfológica do Planalto Ocidental, correspondente ao modelado de relevo do tipo Colinas Amplas. A área de estudo apresenta-se com topografia suave, com plano com caimento no sentido nordeste para sudeste, com declividades de 5 a 10% com drenagem para o Córrego São Miguel, com plano de caimento nordeste-sudoeste, em direção ao Córrego São Miguel.

A área de estudo insere-se, no Aquífero Bauru, um aquífero livre e homogêneo. A determinação da condutividade hidráulica dos sedimentos arenosos nos poços de monitoramento instalados na área mostrou que essa condutividade varia entre  $10^{-4}$  cm/s a  $10^{-3}$  cm/s e que o fluxo de água subterrânea vai de noroeste para sudeste.

Os níveis de água variam entre 1,60 m nos poços próximos ao Córrego São Miguel até 34,0 m na porção superior da área, embora exista indicação de nível de 1,65m na área de implantação do maciço (PM 2), o que compromete a distância mínima de 1,5m a ser observada entre o fundo da escavação e o nível de água.

O coeficiente de permeabilidade foi avaliado em amostras de solo compactadas resultando em coeficientes de  $1,04 \times 10^{-3}$  cm/s a  $7,78 \times 10^{-5}$  cm/s. A variação desses valores relaciona-se à textura do material constituído por areia com teores variáveis de silte e argila. Os valores obtidos de coeficientes de permeabilidade obtidos para os solos e rochas na área são compatíveis com os indicados em literatura técnica para arenitos finos e representam um importante fator a ser considerado na vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas. A vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea resultaria, portanto, da alta permeabilidade dos solos e materiais de cobertura e ocorrência de nível de água menor que 2,0 m, o que implica em uma zona insaturada de espessura bastante reduzida. As características do aterro estudado podem ser resumidas nas **Tabelas 22 e 23**.

A observação da **Tabela 23** permite inferir que o licenciamento deste aterro foi flexibilizado pela CETESB, uma vez que algumas condições previstas como desejáveis pela NBR 13896/97 não foram atendidas. Entre essas condições estão a pequena profundidade do nível de água e a proximidade com córrego, que representa o limite da área do aterro, além do coeficiente de permeabilidade do solo que tem a grandeza mínima estabelecida pela mesma norma ( $10^{-4}$  cm/s).

A localização deste aterro em área classificada como de vulnerabilidade média à contaminação da água subterrânea não foi considerada pela CETESB, uma vez que não houve nenhuma solicitação de modificação no projeto para melhoria das estruturas de impermeabilização e outras que têm a função de evitar a contaminação da área.

**Tabela 22** - Caracterização do Aterro de Piratininga

Parâmetros	Observações/ Comentários	
Área do empreendimento (ha)	75,58	-
Área de disposição (ha)	30,51	-
Capacidade de recebimento (t/dia)	1000	-
Vida útil (anos)	27	Atende
Obs.: Mínimo de 10 anos		

Fonte: Elaborada pela autora

**Tabela 23** - Tabela resumo da adequação dos critérios do meio físico na seleção de áreas para o Aterro de Piratininga

Parâmetros	Caracterização conforme o Manual de Orientação (São Paulo, 1989)	Atendimento a NBR 13896/97	Observações/Comentários
Justificativa locacional	Atende	Atende	Algumas áreas apresentadas não se configuravam exatamente como alternativas - exemplo: área com litígio
Meio físico- Caracterização			-
Geologia	Satisfatória	Sim	-
Geomorfologia	Satisfatória	Atende	
Solos	Satisfatória	Atende	-k= 10 <sup>-4</sup> cm/s
Hidrogeologia (nível de água)	Parcialmente satisfatória	Atende parcialmente	- em alguns pontos do maciço a água situa-se a menos de 2,0m de profundidade
Recurso hídrico superficial	Satisfatória	Não Atende	Córrego é limite da área (Menos que 200m)

Fonte: Elaborada pela autora

#### 5.4 Aterro Sanitário de Jambuí - Processo SMA 9806/2009

A Unidade de Tratamento e Gestão de Resíduos de Jambuí (UTGR - Jambuí) compõe-se de um Aterro Sanitário em regime de codisposição com Resíduos Industriais Classe IIA e Classe IIB, além de um centro de triagem de resíduos visando a produção de Combustível Derivado de Resíduos – CDR.

##### 5.4.1 Histórico, alternativas locais e caracterização do empreendimento

O empreendimento localiza-se na Bacia do Rio Paraíba do Sul, no município de Jambuí – SP, em uma área total de 1.389.926,035 m<sup>2</sup> e de disposição de 329.770 m<sup>2</sup>. Sua implantação visava atender cidades do litoral Norte e Vale do Paraíba, funcionando como uma escolha de caráter regional em São José dos Campos e litoral em função da dificuldade encontrada por municípios do litoral norte do estado de encontrar áreas que não constituíssem áreas de preservação.

Na avaliação de alternativas locais foram indicadas dez (10) áreas. As áreas 1, 2, 4, 5, 6, 7 e 8 apresentavam acesso a partir da Rodovia dos Tamoios, o que representava aspecto positivo para implantação. No entanto as áreas 1 e 2 situam-se próximas à área de expansão industrial do município; a área 4 apresentava problemas com a documentação da propriedade (litígio) e as áreas 5 e 7 possuíam muitas nascentes e áreas úmidas. Na área 6, já ocupada por pastagens e com boa característica topográfica para implantação do empreendimento, as negociações para compra resultaram infrutíferas. A área 3 apresentava como impeditivo o acesso que passaria por muitas residências rurais, gerando incômodo. A área 8, utilizada para o plantio de eucalipto há décadas, apresentava como vantagem a barreira visual das obras de implantação e operação oferecida pelo eucalipto, enquanto as áreas 9 e 10 encontram-se localizadas muito longe da Rodovia dos Tamoios, o que tornaria os custos de manutenção e pavimentação da estrada muito altos, além de possuírem chácaras habitadas no entorno.

Foram estabelecidos parâmetros de comparação, entre as áreas e os relacionados, ao meio físico na avaliação das alternativas locais podem ser observados na **Tabela 24**.

**Tabela 24** - Critérios do meio físico considerados na avaliação de alternativa locacional do Aterro de Jambeiro

<b>Critérios do meio físico</b>	<b>Adequada</b>	<b>Adequada com restrições</b>	<b>Inadequada</b>
Tamanho da área	>100 ha	50-090 ha	< 50 ha
Distância do centro de geração	10-30 km	30-50 km	>50 km
Zoneamento ambiental	Áreas sem restrições	Sim (possível com medidas de controle)	Áreas de preservação, mananciais, APA, parques
Acessos (disponibilidade)	Rodovias asfaltadas	Estradas municipais bem conservadas	Sem acesso ou estradas malconservadas
Litologia	Argilitos e filitos, granitos, gnaisses e migmatitos	Granitos, gnaisses e migmatitos com fraturas, alterados e folhelhos	Quartzitos e calcários, granitos, gnaisses, migmatitos fraturados e quartzitos
Topografia	Platô e encostas suaves	Relevo íngreme e encostas abruptas	Relevo escarpado, cristas e interflúvios
Declividade do terreno (%)	5 a 15%	3-5%	>30%
	15 a 20%	10-30%	<3%
Forma da encosta	Retilínea	Combinada	Convexa ou plana
Movimentos de massa ou subsidências	Não	Sim (possível com medidas de controle)	Sim
Erosão	Não	Sim (possível com medidas de controle)	Sim
Planícies de inundação	Não	Sim (possível com medidas de controle)	Sim
Área de matações	Poucos e pequenos	Muitos e pequenos	Muitos e grandes
Perfis de alteração (material inconsolidado)	Homogêneo	Heterogêneo	Variado

(continua)

<b>Crítérios do meio físico</b>	<b>Adequada</b>	<b>Adequada com restrições</b>	<b>Inadequada</b>
Capacidade de suporte	Adequada	Necessita preparo	Inadequada
Densidade de drenagem	Baixa	Média	Alta
Distância a fontes de abastecimento ou recurso hídrico	>500 m	300-500 m	<300 m
Disponibilidade de energia elétrica	Alta voltagem na área	Rede distante	Baixa voltagem ou inexistente
Profundidade do lençol freático	>5m	3-5 m	<3 m
Zonas úmidas (lençol raso ou subaflorante)	Não	Em partes da área	Ocorre
Profundidade entre a base do aterro e o substrato rochoso	>15m	5-10m	<5m
Distância dos cursos d'água	>500m	>200m	<200m
Área de recarga principal de aquífero	Não	Sim (possível com medidas de controle)	Sim

Fonte: Relatório de Impacto Ambiental modificado pela autora

O exame da **Tabela 24** mostra que os componentes do meio físico indicados para a seleção de áreas são a litologia, potencial de erosão, topografia, ocorrência de planície de inundação, declividade, existência de movimentos de massa ou subsidência e área de recarga de aquífero, entre outras. Entretanto a avaliação não contemplou, por exemplo, a permeabilidade do solo, parâmetro de fundamental importância quando se trata de migração de contaminantes ou ainda, tendo em vista a ocorrência de rochas cristalinas na área do aterro, não foi considerada a presença de estruturas geológicas que podem interferir na condutividade hidráulica e na migração da água subterrânea.

Dentre as alternativas apontadas, o empreendedor optou por analisar as áreas 6, 7 e 8, que constituíam alternativas possíveis e atribuiu pontuação a cada uma delas, como se observa na **Tabela 25**, resultando na escolha da Área 08.

**Tabela 25-** Critérios para classificação das principais alternativas locacionais indicadas para o aterro de Jambeiro

<b>Critérios avaliativos</b>	<b>A6</b>	<b>A7</b>	<b>A8</b>
Tamanho da área	2 (54 ha)	2 (61 ha)	3 (130 ha)
Distância do centro de geração	2 (50 km em mdia)	2 (50 km em média)	2 (50 km em média)
Zoneamento ambiental	3 (não há restrição)	3 (não há restrição)	3 (não há restrição)
Acessos (disponibilidade)	2 (acesso secundário bem conservado)	2 (acesso secundário bem conservado)	2 (acesso secundário bem conservado)
Litologia	3 (Gnaisses graníticos rosseiros e migmatitos de cor cinza)	3 (Gnaisses graníticos rosseiros e migmatitos de cor cinza)	3 (Gnaisses graníticos rosseiros e migmatitos de cor cinza)
Topografia	2 (morros com vales encaixados)	3 (encosta suave)	2 (morros com vales encaixados)
Declividade do terreno (%)	2 (em média 5 a 40%)	3 (média entre 5 e 20%)	2 (em média 5 a 40%)
Forma da encosta	2 (combinada)	3 (retilínea)	2 (combinada)
Movimentos de massa ou subsidências	2 (programas de monitoramento e manutenção)	2 (programas de monitoramento e manutenção)	2 (programas de monitoramento e manutenção)
Erosão	2 (programas de monitoramento e manutenção)	2 (programas de monitoramento e manutenção)	2 (programas de monitoramento e manutenção)
Planícies de inundação	3 (não há na área)	1 (nas áreas de divisa e região sul/sudeste)	3 (não há na área)
Área de matacões	3 (Poucos e pequenos)	3 (Poucos e pequenos)	3 (Poucos e pequenos)

<b>Crêterios avaliativos</b>	<b>A6</b>	<b>A7</b>	<b>A8</b>
Perfis de altera�o (material inconsolidado)	3 (Homogêneo)	3 (Homogêneo)	3 (Homogêneo)
Capacidade de suporte	3 (Adequada)	3 (Adequada)	3 (Adequada)
Densidade de drenagem	3 (Baixa)	2 (média)	3 (Baixa)
Distância a fontes de abastecimento ou recurso hídrico	1 (< 300 m)	1 (< 300 m)	1 (< 300 m)
Disponibilidade de energia elétrica	2 (Rede distante)	2 (Rede distante)	2 (Rede distante)
Profundidade do lençol freático	3 (> 5 m)	3 (> 5 m)	3 (> 5 m)
Zonas �midas (lençol raso ou subaflorante)	2 (Em parte da área, podendo ser isolada)	2 (Em parte da área, podendo ser isolada)	2 (Em parte da área, podendo ser isolada)
Profundidade entre a base do aterro e o substrato rochoso	3 (> 15 m)	2 (5 a 15 m)	3 (> 15 m)
Distância dos cursos d'água	1 (< 200 m)	1 (< 200 m)	1 (< 200 m)
�rea de recarga principal de aquífero	2 (Sim, haverá monitoramento do aquífero)	1 (Sim)	2 (Sim, haverá monitoramento do aquífero)
Uso e ocupa�o do Solo	3 (Pasto, campo, área degradada)	2 (parte pasto, parte áreas de mata nativa)	3 (Pasto, campo, área degradada)
Possibilidade de Expansão	3 (Possibilidade de compra do restante da fazenda ou área vizinha)	1 (Não)	3 (Possibilidade de compra do restante da fazenda ou área vizinha)



<b>Critérios avaliativos</b>	<b>A6</b>	<b>A7</b>	<b>A8</b>
Densidade populacional da área	3 (Baixa)	3 (Baixa)	3 (Baixa)
Distância do núcleo populacional	3 (> 700 m)	3 (> 700 m)	3 (> 700 m)
Valor da terra (R\$/alqueire)	1 (Chegou-se a oferecer quatro vezes o valor de mercado, mas foi recusado)	2 (Médio)	3 (Baixo, Valor de mercado)
Impacto no sistema viário local	3 (A estrada é um ramal principal de extração de madeira, o tráfego de veículos é muito baixo)	3 (A estrada é um ramal principal de extração de madeira, o tráfego de veículos é muito baixo)	3 (A estrada é um ramal principal de extração de madeira, o tráfego de veículos é muito baixo)
Geração de emprego e renda	3 (Gera oportunidades para a população local)	3 (Gera oportunidades para a população local)	3 (Gera oportunidades para a população local)
Impacto no comércio e serviço de pequeno porte das áreas	3 (Gera novas oportunidades ou amplia mercado)	3 (Gera novas oportunidades ou amplia mercado)	3 (Gera novas oportunidades ou amplia mercado)
Impacto na fauna	3 (Pequeno impacto ou fauna pouco significativa)	2 (Impacto moderado)	3 (Pequeno impacto ou fauna pouco significativa)
Impacto na flora	3 (Pequeno impacto ou flora pouco significativa)	2 (Impacto moderado)	3 (Pequeno impacto ou flora pouco significativa)
Impacto sobre ecossistemas complexos	3 (Pequeno impacto ou ecossistemas resistentes)	2 (Impacto moderado)	3 (Pequeno impacto ou ecossistemas resistentes)
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>82</b>	<b>78</b>	<b>86</b>

Fonte: Relatório de Impacto Ambiental modificado pela autora

A **Tabela 25** mostra que os fatores que culminaram com a escolha da área 8 foram os fatores econômicos (baixo valor de compra), uso e ocupação, densidade de drenagem e tamanho da área; igualmente nesse aterro fica demonstrado que os critérios do meio físico não foram determinantes na escolha da alternativa mais viável e apta para implantação.

- **Caracterização do meio físico**

Como determina o Manual para elaboração de estudos ambientais (São Paulo, 1989, 1991) foram levantados os aspectos geológico, pedológico, topográfico, hidrológico e hidrogeológico para caracterização da área de influência direta e indireta. Esses levantamentos consistiram na execução de sondagens a trado, a percussão e sondagens rotativas, ensaios físicos do solo, ensaios de permeabilidade e investigação geofísica através de sondagens elétricas verticais.

O levantamento geológico demonstrou ser a área do empreendimento constituída por gnaiesses, granitos gnáissicos, gnaiesses migmatitos mica xistos, metarenitos, filitos, metassiltitos, quartzitos e sedimentos aluviais, com a principal estrutura representada pela falha de Jambeiro, de orientação ENE.

A investigação geofísica realizada através de sondagens elétricas verticais (SEV's), mostrou que o afloramento rochoso se situa a cerca de 30 m e que portanto, existe uma camada de solo com profundidade média de 30 m. Os solos da área de implantação do aterro são argilo-arenosos e possuem coeficiente de permeabilidade da ordem de  $10^{-5}$  cm/s a  $10^{-6}$  cm/s.

O nível de água na obtido através das sondagens a percussão, trado e rotativas executadas na área do empreendimento apresentou grande variação. Nas sondagens a percussão e a trado apresentou profundidades que vão de 3,94 m a 15,87m, enquanto nas sondagens rotativas, o nível situa-se entre 17 m e 21 m.

A caracterização hidrogeológica mostrou que o aquífero presente na área de implantação é constituído pelo material de alteração dos gnaiesses e outros metamorfitos, que apresenta porosidade primária, é granular e livre e possui espessuras de até cinquenta (50) metros. O levantamento indica ainda que pelo fato de a área constituir um alto estrutural ela representa zona de recarga deste aquífero que é um aquífero misto.

Geomorfologicamente a área de estudo insere-se no contexto na Província do Planalto Atlântico e localmente situa-se a sul da Serra do Jambeiro, com altitudes da ordem de 900 m e a 700 m no vale do rio Varador.

A declividade da área mostra predomínio de duas classes de vertentes sendo uma com inclinações consideradas pouco críticas de 2% a 20% e outra com 20% a 30% de declividade.

Os processos da dinâmica superficial que podem ocorrer na área são processos do tipo deslizamento, porém com movimentação de pequenos volumes de solo e rocha alterada, que geram pequenos depósitos nas margens das estradas. A ocorrência de movimentos de massa ou queda de blocos, assim como processos erosivos em geral, originam-se, em geral, pela ocupação antrópica.

O diagnóstico do meio físico apresentado no processo de licenciamento foi realizado de acordo com o Termo de Referência, com descrição da geologia, geomorfologia, solos e águas contemplando inclusive aspectos da ADA; os estudos permitiram ainda a compreensão dos processos do meio físico que atuam na área, inclusive no que se refere às águas subterrâneas e sua recarga.

As **Tabelas 26 e 27** apresentam, respectivamente, um resumo da caracterização do terreno e a adequação aos parâmetros normativos.

**Tabela 26** - Caracterização do Aterro de Jambeiro

Parâmetros	Observações/ Comentários	
Área do empreendimento (ha)	138,9	-
Área de disposição (ha)	32,9	-
Capacidade de recebimento (t/dia)	2000	-
Vida útil (anos)	27,5	Atende
Obs: Mínimo de 10 anos		

Fonte: Elaborada pela autora

**Tabela 27**- Tabela resumo da adequação dos critérios do meio físico na seleção de áreas para o Aterro de Jambeiro

Parâmetros	Caracterização conforme o Manual de Orientação (São Paulo, 1989)	Atendimento a NBR 13896/97	Observações/ Comentários
Justificativa locacional	Atende	Atende	
<b>Meio físico- Caracterização</b>			
Geologia	Satisfatória	Sim	-
Geomorfologia	Satisfatória	Atende	
Solos	Satisfatória	Atende	-
Hidrogeologia (nível de água)	Satisfatória	Atende	-
Recurso hídrico superficial	Satisfatória	Atende	-

Fonte: Elaborada pela autora

## **5.5 Aterro Sanitário de Sítio das Neves - CGR Terrestre - Processo 107/2012- Santos (SP)**

O EIA apresentado no processo de licenciamento e que foi analisado atendeu ao Termo de Referência definido pelo órgão ambiental competente por meio do Parecer Técnico CETESB nº 002/11/T, de 14 de janeiro de 2011, após a análise do Plano de Trabalho apresentado em junho de 2010, nos termos da Resolução SMA nº 54/2004.

### **5.5.1 Histórico, alternativa locacional e caracterização do meio físico**

O licenciamento ambiental prévio, instruído por Estudo de Impacto Ambiental – EIA e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, aprovado pelo Parecer Técnico DAIA nº 013/94, de 31 de maio de 1994, foi realizado para implantação do aterro em duas fases, denominadas SA-1 e SA-2, sendo que posteriormente foram instaladas unidades voltadas ao gerenciamento e tratamento de resíduos- unidade de tratamento de biogás e a unidade de triagem e reciclagem de resíduos da construção civil.

A área do CGR TERRESTRE é de aproximadamente 254 hectares e insere-se na porção continental do município de Santos, no bairro Morro das Neves, sendo que a área de disposição ocupa 188,7 hectares.

A avaliação da alternativa locacional envolveu a consideração de características de duas áreas denominadas aqui por área 1 e área 2 além da área vizinha ao aterro já existente. A área 1 localiza-se acerca do aterro e apresentava extensão superficial adequada para acomodar o projeto porém a topografia não era favorável enquanto a área 2 localizada a cerca de 2 km de distância é destinada a atividade de mineração, atividade que foi considerada não desejável do ponto de vista técnico ambiental para a implantação de um Aterro Sanitário.

Neste aterro novamente observa que os critérios para escolha da área de implantação são os aspectos de localização próxima a estrutura existente e configuração topográfica não favorável, sendo que aspectos do meio físico como profundidade do nível de água ou permeabilidade do solo não são sequer citados na indicação das áreas.

A apresentação das alternativas, tal como exposto no relatório, também não atenderia ao TR que prevê a indicação das alternativas locacionais considerando aspectos físicos, sociais, econômicos, ambientais, jurisdicionais e legais das áreas elencadas como potenciais. Apesar da ausência de alternativas factíveis, a necessidade de licenciar um local para disposição dos RSU numa região populosa onde as áreas disponíveis são escassas em função da existência de áreas

legalmente protegidas, provavelmente influenciou a concessão de licenciamento da área indicada.

- **Caracterização do meio físico**

A ADA do aterro corresponde à extensão superficial da nova área de disposição de resíduos sólidos domiciliares Classe 2 (SA-3) bem como o alteamento do maciço (união dos maciços SA1 e SA2).

O levantamento mostra que parte do terreno atualmente ocupado pelo aterro foi utilizado como pedreira e que as rochas cristalinas aí encontradas são representadas por migmatitos do Complexo Costeiro com sobreposição do solo de alteração.

Além das rochas cristalinas o mapeamento geológico-geotécnico identificou uma camada de argila marinha de consistência muito mole com 25 metros de espessura sobreposta a camada de areia de 3 a 11 metros, além de sedimentos marinhos holocênicos.

A identificação dessas sequências foi feita através da execução de sondagens a percussão – sondagem SPT, sondagens a trado e mapeamento geológico local.

Em relação aos solos encontrados na área do empreendimento, o relatório de impacto ambiental aponta que na ADA são encontrados solos residuais são constituídos por areias finas siltosas, micáceas, pouco a muito compactas e na região oeste do aterro ocorrem sedimentos marinhos identificados como sedimentos flúvio-lagunares recentes.

Investigações geotécnicas executadas mostraram uma camada de argila marinha, com espessura de até 25,0 metros e consistência muito mole, sobreposta a uma camada de areia fina a grossa com espessura entre 3,0 e 11,0 metros.

A caracterização geológica mostra, portanto, que a área abriga materiais sedimentares de texturas e espessuras variáveis, com diferentes consistências. Um processo que se relaciona à presença de solos moles marinhos e fluvio-marinhos na superfície e subsuperfície da área é a possibilidade de ocorrência de recalques diferenciais, avaliados através da realização de ensaios de CPT e Vane Test nas argilas de fundação para verificação de sua resistência.

A caracterização geológica e de solos apresentada, no entanto, não atende ao TR que solicitou a elaboração de perfis geológicos individuais e apresentação de mapa de solos para a ADA, os quais não foram elaborados.

Em relação aos recursos hídricos na área do aterro, esta insere-se na Sub- Bacia do Rio Jurubatuba e os recursos hídricos subterrâneos são formados na ADA pelo Aquífero Litorâneo e na AID pelo Aquífero Cristalino na elevação do Morro das Neves.

O Aquífero Litorâneo, de grande representatividade, é formado pelos sedimentos das Formações Pariquera Açu e Cananéia e depósitos quaternários que podem ultrapassar 167 metros de espessura. Esse aquífero é livre, de porosidade granular e na área desenvolve-se até 30 m de profundidade e caracteriza-se por águas de elevada condutividade elétrica e baixa capacidade de exploração.

Para avaliação do fluxo subterrâneo, elaboração de mapa potenciométrico e determinação da condutividade hidráulica foram utilizados os poços de monitoramento distribuídos ao longo de toda a área de do aterro. Os poços de monitoramento na SA1 são os PM's 01, 02, 03 e 04 e 08 e na SA2 os PM's 05, 06, 07.

A recarga do aquífero local ocorre nas áreas elevadas (Serra do Mar), mas a vulnerabilidade do aquífero não foi abordada no estudo ambiental, apesar dos níveis piezométricos no maciço SA-01 variarem de 0,15 a m a 2,69 m, o que indica níveis muito rasos ou praticamente aflorantes na região.

Adicionalmente, a avaliação da qualidade da água subterrânea no Sub-aterro SA-1 no ano de 2011 mostrou que os parâmetros condutividade elétrica, alumínio, ferro e manganês e STD apresentaram valores acima dos valores orientadores da CETESB e da Portaria 518/MS. No Sub-aterro 2- SA-2 as análises do alumínio em todos os PMs apresentaram valores acima do valor de intervenção da CETESB.

Essas alterações encontradas na água subterrânea mostram que as medidas de proteção ambiental do aterro (como a impermeabilização) não foram suficientes para evitar a contaminação dos recursos hídricos subterrâneos. Destaca-se como fator importante para esse processo os níveis de água rasos que ocorrem na área, o que implica em zonas insaturadas praticamente inexistentes ou pouco representativas.

Sobre o relevo do terreno ocupado pelo aterro, trata-se de área de transição entre as Zonas Geomorfológicas da Serrania Costeira e da Baixada Litorânea, com relevo contrastante. Assim ocorrem na área terrenos inclinados (encostas) suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa e erodibilidade dos solos de alteração, enquanto a área planificada, onde estão implantadas as áreas operacionais do empreendimento, associa-se à Zona da Baixada Litorânea com relevo do tipo Planície Flúvio-lagunares, compostos por areia, silte, argilas e matéria orgânica, formando uma sequencia heterogêna.

A caracterização do aterro e adequação do meio físico são apresentados nas **Tabelas 28 e 29**.

**Tabela 28** - Caracterização do Aterro Sítio das Neves

Parâmetros		Observações/ Comentários
Área do empreendimento (ha)	254	-
Área de disposição (ha)	188,77	-
Capacidade de recebimento (t/dia)	2500	-
Vida útil (anos)	28	Atende (considerando operação do maciço SA-2)
Obs: Mínimo de 10 anos		

Fonte: Elaborada pela autora

**Tabela 29** - Tabela resumo da adequação dos critérios do meio físico em relação às normas aplicáveis ao Aterro Sítio das Neves

Parâmetros	Caracterização conforme o Manual de Orientação (São Paulo, 1989)	Atendimento a NBR 13896/97	Observações/Comentários
Justificativa locacional	Não atende	Não atende	Alternativas indicadas não representavam efetivamente alternativa locacional. Não foram apresentados parâmetros de comparação das áreas
<b>Meio físico - Caracterização</b>			
Geologia	Satisfatória	Atende	-
Geomorfologia	Satisfatória	Atende	-
Solos	Satisfatória	Atende parcialmente	não foram apresentados dados de permeabilidade, apenas há citação de materiais com baixa permeabilidade
Hidrogeologia (nível de água)	Satisfatória	Não atende	N.A inferior a 1,5m da base do aterro
Recurso hídrico superficial	Satisfatória	Atende	-

Fonte: Elaborada pela autora

## 5.6 Aterro Sanitário CTR Palmeiras- Processo SMA 194/2013

O EIA/RIMA foi elaborado buscando atender ao Termo de Referência emitido em 20.09.2013 pela CETESB através do Parecer Técnico N°058/13/IPSR no âmbito do Processo N°194/2013 sendo que o aterro atenderá inicialmente o município de Piracicaba (SP).

### 5.6.1 Histórico, alternativas locais e caracterização do meio físico

A área onde será instalado o empreendimento está localizada na porção nordeste do município de Piracicaba, no Bairro Palmeiras. O terreno tem área total de 553.967,33 m<sup>2</sup> e a implantação do aterro sanitário deve ocupar cerca de 204.702 m<sup>2</sup>. Os rejeitos a serem depositados no aterro são provenientes do sistema de tratamento dos resíduos, denominado TMB-Piracicaba, que fará a estabilização do resíduo orgânico reduzindo a quantidade de material orgânico e a carga poluidora de percolado.

O entorno imediato da CTR-Palmeiras é marcado pelo predomínio de áreas agrícolas ocupadas pelo cultivo de cana de açúcar. Os fragmentos de vegetação no local são reduzidos e desconectados e em geral associam-se às margens de corpos d'água (matas ciliares).

Não houve indicação de alternativas locais e de acordo com o relatório a escolha da área selecionada para a implantação do novo Aterro Sanitário apresentava como aspectos favoráveis a localização em áreas rural e distante de áreas populosas, facilidade de logística com via de acesso em boas condições de tráfego, ausência de conflito com leis de zoneamento, características físicas adequadas, com condições de solo e nível freático favoráveis, não havia conflito com comunidade vizinha pois o entorno é formado por plantação de cana.

Embora em primeira análise essas justificativas pareçam satisfatórias, a motivação pelo qual se devem apontar outras áreas como alternativas locais e realizar a comparação entre as mesmas é justamente *identificar a área mais apta* para instalação do empreendimento potencialmente poluidor; se essa análise de alternativa não é realizada o princípio de prevenção de danos ambientais resta prejudicado, uma vez que não se tem a certeza da proteção ambiental oferecida pela alternativa indicada ou mesmo, se há outra área mais apta ou não.

- **Caracterização do meio físico**

O Córrego Nova Divisa representa a drenagem principal na área do empreendimento, nascendo numa pequena bacia 500 metros ao norte do empreendimento.

Os recursos hídricos subterrâneos são representados pela Aquífero Serra Geral em toda a extensão da área de estudo. Este aquífero é constituído por basaltos e diabásios da Formação



Serra Geral e constitui um aquífero de extensão regional, porém com condições aquíferas restritas, definidas em função de discontinuidades (juntas, fraturas e falhas), e/ou pela presença de pacotes de arenitos inter-derrame.

O estudo local da dinâmica das águas subterrâneas foi feito a partir de 4 poços de monitoramento instalados na ADA cujos níveis de água variaram de 2,18 m (PM 2) a 24,92 m (PM 4- montante).

O fluxo subterrâneo escoar em grande parte de oeste para leste, coincidente com a topografia do terreno e para aflorar no Córrego Nova Divisa. As análises químicas realizadas nos 4 poços de monitoramento mostraram que todos os parâmetros das águas subterrâneas na ADA estão em acordo com os Valores Máximos permitidos pelos órgãos ambientais.

A geologia da ADA é representada igualmente pelas rochas básicas da Formação Serra Geral, com espessa cobertura de solo que tem granulometria silto-argilosa, coloração avermelhada e a presença de grãos magnéticos. Em função da cobertura de solo e baixa declividade não há afloramentos dos basaltos na ADA.

Os solos que ocorrem na ADA são principalmente Latossolos com horizonte A moderado - Unidade Barão Geraldo, que representa 70% dos latossolos roxos da Folha de Piracicaba, sendo que praticamente todos os perfis de solos observados na área são “in-situ” ou residuais.

A investigação dos materiais de superfície foi feita através de sondagens SPT e ensaios físicos do solo que indicaram que o subsolo é constituído por uma camada superficial formada por solo de granulometria essencialmente argilosa (argila silto arenosa), com consistência muito mole a mole e espessura média de 6m sobreposta a camadas de solos siltosos e argilosos, com consistência mole a dura até a profundidade de 23m. A investigação geológico-geotécnica permitiu também identificar a presença de fragmentos de rocha, blocos ou matacão em profundidades de 15 a 21 metros.

O coeficiente de permeabilidade do solo natural obtido em ensaios de infiltração apresentou valores entre  $10^{-6}$  cm/s a  $10^{-7}$  cm/s; enquanto os ensaios em amostras compactadas forneceram coeficientes de permeabilidade de  $3,70 \times 10^{-7}$  cm/s a  $4,10 \times 10^{-8}$  cm/s.

Os ensaios de granulometria de solos revelaram porcentagens de argila de 60% e de cerca de 16% de areia.

De acordo com o relatório, não se verificou a ocorrência de processos erosivos, situação que pode ser relacionada às baixas declividades que diminuem a susceptibilidade à ocorrência desses processos e à textura argilosa do solo.

A ADA encontra-se na encosta suave de uma colina ampla e de topo suave com declividade máxima de 11%, situando-se em média em torno de 6%.

Entre outros aspectos apontados no estudo ambiental tem-se o uso e ocupação do entorno constituído por áreas de pasto e de cultivo de cana de açúcar e a ausência de cursos água e respectivas Áreas de Preservação Permanentes na área reservada para o Aterro Sanitário.

As **Tabelas 30 e 31** apresentam um resumo da caracterização do aterro e do atendimento à norma e orientações da CETESB.

**Tabela 30** - Caracterização do aterro CTR Palmeiras

Parâmetros		Observações/ Comentários
Área do empreendimento (ha)	55,39	-
Área de disposição (ha)	20,4	-
Capacidade de recebimento (t/dia)	400	-
Vida útil (anos)	39	Atende
Obs: Mínimo de 10 anos		

Fonte: Elaborada pela autora

**Tabela 31** - Tabela resumo da adequação dos critérios do meio físico na seleção de áreas para o Aterro CTR Palmeiras

Parâmetros	Caracterização conforme o Manual de Orientação (São Paulo, 1989)	Atendimento a NBR 13896/97	Observações/ Comentários
Justificativa locacional	Não atende	Não atende	Não indicou alternativas
<b>Meio físico- Caracterização</b>			
Geologia	Satisfatória	Atende	-
Geomorfologia	Satisfatória	Atende	-
Solos	Satisfatória	Atende	-
Hidrogeologia (nível de água)	Satisfatória	Atende	-
Recurso hídrico superficial	Satisfatória	Atende	-

## 5.7 Alinhamento dos Critérios Legais e Normativos

Considerando que um dos objetivos deste trabalho é estabelecer uma comparação dos critérios utilizados pela CETESB e por outros órgãos ambientais no Brasil e no exterior na

escolha de áreas para implantação de aterros sanitários, serão aqui discutidos os critérios analisados conforme descrito na Metodologia.

A análise comparativa foi realizada para verificar a convergência entre os critérios utilizados pelos diversos órgãos reguladores, apontar eventuais critérios adicionais que poderiam ser incorporados na análise da CETESB ou ainda sugerir “melhorias” nos critérios e os limites já utilizados no licenciamento ambiental paulista de aterros sanitários.

O levantamento bibliográfico destacou os seguintes critérios do meio físico elencados nas normas e leis estaduais e federais analisadas que são considerados na análise da locação dos aterros sanitários incluem:

- distância do aterro ao corpo de água;
- área sujeita a inundação considerando o tempo de recorrência;
- permeabilidade do substrato;
- espessura da zona não saturada;
- topografia;
- áreas sujeitas a risco sísmico;
- zonas de falhas;
- terrenos instáveis (sujeitos a recalques, condições de fundação insuficientes);
- terrenos cársticos;
- proximidades de poços de abastecimento.

A comparação dos critérios do meio físico e os valores limites considerados por cada país ou órgão licenciador: EUA, UE, México, Argentina e Columbia Britânica (Canadá) são apresentados na **Tabela 32**.

**Tabela 32-** Comparação entre os critérios do meio físico utilizados na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários

<b>Critério/Fonte</b>	<b>SÃO PAULO (1989,1991)</b>	<b>CETESB (2014)</b>	<b>ABNT - NBR 13896/1997</b>	<b>Diretiva da Comunidade Europeia 31/1999 e alterações</b>	<b>EPA (USA) CFR n. 40/2003- parte 268</b>	<b>British Columbia (Canadá)</b>	<b>México NOM-083- ECO-1996</b>	<b>Argentina Resolução 1143/2002</b>
Distância do aterro a corpo de água superficial	—————	Observar NBR-13896/97- distância mínima de 200 m	Mínimo 200m Obs: pode ser alterado a critério do órgão ambiental	500 m para aterros sanitários municipais	Não estabelece limite Empreendedor deve demonstrar que não haverá degradação, erosão, migração de poluentes, ou violação do Código de Águas (EPA,2002) entre outros instrumentos legais	Distância mínima de 300 metros (fonte de abastecimento individual) e 500 m (abastecimento público)	1000 m Deve ser observada uma zona de amortecimento	Não estabelece distância mínima  Propõe que projeto considere a cota de inundação para estabelecimento das instalações do aterro
Profundidade da zona insaturada	—————	Observar NBR 13896/97 - 1,5m a partir do fundo da vala (mínimo) -3,0m a partir do fundo da vala (desejável)	Desejável- 3,0m a partir do fundo da vala  Condição mínima- 1,5m a partir do fundo da vala	Material da base do vertedouro deve ter espessura superior a 1 m Estabelece proteção adicional feita por barreira geológica impermeável com espessura superior a 0,5m	Não estabelece limite para zona insaturada Destaca a importância do <i>liner</i> e da permeabilidade do solo	Base do aterro deve estar pelo menos 1,5 m acima do nível de água em todos os períodos do ano	Estabelece avaliação de vulnerabilidade a contaminação da água subterrânea	Distância mínima de 0,5m entre fundo da vala e o topo do nível de água

Critério/Fonte	SÃO PAULO (1989,1991))	CETESB (2014)	ABNT - NBR 13896/1997	Diretiva da Comunidade Europeia 31/1999 e alterações	EPA (USA)  CFR n. 40/2003- parte 268	British Columbia (Canadá)	México  NOM-083- ECO-1996	Argentina  Resolução 1143/2002
<b>Permeabilidade do solo (k)</b>	—————	Observar NBR 13896/97- Coeficiente de $1 \times 10^{-6}$ cm/s (recomendado)  Coeficientes maiores podem ser aceitos	Materiais com coeficiente de permeabilidade  inferior a $1 \times 10^{-6}$ cm/s  <b>Obs:</b> Coeficiente de permeabilidade superior a $5 \times 10^{-5}$ cm/s pode ser aceito dependendo do tipo de resíduo e condições hidrogeológicas do local do aterro, desde que este valor não exceda $10^{-4}$ cm/s.	$K \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s	$K \leq 10^{-5}$ cm/s  Deve apresentar $k < 10^{-7}$ cm/s (após compactação)	Mínimo de $10^{-6}$ cm/s (terreno natural);  Liner deve ter espessura mínima de 1m; condutividade após compactação $1 \times 10^{-7}$ cm/s	$K \leq 3 \times 10^{-10}$ cm/s	$K \leq 1,0 \times 10^{-7}$ cm/s

<b>Critério/Fonte</b>	<b>SÃO PAULO (1989, 1991)</b>	<b>CETESB (2014)</b>	<b>ABNT - NBR 13896/1997</b>	<b>Diretiva da Comunidade Europeia 31/1999 e alterações</b>	<b>EPA (USA) CFR n. 40/2003- parte 268</b>	<b>British Columbia (Canadá)</b>	<b>México NOM-083- ECO-1996</b>	<b>Argentina Resolução 1143/2002</b>
Topografia	Empreendedor deve informar sobre a dinâmica do relevo (processos erosivos, inundações, erosão eólica)	Observar NBR13896/97- declividade de 1% a 30%	Recomendam-se locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%;  Obs: declividades superiores a 30% podem ser utilizadas a critério do órgão ambiental	Países membros devem observar legislação local	_____	_____	_____	_____
Área sujeita a inundação	Não contempla restrição	Observar NBR13896/97- tempo de recorrência de 100 anos	Aterro não deve ser implantado em áreas sujeitas a inundações Considerar períodos de recorrência de 100 anos	_____	Aterro não poderá se situar em área sujeita a inundação. Considerar período de recorrência de 100 anos Aterro não pode alterar qualidade da área onde se situa	Não pode ser locado nessas áreas	Aterro deve situar-se fora de zona de inundação com recorrência de 100 anos	Taludes perimetrais devem ser construídos de modo a que o nível de crista mínima esteja 0,40 m acima da cota de inundação da zona correspondendo a uma recorrência de 50 anos.

<b>Critério/Fonte</b>	<b>SÃO PAULO (1989,1991)</b>	<b>CETESB (2014)</b>	<b>ABNT - NBR 13896/1997</b>	<b>Diretiva da Comunidade Europeia 31/1999 e alterações</b>	<b>EPA (USA) CFR n. 40/2003- parte 268</b>	<b>British Columbia (Canadá)</b>	<b>México NOM-083- ECO-1996</b>	<b>Argentina Resolução 1143/2002</b>
Áreas de falha geológica	_____	_____	_____	_____	Aterro não pode se situar a menos de 200m de região de falha que sofreu movimentação no Holoceno	Distância mínima de 100 m	Distância mínima de 60 metros	_____
Área sujeita a movimentos de massa (instáveis)	Indicar processos superficiais que podem ocorrer na área	Apontar possibilidade de movimentos de massa na área do aterro	_____	Projeto deve garantir a estabilidade do aterro	Projeto deve contemplar eventual ocorrência de movimentos de massa que possam afetar o aterro	Distância mínima de 100 m	Restrições à implantação do aterro em áreas onde há movimento de solo ou rocha	_____
Ocorrência de Terrenos cársticos	_____	Consultar o Mapa “Potencialidade de ocorrência de cavernas baseada na litologia” do CECAV	_____	_____	Projeto deve indicar ocorrência de feições cársticas (cavernas, dolinas e outras) e as medidas de engenharia adotadas para minimizar seu impacto sobre o aterro	Distância mínima de 100 m	Considerada como zona instável- projeto deve contemplar medidas para mitigar danos ao aterro	_____

<b>Critério/Fonte</b>	<b>SÃO PAULO (1989,1991)</b>	<b>CETESB (2014)</b>	<b>ABNT - NBR 13896/1997</b>	<b>Diretiva da Comunidade Europeia 31/1999 e alterações</b>	<b>EPA (USA) CFR n. 40/2003- parte 268</b>	<b>British Columbia (Canadá)</b>	<b>México NOM-083- ECO-1996</b>	<b>Argentina Resolução 1143/2002</b>
Áreas instáveis (sujeitas a recalques diferenciais, terreno de fundação com baixa capacidade de suporte, entre outros)					Projeto deve contemplar medidas de engenharia adotadas para evitar recalques diferenciais ou tratar solo de fundação do maciço	Projeto deve contemplar medidas para minimizar risco ao aterro	Restrições à implantação do aterro onde instabilidade pode acentuar risco de contaminação do aquífero	
Zona de impacto sísmico					Aterro não pode ser locado em área de impacto sísmico	Projeto deve contemplar medidas para minimizar risco ao aterro	Restrição á área com impacto sísmico	
Proximidade de poços de abastecimento					Mínimo 50 m (quando direção do fluxo é desconhecida)  (Code of Practice 258)	Distância mínima de 300 m (poços particulares) e 500 m (públicos)	Distância mínima de 100 m da projeção horizontal do cone de rebaixamento	Distância mínima de 500 m

Fonte: Elaborada pela autora



Observa-se que existe na **Tabela 32** um alinhamento em relação à importância atribuída às características do substrato do aterro representados pelos critérios permeabilidade do solo e profundidade da zona insaturada ou profundidade do lençol freático.

A capacidade do substrato ou zona insaturada de conter a movimentação dos poluentes reveste-se de grande importância na proteção dos recursos subterrâneos e essa capacidade decorre dos materiais que a constituem bem como das características dos poluentes; a zona insaturada constitui, portanto, uma barreira física à penetração de poluentes no aquífero.

Na norma técnica NBR 13896/1997 essa proteção aos recursos hídricos subterrâneos ocorre pelo estabelecimento de uma espessura de zona insaturada de, no mínimo, 1,5 m de profundidade, um valor compatível, por exemplo, com a orientação da Diretiva Europeia.

Sabe-se, no entanto, que a mitigação da potencial contaminação na zona insaturada depende do material que compõe essa região e não somente da sua espessura; assim, se as informações levantadas nos estudos geológicos e geotécnicos indicarem a presença de material de textura arenosa, por exemplo, como ocorre em vários dos aterros estudados, deveria ser considerada a indicação de zonas insaturadas mais profundas, o que poderia ser apontado no estudo das alternativas locais.

A profundidade mínima estabelecida entre o fundo da vala e o nível freático de 1,5m não leva em conta a franja capilar, região virtualmente saturada localizada acima do nível d'água, que pode variar de uns poucos centímetros nos solos arenosos até cerca de um (01) metro para os solos finos argilosos. Além disso, as medições dos níveis de água e, portanto, da determinação da zona insaturada deveriam ser medidas durante a época de maior precipitação pluviométrica da região para permitir a avaliação antes da implantação.

Cumprе ressaltar que o sistema de proteção ambiental do aterro composto pela impermeabilização por geomembranas, drenos de lixiviado, cobertura dos resíduos muitas vezes, não se mostra totalmente eficiente na retenção dos contaminantes, provavelmente em função de problemas em sua implantação, sendo possível observar a contaminação de águas subterrâneas em poços de monitoramento relatados em muitos locais, como descrito na Revisão Bibliográfica e em aterros estudados (Cachoeira Paulista e Sitio das Neves).

Outro fator importante na proteção das águas subterrâneas é o coeficiente de permeabilidade. No Brasil recomenda-se que ele seja inferior a  $1 \times 10^{-6}$  cm/s, admitindo-se, no entanto, coeficientes da ordem de  $1 \times 10^{-4}$  cm/s.

Os limites utilizados pela CETESB para o critério permeabilidade do solo são, portanto, inferiores aos limites estabelecidos pela Agência Ambiental Americana (EPA), Agência Ambiental Europeia (EEA), Columbia Britânica (Canadá), México e Argentina, sendo que todos consideram valores mais conservadores que os utilizados no Estado de São Paulo.

Cumprir destacar que a ocorrência em alguns dos aterros estudados de coeficientes de permeabilidade no valor limite ( $10^{-4}$  cm/s), configura uma situação de risco de contaminação do solo e água, pois a permeabilidade é capacidade do solo de permitir a passagem de fluido e no aterro sanitário esse fluido é representado pelo percolado que contém uma série de contaminantes.

Ressalta-se que a permeabilidade varia em função do material que compõe o substrato e segundo Pinto (2006) as argilas apresentam, em geral, coeficientes de permeabilidade de  $10^{-6}$  a  $10^{-9}$  cm/s, siltes coeficientes entre  $10^{-3}$  a  $10^{-6}$  cm/s e areias apresentam coeficientes de permeabilidade entre  $10^{-4}$  e  $10^{-1}$  cm/s.

Constata-se que no Estado de São Paulo os critérios do meio físico que constituem fatores para proteção aos recursos subterrâneos na implantação de aterros sanitários restringem-se à análise do coeficiente de permeabilidade e espessura da zona insaturada e que os valores ponderados pela CETESB em suas análises situam-se em geral nos valores considerados mínimos.

Considerando-se as investigações executadas para investigação geológica e de solos na área do aterro sanitário, esses dados poderiam ser incorporados de forma mais efetiva à avaliação do risco representado pela implantação do aterro, como na avaliação local da vulnerabilidade à contaminação do aquífero, que independentemente do método utilizado, leva em consideração o tipo de material, espessura da zona insaturada e o modo de ocorrência da água, todos passíveis de caracterização nos levantamentos realizados.

Essa avaliação de vulnerabilidade passou a constar das indicações da CETESB apenas em 2014 quando ela editou a Decisão de Diretoria (DD) 217/2014 e seu anexo único. Apesar disso, os estudos apresentados nos processos de licenciamento ambiental de aterros anteriores a esse ano poderiam ter aplicado em suas avaliações a

vulnerabilidade à contaminação do aquífero, uma vez que desde 1997 o Estado de São Paulo dispunha de um mapa de vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas.

Outro critério observado por outros órgãos licenciadores e que não é considerado na análise da CETESB é a distância do aterro a poços de abastecimento na área do empreendimento e no entorno. A existência de poços circunvizinhos e seu bombeamento poderia induzir a migração de contaminantes do aterro para o poço bombeado ou outros no raio de interferência, principalmente nos situados a jusante do aterro. Considerando-se que as vazões bombeadas variam de poço a poço em função do uso de cada um, poderia ser estabelecida uma distância mínima do aterro em relação aos poços tubulares existentes na área e no entorno, como o fazem Canadá (British Columbia), México e Argentina.

Um critério que não se encontra na **Tabela 32** e que poderia ser incorporado na análise da vulnerabilidade à contaminação do aquífero é a localização do aterro em relação à área de recarga do aquífero. No Estado de São Paulo as unidades hidrogeológicas sedimentares representam a maior parte dos aquíferos aflorantes, de caráter livre, onde a recarga se dá diretamente sobre a superfície. Desse modo, a implantação de fonte pontual de contaminação como o aterro sanitário deve ponderar a possibilidade de recarga da água subterrânea através da infiltração direta, inclusive pela percolação no maciço de resíduos.

Sobre a proteção aos recursos hídricos superficiais ela é definida observando-se uma distância mínima do aterro em relação a corpos superficiais de água. A NBR 13896/97 (Brasil, 1997) estabelece que ela seja de no mínimo, 200 metros, mas prevê que distâncias menores sejam aceitas, a critério do órgão ambiental. Essa flexibilidade em relação à distância de 200 m foi observada no licenciamento do Aterro de Cachoeira Paulista e Piratininga, levando-se em conta somente os aterros analisados.

Distâncias mínimas do aterro em relação aos cursos de água são adotadas por praticamente todos os órgãos licenciadores estudados e alguns como a Argentina consideram adicionalmente a cota máxima de inundação do curso de água, evitando-se efeitos de possíveis interferências deste no aterro sanitário.

Dependendo da distância do aterro ao corpo d'água, parte das instalações de aterros sanitários poderiam ser implantados em áreas de preservação permanente (APP), uma vez que eram considerados obras de utilidade pública (artigo 8º do Código Florestal). Recentemente em decisão do Supremo Tribunal Federal em fevereiro de 2018 (ADI 4903)

esse entendimento deixou de prevalecer, o que deve influenciar a escolha das áreas a partir de agora, aumentando as distâncias entre o aterro e o curso de água superficial.

O tempo de recorrência de inundações estabelecido em norma brasileira é de 100 anos, valor semelhante ao previsto em outros países. A adoção de períodos de recorrência menores, por exemplo de 20 ou 50 anos, poderia ser implantada no licenciamento ambiental dos aterros sanitários, tendo em vista que o tempo de vida do aterro, em geral situa-se entre 20 a 30 anos e que alterações no uso do solo em áreas próximas ao aterro podem promover alterações nas vazões das drenagens e favorecer a ocorrência de cheias máximas mais frequentes, em períodos menores que os 100 anos considerado atualmente. Há que se considerar, no entanto, a disponibilidade de dados hidrológicos para tais determinações, tendo em vista que em muitas bacias hidrográficas esses dados são escassos ou referem-se a períodos de tempo que não constituem série histórica para cálculo.

Uma consideração ainda a ser feita em relação aos recursos hídricos superficiais é a de que o Código Florestal prevê a proteção de áreas de inundação, que podem representar distâncias maiores que aos 200m estabelecidos na NBR 13896/97, e portanto para assegurar maior proteção dos curso de água superficiais essa distância poderia ser reconsiderada.

A topografia é um dos critérios em que o Estado de São Paulo considera favorável a implantação de aterros em terrenos com declividades não superiores a 30%; nos outros órgãos licenciadores no exterior não há menção expressa à questão da topografia nas normas analisadas.

Em relação aos processos dinâmicos superficiais que podem ocorrer na área de implantação do aterro sanitário, sua ocorrência na área de implantação do aterro e seu entorno é considerada de forma genérica em todas as fontes; cabendo ao empreendedor informar a possibilidade de ocorrência desses fenômenos.

No Estado de São Paulo observou-se que nos estudos analisados a indicação desses fenômenos baseia-se principalmente na Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, editada em 1994 pelo IPT na escala 1:500.000, escala essa insuficiente para o mapeamento detalhado exigido para um aterro sanitário. Ressalta-se que mesmo as áreas de influência direta e indireta se situam a poucos quilômetros da área de disposição e podem não estar individualizadas na Carta Geotécnica, motivo pelo qual seu uso deve ser apenas orientativo e não substituir análises locais. Importa destacar que movimentos de

massa e instabilidade de taludes naturais, sejam de origem natural ou antrópica, podem comprometer a segurança do aterro como um todo ou de partes dele, provocando rupturas do maciço.

A ocorrência de terrenos instáveis não encontra previsão na norma brasileira e nem nos manuais da CETESB; cabendo, portanto, sua incorporação expressa na análise da CETESB, ainda que após a apresentação dos estudos ambientais para a Licença Prévia (LP). Dessa forma, identificada a presença de solos moles, solos com baixa resistência e baixa capacidade de suporte, que servirão como fundação para o maciço de resíduos e até mesmo seriam utilizados como material de cobertura, esses solos deveriam ser investigados através de ensaios geotécnicos complementares consagrados na engenharia nacional, evitando-se a ocorrência de fenômenos como os recalques diferenciais e subsidências e prevenindo-se eventuais danos na estrutura do aterro.

Autores como Pinto (2006) e Das (2014) consideram que solos arenosos com baixa compacidade (fofas) bem como argilas muito moles a moles (Nspt 0- 4 golpes) exibem maior deformabilidade e, portanto, requerem maior atenção quando presentes na fundação do aterro.

Outro critério não considerado pela CETESB antes de 2014 era a ocorrência de terrenos cársticos nas áreas de implantação dos aterros; fator esse que já previsto na legislação americana e canadense por exemplo. Associadas a terrenos cársticos tem-se a formação de cavernas, fenômenos de abatimento do terreno entre outros que podem comprometer a estabilidade do maciço de resíduos bem como levar à ruptura das estruturas de contenção (*liners*) e comprometer outras. A verificação da ocorrência desses terrenos somente começou a ser exigida a partir de 2014 com a entrada em vigor da DD 217/2014, tratando-se, no entanto, de uma informação de caráter qualitativo, não constituindo fator restritivo à implantação, o que se daria em função de legislação federal e estadual que protege essas áreas.

O risco sísmico e a existência de zonas de falha também são critérios que não são considerados no licenciamento dos aterros sanitários do Estado de São Paulo. No entanto, pequenos tremores podem promover a instabilidade de estruturas e o risco sísmico representa uma medida das perdas (econômicas e humanas) esperadas para determinados elementos expostos ao risco, como resultado de sismos futuros, e a probabilidade dessas perdas ocorrerem para certo período de tempo de exposição. O risco sísmico no Estado

de São Paulo, no entanto, é menor que em outros estados brasileiros, pois este se situa na zona zero do Zoneamento Sísmico Brasileiro (ABNT NBR 15421/2006).

Apesar da regulamentação em relação aos principais critérios do meio físico (água subterrânea e permeabilidade do solo) utilizados no Estado de São Paulo encontrarem-se em patamar compatíveis com os estabelecidos por órgãos como a EPA, conhecida por seu rigor técnico, observa-se a necessidade de um detalhamento maior dos estudos e critérios a serem levados a termo na investigação e reconhecimento dos fatores do meio físico na implantação dos aterros sanitários, com maior detalhamento dos aspectos a serem pesquisados; nesse sentido, a NBR 8419/92 traz orientações para o levantamento geológico e geotécnico.

Os valores para permeabilidade e profundidade de nível de água estabelecidos na NBR 13896/97 constituem orientação e podendo ser adotados de forma mais restritiva pela CETESB, adotando-se o valor máximo para a profundidade da camada insaturada ou permeabilidade. Admitir-se espessuras de zona insaturada pouco expressivas e coeficientes de permeabilidade altos sem a efetiva comprovação da retenção dos contaminantes pelas estruturas do aterro significa colocar em risco a qualidade do solo e água do local e entorno.

Importa destacar também que os mapas orientativos como o de Solos do Estado de São Paulo (Oliveira *et al.*, 1999, 2006) e a Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, (IPT, 1994) utilizados para elaboração dos relatórios ambientais constituem orientação e não devem substituir investigações locais inclusive das alternativas para implantação do aterro sanitário.

Por fim, a falta de limites bem definidos para critérios fundamentais na proteção do solo e água pode ser observada também em críticas feitas Dajic *et al.* (2016) e outros autores à Diretiva 31/1999 da União Europeia, que não estabelece limites para a profundidade do lençol freático e portanto para determinação da zona insaturada, sendo a regulamentação realizada de forma diferenciada pelos diversos países componentes do bloco da União Europeia.

A seguir serão abordados os critérios utilizados na locação de aterros sanitários nos outros estados mais populosos do Brasil (**Tabela 33**) visando igualmente verificar a convergência ou não em relação aos critérios utilizados pela CETESB.

**Tabela 33** - Critérios do meio físico utilizados pelos estados brasileiros Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul

Estado/ Critério	Distância do aterro a corpo de água superficial	Profundidade da zona insaturada	Coefficiente de permeabilidade (k)	Topografia	Área sujeita a inundação	Áreas instáveis (ocorrência de recalques, terrenos cársticos, com movimentos de massa ou erosão)
São Paulo (CETEB)	NBR 13896/97- mínimo de 200 m	NBR 13896/97 Mínimo de 1,5m, desejável- 3,0m	NBR 13896/97- Mínimo- $k \leq 1 \times 10^{-4}$ cm/s  Desejável- $1 \times 10^{-6}$ cm/s	NBR 13896/97  1% a 30%	NBR 13896/97- 100 anos	—  —
INEA. Rio de Janeiro IT-1302.R-1 – Instrução Técnica para Requerimento de Licenças para Aterros Sanitários, DZ-041.R- 13,1994	NBR 13896/97- mínimo de 200 m	NBR 13896/97 Mínimo de 1,5m, desejável- 3,0m  Caracterização deve contemplar época de estiagem e de cheia	NBR 13896/97 Mínimo- $k \leq 1 \times 10^{-4}$ cm/s  Desejável- $1 \times 10^{-6}$ cm/s	NBR 13896/97  1% a 30%	Tempo de Recorrência- 100 anos  Órgão pode estabelecer estudos hidrológicos com tempos de recorrência de 10,25 ou 50 anos  - Definição das áreas susceptíveis a inundação conforme lei 12651/2012	—  —

Estado/ Critério	Distância do aterro a corpo de água superficial	Profundidade da zona insaturada	Coefficiente de permeabilidade (k)	Topografia	Área sujeita a inundação	Áreas instáveis (ocorrência de recalques, terrenos cársticos, com movimentos de massa ou erosão)
Minas Gerais (Deliberação Normativa COPAM nº118, 27 de junho de 2008)	Distância mínima de 300 m	Fundo da vala deve situar-se a mais de 3,0 m do nível do lençol freático	Localização em área com solo de baixa permeabilidade Observar NBR 13896/97	Declividade média inferior a 30%	Não permite implantação em área de inundação	Localização da área não poderá ocorrer, em nenhuma hipótese, em áreas erodidas, em especial em voçorocas, em áreas cársticas e APP
Rio Grande do Sul Diretriz Técnica Nº. 04/2017 e Portaria 18/2018--FEPAM	Distância mínima de 200m	Camada não saturada, com espessura superior a 3 metros, extensa e homogênea de materiais argiloso, siltico argiloso, areno argiloso (desejável) O nível da água do lençol freático deve situar-se no mínimo a 2 metros da base da célula do aterro	Coefficiente de permeabilidade inferior a $1 \times 10^{-6}$ cm/s;	A declividade da área deverá situar-se entre 2% (1,14°) e 20% (11,30°);	Não deve ser executado em áreas sujeitas a inundações, no período de recorrência de 100 anos	A área deve ser estruturalmente sólida e permanente, não sujeita a inundações, instabilidades geotécnicas (desmoronamentos, deslizamentos, subsidências) e outros fenômenos similares

\*\* Baseia-se na Portaria FEPAM 18/2018 que rege o licenciamento de aterros sanitários com base no Mapa de Sensibilidade Ambiental



Como se observa na **Tabela 33**, os estados brasileiros estudados aplicam de modo geral, a condições indicadas na norma da ABNT- NBR 13896/97.

Nesse sentido o Rio Grande do Sul aplica valor de declividade menos amplo que a norma brasileira (até 20%), assim como determina que a permeabilidade deva ser inferior a  $10^{-6}$  cm/s, não colocando a possibilidade de valores maiores para esse parâmetro, sendo que os outros estados utilizaram a declividade indicada em norma (1 % a 30%).

O Estado de Minas Gerais diferencia-se no estabelecimento de maior distância do aterro aos corpos de água superficiais, enquanto o do Rio de Janeiro em muitos casos requer o estudo da hidrologia considerando períodos de recorrência inferiores aos 100 anos além de indicar a observação das áreas de inundação previstas no Código Florestal.

De modo geral fica caracterizada a convergência de valores em relação à distância do aterro a corpo de água superficial, topografia, a área de inundação e tempo de recorrência, permeabilidade do terreno e profundidade da zona insaturada. entre os estados de São Paulo e Rio De Janeiro, que observam os limites estabelecidos pela NBR 13896/97. Essa convergência entre os dois estados pode ser igualmente observada na proteção à contaminação da água subterrânea, expressa pela zona insaturada que nos dois estados é de, no mínimo, um metro e meio (1,5) m do fundo da vala; já no estado de Minas Gerais a distância deve ser de, no mínimo, três (03) metros e no Rio Grande do Sul a distância mínima a ser obedecida é de no mínimo dois (02) metros.

Um aspecto interessante do licenciamento de aterros no Estado do Rio Grande do Sul é a utilização de um Mapa de Sensibilidade Ambiental para estabelecimento do tipo de estudo solicitado no licenciamento (ordinário, EIA/RIMA e não aplicável). A sensibilidade leva em conta as limitações do meio físico nas unidades de relevo do Estado e característica da área como tipo de solo, potencial de contaminação do aquífero, gradiente topográfico, instabilidade geotécnica.

Constata-se na comparação realizada que, de modo geral, os estados brasileiros estudados não estabeleceram limites próprios para os critérios do meio físico a serem observados no licenciamento de aterros sanitários, com exceção de parâmetros como topografia no Rio Grande do Sul e distância do aterro a corpo hídrico superficial e espessura da zona saturada e área de inundação em Minas Gerais.

## 5.8 Considerações sobre os estudos de caracterização física realizados nas áreas de estudo

A análise dos estudos ambientais entregues por ocasião do licenciamento dos aterros selecionados mostra que em todos eles os parâmetros do meio físico indicados no Roteiro para elaboração de estudos ambientais e seus relatórios (São Paulo, 1989,1991) foram analisados, como foi apontado neste Capítulo, nos itens 5.1 a 5.6.

Destaca a Irlanda (1995) que o objetivo de uma investigação é determinar as características do local, tendo em conta os objetivos da Política de Meio Ambiente. A importância da investigação geotécnica também é colocada pela UE (2007) ao destacar que os objetivos de uma investigação geotécnica são estabelecer as condições e propriedades do solo, das rochas e das águas subterrâneas, e reunir informações adicionais conhecimento sobre o site.

Observa-se, no entanto, que essa caracterização do meio físico não se deu da mesma maneira em todos os aterros estudados, isto é, as investigações realizadas variam de um aterro para o outro, uma vez que o Manual da CETESB não é claro quanto aos métodos que devem ser utilizados para levantamento e caracterização dos parâmetros que devem ser analisados. Os TR's analisados também somente se referiam à caracterização geológica e geotécnica, sem estabelecer número de sondagens ou ensaios necessários; essa lacuna é observada também na NBR 8419/1992 que apenas indica alguns métodos possíveis para o estudo da área.

Essa variação nos métodos de investigação pode ser observada na **Tabela 34**, por exemplo, em relação ao número de sondagens realizadas pois há aterros com área superiores a 500.000m<sup>2</sup> (Onda Verde, Jambreiro e Sitio das Neves) onde foram executadas proporcionalmente menos sondagens para investigação do subsolo que terrenos menores (Cachoeira Paulista, Palmeiras, Piratininga).

A caracterização física dos solos foi realizada através de ensaios como limites de consistência (LL/LP1), granulometria, peso específico, também se mostra variável, isso no entanto, depende da homogeneidade do local de implantação, isto é, em terrenos onde ocorrem maiores variações de solo, esses se fazem necessários em maior número, a fim de caracterizar as diferenças de comportamento entre eles..

A investigação geofísica constituiu método de caracterização geológica em três aterros estudados, e sua execução atendeu principalmente ao que foi estabelecido no Termo de Referência. A referência a métodos de investigação geofísica não existe no Manual da CETESB, que prevê a avaliação da geologia sem especificar os métodos a serem utilizados.

Trata-se, portanto de solicitação do técnico que acompanha o processo de licenciamento ambiental daquele aterro, e não constitui procedimento a ser seguido por todas as agências.

A capacidade de carga da fundação foi estudada basicamente em função dos ensaios SPT realizados nas sondagens a percussão; apenas o Aterro Sitio das Neves, situado sobre argilas marinhas executou ensaios adicionais como CPTU e Vane Test, visando avaliar a deformação dessas argilas e os reflexos dessa deformabilidade na estabilidade do maciço de resíduos; outros aterros que apontaram a presença de material argiloso (Jambeiro, Piratininga) em sua fundação não realizaram ensaios similares.

**Tabela 34** – Métodos de caracterização do meio físico utilizados nos estudos analisados

<b>Parâmetros</b>	<b>Aterro de Cachoeira Paulista</b>	<b>Aterro Onda Verde</b>	<b>Aterro Piratininga</b>	<b>Aterro Jambeiro</b>	<b>Aterro Sítio das Neves</b>	<b>Aterro Palmeiras</b>	<b>Observações</b>
Área total (m2)	237.000	1.250.442.	755.000	1.389.926,35	2.540.000,00	553.967	-
Área do aterro (m2)	133.000	806.566,4	305.140	329.770	1.764.975,37	204.702	-
Sondagem a percussão	17	10	11	27	20	24	-
Sondagem a trado	4	-	10	10	-	04	-
Elaboração de perfis geológicos	Ausente	Ausente	Ausente	Sim	Ausente	Ausente	-
Ensaio de permeabilidade	06	10	10	04	-	02	-
Investigação Geofísica	7 SEV	Ausente	12 SEV e 13 caminhamentos elétricos	7 SEV	Ausente	Ausente	-
Limites de consistência (LL/LP)	04	10	08	02 (representativos tipos de solo)	-	02	-
Granulometria	04	10	08	02	-	02	-
Cisalhamento/	08	Ausente	Ausente	-	02	-	Execução de CPTU e Vane Test em argilas marinhas
Compactação	04	10	08	19	-	02	-
Análise de água superficial	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Análise da água subterrânea	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	-

Fonte: Elaborado pela autora

A fim de diminuir a variação na investigação da área observada nos estudos apresentados e exemplificada na **Tabela 34**, sugere-se a adoção de uma tabela que relacione o tamanho da área com número de furos de sondagens e ensaios de caracterização física a serem executados nos materiais encontrados.

Esse número de sondagens seria o mínimo a ser observado, podendo ser maior, caso a geologia do local seja complexa e envolva muitas unidades presentes ou até mesmo ser menor, a critério do órgão ambiental, quando o empreendedor comprovasse por meio de mapas ou estudos anteriores que a geologia local pode ser caracterizada com um número menor de sondagens. Cumpre destacar ainda as sondagens deveriam ser dispostas em maior quantidade na ADA, que representa a área diretamente impactada pelo empreendimento, pois é nela que os equipamentos e o maciço se instalarão definitivamente.

A EU (2007) no Eurocode 1997: 2, embora não trate a investigação geotécnica para aterros sanitários separadamente, estabelece no Anexo B para barragens e açudes, estruturas similares à dos aterros, a execução de furos de sondagens localizados entre 25 a 75 metros de distância entre eles, o que pressupõe uma malha sistemática de amostragem.

Já o Manual do U.S Army Corps (2001) sugere para estudo de área de empréstimo sondagens em uma malha de 60 m; para outras obras de terra o manual do US sugere ainda que as sondagens devem dispostas em linhas a partir do centro da área a ser escavada, que representa o ponto de aplicação da maior tensão.

Ressalta-se que a investigação geológica e geotécnica é fundamental para permitir a identificação das camadas de solo e rocha e de horizontes mais ou menos permeáveis, que podem intervir na migração dos contaminantes e dessa forma, ao final, alterar a qualidade da água e do solo no local do aterro.

Portanto, o estabelecimento de critérios bem definidos para investigação das áreas certamente traria agilidade ao processo de licenciamento, visto que muitas vezes o órgão ambiental faz diversas solicitações adicionais, o que eleva o tempo de licenciamento; o mesmo pode ser dito para os critérios comparativos da alternativa locacional, devendo o órgão licenciador estabelecer quais os pontos a serem observados na comparação das áreas e mais, quantas áreas devem ser comparadas entre si.

## 5.9 Discussão dos resultados

A geração e o destino dos resíduos sólidos constituem, sem dúvida, um dos problemas mais sérios aos quais a sociedade moderna deve se dedicar com atenção e urgência.

A destinação ambientalmente adequada para os resíduos e rejeitos é o aterro sanitário. Dessa forma pressupõem-se ilegais a destinação em praias, no mar ou em qualquer outro corpo hídrico; projeção in natura a céu aberto, salvo os resíduos de mineração (RODRIGUES E MENTI, 2016).

No entanto, a disposição de resíduos, mesmo realizada de forma adequada de em aterros, é considerada atividade com potencial poluidor e deve obter licença ambiental, concedida pelo órgão competente.

O local de implantação desses aterros deve obedecer a uma série de condições dos meios físico, biótico, antrópico e social. A fim de verificar a importância atribuída ao meio físico na seleção dessas áreas foram estudados aterros sanitários licenciados no Estado de São Paulo, selecionados considerando-se a localização dos aterros sanitários no Mapa de Vulnerabilidade à Contaminação das Águas Subterrâneas (IG/CETESB/DAEE, 1997).

A avaliação da incorporação do meio físico na seleção do local para implantação do aterro baseou-se nos capítulos “Alternativas Locacionais” e “Diagnóstico do Meio Físico” que integram os estudos ambientais (EIA/RIMA e RAP) apresentados no processo de licenciamento ambiental.

Os critérios selecionados para análise nos estudos ambientais foram a permeabilidade do solo, zona insaturada e topografia por estarem presentes na NBR 13896/97 que norteia o projeto de aterros de resíduos não perigosos e que é utilizada pela CETESB.

Constatou-se que apesar da localização de aterros como o de Cachoeira Paulista, Onda Verde e Piratininga situarem-se em áreas de alta e média vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas, tal fato não foi considerado nem pelo empreendedor nem pelo órgão ambiental, que conduz o processo de licenciamento; as condicionantes técnicas das licenças emitidas são as mesmas para os aterros situados em áreas mais ou menos vulneráveis.

Na realidade, a questão da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas é, em geral, apenas tangenciada em alguns estudos ambientais analisados, e nos outros ela nem é considerada, apesar de praticamente todas as áreas de disposição terem sido indicadas como áreas de recarga do aquífero, inclusive por situarem-se em áreas de bacias sedimentares e constituírem aquíferos livres. A falta de avaliação da vulnerabilidade do aquífero representa uma fragilidade da avaliação do meio físico, pois os aquíferos constituem sistemas fechados

que, uma vez contaminados, exigem o emprego de métodos específicos de elevado custo para sua remediação e mais, avaliações iniciais de vulnerabilidade poderiam conduzir à tomada de decisões para minimizar ou evitar a contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.

Ainda em relação à vulnerabilidade do meio físico e a contaminação do aquífero, os estudos analisados citam a permeabilidade do solo como um fator que não é integrado na análise da potencial contaminação do aquífero; fica evidente em aterros como o de Cachoeira Paulista e Sitio das Neves que as condições do meio físico demandavam maior detalhamento e alteração dos sistemas de proteção (impermeabilização, alteamento ou outra medida de engenharia) uma vez que apresentaram contaminação da água subterrânea por metais e coliformes, mostrando que as medidas preventivas adotadas não foram suficientes.

A análise do meio físico na alternativa locacional foi a que mais apresentou variações. A maioria das alternativas locacionais apontadas nos relatórios não constituíam efetivamente alternativas por apresentarem, por exemplo, problemas com a documentação da área, área muito pequena, proximidade com núcleos habitacionais entre outros aspectos apontados pelos empreendedores. Novamente o meio físico nessas alternativas locacionais foi tratado de forma superficial, com menção geralmente feita à topografia com a utilização de expressões genéricas como relevo suave, relevo favorável, baixa declividade; a permeabilidade do solo ou mesmo a litologia que ocorria nas áreas indicadas não era apontada ou discutida.

Destaca-se aqui que a CETESB como órgão ambiental também não apresenta no Manual de Orientação para Elaboração do EIA/RIMA (2014) critérios objetivos para avaliação dessas alternativas locacionais, somente indica que essa comparação deve ser feita e deve-se apontar os motivos de escolha da área selecionada, o que pressupõe que o empreendedor apenas justifica a área que escolheu, sem a exigência de realizar estudos nas outras áreas; essa lacuna é também observada nos TRs analisados, ficando a escolha dos parâmetros de comparação ao alvedrio do empreendedor, restando ao órgão ambiental chancelar a escolha feita.

A ausência de alternativas locacionais ou a apresentação de alternativas que não constituem efetivamente uma opção para instalação do aterro sanitário já foi discutida por autores como Veronez e Montano (2017), Fernandes *et al.* (2017), Benson (2003), Steinemann (2001), Furlanetto (2012), Montañó *et al.* (2012) entre outros. Cumpre ressaltar que a alternativa locacional constitui pressuposto da proteção ambiental e do princípio da prevenção, pois uma avaliação ambiental bem conduzida proporciona efetividade à mitigação da contaminação.

Embora não se discuta a importância dos meios biótico e antrópico tem na análise ambiental de aterros sanitários, as propriedades do meio físico são determinantes para a escolha

de uma alternativa adequada, pois determinam a maior ou menor suscetibilidade à contaminação de recursos hídricos superficiais e subterrâneos e solo, pois os solos são o meio no qual os resíduos serão dispostos, com os quais haverá interação. Além disso, falta de critérios para essa comparação resulta numa resposta abstrata e imprecisa, que não reflete a avaliação ambiental de alternativas de forma efetiva.

A análise dos estudos ambientais apresentados no processo de licenciamento ambiental dos aterros sanitários aqui estudados mostram que o meio físico teve pouca ou nenhuma influência na seleção de áreas e ainda, que embora tenham sido atendidas as indicações sobre a caracterização dos aspectos do meio físico em todos os aterros, eles não tiveram efetiva participação na análise realizada pela CETESB, que apenas chancelou a indicação feita pelo empreendedor.

A instalação de aterros em áreas que apresentavam fatores do meio físico críticos como pequena profundidade da água subterrânea e solos com alta permeabilidade, provavelmente contribuíram para a contaminação da água subterrânea detectada em alguns aterros sanitários analisados.

Assim, o processo de licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras como os aterros sanitários, pode ser aprimorado, não só em relação aos prazos considerados longos, mas também em relação aos mecanismos de avaliação e controle ambiental, permitindo uma análise do meio ambiente integrada e que atenda aos requisitos de proteção dos recursos.

Esse aprimoramento pode ser feito a partir de um levantamento da área que considere de forma integrada todos os aspectos do meio físico, biótico e antrópico, pois observa-se que os levantamentos são colocados de forma descritiva e não são inter-relacionados, especialmente no que se refere ao meio físico.

A comparação dos critérios de locação utilizados pela CETESB com o de outros países, inclusive países em desenvolvimento como a Argentina e México, mostrou que os critérios paulistas são menos restritivos que os utilizados pelos outros países; como, por exemplo, o coeficiente de permeabilidade do solo estabelecido como sendo de  $10^{-9}$  m/s ou  $10^{-10}$  m/s na União Europeia ou México, enquanto no Estado de São Paulo admitem-se coeficientes da ordem de  $10^{-4}$  cm/s.

Cumpram-se ressaltar que a NBR 13896/1997 que norteia as características para locação de aterros foi editada há mais de duas décadas e não sofreu atualização ao longo deste tempo; os valores por ela estabelecidos refletem as exigências vigentes à época de sua edição e provavelmente não refletem, em sua totalidade, as demandas de proteção ambiental atualmente vigentes.



A mesma consideração pode ser feita em relação à distância de rios ou córregos, com distâncias maiores (portanto mais restritivas) no exterior e que pode ser mitigada no Estado de São Paulo, licenciando-se aterros com distância menores que 200 m do corpo de água superficial, sem a devida comprovação, por parte do empreendedor, de que essa redução não afetará a qualidade do meio ambiente; nesse sentido, caberia a comprovação de que estruturas como as lagoas de lixiviado não serão afetadas em uma eventual cheia do corpo de água superficial ou alterações no seu curso, que podem se processar ao longo da vida útil do aterro.

Observa-se na análise dos estudos ambientais selecionados, a exemplo do colocado por outros autores, a ocorrência de duas visões diferentes em relação ao licenciamento ambiental, uma do empreendedor, que é uma visão econômica, em que a escolha da área para implantação pauta-se fortemente por fatores econômicos, como discutido no Capítulo de Resultados e outra, a do órgão ambiental, cujo objetivo precípua é a proteção do meio ambiente, em todos os seus aspectos, apesar do órgão ambiental ter se manifestado favoravelmente à licença mesmo já havendo comprovação de alteração da qualidade da água subterrânea como no caso dos aterros de Cachoeira Paulista e Sítio das Neves, situação semelhante provavelmente deve ser encontrada no licenciamento de aterros que não foram estudados.

Apesar das fragilidades encontradas em relação à caracterização do meio físico e das deficiências observadas na inserção desse meio na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários, o licenciamento ambiental é de fundamental importância e merece ser aprimorado para incorporar o estabelecimento de critérios ainda mais objetivos para caracterização do meio físico (número de sondagens, ensaios executados), estabelecimento de critérios de comparação para as alternativas locais de modo que as áreas indicadas efetivamente representem alternativas bem como a incorporação de critérios como distância a poços de abastecimento e da área de proteção à inundação. Uma melhor delimitação dos estudos permitiria à equipe responsável pela elaboração dos estudos conhecer de antemão o que deve ser feito, diminuindo a quantidade de complementações solicitadas pelo órgão ambiental, exigindo-se maior detalhamento em situações em que a geologia e as condições físicas exijam maiores estudos como áreas altamente permeáveis, pequena espessura da área insaturada ou ainda a ocorrência de processos que possam interferir na estabilidade do aterro.

## 6 CONCLUSÕES

Considerando o objetivo geral do trabalho que foi avaliar os critérios aplicados ao meio físico no processo de licenciamento ambiental de aterros sanitários no Estado de São Paulo, tornou-se possível identificar através da revisão bibliográfica e leitura e análise dos estudos ambientais que esses critérios são constituídos basicamente pela permeabilidade do solo, distância do aterro a corpos de água superficiais, profundidade da zona instaurada e topografia.

Esses critérios são considerados por inúmeros autores como fatores de 1ª ordem, isto é, constituem os fatores de maior importância na determinação da aptidão da área para implantação de atividades que geram significativo impacto ambiental como os aterros sanitários.

A avaliação da eficácia dos atributos e exigências técnicas, legais e normativas relacionadas ao meio físico na seleção de áreas para aterros sanitários no processo de licenciamento ambiental foi realizada através da verificação da incorporação desses critérios nos estudos ambientais - EIA/RIMA e RAP's apresentados.

Concluiu-se que, apesar da importância dos fatores físicos na determinação da aptidão de uma área e de sua atuação como limitadores para a implantação do aterro sanitário, uma vez que esses fatores (solo, água e topografia) não são suscetíveis de alteração, eles não foram adequadamente considerados pelo empreendedor ou pelo órgão ambiental. Isso foi verificado em alguns aterros quando, apesar da solicitação da CETESB para a apresentação de alternativas locais, esta acabou legitimando a alternativa apontada pelo empreendedor; situação semelhante ocorre ~~em~~ mesmo quando, apesar da não adequação do critério considerado à norma, não foram feitas exigências adicionais para melhor proteção do meio, como no caso de zonas insaturadas pouco espessas ou permeabilidade do solo alta.

Sobre a comparação dos critérios do meio físico utilizados pela CETESB no Estado de São Paulo e os considerados em outros países, observou-se que em relação àqueles relacionados com a proteção dos recursos hídricos subterrâneos e solo que são coeficiente de permeabilidade do solo e a espessura da zona insaturada, os valores aqui adotados são menos restritivos e, portanto, merecem revisão para incorporar em sua avaliação os valores máximos estabelecidos pela norma federal (NBR 13896/1997).

A partir da análise comparativa dos critérios utilizados pelo órgão licenciador no Estado de São Paulo e de outros países e da análise dos estudos ambientais selecionados, este trabalho vem propor um aprimoramento do processo de licenciamento ambiental, mais do que exatamente a inserção de novos critérios de avaliação, como se coloca a seguir:

- definição de critérios claros e objetivos para comparação entre as áreas indicadas na alternativa locacional, atribuindo-se maiores pesos ao meio físico que a fatores econômicos, como se observou nos estudos analisados;

- definição dos estudos geológicos, geotécnicos e geomorfológicos mínimos para todos os aterros, de modo que a priori, o empreendedor saiba quais os levantamentos devem ser feitos, minimizando a apresentação de estudos que precisam muitas vezes ser reiteradamente complementados. Destaca-se aqui a importância da caracterização geológica, geomorfológica e geotécnica seja apresentada de modo interdisciplinar, com integração dos conhecimentos das diversas áreas, diferentemente do que se observa nos estudos atuais;

- o estabelecimento da profundidade do nível de água no valor máximo (3,0 m) já previsto na NBR 13896/97, valor esse que já é utilizado por outros países;

- o estabelecimento do coeficiente de permeabilidade no valor considerado desejável pela NBR 13896/97 que é da ordem de  $10^{-6}$  cm/s, e quando essa condição não for encontrada na área, exigir do empreendedor a comprovação de que o sistema de retenção e impermeabilização será efetivo e não comprometerá a qualidade do meio ambiente, a exemplo do que é feito nos EUA.

Sugere-se também a utilização de um mapa de sensibilidade ambiental ou de áreas críticas para instalação de empreendimentos potencialmente poluidores. Esse mapa contemplaria aspectos como a vulnerabilidade à contaminação de aquíferos (já existente), tipo de solos e unidades geológicas e cársticas do Estado de São Paulo.

Tais informações já estão disponíveis em base cartográfica no Estado de São Paulo e essa interação de fatores forneceria ao órgão licenciador e mesmo ao empreendedor, uma visão inicial das características físicas do local onde se pretende implantar o empreendimento, sem que haja substituição das investigações locais, devidamente indicadas.

Para estudos futuros sugere-se:

- ampliar o número de aterros estudados incluindo na nova análise aterros municipais de grande porte;

- ampliar os órgãos licenciadores para comparação dos critérios do meio físico utilizados na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAHI, U. S. **Evaluation of Models for Assessing Groundwater Vulnerability to Pollution in Nigeria.** *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 2(2): 138 – 142, v.2 n. ° 2, dec. 2009.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil 2017.** Disponível em <<http://www.abrelpe.com.br>>. Acesso em 20 de jun. 2018.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil 2016,** 64 p. Disponível em <<http://www.abrelpe.com.br>>. Acesso em 20 de jun. 2018.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil 2015,** 92 p. Disponível em <<http://www.abrelpe.com.br>>. Acesso em 07 de nov. de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE TERRESTRE (ANTT). Resolução nº 5232, de 14 de dezembro de 2016. **Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento Terrestre do Transporte de Produtos Perigosos, e dá outras providências.** Disponível em <[http://portal.antt.gov.br/index.php/content/view/50082/Resolucao\\_n\\_\\_5232.html](http://portal.antt.gov.br/index.php/content/view/50082/Resolucao_n__5232.html)>. Acesso em 07 de nov. de 2017.

AGRA FILHO, S.S.; MARINHO, M. M. O; Orrico, S.R.M. **Oportunidades de aprimoramento do processo de avaliação de impacto ambiental no Estado da Bahia.** *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* – Número 26 – dezembro de 2012, 33-43 p

AGRA FILHO, Severino Soares. **Avaliação Ambiental Estratégica- uma alternativa de incorporação da questão ambiental no processo de desenvolvimento.** Tese (Doutorado): Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia, 2002, 254 p.

AL-FARAJAT, M, Mohammed, Abdullah Diabat, Rida Al-Adamat and Hani Al-Amoush. **Geo-structural Analysis Accompanied by GIS Vulnerability Mapping Validated by Hydro-chemical Modeling in Determining Spatial Expansion of Landfills: Case Study from Jordan.** *Jordan Journal of Civil Engineering*, Volume 10, No. 3, 2016, 24 p.

ALLER, L., Bennett, T., Lehr, J.H., Petty, R., Hackett, G., **DRASTIC: A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings.** US. E.P.A, EPA/600/2-87/035, 1987, EUA.

ALMEIDA, A.N.de; OLIVEIRA, N. B.de; DA SILVA, J. C.; LEODORO, C.; ANGELO H.. **Principais deficiências nos estudos de impacto ambiental.** *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, (2016): 3(4): 3-14. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.21438/rbgas.030401>>. Acesso em 20 de fev. 2018.

ALMEIDA, M. R. R.; MONTAÑO, M.. **The effectiveness of environmental impact assesment system in São Paulo e Minas Gerais States.** *Ambiente & Sociedade* n São Paulo v. XX, n. 2 n p. 79-106 n abr.-jun. 2017.

ALVES, D. C. & TEIXEIRA, R. M. Estudo Comparativo das Técnicas de Tratamento do Chorume utilizadas em alguns Aterros Sanitários. ICTR 2004 – Congresso Brasileiro De Ciência E Tecnologia Em Resíduos E Desenvolvimento Sustentável, Florianópolis-SC.

AMECO Environmental Service. **Manual on Landfill Site Assessment and Selection in Georgia**. Disponível em <[http://api.commissiener.nl/docs/mer/diversen/os\\_manual\\_landfill\\_georgia.pdf](http://api.commissiener.nl/docs/mer/diversen/os_manual_landfill_georgia.pdf)> Acesso em 20 de fev. 2018.

ARAÚJO, Felipe Ramos Nabuco de; NOBREGA, Rodrigo Affonso de Albuquerque. **Modelagem Espacial Multicriterial no desenvolvimento de alternativas locais**. 3º Congresso de Avaliação de Impacto/4ª conferência da Rede de Língua Portuguesa de Avaliação de Impactos, Ribeirão Preto-SP, 10-14/10/2016.

ARGENTINA. Secretario de Política Ambiental. **Resolucion no 1143/02. Disposicion de Residuos Sólidos Urbanos em Rellenos Sanitarios**. La Plata, 13 de agosto de 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – ABNT. **NBR 15421. Projeto de estruturas resistentes a sismo: Procedimentos**. Rio de Janeiro-RJ, 26 p.2006.

\_\_\_\_\_ – ABNT **NBR 13221- Transporte terrestre de resíduos**. Rio de Janeiro, 2010, 6 p.

\_\_\_\_\_ – ABNT. **NBR 9190. Sacos plásticos para acondicionamento de lixo**. Rio de Janeiro, 7 p. 2002.

\_\_\_\_\_ – ABNT. **NBR 13463- Coleta de resíduos sólidos**: classifica a coleta de resíduos sólidos urbanos dos equipamentos destinados a esta coleta, dos tipos de sistema de trabalho, do acondicionamento destes resíduos e das estações de transbordo. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_ – ABNT. **NBR 12980- Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos**: define os termos utilizados na coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos. 1993

\_\_\_\_\_ – ABNT. **NBR 13.896. Aterros de resíduos não perigosos – critérios de projeto, implantação e operação** – Procedimento. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_ – ABNT. **NBR 8.419. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_ – ABNT. **NBR. 10157. Aterros de resíduos perigosos: Critérios para projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, dez/1987, 13 p.

AZEVEDO, Mônica de Abreu. **Avaliação do Risco à Saúde da População Vizinha às Áreas de Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos: O aterro Sanitário como Cenário de Exposição Ambiental**. Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos. USP, 2004, 307 p.

BALL, Jarrod M. **Landfill site selection**. Proceedings Sardinia 2005, Tenth International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy; 3 - 7 October 2005.

BENDA, Fabricia. **Favorabilidade de Áreas para Implantação de Aterros Controlados no Município de Campos dos Goytacazes/RJ utilizando Sistemas de Informação Geográfica**.

Dissertação (Mestrado) apresentada à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2008, 158 p.

BENSON, John F. **What is the alternative? Impact assessment tools and sustainable planning.** Impact Assessment and Project Appraisal, v. 21, n. 4, p. 261-280, 2003.

BEZERRA, João Paulo Peres. **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos nos municípios da UGRHI-14 ALTO PARANAPANEMA: Interfaces Concretas e Potencialidades.** Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campos de Presidente Prudente, Programa de Pós-Graduação Em Geografia, 2015, 401 p.

BIDONE, Francisco Antonio; POVINELLI, Jurandy. **Conceitos básicos de resíduos sólidos.** 1ª ed., 1999, EESC-USP, 109 p.

BORBA, William Fernando de. **Vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea em área ocupada por aterro sanitário em Seberi-RS.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria-RS, Engenharia Ambiental, 2016, 174 p.

BOSCOV, Maria Eugenia Gimenez. **Geotecnia Ambiental.** Oficina de Textos: São Paulo, 2008

BRASIL Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Aprova a edição do PCA 3-3, que dispõe sobre o Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário – PBGRA nos aeródromos brasileiros.** (2017) Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/pca-plano-do-comando-da-aeronautica?download=130:pca-3-3>>. Acesso em 15 out. 2017.

BRASIL. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?downloads>> Acesso em 15 out. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução no 357.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências Diário Oficial da União, Brasília/DF, 18/03/2005.

\_\_\_\_\_. **Resolução no 313.** Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Publicada no DOU no 226, de 22 de novembro de 2002, Seção1. Disponível em <[http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao/residuos/CONAMA\\_3132002.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao/residuos/CONAMA_3132002.pdf)> Acesso em 01 de fev. 2019.

\_\_\_\_\_. **Resolução n. 01** Dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental. Diário Oficial da União, Brasília- DF, 17 fev 1986.

\_\_\_\_\_. **Resolução n.237,** de 22 de dezembro de 1997. Dispõe sobre licenciamento ambiental; competência da União, Estados e Municípios; listagem de atividades sujeitas ao licenciamento; Estudos Ambientais, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental. Diário Oficial da União, Brasília-DF, 22 dez. 1997.

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Brasília: Diário Oficial da União, 2010. Disponível em <[www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br)> Acesso em 06 mai. 2016.

BRASIL. **Decreto nº 7404.** Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato20072010/2010/Decreto/D7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20072010/2010/Decreto/D7404.htm)> Diário Oficial da União, Acesso em 24 dez. 2016.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília- DF, 02 set.1981.

BRITISH COLUMBIA (Canadá). MINISTERIO do Meio Ambiente. **Landfill Criteria for Municipal Solid Waste.** Second Edition, 2016. Disponível em <<https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/waste-management/garbage/landfills>> Acesso em 15 de dez. 2017.

BRUSCHI, D. **Análise do Programa Minas sem Lixões: contribuição à gestão de resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais, 2003-2010.** Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2011.

CÂMARA NETA, *Maria da Silveira et al.* Licenciamento ambiental: Conflito de interesses. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal – PB, Vol. 10, Nº 5 (ESPECIAL), p. 76 - 80, dez., 2015

CAPELO NETO, J.; CASTRO M.A.H.de. **Simulação e avaliação do desempenho hidrológico da drenagem horizontal de percolado em aterro sanitário**, Eng. Sanit. Ambient. vol.10, no.3, Rio de Janeiro July/Sept. 2005.

CARDOSO JÚNIOR, Ricardo Abranches Felix; MAGRINI, Alessandra; DA HORA Antônio Ferreira. **Environmental licensing process of power transmission in Brazil update analysis: Case study of the Madeira transmission system** /EnergyPolicy67(2014)281–289. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.040>>. Acesso em 27 de fev. 2019.

CARVAJAL, L.X. N.; VALENCIA, J.A.R.V.; VALENCIA, J.L.R. Contaminación fisicoquímica de acuíferos por los lixiviados generados del relleno sanitario El Carrasco, de Bucaramanga. **Producción + Limpia** -Enero - Junio de 2016. Vol.11, No.1 - 66•74.

CASTRO, Marcus Cesar Avezum Alves. **Avaliação de um sistema australiano de lagoas no tratamento conjunto de esgoto sanitário e líquidos percolados gerados em um aterro sanitário.** Tese (Doutoramento) apresentada a Escola de Engenharia de São Carlos, 2001, 278

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares.** SMA/CETESB, São Paulo, 2018. Disponível em <http://cetesb.sp.gov.br/solo/publicacoes-e-relatorios/> acesso em 03/06/2019.

\_\_\_\_\_. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares.** SMA/CETESB, São Paulo, 2016. Disponível em <http://cetesb.sp.gov.br/solo/publicacoes-e-relatorio/>, acesso em 03/10/2017.

\_\_\_\_\_. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Manual para Elaboração de Estudos para o Licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental**. Anexo Único da DD 217/2014 (de que tratam, respectivamente, o § 3º do artigo 4º (RAP) e o § 1º do artigo 6º (EIA/RIMA) da Decisão de Diretoria nº 153/2014/I, de 28, publicada em 29 de maio de 2014). Disponível em <<http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/cetesb/documentos/Manual-DD-217-14.pdf>>. Acesso em 15 de ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relação de áreas contaminadas e rehabilitadas**. SMA/CETESB, 2017. Disponível em <<http://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/relacao-de-areas-contaminadas/>>. Acesso em 10 de jan. 2018.

CHABUK, ALI; AL-ANSARI, N.; HUSSAIN; M, KNUTSSON; S. PUSCH; R. **Landfill site selection using geographic information system and analytical hierarchy process: A case study Al-Hillah Qadhaa, Babylon, Iraq**, *Waste Management & Research*, Vol. 34(5) 427–437, 2016. DOI: 10.1177/0734242X16633778.

CHRISTENSEN, THOMAS H. **Solid Waste Technology and Management**. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication, v.1, 2011,1022 p.

CIULA J.; GASKA, K.; GENEROWICZ, A.; HAJDUGA, G. **Energy from Landfill Gas as an Example of Circular Economy**, *E3S Web of Conferences* **30**, 03002 (2018) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183003002>, Water, Wastewater and Energy in Smart Cities.

CONKE, L. S.& NASCIMENTO, E.P.do. **A coleta seletiva nas pesquisas brasileiras: uma avaliação metodológica**. urbe. *Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management)*, 2018 jan./abr., 10(1), 199-212.

COPAM. Conselho Estadual De Política Ambiental De Minas Gerais. **Deliberação Normativa nº 118, de 27 de junho de 2008**. Alteram os artigos 2º, 3º e 4º da Deliberação Normativa 52/2001, estabelece novas diretrizes para adequação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado, e dá outras providências. Minas Gerais, Belo Horizonte, 28 jun. COPAM, 2008.

COSTA, B. S.; RIBEIRO, J. C. J. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: direitos e deveres**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2013.

CREMONEZ, F.E.; CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M.; CAMARGO, M. P.de, KLAJN, F. F.; FEIDEN,. A. **Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil**. *Revista Monografias Ambientais - REMOA* v.13, n.5, dez. 2014, p.3821-3830 *Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria*, DOI:10.5902/2236130814689.

DAEE/UNESP/SÃO PAULO. **Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo: Diretrizes de Utilização e Proteção**. São Paulo. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Universidade Estadual Paulista, 2013, 44 p.

DAJIC, Ana *et al.* **Landfill design: need for improvement of water and soil protection**. *Clean Techn Environ Policy* (2016) 18:753–764, DOI 10.1007/s10098-015-1046-2.

DAS, Braja M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. 7ª ed (traduzida): São Paulo: Cengage Learning, 2014, 606 p.



DIAS, Sylmara Gonçalves. **O Desafio da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.** Rev. Sociedade e Gestão, vol.11 nº1 jan/jun 2012.

DOMINGOS, Diego de Campos; BOEIRA, Sergio Luis. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos domiciliares: Análise do atual cenário no município de Florianópolis. **Journal of Environmental Management and Sustainability – JEMS.** Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS, Vol. 4, N. 3. set/dez. 2015. Disponível em <<http://www.revistageas.org.br/ojs/index.php/geas/article/view/275/164>> Acesso em 10 mai. 2019.

DONEVSKA, K. R; GORSEVSKI, P. V.; JOVANOVSKI Milorad; PEŠEVSKI, I. **Regional non-hazardous landfill site selection by integrating fuzzy logic, AHP and geographic information systems,** Environ Earth Sci 67:121-131, 2012, DOI 10.1007/s12665-011-1485-y.

DUARTE, Denise Pontes. **Seleção de áreas para Aterros Sanitários Consorciados utilizando Análise Multicritério: Revisão Sistemática.** Revista de Engenharia e Tecnologia, V. 7, Nº. 3, Ago/2015, p. 238-248.

DUBEY, A.M.; CHAKRABARTI, B; PANDIT, D. P.. **Landfill mining as a remediation technique for open dumpsites in India.** Procedia Environmental Sciences 35 (2016), 319 – 327.

EEA. European Environmental Agency **Managing municipal solid waste** — a review of achievements in 32 European countries, EEA Report No 2/2013. Disponível em <<https://www.eea.europa.eu/publications/managing-municipal-solid-waste>>. Acesso em 28 de dez. 2018.

\_\_\_\_\_. SOER 2015 <Cross-country comparisons> **Waste — municipal solid waste generation and management, state and outlook.** 2015. Disponível em <<http://www.eea.europa.eu/soer>>. Acesso em 20 de fev. 2018.

EISELT, H.A, MARIANOV, Vladimir. **A bi-objective model for the location of landfills for municipal solid waste.** European Journal of Operational Research, 235(2014):187-194 p.

Environmental Protection Agency. EPA (USA). **Code of Federal Regulations Title 40: Protection of Environment Part 258: CRITERIA FOR MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS.** Disponível em <<https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2003-title40-vol22/pdf/CFR-2003-title40-vol22-part258.pdf>> Acesso em 10 de dez. 2017.

Environmental Protection Agency. EPA. (USA). **Federal Water Pollution Control ACT**, november 2002, 234 p. Disponível em <<https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-water-act>> Environmental Protection Agency>.

\_\_\_\_\_. EPA (USA). **Criteria for Solid Waste Disposal Facilities.** A Guide for Owners/Operators, 1993, 22 p.

\_\_\_\_\_. (USA) **Advancing Sustainable Materials Management: 2015 Fact Sheet.** Disponível em <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-07/documents/2015\\_smm\\_msw\\_factsheet\\_07242018\\_fnl\\_508\\_002.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-07/documents/2015_smm_msw_factsheet_07242018_fnl_508_002.pdf)> Acesso em 28 de dez. 2018.

\_\_\_\_\_. EPA (USA). **Guidelines on the informativos to be contained in Enviromental Impact Assement Report**. 2017 (august).

\_\_\_\_\_. EPA (USA). 2010. **Landfill Gas Energy Cost Model (LFGcost)**, Version 2.2. LMOP, Climate Change Division, U.S. EPA. July 2010.

\_\_\_\_\_. EPA. **Advancing Sustainable Materials management: Facts and Figures 2014**. Disponível em <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-11/documents/2014\\_smm\\_tablesfigures\\_508.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-11/documents/2014_smm_tablesfigures_508.pdf)> Acesso em 10 de dez de 2017.

\_\_\_\_\_. EPA (USA). **Municipal Solid Waste Infographic with 2015 Data**. Disponível em <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-07/documents/final\\_accessible\\_2018\\_Info-graphic.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-07/documents/final_accessible_2018_Info-graphic.pdf)>. Acesso em 20 de jan. 2019.

EUROSTAT. **Municipal waste statistics**. Disponível em <[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal\\_waste\\_statistics#Municipal\\_waste\\_generation](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_generation)>. Acesso em 04 de mar. 2018.

\_\_\_\_\_. **Municipal waste statistics**. Disponível em <[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal\\_waste\\_statistics#municipal\\_wastetreatment](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics#municipal_wastetreatment)>. Acesso em 20 de jun. 2019.

\_\_\_\_\_. **Statistic explained**. Waste management indicators. Disponível em <[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste\\_management\\_indicators#Further\\_Eurostat\\_information](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_management_indicators#Further_Eurostat_information)> Acesso em 10 de dez. 2017.

EZAKI, Sibebe. **Íons de metais pesados (Pb, Cu, Cr e Ni) associados a solos de cobertura de resíduos sólidos em dois aterros sanitários da Região Metropolitana de São Paulo-SP**. Dissertação (Mestrado em Hidrogeologia) – Instituto de Geologia, Universidade de São Paulo, 2004, 137 p.

FARIA, Bruna Fernanda de. **A influência das áreas de disposição de resíduos sólidos da cidade de Campinas, SP na qualidade das águas: Determinação de metais empregando a fluorescência de Raios X por reflexão total com radiação Síncrotron**. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. UNICAMP, 2012, 221 p.

FEITOSA, Fernando Antônio Carneiro; Manoel Filho, João (coord). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. CPRM, LABHID-UFPE, 1997, 412 p.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS. **DIRETRIZ TÉCNICA Nº. 04/2017**: Diretriz Técnica para o Licenciamento ambiental da Atividade de Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos.

FERNANDES, Ana Heloisa Vilela Maiko de Ávila; CASSIANO, Thales Cardoso Saraiva; GUIMARÃES1, Maria Rita Raimundo e ALMEIDA. **Alternativas locais em Avaliação de Impacto Ambiental de rodovias mineira**. *Desenvolv. Meio Ambiente*, v. 43, Edição Especial: Avaliação de Impacto Ambiental, p. 73-90, dezembro 2017. DOI: 10.5380/dma.v43i0.54056..

FERREIRA, A. G. **Estudo dos lixiviados das frações do Aterro Sanitário de São Carlos-SP por meio da caracterização físico-química**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos-USP, 2010, 152 p.

FERREIRA, Evaldo de Melo, Karla Alcione da Silva Cruvinel, DA COSTA, Eliabe Soares. **Disposição final dos resíduos sólidos urbanos: diagnóstico da gestão do município de Santo Antônio de Goiás**. *Revista Monografias Ambientais - REMOA* v.14, n.3, mai-ago. 2014, p.3401-3411.

FERREIRA, J. P. Lobo & OLIVEIRA, M. M. **Groundwater vulnerability assessment in Portugal**. *Geofísica Internacional*, 2004, Vol. 43, Num. 4, pp. 541-550.

FERREIRA, Leandro José; RIBEIRO, José Cláudio Junqueira. **A participação popular na avaliação de impacto ambiental: um olhar democrático para a proteção ambiental**. *Revista da Faculdade de Direito UFPR*, Curitiba, PR, Brasil, v. 63, n. 2, p. 59-87, ago. 2018. ISSN 2236-7284. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/direito/article/view/58522>>. Acesso em: 30 ago. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rfdufpr.v63i2.58522>.

FERREIRA, Luciana M. R.; DANTAS, Maria das Graças F.; ODA, Geraldo Hideo; IRITANI, Mara Akie & CASARINI, Dorothy C. P. **Mapeamento da Vulnerabilidade e Risco de Poluição das Águas Subterrâneas na Região Metropolitana de Campinas, SP**. Anais do 1<sup>st</sup> Joint World Congress on Groundwater, 2000, Fortaleza.

FITTS, Charles Richard. **Águas Subterrâneas**. Tradução: Daniel Vieira, 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015, 571 p.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. **Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data**. Lima: CEPIS/PAHO/WHO, 1988, 78 p.

FOSTER, Stephen *et al.* **Proteção da qualidade da água subterrânea: Um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais**. BANCO MUNDIAL, Washington, D.C.2006.

FOUFOU, A.; DJORFI, S.; HAIED, N.; KECHICHED, R.; AZLAOUI, M.; HANI, A. **Water pollution diagnosis and risk assessment of Wadi Zied plain aquifer caused by the leachates of Annaba landfill (N-E Algeria)**. International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES17, 21-24 April 2017, Beirut Lebanon. Doi 10.1016/j.egypro.2017.07.123.

FRÄNDEGÅRD, Pe, Joakim Krook, Niclas Svensson **Integrating remediation and resource recovery: On the economic conditions of landfill mining**. *Waste Management*, 42 (2015), 137–147.

FRATTA, K. S. A.; TONELI, J.T. C.L.; ANTONIO, G.C. **Diagnosis of the management of solid urban waste of the municipalities of ABC Paulista of Brasil through the application of sustainability indicators**. *Waste Management* 85 (2019), 11–17. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.12.001>> Acesso em 05 de maio de 2017.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. FGV Projetos. **Política Nacional e Gestão de Resíduos Sólidos**, N° 22, 2015, 72 p.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Propostas para o Programa de Resíduos Sólidos – Funasa**. Brasília, 2014, 44 p. Disponível em <<http://www.funasa.gov.br>>. Acesso em 05 de maio de 2017.

FURLANETTO, TIAGO. **Estudo de alternativas locais para a viabilidade ambiental de empreendimentos: o caso do aeroporto de Ribeirão Preto – SP**. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2012.

GALLARDO, L.C.F.; SILVA, J. C. da; GAUDERETO, G.L.; SOZINHO, D. W. F. **A avaliação de impactos cumulativos no planejamento ambiental de hidrelétricas na bacia do rio Teles Pires (região amazônica)**. Vol. 43, Edição Especial: Avaliação de Impacto Ambiental, dezembro 2017. DOI: 10.5380/dma.v43i0.53818.

GOSH, Sadhan Kumar. **Sustainable SWM in developing countries focusing on faster growing economies, India and China**. International Conference on Solid Waste Management, 5IconSWM 2015, *Procedia Environmental Sciences* 35 (2016) 176 – 184, doi: 10.1016/j.proenv.2016.07.073

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 1503-1510, 2012.

GLUCKER, A.N.; DRIESSEN, P.P. J.; KOLHOFF, A.; RUNHAAR, H. A.C. Public participation in environmental impact assessment: why, who and how? *Environmental Impact Assessment Review* 43 (2013) 104–111, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ear.2013.06.003>.

GRANTHAM, G; LUCAS, J.L. **Monitoring Of The Unsaturated Zone As An Aid In Aquifer Protection**. Hydrogeology in the Service of Man, Mémoires of the 18th Congress of the International Association of Hydrogeologists, Cambridge, 1985.

GUIGUER, Nilson & Michael Wolfgang Kohnke. **Métodos para determinação da vulnerabilidade de aquíferos**. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 10-13/09/2002, Florianópolis/SC.

GUSCA, J.; FAINZILBERGS, M.; MUIZNIECE, I. **Life cycle assessment of landfill mining Project**. International Scientific Conference “Environmental and Climate Technologies – CONECT 2014” *Energy Procedia* 72 (2015) 322 – 328. doi: 10.1016/j.egypro.2015.06.047.

GUTIERRES, P.G.; SILVA, Y.F. SILVA, M. L. M. da; BORGES, L. A. C. **Evolução do sistema de avaliação de impacto ambiental no Brasil com ênfase no Estado de São Paulo** *Sustentare*, v.2, n. 2, ago/dez 2018, p. 132 -144.

HADŽIĆ E; LAZOVICA., N.; MULAOMEROVIĆ-ŠETA, A. **The importance of groundwater vulnerability maps in the protection of groundwater sources**. Key study: Sarajevsko Polje. *Procedia Environmental Sciences* 25 (2015) 104 – 111.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de saneamento 2011**. <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=resultados>>. Acesso em 06 de mai. 2016.

IBRAHIM, Mohamed Ibrahim Mohamed & Nanis Abd El Monem Mohamed. **Towards Sustainable Management of Solid Waste in Egypt**. Improving Sustainability Concept in Developing Countries *Procedia Environmental Sciences* 34 (2016) 336 – 347, doi: 10.1016/j.proenv.2016.04.030.

IG/CETESB/DAEE. 1997. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. IG/CETESB/DAEE. v.1. 144 p.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro. **IT-1302.R-1 – Instrução Técnica para Requerimento de Licenças para Aterros Sanitários, DZ-041.R-13** Publicada no DOERJ de 09 de dezembro de 1994.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Vilhena, André (coord). **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. São Paulo, 374 p., 4ª edição, 2018.

\_\_\_\_\_. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. Nilza Jardim *et al.* (Coord), 1ª edição. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: CEMPRE, 1995.

\_\_\_\_\_. **Carta Geotécnica do Estado de São Paulo**. Escala 1:500.00, São Paulo, 1994.

IRLANDA. Environmental Protection Agency. EPA **Guidelines on the information to be contained in environmental impacts assessment reports**. August 2017.

\_\_\_\_\_. **Landfill manuals: Investigations for Landfills**. 1995.

JACOBI, P. R. & BESEN, Gina. Rizpah. **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade**. *Estudos Avançados*, v. 25, n. 71, p. 137-158, 2011.

JARAMILLO, Jorge. **Guidelines for the design, construction, and operation of manual sanitary landfills**. PAHO/CEPIS/PUB/03.108.2003, 299 p. Disponível em <<http://www.bvsde.paho.org/bvsars/i/fulltext/manual/manual.html#sani>>. Acesso em 20 de abr. 2019.

JAVAHERI, H.; NASRABADI, T.; JAFARIAN, M. H.; ROWSHAN, G. R.; KHOSHNAM, H. **Site Selection of Municipal Solid Waste Landfill Using Analytical Hierarchy Process Method in a Geographical Information Technology Environment in Giroft**. *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.*, 2006, Vol. 3, No. 3, pp. 177-184.

JERONYMO, A. C.J.; BERMAN, C.; GUERRA, S. M. G. **Considerações sobre a desconstrução do licenciamento ambiental brasileiro**. *RAE GA* 26 (2012), p.182-204. Disponível em <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/30156>> Acesso em 04 de mar. 2018.

JOSIMOVIC, B.; MARIC, I. **Methodology for the Regional Landfill Site Selection**. Disponível em <[http://cdn.intechopen.com/pdfs/38102/InTech-methodology\\_for\\_the\\_regional\\_landfill\\_site\\_selection.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/38102/InTech-methodology_for_the_regional_landfill_site_selection.pdf)> Acesso em 19 de ago. 2017.

KADIR, S. A.S. K.; YIN, C.Y.; SULAIMAN, M.R.; CHEN, X.; EL-HARBAWI, M. **Incineration of municipal solid waste in Malaysia: Salient issues, policies and waste-to-energy initiatives**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24(2013):181–186, <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.041>> Acesso em 04 de mar. 2018.

KAWATOKO, IVIE EMI SAKUMA. **Ferramentas de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos para os planos municipais de saneamento básico, aplicadas ao estudo de caso de Campinas-SP.** Tese (Doutoramento). Escola de Engenharia de São Carlos-USP, 2015, 319 p.

KAZA, S.; PERINAZ BHADA-TATA, L.Y.; VAN WOERDEN, Frank (org). **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.** International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington, DC 20433.

KHARAT, M. G.; KAMBLE, S.J.; RAUT, R. D; KAMBLE, S. S. Identification and evaluation of landfill site selection criteria using a hybrid Fuzzy Delphi, Fuzzy AHP and DEMATEL based approach. **Model. Earth Syst. Environ.** 2:98, 2016, 13 p.

KOBAYASHI, Y.; PETERS, G.; KHANA, S. J. Towards More Holistic Environmental Impact Assessment: Hybridisation of Life Cycle Assessment and Quantitative Risk Assessment. *Procedia CIRP* 29 (2015) 378 – 383- The 22nd CIRP conference on Life Cycle Engineering, the scientific committee of The 22nd CIRP conference on Life Cycle Engineering, doi: 10.1016/j.procir.2015.01.064.

KONTOS, T. D.; KOMILIS, D. P.; KOMILIS; HALVADAKIS, C. P. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. **Waste Management**, 25 (2005), 818–832 p.

KUMAR, Prashant *et al.* Index-based groundwater vulnerability mapping models using hydrogeological settings: A critical evaluation. **Environmental Impact Assessment Review** 51 (2015), 38–49 p.

LARREY-LASSALLE, Pyrène, Laureline Catel Philippe Roux, Ralph K. Rosenbaum, Miguel Lopez-Ferber, Guillaume Junqua, Eléonore Loiseau. **An innovative implementation of LCA within the EIA procedure: Lessons learned from two Wastewater Treatment Plant case studies.** *Environmental Impact Assessment Review* 63 (2017) 95–106, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2016.12.004>.

LEITE, W.C.A.; PUGLIESI, E.; CASTRO, M. C. A. A.de SCHALCH, V. **Exigências para o licenciamento ambiental de áreas para implantação de aterros sanitários no Brasil: a experiência do município de São Carlos (SP).** *Actas 7mo Congreso de Meio Ambiente AUGM, La Plata-Argentina*, 22 a 24 de mayo de 2012, 28 p.

LEME, M.M.V., Rocha, M.H., Lora, E.E.S., Venturini, O.J., Lopes, B.M., Ferreira, C.H., 2014. **Techno-economic analysis and environmental impact assessment of energy recovery from Municipal Solid Waste (MSW) in Brazil.** *Resour. Conserv.Recycl.* 87, 8–20. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.03.003>> Acesso 02 de fev. 2019.

LIKANEN, Miia *et al.* **Steps towards more environmentally sustainable municipal solid waste management - A life cycle assessment study of São Paulo, Brazil.** *Journal of Cleaner Production* 196 (2018) 150e162, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.005>

LIMA, Andreia Nogueira. **Análise do monitoramento da contaminação ambiental do solo do aterro de resíduos sólidos urbanos encerrado de Seropédica.** Dissertação de Mestrado apresentada a Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca-RJ, 2015, 166P.

LIMA, Gustavo Ferreira da Costa. **Consumo e resíduos sólidos no Brasil: As contribuições da Educação Ambiental.** Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n.37, set/2015, p. 47-57.

LIMA, José da Silva. **Avaliação da Contaminação do Lençol Freático do Lixão do Município de São Pedro da Aldeia—RJ.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia: Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, Rio de Janeiro, 2003, 101 p

LIMA, Maria Isabel Leite Silva de; REI, Fernando. **40 anos de licenciamento ambiental: um reexame necessário.** Revista de Direito Econômico e Socioambiental, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 378-410, maio/ago. 2017. doi: 10.7213/rev.dir.econ.soc.v8i2.16646.

LIMA, P. de M. *et al.* **Environmental assessment of existing and alternative options for management of municipal solid waste in Brazil.** Waste Management 78 (2018) 857–870.

LINO, Isabela Coutinho. **Seleção de Áreas para Implantação de Aterros Sanitários: Análise Comparativa de Métodos.** Dissertação (Mestrado) apresentada a Universidade Estadual Paulista- UNESP campus de Rio Claro, 2007.

LOMASSO, Alexandre Lourenço *et al.* **Benefícios e Desafios na implementação da Reciclagem: Um estudo de Caso no Centro Mineiro de Referência em Resíduos (CMRR).** Revista Pensar Gestão e Administração, v. 3, n. 2, jan. 2015.

LOUREIRO, Saulo Machado. **Índice de qualidade no sistema da gestão ambiental em aterros de resíduos sólidos urbanos – IQS.** Dissertação (Mestrado). UFRJ-COPPE, Engenharia Civil, 2005, 489 p.

MACHADO, Daniela Alcântara. **Caracterização Hidrogeológica e Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrâneas no Entorno do Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo- Sete Lagoas/MG.** Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia, UFMG, 2011.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro.** 21. São Paulo: ed. Malheiros, 2013.

MACHIWAL, Deepesh, Madan Kumar Jhab, Vijay P. Singhc, Chinchu Mohand **Assessment and mapping of groundwater vulnerability to pollution: Current status and challenges.** Earth-Science Reviews 185 (2018) 901–927.

MAIELLO, A.; BRITO, A. L. N.de P.; VALLE, T.F. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro 52(1):24-51, jan. - fev. 2018, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7612155117>.

MANAF, A. M.; SAMAH, M. A. A.; ZUKKI, N. I. M. **Municipal solid waste management in Malaysia: Practices and challenges.** Waste Management 29 (2009) 2902–2906. doi:10.1016/j.wasman.2008.07.015

MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J.A.; GANDOLLA, M. **Contribuições para a evolução do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil com base na experiência Europeia.** Eng. Sanitária e Ambiental, Jun 2016, vol.21, no.2, p.379-385. ISSN 1413-4152.

MARCHI, Cristina Maria Dacach Fernandez. **Novas perspectivas na gestão do saneamento: apresentação de um modelo de destinação final de resíduos sólidos urbanos.** urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), 2015 jan./abr., 7(1), 91-105.

MARINHO, M. M. de O.; AGRA FILHO, S. S.; ORRICO, S.R. M.; SANTOS, F.C. Avaliação de impacto ambiental como instrumento de estímulo à produção limpa: Desafios e oportunidades no Estado da Bahia. **Revista de Gestão Social e Ambiental** - RGSA, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 129-141, set./dez. 2012. Disponível em [https://rgsa.emnuvens.com.br/rgsa/article/download/497/pdf\\_58](https://rgsa.emnuvens.com.br/rgsa/article/download/497/pdf_58).

MARQUES. R. F. de P. V.; SILVA, A.M. da; RODRIGUES, L.S.; COELHO, G. Impacts of urban solid waste disposal on the quality fo surfasse water in three cities of Minas Gerais-Brazil. **Ciência Agrotec.**, Lavras, v. 36, n. 6, p. 684-692, nov./dez., 2012.

MARQUES, Rosangela Francisca de Paula Vitor. **Impactos Ambientais da Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos no Solo e na Água Superficial Em Três Municípios de Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado) apresentada à Universidade Federal de Lavras, 2011, 96 p

MARQUES, Gilvana Nogueira. **Seleção de áreas para Aterros Sanitários baseada em mapeamento geotécnico e Analytic Hierarchy Process (AHP).** Dissertação (Mestrado): Escola de Engenharia de São Carlos; SUP, 2002, 217 p.

MASSUKADO, L. M.; MILANEZ, B.; LUEDEMANN, G.; HARGRAVE, J.. **Diagnóstico da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil: Uma análise pós PNSB 2008 - ênfase na destinação final e nos resíduos orgânicos.** Revista DAE, nº 192, maio-agosto 2013, <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.105>.

MASSUKADO, Luciana Myioko. **Sistema de Apoio à Decisão: Avaliação de Cenários de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares.** Dissertação (mestrado) apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP), 2004, 272 p.

MATOS, F.O, Moura, Q. L; Conde, G B; Morales, G. P. ; Brasil, E. C. **Impactos Ambientais Decorrentes do Aterro Sanitário da Região Metropolitana de Belém-PA: aplicação de ferramentas de melhoria ambiental,** Caminhos de Geografia, Uberlândia v. 12, n. 39 set/2011 p. 297 – 305.

MÉXICO. Secretaria de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable. **[Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996 que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales.** Publicado em 25 de noviembre de 1996

MINISTERIO DAS CIDADES Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).- **Diagnostico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos- 2016.** disponível em <<http://snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2016>>. Acesso em 05 de set. 2017.

\_\_\_\_\_. **Diagnostico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos- 2015.** Disponível em <<http://snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2015>>. Acesso em 05 de maio de 2017.



MINISTÉRIO das Cidades. **Resíduos sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: guia do profissional em treinamento: nível 2** / Ministério das CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 120 p.

MONDELLI, G.; GIACHETI, H.; HAMADA, L, J. **Avaliação da contaminação no entorno de um aterro de resíduos sólidos urbanos com base em resultados de poços de monitoramento**. Revista Eng Sanit Ambiental, v.21 n.1, jan/mar 2016, 169-182.

MONTANO, M.; Ranieri, V. E, L; Schalch, V.; Fontes, A. T.; Castro, M.C.C; Souza, M. P. **Integração de critérios técnicos, ambientais e sociais em estudos de alternativas locais para implantação de aterro sanitário**. Rev. Eng Sanitária e Ambiental, v.17 n.1, jan/mar 2012, 61-70.

MONTEIRO, J. H. P *et al.* **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**/ José Henrique Penido Monteiro ... [*et al.*]; coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p.

MORAES, Luis Carlos. **Licenciamento ambiental: do programático ao pragmático**. Soc. & Nat., Uberlândia, 28 (2): 215-226, mai/ago/2016, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1982-451320160203>.

MORGAN, Richard K. Environmental impact assessment: the state of the art, *Impact Assessment and Project Appraisal*, 30:1, 5-14 p., 2012, DOI: 10.1080/14615517.2012.661557.

MORRISON-SAUNDERS, A.; POPEB, J.; GUNNE, J.A.E.; BONDB, A.; RETIEF, F. Strengthening impact assessment: a call for integration and focus. **Impact Assessment and Project Appraisal**, 2014 Vol. 32, No. 1, 2–8. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/14615517.2013.872841>> Acesso em 05 de maio de 2017.

MORRISON-SAUNDERS, A. & HODGSON, N. Applying sustainability principles in practice: Guidance for assessing individual proposals. **29th Annual Conference of the International Association for impact Assesment**, 16-22 may 2009, Accra, Gana.

MPU. Ministério Público da União. **Deficiências em estudo de impacto ambiental: síntese de uma experiência**. Brasília: Ministério Público Federal, 4ª Câmara de Coordenação e Revisão. Escola Superior do Ministério Público da União, 2004, 48 p. Disponível em <http://escola.mpu.mp.br/publicacoes/obras-avulsas/e-books/deficiencias-em-estudos-de-impacto-ambiental>, acesso em 14/04/2019.

MÜLLER-PLANTENBERG, C. e AB'SABER, A. N. (orgs.). **Previsão de impactos: o estudo de impacto ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, Rússia e na Alemanha**, 2ª ed. 1. reimpr., São Paulo, Edusp, 2002.

MUÑOZ, Susana Inez Segura. **Impacto ambiental na área do Aterro Sanitário e Incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto-SP: Avaliação dos níveis de metais pesados**. Tese (Doutorado) apresentada à Faculdade de Enfermagem da USP, 2002, 158 p.

NAGALLI, Andre. **Diagnóstico e avaliação dos impactos ambientais de aterros de disposição de resíduos no Estado do Paraná: Estudo de caso dos municípios de Jacarezinho e Barra do Jacaré.** Dissertação (Mestrado). Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, 2005, 186 p.

NASCIMENTO, Victor Fernandez *et al.* **Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.** *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, vol. 10, núm. 4, out-dez, 2015, pp. 889-902. Disponível em <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92842552017>> Acesso em 04 de maio 2019.

NELLES, M.; GRUNES, J.; MORSCHECK, G. Waste Management in Germany – Development to a Sustainable Circular Economy? *Procedia Environmental Sciences* 35 (2016) 6 – 14, doi: 10.1016/j.proenv.2016.07.001.

NIELSEN, D.R.; Van Genuchten, M; Biggar, J. W. **Water Flor and solute transport process in unsaturated zone.** *Water Resources Research*, v. 22, n. 9, p 89S-108S, august 1986.

NIMMO, J.R., 2005, Unsaturated Zone Flow Processes, in Anderson, M.G., and Bear, J., eds., *Encyclopedia of Hydrological Sciences: Part 13--Groundwater*: Chichester, UK, Wiley, v. 4, p. 2299-2322, doi:10.1002/0470848944.hsa161. Disponível em: <<http://www.mrw.interscience.wiley.com/ehs/articles/hsa161/frame.htm>> Acesso em 05 de maio de 2005.

OLIVEIRA, J.B. de; CAMARGO, M.N.de; ROSSI, M. & CALDERANO FILHO, B. 1999. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida.** Campinas: Instituto Agrônomo/EMBRAPA Solos, 1999. v. 1. 64 p. (inclui Mapa, escala 1:500.000).

OSHEA, F, Cundy, A, Spencer, K. L. The contaminant legacy from historic coastal landfills and their potential as sources of diffuse pollution. *Marine Pollution Bulletin* 128 (2018) 446–455, disponível em <<http://www.elsevier.com/locate/marpolbul>>. Acesso em 24 de fev. 2018.

PALÁCIO, F, MORALES, G P. A., PEREIRA JUNIOR, A., SOUZA, J.G. **Construção de índice da qualidade de aterros de resíduos através da avaliação de impacto ambiental** 19º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, 13-15/ junho/2018, Porto Alegre-RS.

PALMIOTO, M., FATORE, E., PAIANO, V.; CELESTE, G., COLOMBO, A.; DAVOLI, E. **Influence of a municipal solid waste landfill in the surrounding environment: Toxicological risk and odor nuisance effects,** *Environmental International*, 68(2014), p. 16-24.

PFEIFFER, Simone Costa. **Subsídios para ponderação de fatores ambientais na localização de aterros de resíduos sólidos utilizando o Sistema de Informações Geográficas.** Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos-USP, São Carlos, 2001.

PINTO, CARLOS de SOUZA. **Curso Básico de Mecânica de Solos em 16 aulas.** 3ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

PIRETE, L. de M.; OLIVEIRA, B. F. F.; VASCONCELOS, M. da G.. **Avaliação da área de disposição final de resíduos sólidos urbanos no município de Araguari utilizando o Índice de qualidade de Aterros de Resíduos-IQR.** *Revista Agrogeoambiental*, Edição Especial nº 2, 2014 , 25-32 p.

PISCIOTTA, A.; CUSIMANO, G., FAVARA, R.. **Groundwater nitrate risk assessment using intrinsic vulnerability methods: A comparative study of environmental impact by intensive farming in the Mediterranean region of Sicily, Italy**, Journal of Geochemical Exploration 156 (2015) 89–100.

PORCIUNCULA, Luciana. **Identificação e Avaliação de Impactos Ambientais Associados a Aterros Sanitários**. Dissertação (Mestrado) apresentada a Universidade Federal de Santa Maria, 2014, 86 p.

QUEIROZ, I.N.L.F.M. & MILLER, F. de S. **Democracia e participação popular no licenciamento ambiental de um empreendimento eólico em São Miguel do Gostoso-RN**. Revista Direito Ambiental e sociedade, v. 8, n. 1, 2018, p. 237-264.

QUEROL, M.A.P.; MITTELSTAED, C.; ANDREOLI, C. V.; FARIA, J. H.de. Oposição e mecanismos de compensação econômica para aterros sanitários. Revista DAE, núm. 218, | vol. 67, julho a setembro de 2019. Disponível em <[http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_218\\_n\\_1800.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_218_n_1800.pdf)> Acesso em 05 de maio de 2017.

RAMALHO, P.C.; MOMM-SCHULT, S. I.. **Alterações Normativas e perspectivas para o licenciamento ambiental no Brasil**. 3º Congresso de Avaliação de Impacto Ambiental/ 4ª Conferência da Rede de Língua Portuguesa de Avaliação de Impactos. Ribeirão Preto-SP, 10 a 14 de outubro de 2016.

REBELO, K.M.W. (2003). Resistência de interface entre geomembranas e solos através do ensaio de ring shear. Dissertação (mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 194 p.

RITTER, Camila D. Gabriel McCratec, R. Henrik Nilssona, Philip M. Fearnside, Ulrika Palme, Alexandre Antonelli. **Environmental impact assessment in Brazilian Amazonia: Challenges and prospects to assess biodiversity**. Biological Conservation 206 (2017), 161–168 p.

ROCHA, Ednaldo Cândido, DO CANTO, Juliana Lorensi e PEREIRA, Pollyanna Cardoso. **Avaliação de Impacto Ambiental nos países do Mercosul**. Ambiente & Sociedade – Vol. VIII nº. 2 jul./dez. 2005, 16 p.

RODRIGUES, Célia Regina Pereira; MENTI, Magali de Moraes. **Resíduos Sólidos: gerenciamento e políticas públicas federais**. Cadernos do Programa de Pós-Graduação em Direito/ UFRGS, Edição digital, Porto Alegre-RS, v. 11, n.3: 2016, p. 59-79. Disponível em <[seer.ufrgs.br/ppgdir](http://seer.ufrgs.br/ppgdir)> Acesso em 05 de maio de 2017.

SALAMANCA, Alvaro Henriquez de. Stakeholders' manipulation of Environmental Impact Assessment. Environmental Impact Assessment Review 68 (2018), 10–18p, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2017.10.003>

SANCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. Oficina de Textos: São Paulo, 2 ed., 2013, 584 p.

SANTOS, A.L.F; Haraguchi, M.T.; LEITÃO, G. C.. **Índice de qualidade de aterro de resíduos (IQR), como subsídio para avaliar o sistema de disposição final do município de Anápolis-GO.** *Revista Scientia Plena* Vol. 8, Num. 10, 2012, 12p.

SANTOS, Isabelle Dias Carneiro. **A avaliação de Impacto Ambiental e a responsabilidade do Brasil diante da degradação ao meio ambiente.** *Interfaces Científicas* – Direito, Aracaju, V.1 N.2, p. 67-74, fev. 2013.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Critérios de exigência de EIA/RIMA e Roteiros para Elaboração em relação a Usinas de Reciclagem e/ou Compostagem, Aterros de Resíduos Sólidos e Industriais e Incineradores: Manual de Orientação.** São Paulo-SP, 35 p (Serie Manual), 1991.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Estudo de Impacto Ambiental-EIA, Relatório de Impacto Ambiental-RIMA: Manual de orientação.** São Paulo-SP, 45 p (Série Manuais), 1989.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Estudo de Impacto Ambiental-EIA /Relatório de Impacto Ambiental: Manual de Orientação,** São Paulo: 48 p (Serie Manual), 1989.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Resolução SMA - 49,** de 28-9-2004. Dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental no âmbito da Secretaria do Meio Ambiente. Diário Oficial do Estado, 29/05/014 seção i pág 51.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Resolução SMA 54.** Dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental no âmbito da Secretaria do Meio Ambiente. Diário Oficial do Estado, 1/12/2004.

SÃO PAULO. Companhia de Tecnologia Ambiental (CETESB). **DECISÃO DE DIRETORIA Nº 256/2016/E. Dispõe sobre a aprovação dos “Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2016”** e dá outras providências, 22 de novembro de 2016. Publicado no Diário Oficial Estado de São Paulo - Caderno Executivo I (Poder Executivo, Seção I), edição nº126 (219) do dia 24/11/2016.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente. **Resolução SMA Nº 42.** Aprova os procedimentos para análise de Estudos de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), no âmbito desta Secretaria. Diário Oficial do Estado, 29/12/94.

SCHALCH, V.; CASTRO, M.A. S. de; CÓRDOBA, R. E. **Tratamento e disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos urbanos.** São Carlos, EESC-USP, 2015, 52 p. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/333264469\\_Tratamento\\_e\\_disposicao\\_final\\_ambientalmente\\_adequada\\_de\\_Residuos\\_Solidos\\_Urbanos](https://www.researchgate.net/publication/333264469_Tratamento_e_disposicao_final_ambientalmente_adequada_de_Residuos_Solidos_Urbanos)>. Acesso em 06/04/2019.

SCHALCH, V.; MONTAÑO, M.; CASTRO, M.C.A.A. (coord). (2009) **Estudo de impacto ambiental para implantação do novo aterro sanitário no município de São Carlos (SP).** São Carlos: Fundação para o Incremento da Pesquisa e do Aperfeiçoamento Industrial.

SCHALCH, V. *et al.* **Licenciamento ambiental do novo aterro sanitário do município de São Carlos (SP) Plano de Trabalho para elaboração de EIA/RIMA – ANEXO V:**

**Metodologia para Indicação de Alternativas Locacionais:** Fundação para o Incremento da Pesquisa e do Aperfeiçoamento Industrial, 2009.

\_\_\_\_\_ - **Licenciamento ambiental do novo aterro sanitário do município de São Carlos (SP) Plano de Trabalho para elaboração de EIA/RIMA – Anexo IV: Estudo para a Determinação da Aptidão do Território para a Implantação de Aterro Sanitário no Município de São Carlos:** Fundação para o Incremento da Pesquisa e do Aperfeiçoamento Industrial, 2009.

SEADON, Jeffrey K. **Sustainable waste management systems.** *Journal of Cleaner Production* 18 (2010) 1639e1651. doi: 10.1016/j.jclepro.2010.07.009.

SEBASTIEN, Léa. From NIMBY to enlightened resistance: A framework proposal to decrypt land- use disputes based on a landfill opposition case in France. *Local Environment*, Taylor & Francis (Routledge), 2017, 22 (4), pp.461-477. hal-02010493.

SHIRAZI, S.M H. IMRAN, M & AKIB, S GIS-based DRASTIC method for groundwater vulnerability assessment a review, *Journal of Risk Research*, **15:8, 991:1011, 2012**

SILVA, Jussara Severo da. **Gestão de resíduos sólidos e sua importância para a sustentabilidade urbana no Brasil: Uma análise regionalizada baseada em dados do SNIS.** *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, IPEA, 12, jul-dez 2015. Disponível em <[http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=27031&Itemid=7](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=27031&Itemid=7)> Acesso em 05 de maio de 2017.

SILVEIRA, A. L da; Berté, R.; Pelanda, A. M. **Gestão de Resíduos Sólidos: cenários e mudança de paradigma** (livro eletrônico). Curitiba: Intersaberes, 2018 (Série Desenvolvimento Sustentável).

SILVEIRA, Luis e Eduardo J Usunoff. **Groundwater**. II. Eolss Publisher Co Ltd, Oxford, United Kingdom, 2009.

SMITH, L. GRAHAM. **Impact Assessment and Sustainable Resource Management.** Routledge:Taylor & Francis Group: London & New York, 2014.

SOUZA, G.C.de; GUADAGNIN, M.R. Diagnóstico dos serviços de coleta, transporte, tratamento e disposição final de resíduos sólidos domiciliares em município de pequeno porte: Estudo de caso em Cocal do Sul-SC.3º Seminário Regional Sul de Resíduos Sólidos. UCS-Caxias do Sul-RS, ag/2009. Disponível em <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1374/1/Diagn%C3%B3stico%20dos%20servi%C3%A7os%20de%20coleta.pdf>> Acesso em 12 de mar. de 2019.

STEINEMANN, A. **Improving alternatives for environmental impact assessment.** *Environmental Impact Assessment Review*, v. 21, p. 3-21, 2001.

TAYYEBIA, A. H.; DELAVAN, M. R.; TAYYEBIA, A.; GOLOBI, M. Combining Multi Criteria Making and Dempster Shafer Theory for Landfill Site Selection, **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science**, Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan 2010.

THEMELIS, Nickolas J., Charles MUSSCHE. **Municipal Solid Waste Management and Waste-to-Energy in the United States, China and Japan**. 2nd International Academic Symposium on Enhanced Landfill Mining • Houthalen-Helchteren • 14-16/10/2013.

TORO, Javier, Ignacio Requena b, Oscar Duarte c, Montserrat Zamorano. **A qualitative method proposal to improve environmental impact assessment**. Environmental Impact Assessment Review 43 (2013) 9–20.

TORO, Javier, Ignacio Requena, Montserrat Zamorano. **Environmental impact assessment in Colombia: Critical analysis and proposals for improvement**. Environmental Impact Assessment Review 30 (2010), 247–261 p.

TRENNENPOL, Terence. Avaliação de Linha de Base das Propostas de Revisão do Licenciamento Ambiental Federal no Brasil Uma contribuição para o debate, 2016. Disponível em <<http://documents.worldbank.org/curated/pt/553231495705155637/text/115256-PN-Policy-Notes-Environmental-Licensing-PUBLIC-PORTUGUESE.txt>> Acesso em 01 jul. 2019.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 1999/31**. Disponível em <<http://eurlex.europa.eu/search.html?qid=1509041138021&text=landfill&scope=EURLEX&type=quick&lang=en>> Acesso em 5 de out. 2017.

UNIÃO EUROPÉIA. EN 1997-2 (2007) (English): Eurocode 7: **Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing** [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].

UNIÃO EUROPÉIA. Landfill Operations Guidance Manual. EuropeAid Co-operation Office 2010. Disponível em <[http://www.swfm-qqf.eu/main/wp-content/uploads/Landfill\\_Operations\\_Manual\\_FN\\_ENG.pdf](http://www.swfm-qqf.eu/main/wp-content/uploads/Landfill_Operations_Manual_FN_ENG.pdf)>. Acesso em 10 de ago. 2018.

US Army Corps of Engineers. **ENGINEER MANUAL: Geotechnical Investigations**. EM 1110-1-1804, 1 January 2001-Disponível em <<http://www.usace.army.mil/inet/usace-docs>>. Acesso em 1 ago. 2019.

VAN ELK, Ana Ghislaine Henriques Pereira. **Mecanismo de desenvolvimento aplicado a resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2007.

VAN STEMPOORT D.; EWER L, WASSENAAR L Aquifer Vulnerability Index (AVI): A GIS compatible method for groundwater vulnerability mapping. **Canadian Water Res Journal**, 18:25–37, 1993, DOI: 10.4296/cwrj1801025.

VERONEZ, Fernanda; Marcelo MONTAÑO. **Análise da qualidade dos estudos de impacto ambiental no estado do Espírito Santo (2007-2013)**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, Vol. 43, Edição Especial: Avaliação de Impacto Ambiental, dezembro 2017. DOI: 10.5380/dma.v43i0.54180.

VIEIRA, G.E. G.; CAMPOS, C. E. A.; TEIXEIRA, L.F.; NOGUEIRA, A. G.C. **Produção de biogás em áreas de aterros sanitários: uma revisão**. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 16, n. 26, p. 101-220, jul./dez. 2015.

VIGNESWARAN, S.; KANDASAMY, J.; JOHIR, M.A.H Sustainable Operation of Composting in Solid Waste Management International. *Procedia Environmental Sciences* 35: 2016, 408 – 415p, International Conference on Solid Waste Management, 5IconSWM 2015, doi: 10.1016/j.proenv.2016.07.022.

VITAL, M H. F.; INGOUVILLE, M.; PINTO, M. A.C. **Estimativa de investimentos em aterros sanitários para atendimento de metas estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos entre 2015 e 2019.** BNDES, 2014, 51 p. Disponível em <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/3041>> Acesso em 25/06/2017.

VRBA, J. ZOPOROZEC, A. Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. **International Association of Hydrogeologists (IAH)**, Hanover, v. 16, p. 31-48. 1994

WAGNER, Travis P; RAYMOND, Tom. **Landfill mining: Case study of a successful metals recovery Project.** *Waste Management* 45 (2015) 448–457

WANKA, Sebastian, Kai Münnich, Klaus Fricke. **Landfill Mining - Wet mechanical treatment of fine MSW with a wet jigger.** *Waste Management* 59 (2017) 316–323

WEBER, E.; HASERNACK, H.A. Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário através de análises em SIG com classificação contínua dos dados. Universidade Luterana do Brasil, Canoas – RS, 2000.

WOOD, Christofer. Environmental Impact Assesment in developing countries: Na Overview. **Conference on New Directions in Impact Assessment for Development: Methods and Practice**, 24-25 November 2003, University of Manchester

ZANGH, J.; KØRNØV, L.; CHRISTENSEN, P. Critical factors for EIA implementation: Literature review and research options. *Journal of Environmental Management* 114 (2013) 148e157, <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.030>>. Acesso em 05 de maio de 2017.

ZUQUETTE, L.V.; PEJON, O.; GANDOLFI, N.; RODRIGUES, J.E. 1997. **Mapeamento Geotécnico: Parte 1 - Atributos e procedimentos básicos para a elaboração de mapas e cartas.** *Geociências (São Paulo)*, v. 16, n. 2, p. 491-524, 1997.