



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE – PRODEMA

FABIO TEIXEIRA GUSMÃO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DE ATERROS SANITÁRIOS:
ESTUDO DE CASO DO ATERRO METROPOLITANO LESTE DE AQUIRAZ

FORTALEZA
2019

FABIO TEIXEIRA GUSMÃO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DE ATERROS SANITÁRIOS: ESTUDO
DE CASO DO ATERRO METROPOLITANO LESTE DE AQUIRAZ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Proteção Ambiental e Gestão dos Recursos Naturais.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira.

Coorientadora: Dr^ª. Christina Bianchi.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- G99a Gusmão, Fábio Teixeira.
Avaliação da Qualidade Ambiental de Aterros Sanitários : Estudo de Caso no Aterro Metropolitano Leste de Aquiraz / Fábio Teixeira Gusmão. – 2019.
211 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza, 2019.
Orientação: Profa. Dra. Vlândia Pinto Vidal.
Coorientação: Profa. Dra. Christina Bianchi.
1. Resíduos Sólidos. 2. Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos. 3. Impactos Ambientais. I. Título.
CDD 333.7
-

FABIO TEIXEIRA GUSMÃO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DE ATERROS SANITÁRIOS: ESTUDO
DE CASO DO ATERRO METROPOLITANO LESTE DE AQUIRAZ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Proteção Ambiental e Gestão dos Recursos Naturais.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Vlória Pinto Vidal de Oliveira (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dr^ª. Marta Celina Linhares Sales
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. José Auricélio Gois Lima
Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE)

A Deus,
Aos meus pais, minha esposa,
E meu filho Vinícius.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e Nossa Senhora, por abençoarem toda a caminhada e concederem a coragem e o conforto nos momentos de aflição, sendo os maiores responsáveis por essa conquista.

Agradeço muito aos meus pais Paulo Gusmão e Sueli Teixeira Gusmão, que se esforçaram sem economizar uma gota de suor para me criar e educar, propiciando todo o amor e os aprendizados humanísticos mais essenciais da vida, por suportarem todas as dores, perdoarem e transformarem isso em mais amor, me ensinando tantas lições. E por sempre estimularem e darem todo o apoio para a continuidade dos estudos.

Agradeço aos meus irmãos Paula Gusmão e André Teixeira Gusmão, pelo amor fraterno, uma das experiências mais únicas e incríveis que, todos que tem a chance, deveriam explorar ao limite, além de todos os aprendizados e momentos maravilhosos vividos desde a infância até os dias atuais.

À minha esposa Marlene Amorim B. Gusmão, pelo amor compartilhado, por nos dar a oportunidade de criar o Vinícius que está próximo de chegar, pelo incentivo diário, pelo companheirismo de vida, por me apoiar nos momentos mais difíceis e me dar a oportunidade de crescer juntos suportando e aprendendo com as adversidades, e vivenciar a dois as alegrias e belezas da vida.

Agradeço a minha cunhada irmã Karine, agradeço pelo amor especial ofertado pelas minhas sobrinhas e sobrinho.

Agradecimento especial a minha orientadora, prof^a Dr^a Vladia Pinto Vidal por todo o apoio e por acreditar nesse trabalho até sua conclusão.

Agradecimento imenso a minha coorientadora Dr^a Christina Bianchi pela intensa cooperação, as pertinentes contribuições e correções, toda a atenção dispensada do início ao fim do mestrado e por sua paciência.

Agradeço a todos os colegas fiscais da SEMACE, muitos dos quais, concluíram o mestrado pelo PRODEMA/UFC ou em outras universidades, e que contribuíram de forma expressiva, seja pelo encorajamento e incentivo, como também pela experiência acadêmica e conhecimento técnico, a citar: Elpida Andrea de Queiroz Nikokavouras, Tiago Bessa Aragão, Eliê Regina Fedel Marques, Rodrigo de Oliveira Girão, Ana Leônia Araújo Girão, Rodrigo Paiva de Lucena, José Auricélio Góis Lima.

Agradeço a empresa “Marquise Ambiental” por autorizar que essa pesquisa fosse realizada no aterro sanitário de Aquiraz, e fornecer todo o apoio logístico e o fornecimento de informações que foram muito úteis para a realização da pesquisa. Agradeço em especial ao gerente Gleydson Amorim, Sr. Aguiar e Priscila.

“Quem já passou por essa vida e não viveu
Pode ser mais, mas sabe menos do que eu
Porque a vida só se dá pra quem se deu
Pra quem amou, pra quem chorou, pra quem
sofreu”

(Vinícius de Moraes)

RESUMO

A degradação ambiental decorrente do descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos, tem sido um dos maiores problemas enfrentados nos municípios do Brasil. Na maioria deles, é notória a ineficiência de políticas públicas baseada nos preceitos da gestão integrada de resíduos sólidos. A Lei Federal nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), determinou que os aterros sanitários devem ser adotados em todo o território nacional, como a alternativa mais viável para o problema da disposição final inadequada em lixões e aterros controlados, visando a redução dos impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana. Considerando-se que, para uma maior efetividade desse propósito, deve-se buscar os instrumentos que contribuam para o gerenciamento adequado dos aterros de resíduos, esta pesquisa buscou avaliar a qualidade ambiental do Aterro Sanitário do Município de Aquiraz, utilizando-se o Índice de Qualidade de Aterros Sanitários (IQAS). O IQAS foi elaborado a partir de análises e modificações de outros índices de avaliação de aterros de resíduos, como o Índice de Qualidade de Resíduos (IQR) e o Índice de Qualidade Ambiental de Aterros de Resíduos (IQA), e pode ser aplicado para a avaliação das condições de instalação, operação e monitoramento de aterros sanitários. O presente trabalho se propôs a aplicar o IQAS no Aterro Sanitário Metropolitano Leste de Aquiraz (ASMLA), bem como disponibilizar essa ferramenta para a aplicação em outros equipamentos de destinação final, no âmbito do Estado do Ceará e do Brasil. O IQAS é composto por 53 indicadores que abordam as características de projeto, a infraestrutura implantada, as condições locais, as condições operacionais dos aterros e os sistemas de proteção ambiental. Para atestar a inadequabilidade do aterro de resíduos, foram analisados os comportamentos dos indicadores e dos grupos de indicadores, os quais foram submetidos aos critérios de avaliação estabelecidos pelo índice proposto nesse estudo.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Índice de Qualidade de Aterros de Res. Impactos ambientais

ABSTRACT

The natural environmental degradation caused by anthropic actions such as the inadequate disposal of urban solid waste has been one of the major problems amongst the biggest cities in Brazil. In most of them, becomes evident the lack of public policies based on the percept of an integrated management of waste disposal. According to the National Law nº 12.305/2010, which has instituted the National Policy for Solid Residues, (PNRS), all Brazilian territory must adopt a waste management centre as part of the solution for the final stage of solid waste disposal, working towards a reduction in environmental impact and human health, created mostly by irregular open dumping areas. Considering that, for a greater effectiveness of this purpose, we should seek instruments that contribute to the proper management of the landfill sites, this research sought to asses the environmental quality of the Aterro Sanitário Metropolitano Leste de Aquiraz, using the Landfill Environmental Quality Index (IQAS). The IQAS was prepared based on analyzes and modifications of other indexes, like IQR and IQA to serve as an important tool in order to plan, implement and manage landfills. This present study-case proposed to apply the IQAS as well as providing this tool for the application in other landfills in the State of Ceará and Brazil. The IQAS is composed by 53 indicator wich adress the characteristics of project, the implanted infrastructure, the local conditions, the operational conditions and the environmental protection systems. To prove the inadequacy of the landfill were analyzed the behaviors of the indicators and the groups of indicators, which were submitted by the evaluation criteria established by the proposed index in this study.

Keywords: Solid waste. Landfill Quality Index. Environmental impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aquiraz e seus limites políticos-administrativos	20
Figura 2 – Municípios drenados pelas Bacias Metropolitanas e seus afluentes	23
Figura 3 – Divisão Distrital de Aquiraz em 1951	26
Figura 4 – Configuração atual da Região Metropolitana de Fortaleza	27
Figura 5 – Hierarquia das ações no manejo de resíduos sólidos. Art. 9º da Lei Federal nº 12.305, de 2010	70
Figura 6 – Fluxograma das diretrizes gerais de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos	75
Figura 7 – Índice de cobertura da coleta de RSU (%)	78
Figura 8 – Concentração dos programas de coleta seletiva por região no Brasil	80
Figura 9 – Tipo de destinação final adotada no Brasil, anos 2016/2017	81
Figura 10 – Mapa dos consórcios intermunicipais para gestão dos resíduos sólidos no Ceará	89
Figura 11 – CTR de Sobral em fase de instalação	90
Figura 12 – Canteiro de obras do CTR de Limoeiro do Norte	90
Figura 13 – Lixão no município de Massapê-CE	93
Figura 14 – Esquema de um lixão e seus impactos no meio físico	94
Figura 15 – Catadores trabalhando em meio a fumaça tóxica no lixão de Massapê	95
Figura 16 – Suínos se alimentando do lixo orgânico no lixão de Massapê-CE	95
Figura 17 – Esquema de um aterro controlado	98
Figura 18 – Diagrama de decisões para a disposição final de RSU	101
Figura 19 – Corte da seção de um aterro sanitário	106
Figura 20 – Impermeabilização de base com geomembrana de PEAD	107
Figura 21 – Sistema de drenagem de lixiviados em aterro sanitário	108
Figura 22 – Dreno para queima do biogás em aterro	110

Figura 23 – Métodos de disposição de resíduos em aterros sanitários	111
Figura 24 – Medidor de recalque no aterro sanitário de Belo Horizonte	115
Figura 25 – Área de localização do ASMLA e as características da área de entorno	119
Figura 26 – Imagem do Google Earth do Aterro Leste de Aquiraz	120
Figura 27 – Vista aérea do aterro, destacando-se as trincheiras de resíduos, a comunidade “Vila Machuca” à esquerda da imagem e áreas de vegetação nativa do entorno	120
Figura 28 – Tipos de uso do solo na área de entorno do aterro	124
Figura 29 – Mata nativa associada a usos alternativos do solo	124
Figura 30 – Imagem orbital do Google Earth do ano de 2017, demonstrando a área do Aterro Metropolitano Leste de Aquiraz e seu entorno	125
Figura 31 – Mapa em escala 1:20.000, demonstrando à distância de aproximadamente 1 KM do ASMLA, em relação a Área Protegida mais próxima	127
Figura 32 – Curso d’água intermitente de aproximadamente 2,5 metros	127
Figura 33 – Lagoas de Estabilização no ASMLA	129
Figura 34 – Escada hidráulica com gabião e canaleta de drenagem das águas pluviais	131
Figura 35 – Quantitativo de RSU's depositados no ASMLA entre 2009/2018.....	133
Figura 36 – Trincheira de disposição de resíduos sólidos no ASMLA	134
Figura 37 – Caminhão basculante descarregando os resíduos na frente de trabalho do ASMLA	134
Figura 38 – Poço de monitoramento de água subterrânea instalado a jusante do aterro	136
Figura 39 – Poço piezométrico instalado no topo da célula de resíduos	136
Figura 40 – Comunidade do Vila Machuca, vista sob a trincheira do ASMLA	137
Figura 41 – <i>Eucalyptus</i> em área contígua à comunidade do “Machuca”	156
Figura 42 – Telas instaladas sobre o platô onde os resíduos são depositados	163
Figura 43 – Erosão em célula do ASMLA	170

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Divisão distrital do município de Aquiraz	27
Quadro 2 – PIB de Aquiraz e do Estado por setores	28
Quadro 3 – Índices de avaliação de aterros utilizados no Brasil e no mundo	34
Quadro 4 – Planilha de avaliação de aterros sanitários (IQAS)	39
Quadro 5 – Escala de pontuação do IQAS	43
Quadro 6 – Linhas estratégicas estruturadas da Agenda 21 brasileira	51
Quadro 7 – Caracterização dos resíduos sólidos.....	56
Quadro 8 – Materiais mais descartados no Brasil	77
Quadro 9 – Tempo de decomposição de materiais	80
Quadro 10 – Quantidade de municípios por tipo de destinação final adotada	81
Quadro 11 – Quadro de metas do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Ceará	84
Quadro 12 – Principais critérios que diferenciam lixões, aterros controlados e aterros sanitários	98
Quadro 13 – Aspectos técnicos referentes à escolha de áreas para implantação de aterros (NBR 13896/1997)	104
Quadro 14 – Considerações sobre os critérios para a escolha de áreas para implantação de aterros sanitários	105
Quadro 15 – Distribuição dos compartimentos do ASMLA	117
Quadro 16 – Lista de espécies de plantas identificadas no levantamento florístico na área do aterro, se acordo com o EIA-RIMA	122
Quadro 17 – Avaliação do indicador Profundidade do lençol freático	140
Quadro 18 – Intervalo de variação de “K” para os diferentes tipos de solos	141
Quadro 19 – Classificação dos solos de acordo com o coeficiente de permeabilidade	141
Quadro 20 – Avaliação do indicador Permeabilidade do solo	142

Quadro 21 – Avaliação do indicador dimensões e inclinações dos taludes	143
Quadro 22 – Avaliação do indicador drenagem provisória de águas pluviais	144
Quadro 23 – Avaliação do indicador Drenagem Definitiva de Águas Pluviais	145
Quadro 24 – Classificação do subitem Drenagem de Chorume	146
Quadro 25 – Classificação do subitem Sistema do Tratamento do Chorume	147
Quadro 26 – Classificação do subitem Drenagem dos gases	148
Quadro 27 – Avaliação do subitem Impermeabilização da Base do Aterro	149
Quadro 28 – Avaliação do subitem Adequabilidade do Terreno	149
Quadro 29 – Avaliação do subitem Qualidade do Material de Recobrimento	150
Quadro 30 – Avaliação do subitem Plano de Contenção de Riscos	151
Quadro 31 – Avaliação do subitem Plano de Encerramento do Aterro	151
Quadro 32 – Avaliação do subitem Vida Útil do Aterro	152
Quadro 33 – Avaliação do subitem Unidade de Triagem/Reciclagem de Resíduos	153
Quadro 34 – Avaliação do indicador Portaria/Guarita	153
Quadro 35 – Avaliação do indicador Controle no Recebimento de Carga	154
Quadro 36 – Avaliação do subitem Isolamento Físico e Sinalização da Área do Aterro ...	155
Quadro 37 – Avaliação do subitem Isolamento Visual	155
Quadro 38 – Avaliação do subitem Sistema Viário de Acesso ao Aterro	157
Quadro 39 – Avaliação do subitem Acesso à Frente de Trabalho	157
Quadro 40 – Avaliação do subitem Equipamentos de apoio	158
Quadro 41 – Avaliação do subitem Distâncias de Corpos d'água	159
Quadro 42 – Avaliação do indicador Distância de Núcleos Habitacionais	160
Quadro 43 – Avaliação do indicador Distância de Núcleos Habitacionais	160
Quadro 44 – Avaliação do indicador Presença de animais domésticos	161
Quadro 45 – Avaliação do indicador Presença de Moscas	161

Quadro 46 – Avaliação do indicador Presença de Odores	162
Quadro 47 – Avaliação do indicador Presença de Catadores dentro do Aterro	162
Quadro 48 – Avaliação do indicador Presença de Resíduos Dispersos pelo Vento	163
Quadro 49 – Avaliação do indicador Queima de Resíduos dentro do Aterro	164
Quadro 50 – Avaliação do indicador Afloramento do Chorume	165
Quadro 51 – Avaliação do indicador Proximidade de Áreas Protegidas (UC's)	166
Quadro 52 – Avaliação do indicador Recobrimento Diário dos Resíduos	166
Quadro 53 – Avaliação do indicador Compactação dos Resíduos	167
Quadro 54 – Avaliação do indicador Nivelamento da Superfície do Maciço	168
Quadro 55 – Avaliação do indicador Homogeneidade da Cobertura	168
Quadro 56 – Avaliação do indicador Funcionamento da Drenagem de Chorume	169
Quadro 57 – Avaliação do indicador Funcionamento da Drenagem de Águas Pluviais	170
Quadro 58 – Avaliação do indicador Funcionamento da Drenagem de Gases	171
Quadro 59 – Avaliação do indicador Funcionamento do Sistema de Tratamento do Chorume	172
Quadro 60 – Avaliação do indicador Recebimento de Resíduos de Serviços de Saúde	172
Quadro 61 – Avaliação do indicador Recebimento de Resíduos Industriais	173
Quadro 62 – Avaliação do indicador Recebimento de Resíduos de Construção Civil e Resíduos de Podas e Capinas	174
Quadro 63 – Avaliação do indicador Licença de Operação	175
Quadro 64 – Avaliação do indicador Manutenção dos acessos internos	176
Quadro 65 – Avaliação do indicador Atendimento as Estipulações de Projeto	177
Quadro 66 – Avaliação do indicador Monitoramento das Águas Subterrâneas	178
Quadro 67 – Avaliação do indicador Monitoramento das Águas Pluviais	180
Quadro 68 – Avaliação do indicador Monitoramento dos lixiviados	181
Quadro 69 – Avaliação do indicador Monitoramento dos corpos d'água superficiais	181

localizados próximos ao aterro	
Quadro 70 – Avaliação do indicador Monitoramento da Drenagem dos Gases	182
Quadro 71 – Avaliação do indicador Monitoramento da estabilidade dos maciços	183
Quadro 72 – Quadro síntese dos resultados do IQAS	183
Quadro 73 – Escala de pontuação do IQAS	187

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
AUMEF	Autarquia Metropolitana de Fortaleza
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CEMPRE	Compromisso Empresarial para a Reciclagem
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CGIRS-RMS	Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Sobral
CTR	Central de Tratamento de Resíduos Sólidos
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ETA	Estação de Tratamento de Água
IBAMA	Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre a Circulação de Produtos e Serviços
IDC	Instituto de Desenvolvimento de Consórcios
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IQA	Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos
IQAS	Índice de Qualidade de Aterros Sanitários
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
OCA	Órgãos de Controle Ambiental
ONG	Organização Não Governamental

PIB	Produto Interno Bruto
ONU	Organização das Nações Unidas
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEV	Pontos de Entrega Voluntárias
PRGIRS	Planos Regionalizados de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PERS	Plano Estadual de Resíduos Sólidos
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PNEA	Política Nacional de Educação Ambiental
POP'S	Poluentes Orgânicos Persistentes
PPD	Potencial Poluidor Degradador
RECESA	Rede Nacional de Capacitação e Extensão e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SEINFRA	Secretaria de Infraestrutura do Estado do Ceará
SEMA	Secretaria Estadual de Meio Ambiente
SEMACE	Superintendência Estadual de Meio Ambiente do Ceará
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SMA	Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UFC	Universidade Federal do Ceará
VOC'S	Compostos Orgânicos Voláteis
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Enquadramento do tema	14
1.2	Local de estudo	18
<i>1.2.1</i>	<i>Características físicas do município de Aquiraz</i>	18
<i>1.2.2</i>	<i>Características socioeconômicas do município de Aquiraz</i>	23
2	METODOLOGIA	34
2.1	Abordagem Metodológica	34
<i>2.1.1</i>	<i>Índices de Qualidade de Aterros Sanitários</i>	34
<i>2.1.2</i>	<i>Uma nova proposta para avaliar a qualidade de aterros sanitários</i>	37
2.2	Procedimentos metodológicos	42
2.3	Material utilizado e fonte de dados	44
3	INTRODUÇÃO A TEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	45
3.1	A Agenda 21 e as bases teóricas para a gestão adequada dos RSU'S	47
3.2	Conceito de Qualidade Ambiental	52
3.3	Legislação e Normas relacionadas a Gestão e Gerenciamento dos RSU's ...	53
3.4	Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos – GRSU	60
3.5	Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Ceará	75
3.6	Sistemas de destinação final de resíduos sólidos	85
<i>3.6.1</i>	<i>Lixões ou vazadouros a céu aberto</i>	85
<i>3.6.2</i>	<i>Aterro controlado</i>	90
<i>3.6.3</i>	<i>Aterros sanitários</i>	93
4	O ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO LESTE DE AQUIRAZ – ASMLA	108
4.1	Aspectos históricos e gerais do ASMLA	108
4.2	A área de localização e a área de entorno do aterro	111
4.3	Infraestrutura implantada e rotina operacional do Aterro Leste Aquiraz	122
4.4	A comunidade do entorno do ASMLA	131
4.5	Situação atual da coleta seletiva e reciclagem nos Municípios de Eusébio e Aquiraz	133

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	133
5.1	Descrição e avaliação dos indicadores de “Características de projeto”	134
<i>5.1.1</i>	<i>Profundidade do lençol freático</i>	134
<i>5.1.2</i>	<i>Permeabilidade do Solo</i>	136
<i>5.1.3</i>	<i>Dimensões e inclinações dos taludes</i>	136
<i>5.1.4</i>	<i>Drenagem provisória de águas pluviais</i>	137
<i>5.1.5</i>	<i>Drenagem definitiva de águas pluviais</i>	137
<i>5.1.6</i>	<i>Drenagem de chorume</i>	139
<i>5.1.7</i>	<i>Sistema de Tratamento de chorume</i>	140
<i>5.1.8</i>	<i>Drenagem de gases</i>	141
<i>5.1.9</i>	<i>Impermeabilização da base do aterro</i>	142
<i>5.1.10</i>	<i>Adequabilidade do terreno</i>	142
<i>5.1.11</i>	<i>Qualidade do material de recobrimento</i>	143
<i>5.1.12</i>	<i>Plano de contenção de riscos</i>	144
<i>5.1.13</i>	<i>Plano de encerramento do aterro</i>	144
<i>5.1.14</i>	<i>Vida útil do aterro</i>	145
<i>5.1.15</i>	<i>Unidade de triagem/reciclagem de resíduos</i>	145
5.2	Descrição e avaliação dos indicadores de “Infraestrutura implantada”	146
<i>5.2.1</i>	<i>Portaria/Guarita</i>	146
<i>5.2.2</i>	<i>Controle no recebimento da carga</i>	147
<i>5.2.3</i>	<i>Isolamento físico e sinalização da área do aterro</i>	147
<i>5.2.4</i>	<i>Isolamento visual da área do aterro</i>	148
<i>5.2.5</i>	<i>Sistema viário de acesso ao aterro</i>	149
<i>5.2.6</i>	<i>Acesso à frente de trabalho</i>	150
<i>5.2.7</i>	<i>Equipamentos de apoio</i>	151
5.3	Descrição e avaliação dos indicadores de “Condições Locais”	152
<i>5.3.1</i>	<i>Distâncias de corpos d’água</i>	152
<i>5.3.2</i>	<i>Distância de núcleos habitacionais</i>	153
<i>5.3.3</i>	<i>Presença de aves</i>	153
<i>5.3.4</i>	<i>Presença de animais domésticos</i>	154
<i>5.3.5</i>	<i>Presença de moscas</i>	154
<i>5.3.6</i>	<i>Presença de odores</i>	154
<i>5.3.7</i>	<i>Presença de catadores dentro do aterro</i>	155

5.3.8	<i>Presença de resíduos dispersos pelo vento</i>	156
5.3.9	<i>Queima de resíduos dentro do aterro</i>	157
5.3.10	<i>Afloramento de chorume</i>	158
5.3.11	<i>Proximidade de áreas protegidas (UC's)</i>	158
5.4	Descrição e avaliação dos indicadores de “Condições Operacionais”	159
5.4.1	<i>Recobrimento diário dos resíduos</i>	159
5.4.2	<i>Compactação dos resíduos</i>	160
5.4.3	<i>Nivelamento da superfície do maciço</i>	161
5.4.4	<i>Homogeneidade da cobertura</i>	161
5.4.5	<i>Funcionamento da drenagem de chorume</i>	162
5.4.6	<i>Funcionamento da drenagem de águas pluviais</i>	162
5.4.7	<i>Funcionamento da drenagem de gases</i>	164
5.4.8	<i>Funcionamento do sistema de tratamento de chorume</i>	164
5.4.9	<i>Recebimento de resíduos de serviços de saúde</i>	165
5.4.10	<i>Recebimento de resíduos industriais</i>	166
5.4.11	<i>Recebimento de resíduos de construção civil e resíduos de podas e capinas</i> ...	166
5.4.12	<i>Licença de operação</i>	167
5.4.13	<i>Manutenção de acessos internos</i>	168
5.4.14	<i>Atendimento as estipulações de projeto</i>	169
5.5	Descrição e avaliação dos indicadores de “Sistemas de Proteção Ambiental”	170
5.5.1	<i>Monitoramento das águas subterrâneas</i>	170
5.5.2	<i>Monitoramento das águas pluviais</i>	172
5.5.3	<i>Monitoramento dos lixiviados</i>	173
5.5.4	<i>Monitoramento dos corpos d’água do entorno</i>	174
5.5.5	<i>Monitoramento da drenagem dos gases</i>	175
5.5.6	<i>Monitoramento da estabilidade dos maciços</i>	175
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	182
	REFERÊNCIAS	187
	ANEXO A – DECRETOS, LEIS, RESOLUÇÕES E NORMAS RELATIVAS AOS RSU	200

1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos pelos seres humanos acompanha sua existência, desde o seu modo de vida nômade, que data de 10.000 anos a.C., passando a se intensificar a partir do momento que estes passam a se organizar em comunidades.

Com o surgimento e desenvolvimento das cidades ao longo dos séculos, a preocupação com os resíduos sólidos começa a surgir, principalmente quando seu descarte sem planejamento se torna um problema sanitário, apresentando riscos à sociedade. Até o surgimento da Revolução Industrial, pode-se afirmar que não foi dada importância às condições sanitárias da sociedade (WILSON, 2007).

Com o advento da Revolução Industrial, as questões ligadas ao gerenciamento dos resíduos começam a ganhar mais atenção, notoriamente devido as suas estreitas relações com a saúde pública. No entanto, é somente a partir do ano de 1970 que o tema passa a ser mais abordado em escala mundial, pois compôs a pauta de discussões das grandes conferências mundiais, como a realizada em Estocolmo, em 1972, e a ECO-92, realizada no Rio de Janeiro, em 1992 (WILSON, 2007).

Segundo dados das Organizações das Nações Unidas (ONU), quase metade da população mundial vive atualmente em áreas urbanas e a estimativa é que em 2050, o percentual chegue a 65% (UNRIC, 2019). Com o aumento exponencial das populações humanas e o processo de migração do campo para as cidades, elevou-se também a demanda por recursos ambientais e produtos cada vez mais diversificados. Esses fatores culminaram no acúmulo em altos níveis de resíduos sólidos, efluentes domésticos e industriais, além de substâncias das mais variadas composições nos compartimentos ambientais, ocasionando processos de degradação ambiental.

A degradação da qualidade ambiental é o resultado da alteração adversa das características do meio ambiente e está diretamente relacionada às atividades antrópicas, como o descarte irracional de resíduos sólidos. Os processos de urbanização sem planejamento, o desenvolvimento científico-tecnológico, aliados aos resultados de um padrão de produção e consumo não sustentáveis do ponto de vista ambiental, teve como consequência direta o aumento na geração e na diversidade de resíduos, e o aumento dos impactos adversos decorrentes da sua disposição irregular.

Os resíduos sólidos urbanos, segundo Santos (2008), são quaisquer resíduos provenientes das atividades humanas ou gerados pela natureza em aglomerações urbanas.

Outros autores, como Cincotto (2003) *apud* Lopes (2003), consideram “resíduo”

qualquer material descartado, sem nenhum tratamento ou aproveitamento. Segundo esses autores, a partir do momento que o material recebe uma aplicação qualificada, passa a ser denominado subproduto. São muitas as conceituações e conotações atribuídas aos resíduos sólidos urbanos – RSU's.

Na visão de Santaella et al (2014), a variação do conceito de resíduos ao longo do tempo, tem relação com os processos de conscientização ambiental da sociedade, os avanços tecnológicos e a necessidade financeira de reaproveitamento de materiais que não são mais úteis para um determinado fim, mas podem servir de matéria-prima para outro.

A Norma Brasileira (NBR) nº 10.004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define resíduos sólidos como: “resíduos no estado sólido e semissólido que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”.

De acordo com a norma mencionada, os “rejeitos” são definidos como aqueles resíduos pelos quais esgotaram-se todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, restando como alternativa, sua disposição final ambientalmente adequada.

No contexto atual, as alternativas consideradas ambientalmente adequadas para destinação/disposição de resíduos sólidos são: reutilização, reciclagem, compostagem, disposição em aterro, recuperação e aproveitamento energético (BRASIL, 1998). Quando não é possível a inserção dos resíduos em outros ciclos de reaproveitamento, a disposição em aterros sanitários se torna a alternativa mais viável do ponto de vista ambiental e de saúde pública.

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, publicado em 2017, de responsabilidade da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, o Brasil gera cerca de 214,868 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia, sendo cada habitante, o gerador de 1,035 Kg/dia de resíduos sólidos (ABRELPE, 2017). De acordo com os resultados desse estudo, 40,9% dos municípios brasileiros ainda destinam seus resíduos sólidos de forma irregular, em lixões a céu aberto ou “aterros controlados” que não possuem os requisitos mínimos de controle ambiental.

Nos lixões, ou vazadouros a céu aberto, não há regulação nem controle da quantidade e tipos de resíduos destinados. Desse modo, resíduos domiciliares orgânicos e inorgânicos são lançados diretamente no solo, como também resíduos de varrição de praças e logradouros, resíduos perigosos, resíduos hospitalares e resíduos da construção civil.

Essa realidade tem como consequência direta a geração de impactos negativos ao

meio ambiente, como a contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas devido a formação do chorume, poluição do ar e visual, risco de proliferação de vetores de doenças e a desvalorização de imóveis no entorno dessas áreas, causando queda na qualidade de vida do ser humano (JARDIM, 1995).

Vale destacar que essa problemática pode ser percebida em todo território brasileiro, assim como na grande maioria dos municípios cearenses. Cabe salientar também que a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, instituída pela Lei Federal nº 12.305/2010, estabelece que os municípios adotem, entre outras políticas e práticas sustentáveis, os aterros sanitários como forma ambientalmente sustentáveis de destinação dos seus RSU's.

A ABNT define os aterros sanitários como:

a 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, 1992, p. 1).

Deve-se levar em consideração também a realidade dos catadores de material reciclável, os quais muitas vezes utilizam os lixões e aterros controlados como única oportunidade para suprir suas condições de subsistência, onde trabalham em condições precárias, expondo-se ao contato com vetores transmissores de doenças infecciosas, além de outros problemas de saúde, como o desenvolvimento de doenças pulmonares devido a exposição aos gases tóxicos e materiais particulados, bem como o excesso de radiação solar.

A Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, estabeleceu como principal meta a erradicação de todos os lixões do país, para que os resíduos passem a ser destinados em aterros sanitários, instalações ambientalmente adequadas para o manejo e depósito de rejeitos, até o mês de agosto de 2014 (BRASIL, 2010). É fato que o limite do prazo estipulado pela lei foi esgotado e a maioria dos municípios não conseguiu cumprir as metas estabelecidas. Desta forma, o Projeto de Lei Federal nº 425/2014, atualmente em tramitação prorrogou os prazos de 2018 até 2021, a depender da população dos municípios. Em síntese, a problemática dos lixões ainda se faz presente por todo o território nacional, inclusive na grande maioria dos municípios do Estado do Ceará (CEARÁ, 2015).

Em se tratando da gestão dos resíduos sólidos nos Municípios de Aquiraz e Eusébio, estes possuem coleta regular de resíduos sólidos urbanos e os destinam em um aterro sanitário localizado na Cidade de Aquiraz, o Aterro Sanitário Metropolitano Leste de Aquiraz

(ASMLA).

O planejamento e gerenciamento adequado de aterros sanitários é parte essencial à gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos. Sendo assim, diversos procedimentos e normas específicas devem ser observados para minimizar os impactos socioambientais gerados em suas fases de instalação e operação, como a escolha do local adequado a considerar sua geologia, pedologia e topografia do relevo, distância de cursos d'água, distância de núcleos populacionais, distância de rodovias e aeroportos, profundidade do lençol freático, predominância dos ventos, implantação de material impermeabilizante no solo, infraestrutura de drenagem e coleta de lixiviados e gases, instalação de infraestrutura de drenagem pluvial, cobertura diária dos resíduos, monitoramento ambiental, entre outras.

Tomando-se como base os pilares ecológicos, sociais e econômicos que fundamentam o desenvolvimento sustentável, os estudos acadêmicos, as normas técnicas (NBR 8419/1992 e NBR 13.896/1997) e as leis ambientais apontam para a necessidade de implantação de instrumentos de gestão e gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos nas políticas públicas, as quais devem envolver todos os níveis da sociedade, indicando também que a construção e operação adequada de aterros sanitários é parte integrante dessas políticas.

Diante deste contexto, esse trabalho se propõe a avaliar a qualidade ambiental do Aterro Sanitário do Município de Aquiraz, com ênfase em suas condições de controle ambiental e no estudo das características do meio em que o equipamento encontra-se instalado.

Mediante o objetivo geral traçado, delineia-se que o presente trabalho tem como objetivos específicos: 1) propor um novo modelo de índice para analisar a qualidade de aterros sanitários (IQAS – Índice de Qualidade de Aterros Sanitários) como ferramenta de avaliação dos aspectos de projeto, locais, de infraestrutura e controle ambiental do aterro de resíduos; 2) confrontar os resultados obtidos pelos indicadores do IQAS no ASMLA com os padrões e normas pré-estabelecidas pertinentes ao tema, com o intuito de verificar se os mesmos estão em conformidade com as mesmas; e 3) propor a utilização do índice como modelo a ser adotado pelo órgão ambiental do Estado do Ceará (SEMACE) para inspeções técnicas em aterros sanitários.

O IQAS é composto por 53 indicadores que atribuem pontuação aos aspectos relacionados às características do projeto, à infraestrutura implantada, às condições locais, às condições operacionais dos aterros e aos sistemas de proteção ambiental, buscando assim, uma padronização na avaliação desses equipamentos. Este índice foi criado a partir da revisão

dos parâmetros utilizados no IQR (Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos, criado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB em 1998 e revisado em 2013) e no IQA (Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos, proposto por FARIAS, 2002)

Diante da problemática apresentada, a aplicação do IQAS vai indicar que o aterro sanitário de Aquiraz possui características adequadas de instalação e operação e atende às normas técnicas e à legislação ambiental?

Numa primeira hipótese, as características locais, de projeto, de infraestrutura, de operação e proteção ambiental são adequadas e o aterro está em conformidade com os dispositivos legais e normas pertinentes, não sendo necessária a implementação de melhorias significativas em seus procedimentos operacionais, de monitoramento e controle ambiental. A segunda hipótese é que o aterro sanitário apresenta condições inadequadas, pois a maioria (ou totalidade) de seus indicadores apresentaram resultados insatisfatórios/indesejáveis de acordo com as normas e dispositivos legais pertinentes, sendo necessária a implementação de melhorias significativas em sua estrutura, procedimentos operacionais e de monitoramento e controle ambiental.

1.2 Local de Estudo

Para desenvolvimento dessa pesquisa foi escolhido o Aterro Sanitário Metropolitano Leste, localizado no Município de Aquiraz-CE. O aterro situa-se próximo à rodovia CE-040, Km 16, e recebe os resíduos sólidos urbanos dos Municípios de Aquiraz e Eusébio.

1.2.1 Características físicas do Município de Aquiraz

O Município de Aquiraz está localizado na porção nordeste do Estado do Ceará, dista 21 Km em linha reta da Capital Fortaleza e, compõe com outros municípios, a Região Metropolitana – RMF (Figura 1). Sua Sede municipal está situada entre as coordenadas geográficas 3° 54' 05" de Latitude Sul e 38° 23' 28" de Longitude Oeste, estabelecendo limites com o Oceano Atlântico, Fortaleza e Eusébio ao Norte, Horizonte, Cascavel e Pindoretama ao Sul, o Oceano Atlântico a leste, e com as cidades de Eusébio, Itaitinga e Horizonte a Oeste (IPECE, 2012).

O acesso ao município pode ser feito por duas importantes rodovias pertencentes

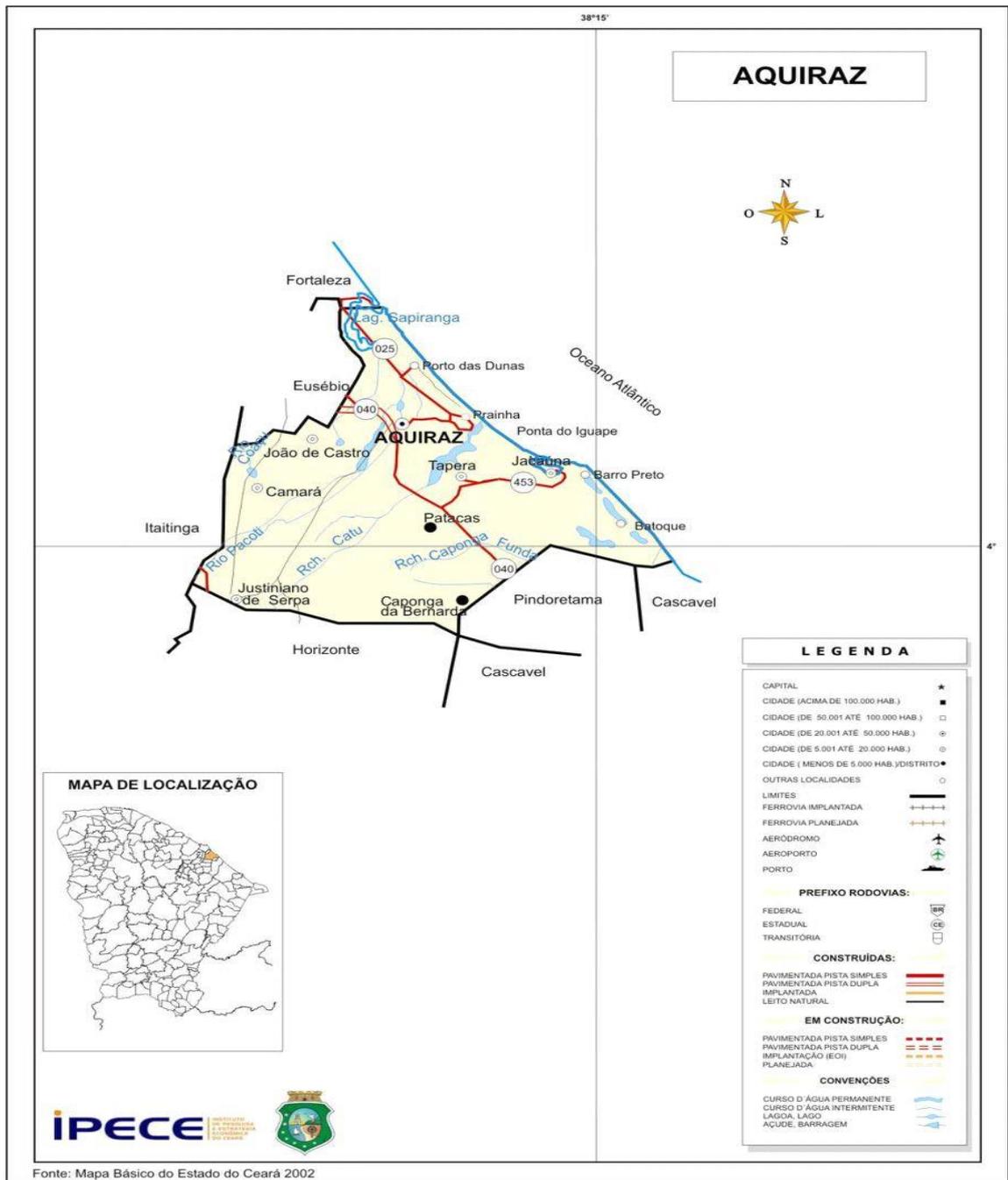
ao sistema viário local: A BR-116 e a CE-040. A primeira localiza-se a sudoeste da estrada estadual e estabelece divisa entre os municípios de Itaitinga onde integram os distritos de Camará, Caponga da Bernarda, João de Castro, Justiniano de Serpa e Pataca. Outra opção é o acesso pela CE-040, principal estrada que se utiliza para chegar à sede do município e a outros distritos que se conectam a rodovia estadual através de estradas vicinais, como: Distrito de Jacaúna, Tapera e o distrito sede. A importância dessa via também está ligada ao fato de que os usuários que trafegam partindo da capital Fortaleza têm acesso ao litoral leste através dessa rodovia.

O território de Aquiraz perfaz uma área de 481,596 Km² e possui altitude ao nível do mar de 14,2 m. As temperaturas médias mínimas e máximas são de 28°C e 36°C (IBGE, 2012). Do ponto de vista geológico, e de acordo com pesquisas de Brandão (1995) seu relevo está assentado sobre as coberturas sedimentares cenozóicas compostas basicamente pelas seguintes unidades litoestatigráficas: Formação Barreiras, Dunas e Aluviões e Embasamento Cristalino.

Sobre as características litológicas da Formação Barreiras, Brasil (1981, p. 121) explica que:

essa sequência sedimentar é representada por uma associação de argila variegada, arenitos avermelhados, níveis caulínicos, conglomerados grossos com matiz arenosos avermelhada, reunidos por cimento ferruginoso, às vezes muito consistente, constituídos de seixos de quartzo, quartzitos, bem arredondados e de rochas diversas e estratificação indistinta.

Figura 1 – Aquiraz e seus limites político-administrativos



Fonte: IPECE, 2002

Além dos 36 Km de faixa litorânea composta por sete praias (Porto das Dunas, Japão, Prainha, Iguape, Barro Preto e Batoque), outras unidades geomorfológicas são encontradas em seu território, a exemplo dos tabuleiros pré-litorâneos, dunas, paleodunas e planícies flúvio-marinhas (IPECE, 2009).

Segundo dados do Perfil Básico Municipal de Aquiraz,

o relevo do município é formado predominantemente por planícies litorâneas e

tabuleiros pré-litorâneos, constituídos por diversos tipos de solo: Areias Quartzosas Distróficas (62,7%), Areias Quartzosas Marinhas (10,56%) Bruno Não-Cálcico (0,01%), Podzólico Vermelho Amarelo (19,08%), Solochack (5,65%) e Solonetz Solonizado (2,63%). No que se refere aos fatores climáticos, predomina o clima Tropical Quente Sub-Úmido, com temperaturas que variam entre 26° a 28° e pluviosidade média de 1.379,9 mm, cujos meses se concentram na chamada quadra chuvosa, entre os meses de janeiro a maio. A umidade relativa média apresenta uma variação máxima de 12% referente aos meses de abril (85%) e outubro (73%) (IPECE, 2009, p. 6).

Por se tratar de uma área litorânea, há grande influência dos conhecidos ventos alísios, que, de acordo com (RODRIGUES, 2004) têm flutuação predominante de NE e SE. Os ventos alísios, em conjunto com o efeito de outros fatores climáticos são responsáveis pelo principal sistema meteorológico atuante no Ceará e no nordeste do Brasil, a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT do Atlântico Sul, que provocam as chuvas mais intensas no Estado entre os meses de março a maio.

Quanto às fisionomias florísticas que ocorrem em Aquiraz, Figueiredo (1997) as denominou como pertencentes ao Complexo Vegetacional da Zona Costeira. Posteriormente, esse sistema de classificação foi adotado e adaptado pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE. Essas tipologias vegetacionais compreendem as matas de porte arbóreo-arbustivo localizadas sobre tabuleiros litorâneos da Formação Barreiras, vegetação herbácea-arbustiva em dunas, vegetação herbácea do pós-praia, matas ciliares e manguezais.

De acordo com a abordagem de Rodrigues (2004) *apud* Silva (1983, p. 21),

nas áreas litorâneas de Aquiraz pode-se observar diferentes fisionomias vegetais tais como: Vegetação pioneira psamófila de praias e dunas, vegetação de mangue, vegetação subperenifólia de dunas, vegetação perenifólia da mata ciliar, vegetação de várzea com carnaúbas (*Copernicia Prunifera*) e vegetação caducifólia de tabuleiros.

No aterro sanitário de Aquiraz, por estar localizado em uma área onde são identificados os mais variados usos do solo (rodovias, loteamentos, atividades agropastoris, comércios e indústrias), a vegetação de tabuleiro encontra-se em processo avançado de degradação, ocorrendo fragmentos de vegetação nativa secundária, associada a outras formas de ocupação do solo.

Segundo o inventário florestal realizado pela SEMACE no ano de 2016, nos ambientes de vegetação de tabuleiros pré-litorâneos podem ser encontradas as seguintes espécies:

espécies de nome vulgar: Camará (*Lantana Camara* Linn), Carrasco (*Arrabidea erubescens*), Catanduva (*Piptadenia moniliformis* Benth), Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), Carnaúba (*Copernicia prunifera*), Coqueiro (*Coccus nucifera*), Cajazeira (*Spondia Lutea*), Espinheiro preto (*Acacia glomerosa* Benth), Frei Jorge

(*Cordia trichotoma*), Inharé (*Brosimum gaudichaudii* Trec.), Jiquiri preto (não identificada), João mole (*Pisonia Tomentosa*), Juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.), Jucá (*Caesalpinia ferrea* Mart.ex), Jurema branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke), Maria Preta (*Cordia salzmanni* CD), Mandacaru (*Cereus jamacaru*), Marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.), Mororó (*Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud.), Mofumbo (*Combretum leprosum* Mart.), Pau branco (*Auxemma onconcalyx*), Pacotê (*Cochlospermum vitidolium* (Willd.)), Pitombeira (*Talisia esculenta* Radlk.), Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) e Unha-de-gato (*Mimosa* sp) (SEMACE, 2016, p. 7).

No que se refere aos recursos hídricos, são várias as conceituações de Bacia Hidrográfica presentes na literatura. Segundo Cazula & Mirandola (2010),

as bacias são compostas por um conjunto de canais de escoamento de água. A quantidade e a qualidade de água que a bacia vai receber depende do tamanho da área ocupada pela bacia hidrográfica e por processos naturais e antrópicos que envolvem precipitação, evaporação, infiltração, escoamento, topografia, vegetação, clima, uso e ocupação do solo.

Para Guerra (1993), bacia hidrográfica trata-se de um conjunto de terras drenada por um rio principal e seus afluentes.

Já para Granell-Perez (2004), a definição de bacias hidrográficas segue a seguinte abordagem:

a bacia hidrográfica é constituída pelo conjunto de superfícies que, através de canais e tributários, drenam a água da chuva, sedimentos e substâncias para um canal principal cuja vazão ou deflúvio converge numa foz do canal principal, num outro rio, lago ou mar. É delimitada pelos divisores de água e seus tamanhos podem variar desde m² até milhões de Km².

As informações que se seguem foram obtidas através da avaliação do Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas – PGABM, publicado em 2010.

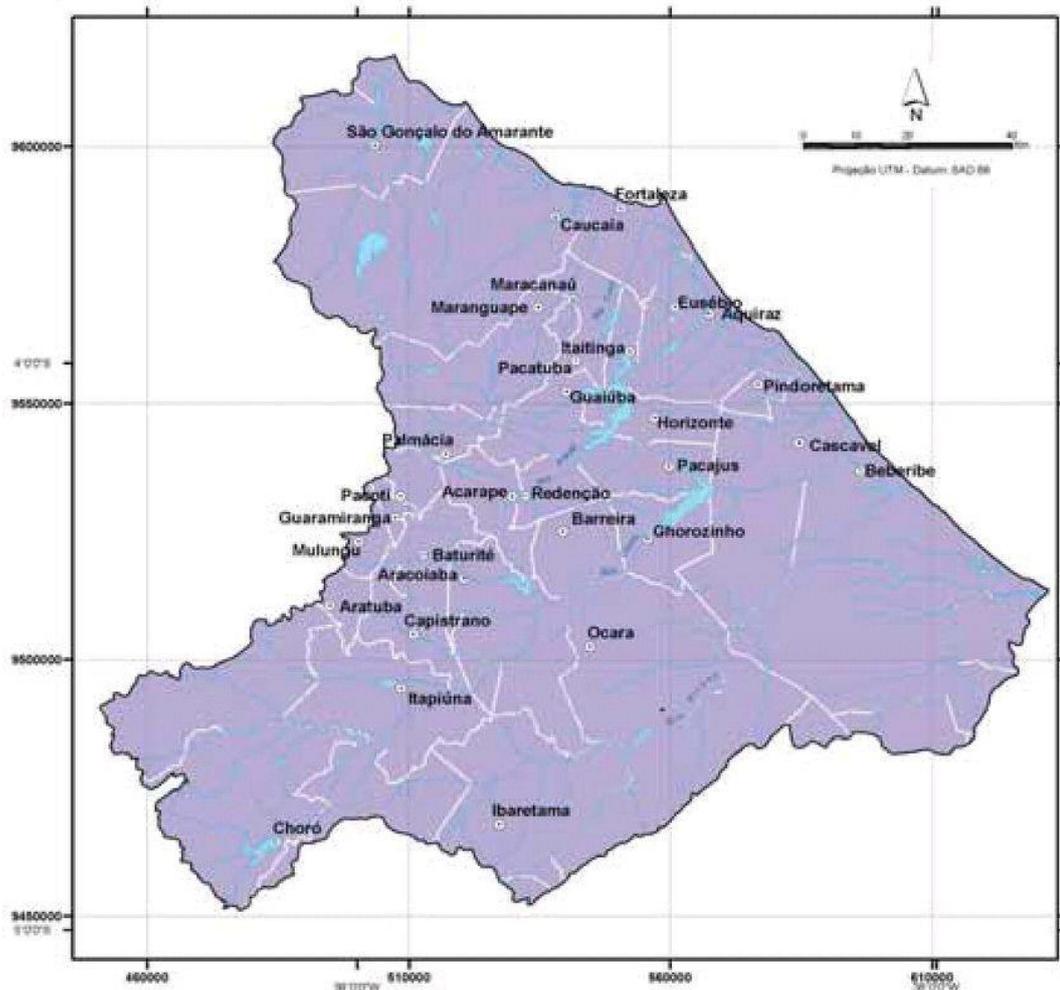
O Município de Aquiraz está inserido no domínio das Bacias Hidrográficas Metropolitanas, as quais situam-se na porção nordeste do Estado, limitadas ao Sul pela bacia do Banabuiú, a leste pela bacia do rio Jaguaribe, a oeste pela bacia do Curu, e ao norte, pelo oceano Atlântico. As bacias Metropolitanas possuem extrema importância para a garantia do abastecimento hídrico ao maior contingente populacional do Estado do Ceará, a Região Metropolitana de Fortaleza – RMF (Figura 2).

A área de abrangência das Bacias Metropolitanas é de 15.085 Km², perfazendo 10% do território do Estado do Ceará. Seus limites englobam 41 municípios total ou parcialmente. No entanto, segundo o Decreto de sua criação nº 26.902/2003, somente 31

municípios compõe a bacia. (PGABM, 2010a).

A rede de drenagens que compõe a bacia, subdivide-se em 14 sub-bacias, a dizer: São Gonçalo, Gereáú Cahuípe, Juá, Ceará/Maranguape, Cocó/Coaçu, Pacoti, Catu, Caponga Funda, Caponga Roseira, Malcozinhado, Choró, Uruaú e Pirangi

Figura 2 – Municípios drenados pelas Bacias Metropolitanas e seus afluentes



Fonte: Caderno Regional das Bacias Metropolitanas (2009)

A área do estudo em questão situa-se nas terras drenadas pela sub-bacia do rio Catu, cuja nascente situa-se no município de Horizonte e escoar por cerca de 30 Km até se acumular na lagoa do Catu, há cerca de 2 Km do aterro, e desaguar na “Prainha”, que faz parte do litoral de Aquiraz.

1.2.2 Características socioeconômicas do Município de Aquiraz

O Município de Aquiraz é um dos municípios que compõe a Região

Metropolitana de Fortaleza, tendo importância significativa no cenário econômico, cultural e ambiental do Estado do Ceará. Vale destacar que Aquiraz é considerada como a primeira capital do Estado, haja vista no ano de 1699, a então Vila de Aquiraz ter sido a primeira capital da Capitania do Ceará, período que durou até 1726, quando sua sede foi transferida para Fortaleza (PDDU Aquiraz, 2001).

É importante ressaltar que o acervo histórico e cultural do município é expressivo também devido ao seu patrimônio arquitetônico (Casa do Capitão Mor, Mercado da carne, a Praça da Igreja da Matriz e o Museu Sacro), que apresenta edificações que datam dos séculos XVIII e XIX, e às manifestações culturais e artísticas, como a dança do Côco do Iguape e o artesanato das rendeiras da Prainha (CEARÁ, 2015).

Em virtude de sua proximidade com a Capital Fortaleza, bem como o fato de seu litoral possuir praias de relevante beleza cênica, o município possui destaque na economia ligada ao turismo, colocando-o, atualmente, como o segundo maior parque turístico do Estado, segundo a Secretaria Estadual de Turismo – SETUR.

Como argumenta Moura (2009, p. 68),

após os primeiros colonos se instalarem na faixa litorânea de Aquiraz no séc. XVII, trazidos pelo movimento de embarcações e mercadorias provocadas pelo porto da praia do Iguape, dá-se início de fato a ocupação do território de Aquiraz durante o séc. XIX, através do desenvolvimento pela população local de atividades primárias relacionadas a agricultura, pecuária, pesca e artesanato, que cumpriam suas funções de subsistência da população local, bem como o de abastecimento das necessidades dos habitantes de Fortaleza.

As atividades agropastoris praticadas nas zonas de tabuleiros pré-litorâneos, principalmente próximos às várzeas abertas das sub-bacia dos rios Pacoti e Catu, foram, no século XVIII e XIX as atividades econômicas mais praticadas em Aquiraz, notadamente nos ciclos da cana-de-açúcar e do algodão.

Nesse momento, a estrutura ocupacional da população economicamente ativa, demonstra uma maior parcela de mão de obra voltada para o setor primário, como pesca, agricultura, artesanato, entre outras, como pecuária e extrativismo que contribui para a economia do município (GRANJEIRO, 1983 *apud* OLIVEIRA, 2009).

Como atividades de subsistência e prática mercantil local, desde os tempos dos assentamentos dos primeiros colonos até os dias atuais, culturas perenes como milho, feijão, mandioca, cana de açúcar, côco da bahia, caju e banana são culturas que fazem parte do cotidiano dos habitantes de zonas rurais, que as cultivam nos solos arenosos e areno-argilosos da região (CEARÁ 2017).

Entre as décadas de 1970-1980, devida à desvalorização das atividades agropastoris intensificada pelos ciclos das secas no interior do Estado, além do crescimento dos investimentos em outras atividades concentradas na Capital e Região Metropolitana, inicia-se um processo de migração da população do campo para a cidade em busca de empregos e melhorias nas condições de vida. Esse efeito de polarização exercida pela RMF resultou na aceleração do processo de crescimento populacional e urbanização da sede do município de Aquiraz (MOURA, 2009).

Um exemplo de que o fenômeno de migração das populações do campo em direção às cidades ocorreu também em escala local, pode ser constatado pelos dados do IPECE, onde fica demonstrado que em 2012, haviam 19.707 domicílios ocupados no território de Aquiraz, sendo que 18.521 em área urbana e 1.186 na zona rural (IPECE, 2014).

Outro fator que passou a influenciar os padrões de uso e ocupação do solo e urbanização no território de Aquiraz foi o processo de veraneio, quando a partir dos anos de 1970, a população de classes mais abastadas residentes em Fortaleza, insatisfeitos com as condições das praias poluídas e com a deterioração da qualidade de vida na capital, iniciam a procura por novos imóveis para servir de segunda residência, principalmente na faixa litorânea de outros municípios cearenses (MONTENEGRO JUNIOR, 2004).

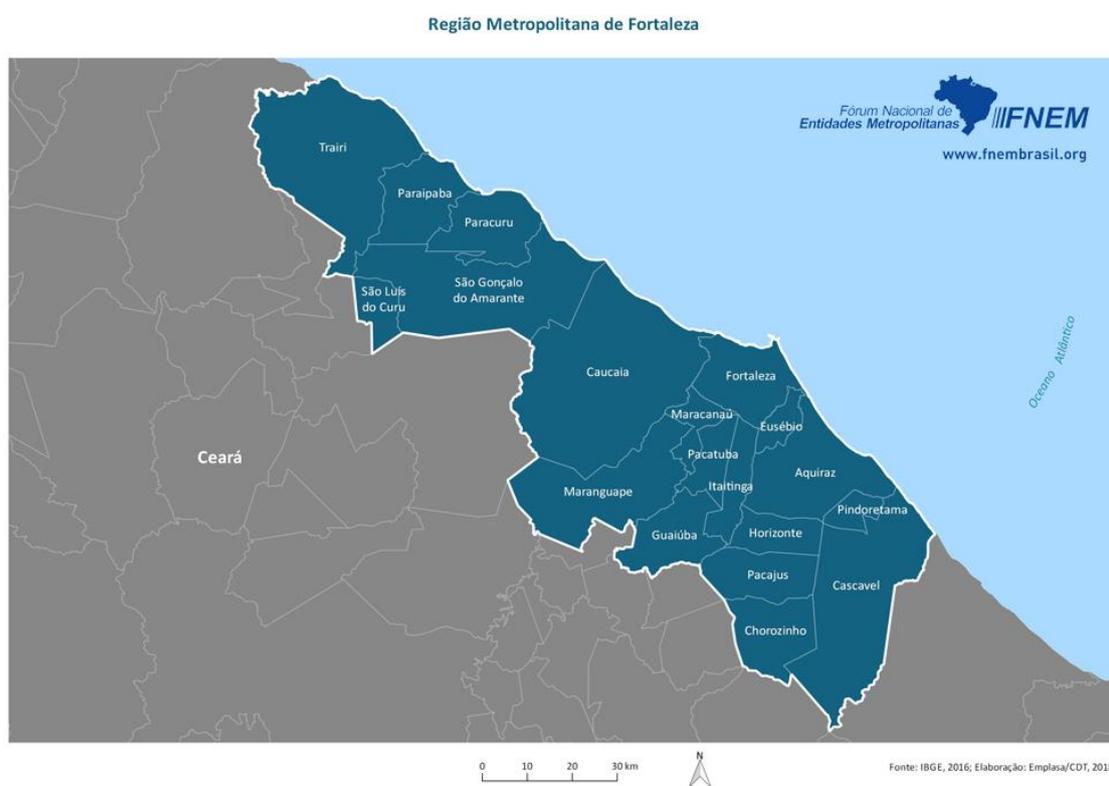
As transformações que resultaram desse fenômeno ainda vêm ocorrendo até os dias atuais, e podem ser verificadas nas praias de, Iguape, Porto das Dunas, Prainha e Praia do Presídio, porções litorâneas do território de Aquiraz onde a aquisição de segundas residências por moradores de outros municípios e regiões do país, além da prática do veranismo e a especulação desses espaços pelos setores turísticos e imobiliários, modificaram e seguem modificando a paisagem e a dinâmica socioeconômica do município.

O Município de Aquiraz, em 1951, tinha como divisão territorial administrativa os Distritos de Aquiraz (Sede), Jacaúna e Justiniano de Serpa (PDDU Aquiraz, 2001), como mostra a Figura 3. Cabe destacar que, desde 1955, já existia uma colônia de pescadores que formavam comunidades que habitavam a Barra do rio Catu, que desemboca na Prainha de Aquiraz, além de haver relatos de pescadores que já moraram na barra do rio Pacoti, que hoje compõe parte da Área de Proteção Ambiental – APA do Rio Pacoti, no bairro Porto das Dunas (CAVALCANTE *et al*, 2005).

Municípios de Fortaleza, Aquiraz, Caucaia, Maranguape e Pacatuba. A partir de 1986 até os dias atuais, a configuração do espaço metropolitano veio se modificando e, atualmente, a RMF, para efeitos de planejamento da ação administrativa do Estado é definida como Macrorregião de Planejamento 1.

A Macrorregião 1 conta com 19 municípios, após a inclusão de Eusébio, Cascavel, Maracanaú, Guaiuba e Itaitinga, Horizonte, Pindoretama, Pacajus, Chorozinho, São Gonçalo do Amarante, São Luís do Curu, Paracuru, Paraipaba e Trairi (Figura 4).

Figura 4 – Configuração atual da Região Metropolitana de Fortaleza



Fonte: <http://fnembrasil.org/tag/regiao-metropolitana-de-fortaleza>

Após a expansão do município e criação de novos distritos, atualmente, além da sede municipal, a divisão distrital se apresenta da seguinte forma: Justiniano de Serpa e Jacaúna, Camará, Caponga da Bernarda, Patacas, Tapera e João de Castro, conforme demonstra o Quadro 1.

Quadro 1 – Divisão distrital do Município de Aquiraz

DISTRITO	ANO DE CRIAÇÃO	INST. LEGAL
Sede	1969	Ordem Régia

Jacaúna (Iguape)	1893	2
Justiniano de Serpa	1933	Dec. 1.156
Camará	1988	11.469
Patacas	1988	11.470
Tapera	1988	11.471
Caponga da Bernarda	1988	11.474
João de Castro	1995	066/95
Assis Teixeira (Jenipapeiro)	2008	726/2008

Fonte: <http://www.aquiraz.ce.gov.br/aspectos-geograficos/> 2019

No censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em 1980, a população de Aquiraz era de 45.214 habitantes (IBGE, 2019). Em 1996, a população já atingia 52.282 hab., elevando-se para 60.469 hab. em 2000 (IBGE, 2000).

Os últimos dados levantados pelo censo de 2010 revelam que a população somou 72.628 habitantes, com estimativa de aumento populacional para 2018 de 79.563 hab., bem como apresentou densidade demográfica de 150,50 hab/Km² (IBGE, 2010). Os dados obtidos também demonstraram que entre os anos de 2000 e 2010, a população de Aquiraz cresceu a uma taxa anual de 1,85%, enquanto que no Brasil o crescimento foi de 1,17% no mesmo período.

Considerando os dados mais recentes do PIB por setores de Aquiraz trazidos o IPECE (2014), o Quadro 2 apresenta alguns indicadores econômicos do município em comparação com o Estado:

Quadro 2 – PIB de Aquiraz e do Estado por setores

Variável	Município	Estado
PIB a preços de Mercado (R\$ mil)	801.369	87.982.450
PIB <i>per capita</i> (R\$ 1,00)	10.894	10.314
PIB Setorial (%)	<u>Agropecuária</u>	4,83
	<u>Indústria</u>	38,15
	<u>Serviços</u>	57,02
		4,70
		22,22
		73,08

Fonte: IPECE (2014)

No tocante às atividades agropecuárias desenvolvidas no município destacam-se a cajucultura e o beneficiamento da castanha de caju (*Anacardium occidentale*). O cultivo do côco da bahia (*Cocus nucifera*) e a cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) são as espécies

vegetais mais representativas em termos de área cultivada (CEARÁ, 2017).

A partir de 1997, o Município de Aquiraz passou a incluir na sua pauta agrícola o cultivo de mamão e manga. Outras culturas menos representativas também são encontradas, citando, por exemplo, tangerina, limão, goiaba, laranja, abacate e banana. Mas, foi a partir do ano 2000, que a atividade de cultivo e beneficiamento da castanha passa a ganhar maior destaque, chegando a serem colhidas 285 toneladas de castanha de caju naquele ano (IBGE, 2000).

De acordo com uma notícia de 27 de agosto de 2018, foi publicada no *site* do jornal “Tribuna do Ceará”, o subsetor ligado à produção de castanha de caju é o que atualmente lidera a pauta de exportações no município, com um total de US\$ 19,5 milhões, valor esse 55,9 % maior que o exibido no mesmo período de 2017 (TRIBUNA DO CEARÁ, 2017).

A pecuária, apesar de não ser uma atividade econômica de destaque em Aquiraz, é desenvolvida na forma de subsistência para o abastecimento da população local, assim como é praticada a criação de caprinos, ovinos, suínos.

No entanto, vale salientar que a cadeia produtiva ligada à avicultura é a atividade agropecuária mais importante no município. Seus benefícios se refletem na geração de renda, haja vista ser a atividade do setor que mais emprega trabalhadores, na arrecadação do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS, e também contribui para o abastecimento local. (CEARÁ, 2017). Segundo dados da Prefeitura Municipal, encontram-se instaladas na zona urbana e rural, desde pequenas unidades de criação para subsistência, até granjas pertencentes a empresas de grande porte.

Um dado que demonstra o bom desempenho do setor da avicultura, é o fato que no ano de 2016, Aquiraz liderou o ranking de produção de ovos de galinha dentre os municípios da RMF (IBGE, 2016).

Outra atividade que não poderia deixar de ser mencionada é a pesca, que é praticada por parte da população de forma tradicional em Aquiraz, a exemplo da comunidade de pescadores da Prainha e do Iguape. Em mar aberto são pescados camarões do mar, peixes de espécies variadas com uso de redes e manzuás para a captura da lagosta, que são tradicionalmente capturados com uso de embarcações de pesca rústicas de madeira e jangadas. Cabe ressaltar que a pesca artesanal e amadora também é comum em rios e açudes do município.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, a produção de pescado do município em 2005 foi de 283 ton. de

peixes, o que representou 1,85% da produção pesqueira do Estado.

Outras práticas relacionadas à exploração dos recursos naturais é o extrativismo de lenha para usos variados, a destacar: estacas para cerca, insumo energético para uso doméstico e em pequenas indústrias, e para a produção de carvão. Salienta-se também a atividade de extração mineral de areia, argila e granito (CEARÁ, 2017).

Como se observa no Quadro 2, a atividade industrial tem alta representatividade no comparativo com outros setores e vem apresentando razoável crescimento no que se refere ao número de empresas instaladas. De acordo com a Prefeitura Municipal de Aquiraz, no período de 1990/97, a estrutura industrial do Município era representada pelos segmentos de minerais não metálicos, mobiliário, vestuário, produtos alimentares e bebidas.

A partir de 1996, a implantação de indústrias foi se consolidando, atraídas por um conjunto de incentivos fiscais dos Governos Estadual e Municipal, por meio do Programa de Promoção Industrial e Atração de Investimentos, que resultou na instalação de 08 indústrias no Município, onde se destacaram a indústria de produção de bebidas (cerveja) Ambev e a mineradora White Stone do Brasil S/A (PDDU, 2005).

O setor de serviços tem representatividade expressiva na composição do PIB municipal, sendo que a principal atividade do setor é o turismo. Segundo dados dos Indicadores do Turismo, o litoral leste do Ceará aparece como o que possui a maior oferta hoteleira do Estado, ficando atrás apenas da Capital Fortaleza (CEARÁ, 2018).

Nesse cenário, Aquiraz lidera o *ranking* entre os municípios da costa leste. A estimativa é que 1,5 milhão de pessoas por ano visitem as praias do litoral leste (SETUR, 2011). A demanda é justificada em grande parte devido à expressiva beleza cênica de suas praias, dunas, falésias e manguezais. Com seus 36 Km de praias (Porto das Dunas, Japão, Prainha, Presídio, Iguape e Barro Preto), Aquiraz absorve uma parcela significativa dessa demanda, devido à proximidade com a Capital Fortaleza, existência de razoável infraestrutura urbanística, fluxo de investimentos públicos e privados e a presença de equipamentos turísticos de pequeno, médio e grande porte, a exemplo do *Beach Park*, instalado na Praia de Porto das Dunas.

Apesar da importância das demandas socioeconômicas advindas do turismo para a contribuição no desenvolvimento do Estado do Ceará, vale destacar que infelizmente não tem sido rara, principalmente na zona costeira do Estado, a persistência de um modelo de turismo que se concentra nos benefícios econômicos da atividade sem a proporcional preocupação com os impactos socioambientais negativos que decorrem do planejamento, instalação e operação dos empreendimentos, em descompasso com as leis ambientais e as práticas

ambientalmente sustentáveis e socialmente justas.

O processo de degradação ambiental é inevitável, na medida em que empreendimentos turísticos ou de qualquer outra natureza, por falha do Poder Público e/ou negligência dos responsáveis, são planejados, instalados e administrados sem a devida observação dos padrões legais de ordenamento urbano, uso e ocupação do solo e o respeito à legislação ambiental vigente, especialmente no tocante à construção em Áreas de Preservação Permanente – APPs de rios, lagoas e topos de morro; faixas de praia e terrenos de marinha, falésias e dunas e o gerenciamento inadequado dos efluentes líquidos e dos resíduos sólidos.

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida resumida do progresso a longo prazo em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e saúde.

Baseado no conceito de Desenvolvimento Humano, o objetivo da criação do IDH foi a de oferecer um contraponto a outros índices, como o PIB, partindo do pressuposto de que para aferir o avanço na qualidade de vida de uma população é preciso ir além do viés puramente econômicos e considerar outros aspectos sociais, culturais e políticos que influenciam a qualidade de vida humana (PNUD, 2013, p. 4).

De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM é um número que varia entre 0 e 1 (quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano). Assim sendo, Municípios com IDHM até 0,499 têm desenvolvimento humano considerado muito baixo; municípios com índice entre 0,500 e 0,599 são considerados de baixo desenvolvimento humano; entre 0,600 e 0,699 são considerados de médio desenvolvimento humano; municípios entre 0,700 e 0,799 são considerados de desenvolvimento humano alto; e a partir de 0,800 têm desenvolvimento humano muito alto.

Conforme a pesquisa do Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil, o Município de Aquiraz está situado na faixa de Desenvolvimento Humano Médio, com IDHM entre 0,6 e 0,699, acrescentando-se que o componente avaliado que apresentou maior crescimento entre 1991 e 2010, foi a educação, seguidos por longevidade e renda (PNUD, 2013).

No tocante a avaliação do sistema educacional do município, segundo o IBGE (2018)

a taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade em 2010, foi de 96,5%. A nota da avaliação Índice de Desenvolvimento da Educação Básica - IDEB nos anos iniciais e finais do ensino fundamental em 2015, foi equivalente a 4,9 e 4,7, respectivamente,

ou seja, abaixo da média nacional para os anos iniciais, que é 5,8, e no mesmo patamar nacional para os anos finais do ensino fundamental (4,7). Em relação ao quantitativo de matrículas no ensino fundamental e médio, foram registradas em 2018 11.021 e 3.264, respectivamente. O corpo docente que atuou no ensino fundamental em 2018, contou com 420 professores, ao passo que 161 docentes atuam no ensino médio. Em atenção ao número de escolas que atuam no nível do ensino fundamental, o município possuía 52 instituições ativas em 2018.

Em que pese a avaliação das informações relativas aos serviços públicos de saneamento ambiental no município,

a Prefeitura Municipal celebrou contrato em 14 de janeiro de 2004, válido por 30 anos, com a Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE para exploração dos serviços de abastecimento de água, além da coleta, remoção e tratamento de esgotamento sanitário. Atualmente, a concessionária possui dois núcleos administrativo-operacionais responsáveis pelo abastecimento de água potável e tratamento de esgotos domésticos do distrito sede e localidades, os quais ficam localizados no distrito sede e no bairro Tapera. A infraestrutura conta também com uma unidade do Sistema Integrado de Saneamento Rural – SISAR, instalada na localidade Japão (CEARÁ, 2017, p. 134).

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico Municipal de Aquiraz (CEARÁ, 2017), o abastecimento da população ligada à rede pública ocorre através da captação de água da lagoa do Catu, através dos sistemas de Estações Elevatórias de Água Bruta, Adutoras, e Estações de Tratamento de Água – ETA, Reservatórios de Água Tratada, Rede de Distribuição. O manancial dista aproximadamente 3,5 Km da sede municipal e é alimentada pelo açude Catucinzenta, cuja capacidade de acumulação é de 24.900.000 m³ de água segundo a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará – COGERH, órgão responsável pela gestão dos corpos hídricos no Ceará.

O Sistema de Esgotamento Sanitário de Aquiraz, do tipo separador absoluto, recebe os efluentes domésticos do distrito sede, do município vizinho de Eusébio e do empreendimento privado “Aquiraz Riviera”, localizado no Distrito Tapera. O sistema é composto por quatro sub-unidades (sub-bacias), rede coletora, Estações Elevatórias de Esgoto, Estações de Tratamento de Esgoto – ETE (01 no Distrito Sede, 01 no Distrito de Porto das Dunas e 01 que atende o Aquiraz Riviera), Lagoas de Estabilização, Emissário e o corpo receptor, que é o rio Pacoti, que deságua no mar na localidade de Porto das Dunas.

Em se tratando da estrutura administrativa do sistema de manejo dos resíduos sólidos do Município de Aquiraz, o órgão que administra o serviço é a Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos. Já os serviços de coleta domiciliar, transporte e destinação

final são executados pela empresa “Marquise Ambiental”, que também administra o aterro sanitário Metropolitano Leste de Aquiraz – ASMLA (CEARÁ, 2015).

2 METODOLOGIA

2.1 Abordagem Metodológica

No tocante a sua abordagem, esta pesquisa tem caráter quali-quantitativo, pois na análise do problema explorado é utilizado um índice que abrange as duas interpretações, que coexistem e se complementam. Como explica Minayo (2000), o conjunto de dados quantitativos e qualitativos, não se opõem, pelo contrário, se complementam, pois a realidade abrangida por eles interage dinamicamente, excluindo qualquer dicotomia.

Quanto aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como explicativa, pois, por se tratar de um estudo de caso, como explica Triviños (1987), esse tipo de estudo demanda do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar. Esse tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de uma determinada realidade.

Para o desenvolvimento do conteúdo deste estudo foi utilizado o método de análise multicriterial direcionada à aplicação e avaliação de indicadores que, em sua totalidade, tem condições de avaliar a qualidade ambiental de aterros de resíduos sólidos.

2.1.1 Índices de Qualidade de Aterros de Resíduos

Considerando que o Brasil ainda não possui um índice nacional (oficial) de avaliação da qualidade de aterros sanitários, como é indicado no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2012), considerou-se necessário fazer uma pesquisa acerca dos índices mais utilizados pelo meio acadêmico e técnico-institucional, selecionando o mais apropriado para este trabalho. O Quadro 3 apresenta uma breve descrição dos índices mais utilizados no Brasil e no mundo.

Quadro 3 – Índices de avaliação de aterros utilizados no Brasil e no mundo

Índices	Descrição
<i>Landfill Water Pollution Index (LWPI)</i> (TALALAJ & BIEDKA, 2016)	Trata-se do Índice de Poluição de Água por Aterros (traduzido do Inglês para o Português) proposto por Talalaj (2014), o qual utiliza 10 parâmetros utilizado na regulações da União Europeia.
<i>Environmental Landfill Impact Index (ELI)</i> , <i>Environmental Risk Index (ERI)</i> , <i>Environmental Value</i>	Índices Europeus utilizados para diagnóstico ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, conforme a Diretriz nº 31/1999 da Comissão Europeia, os quais respectivamente em Português significam Índice de Impacto Ambiental de Aterros Sanitários, Índice de Risco Ambiental, Valor

<i>(EV) and Probability Of Contamination (Pbc)</i> (ZAMORANO, 2005)	Ambiental e Probabilidade de Contaminação. Por meio desses índices, as características do estado ambiental dos aterros fornecem valores de classificação em 5 grupos do maior ao menor risco ou impacto: “muito alto”, “alto”, “médio”, “baixo” e “muito baixo”.
Sistema de avaliação para classificação de áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos (SCHUELER & MAHLER, 2007)	Visa sua a remediação e a pós-ocupação ao combinar a utilização de 5 matrizes de avaliação referentes: à produção de chorume, à capacidade do lixiviado atingir o aquífero, ao risco de alagamento, ao potencial do efluente atingir os recursos naturais e ao potencial do efluente atingir contato com a população. Ao final, o resultado que varia entre 0 e 100, classifica a área segundo três categorias relacionadas aos diferentes níveis de cuidados ambientais pós-fechamento: baixo risco (até 20 pontos), médio risco (de 21 a 60 pontos) e alto risco (de 61 a 100 pontos).
Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos – IQR (CETESB, 1998)	Criado pela CETESB em 1997, trata-se do primeiro índice de qualidade voltado para avaliar e classificar os aterros de resíduos do Estado de São Paulo inventariando assim a disposição final dos resíduos sólidos urbanos como instrumento de apoio à fiscalização, monitoramento e gestão ambiental dessas áreas no sentido de propor melhorias a esses sistemas.
Índice de Qualidade de Aterros de RSU – IQA (FARIA, 2002)	Criado a partir da alteração do IQR (CETESB, 1998) com o auxílio da metodologia da Análise do Valor e que foram aplicados em 16 municípios do Estado do Rio de Janeiro como validação do uso do índice.
Índice de Impacto do Resíduos Sólidos Urbanos sobre a Saúde Pública – IIRSP (DEUS et al, 2004)	O qual reúne oito indicadores que mais retratam a relação resíduos sólidos-homem-saúde pública sendo eles: o indicador de déficit de coleta, indicador de déficit de tratamento/disposição final, indicador de cisticercose, indicador de leptospirose, indicador de teníase, indicador de toxoplasmose, indicador de triquinose e o indicador do orçamento destinado aos sistemas de limpeza urbana.
Índice de Qualidade no Sistema da Gestão Ambiental em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos – IQS (LOUREIRO, 2005)	Criado a partir da alteração do IQA (FARIA, 2002) a partir do uso de parâmetros do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), introduzido pela ISSO 14.000. Índice indicado para aterros certificados como o do município de Cianorte-PR, que tem ISO 14.001 desde 2012.
Índice de Qualidade de Aterros Industriais – IQRI (MONTEIRO, 2006)	Baseado nos índices já existentes IQR (CETESB, 1998), IQA (FARIA, 2002) e IQS (LOUREIRO, 2005) voltados para aterros de resíduos sólidos industriais, considerando aspectos particulares de critérios de localização, de sua infraestrutura implantada, das condições operacionais e as variáveis de gestão da saúde, do meio ambiente e da segurança do trabalho. Ao final, numa variância entre 0 e 10, o IQRI classifica as localidades em condições inadequadas (para valores entre 0,00 e 6,0), controladas (para valores entre 6,01 e 8,0), adequadas (para valores entre 8,01 e 9,0) e ambientais (para valores entre 9,01 e 10,0).
Índice de Qualidade no Sistema da Gestão Ambiental em Aterros de Resíduos Sólidos Industriais – IQSI (PINTO, 2011)	Baseado nos índices IQS (LOUREIRO, 2005) e IQRI (MONTEIRO, 2006), utilizando os critérios das normas da família da ISO 14.000 no gerenciamento de aterros de resíduos sólidos industriais e por meio da aplicação da Matriz de Avaliação Funcional classificou os aterros em condições inadequadas (valores entre 0 e 6), controladas (valores entre 6,1 e 8,0), adequadas (valores entre 8,1 e 9,0) ou ambientais (valores entre 9,1 e 10,0).
Nova Proposta do Índice de Qualidade de Aterros de RSU do Estado de São Paulo – IQR Nova Proposta (CETESB, 2012)	Altera o IQR tradicional (CETESB, 1998) com a introdução, exclusão ou fusão de itens importantes do ponto de vista técnico e ambiental, passando a enquadrar as instalações em inadequadas (para valores entre 0 e 7,0) e adequadas (para valores entre 7,1 e 10,0).

Matriz de Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (SANTIAGO & DIAS, 2012)	Avalia toda a gestão dos resíduos desde o planejamento até ações de educação ambiental e as etapas do gerenciamento desde a coleta até a disposição final, reunindo 42 indicadores agrupados em 6 dimensões da sustentabilidade: política, tecnológica, econômica/financeira, ambiental/ecológica, conhecimento (educação ambiental e mobilização social) e inclusão social. Ao final, o nível de sustentabilidade apresentará como resultado as seguintes situações: insustentável para o valor de 0, baixa sustentabilidade o intervalo de 1 a 4, média sustentabilidade o intervalo de 5 a 8 e alta sustentabilidade o intervalo entre 9 e 10.
Índice de Qualidade de Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos do Estado do Rio de Janeiro – IQDR (INEA, 2013)	Inspirado no IQR (CETESB, 1998), o IQDR-RJ é uma ferramenta gerencial para fiscalização e acompanhamento das licenças e autorizações das áreas de destinação final de RSU, criado com o objetivo de diagnosticar constantemente e garantir a manutenção da qualidade técnica e ambiental desses locais. O índice subdivide-se em cabeçalho, características do local, infraestrutura implantada e condições operacionais, e também enquadra o empreendimento em condições inadequadas (para notas entre 0,0 e 6,0), condições controladas (para notas entre 6,1 e 8,0) e condições adequadas (para notas entre 8,1 e 10,0).
Índice de Qualidade de Aterro Sanitário de Resíduos em Valas – IQR-Valas (SMA/CETESB, 2005)	Utilizado em municípios ou conjunto de municípios com geração de RSU inferior a 10 toneladas por dia. Utilizado desde o ano 2.000, quando o governo paulista por meio do Decreto 44.760, de 13 de março de 2.000, e do Decreto 45.001, de 27 de junho de 2.000, concedeu recursos financeiros para viabilizar novos empreendimentos de disposição final de resíduos voltados para a realidade dos municípios com população inferior a 25.000 habitantes, os quais representavam a grande maioria dos municípios em situação irregular nos Inventários de Resíduos realizados pela CETESB em 1997, 1998 e 1999.
Índice de Qualidade de Aterro Sanitário de Resíduos em Valas na Nova Proposta – IQR-Valas-Nova Proposta (CETESB, 2016)	De 2011 a 2015, o IQR-Valas, denominado agora, IQR-Valas-Nova Proposta, passou a ser determinado a partir de 20 critérios agrupados em 5 categorias: estrutura de apoio, aspectos operacionais, estrutura de proteção ambiental, características da área e outras informações.

Fonte: Melo (2017)

Dentre os índices acima listados, os mais empregados no Brasil, segundo Melo (2017) são:

- O Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos – IQR, proposto pela CETESB no ano de 1998;
- O IQR – Valas, proposto pela CETESB em 2005;
- O Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos – IQA, proposto por Faria (2002);
- O Índice de Qualidade no Sistema da Gestão Ambiental em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos – IQS, proposto por Loureiro (2005);
- O IQR – Nova Proposta CETESB, proposto pela CETESB (2013);
- O IQR – Valas – Nova Proposta, proposto pela CETESB (2013).

Tomando-se como referência as experiências em que pesquisadores se utilizaram

destes índices para avaliação de aterros de resíduos, cita-se o trabalho de Faria (2002), que aplicou o índice em 16 municípios do Estado do Rio de Janeiro, onde 13 apresentaram condições inadequadas e apenas 2 obtiveram a avaliação dentro da escala “adequada”. Esse trabalho foi de grande importância para a validação científica do IQA, pois se baseou em um índice amplamente utilizado no Estado de São Paulo pela CETESB (uma instituição de referência no Brasil em estudos e análises ambientais), e com a experiência da autora passou a ganhar mais respaldo quando o aperfeiçoou, utilizando-se da metodologia da Análise de Valor, alterando indicadores para torná-lo mais eficientes e testando-os em um espaço amostral considerável.

Andrade *et al* (2013) utilizou o IQA no aterro de Palmas/TO. Esse trabalho foi publicado antes da invalidação da NBR 8849:2015, portanto, ainda era viável do ponto de vista normativo, a concepção de projetos de aterros controlado como sistemas de destinação final de RSU. Os resultados da aplicação do IQA nesse aterro o enquadraram com em “condições controladas” após o cômputo dos indicadores do índice.

No ano de 2016, Pereira & Curi (2016) realizaram um trabalho semelhante aplicando o IQA no Município de Puxinanã/PB, cujos dados coletados classificaram o aterro como operando em “condições inadequadas”.

Entre os anos de 2015 e 2016, Melo (2017) utilizou o IQA para avaliar as condições dos aterros de resíduos em 20 municípios da Região Metropolitana de Goiás, onde 16 apresentaram “condições inadequadas” e 4 apresentaram “condições adequadas”.

O IQR foi criado pela CETESB em 1997, sendo o primeiro índice de qualidade voltado para avaliar e classificar os aterros de resíduos do Estado de São Paulo, inventariando assim a disposição final dos resíduos sólidos urbanos como instrumento de apoio à fiscalização, monitoramento e gestão ambiental dessas áreas no sentido de propor melhorias a esses sistemas. Ele foi alterado para IQR – Nova Proposta em 2013, com a introdução, exclusão e fusão de itens importantes do ponto de vista técnico e ambiental, passando a enquadrar as instalações em inadequadas (para valores entre 0 e 7,0) e adequadas (para valores entre 7,1 e 10,0).

O IQA contém critérios de avaliação mais condizentes com a realidade dos sistemas de disposição final de resíduos sólidos do Estado do Ceará, que encontra-se em processo incipiente de aperfeiçoamento dos poucos aterros sanitários existentes em todo o Estado, a exemplo do ASMLA que, nos últimos anos, vêm passando por obras de melhorias nos equipamentos de controle e monitoramento. Entretanto possui uma grande desvantagem, em relação ao IQR – Nova Proposta: o enquadramento das instalações e operações de aterros

em condições controladas não são mais aceitos no Brasil, desde a publicação da Lei da PNRS no ano de 2010 e da revogação da Norma Brasileira NBR 8849:1985 em 15/06/2015, a qual estabelecia as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros controlados.

Dessa forma, o sistema de disposição final conhecido como “aterro controlado” passou a não ser mais permitido e considerado como uma forma de disposição final ambientalmente inadequada, equiparando-se as condições dos lixões que não possuem critérios técnicos e legais de proteção ambiental, de saúde pública e de segurança ocupacional que os aterros sanitários oferecem.

2.1.2 Uma nova proposta para avaliar a qualidade de aterros sanitários

A princípio, considerou-se a simples adaptação do IQA à nova escala de enquadramento do IQR – Nova Proposta como o método mais adequado para avaliação do ASMLA. Entretanto, optou-se por aprimorar a avaliação da qualidade dos aterros de resíduos ampliando-se e refinando-se a análise, para além dos aspectos locais, de infraestrutura e operação, incorporando-se novos indicadores qualitativos que abordam também aspectos de sustentabilidade e de monitoramento ambiental.

Para tanto, propõe-se o IQAS (Índice de Qualidade de Aterros Sanitários), criado a partir da revisão dos parâmetros utilizados no IQR (Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos, criado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB em 1998 e revisado em 2013) e no IQA (Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos, proposto por FARIAS, 2002).

O IQAS é composto por 53 indicadores, divididos em 5 dimensões, que atribuem pontuação aos aspectos relacionados às características do projeto (Item 1), à infraestrutura implantada (Item 2), às condições locais (Item 3), às condições operacionais dos aterros (Item 4) e aos sistemas de proteção ambiental (Item 5), buscando assim, uma padronização na avaliação desses equipamentos.

Os indicadores do IQAS foram enquadrados em duas escalas de avaliação distintas, as quais apresentam pesos diferenciados em cada uma delas.

Quanto ao desempenho ou eficiência, os indicadores foram avaliados como “adequados”, “inadequados” ou “inexistente”, tendo em vista a especificidade de cada projeto, sistema ou parâmetro do aterro avaliado.

Quando a avaliação do indicador resumir-se à existência ou não do equipamento,

sistema de monitoramento ou procedimento técnico-operacional adotado no gerenciamento do aterro, o indicador terá seu peso atribuído em razão da verificação (sim) ou da ausência (não) desses sistemas.

As escalas adotadas tiveram pesos que variam em função dos níveis de importância dos indicadores em relação à avaliação como um todo, face à sua relação direta, indireta ou inexistente com o ambiente onde o aterro está instalado e o potencial de impacto direto, indireto ou inexistente nele imposto.

Para os indicadores do IQAS que guardam relação direta com os recursos naturais, estes que podem sofrer maior impacto ambiental devido ao comportamento ou a ausência desse indicador, aplicou-se uma escala com pontuação 5 / 2 / 0 (adequado / inadequado / inexistente, respectivamente); 5 / 0 (sim / não, respectivamente) ou o inverso, dependendo do indicador.

Para os indicadores do IQAS que guardam relação indireta com os recursos naturais, estes que podem sofrer menor impacto ambiental ou nenhum impacto, devido ao comportamento ou a ausência desse indicador, aplica-se a escala com pontuação 2 / 1 / 0 (adequado / inadequado / inexistente, respectivamente); 2 / 0 (sim / não, respectivamente), ou o inverso se for o caso.

O Quadro 4 apresenta a planilha proposta para avaliação do aterro, onde a primeira coluna apresenta a descrição do indicador atinente a cada aspecto do aterro sanitário; a segunda coluna indica o critério para avaliação do indicador; a terceira coluna indica os pesos associados a cada um dos critérios; e a última coluna é onde o avaliador insere a pontuação que em sua opinião é mais coerente com a situação do aterro.

A explanação acerca da descrição dos indicadores e dos critérios de avaliação de cada indicador, encontram-se no Capítulo 5.

Quadro 4 – Planilha de avaliação de aterros sanitários

DIMENSÃO 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.1 Profundidade do lençol freático (P)	P > 3m	5	
	3 m ≥ P ≥ 1m	2	
	P < 1m	0	
1.2 Permeabilidade do solo (K)	K < 10 ⁻⁶ cm/s	5	
	10 ⁻⁶ cm/s ≥ k ≥ 10 ⁻⁴ cm/s	2	
	K > 10 ⁻⁶ cm/s	0	
1.3 Dimensões e inclinações dos taludes	Adequada	5	
	Inadequada	2	
	Inexistente	0	

1.4 Drenagem provisória de águas pluviais	Adequada Inadequada Inexistente	5 2 0	
1.5 Drenagem definitiva de águas pluviais	Adequada Inadequada Inexistente	5 2 0	
1.6 Drenagem de chorume	Adequada Inadequada Inexistente	5 2 0	
1.7 Sistema de Tratamento de chorume	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	
1.8 Drenagem de gases	Adequada Inadequada Inexistente	5 2 0	
1.9 Impermeabilização da base do aterro	Sim Não	5 0	
1.10 Adequabilidade do terreno	Sim Não	5 0	
1.11 Material de recobrimento	Adequado Inadequado Inexistente	2 1 0	
1.12 Plano de contenção de riscos	Sim Não	5 0	
1.13 Plano de encerramento do aterro	Sim Não	5 0	
1.14 Vida Útil do aterro	≥ 10 anos < 10 anos	5 0	
1.15 Unidade de Triagem / Reciclagem de resíduos	Sim Não	5 0	
SUBTOTAL MÁXIMO ATINGÍVEL		72	
DIMENSÃO 2 – INFRAESTRUTURA IMPLANTADA			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
2.1 Portaria / Guarita	Adequada Inadequada Inexistente	2 1 0	
2.2 Controle no recebimento de carga	Adequada Inadequada Inexistente	2 1 0	
2.3 Isolamento físico e sinalização da área do aterro	Adequado Inadequado Inexistente	2 1 0	
2.4 Isolamento visual da área do aterro	Adequado Inadequado Inexistente	2 1 0	
2.5 Sistema viário de acesso ao aterro	Adequado Inadequado	2 0	
2.6 Acesso à frente de trabalho	Adequado Inadequado	2 0	
2.7 Equipamentos de apoio	Adequados Inadequados Inexistentes	2 1 0	

SUBTOTAL MÁXIMO ATINGÍVEL		14	
DIMENSÃO 3 – CONDIÇÕES LOCAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
3.1 Distância de corpos d'água (D1)	D1 ≥ 200 m D1 < 200 m	5 0	
3.2 Distância de núcleos habitacionais (D2)	D2 ≥ 500 m D2 < 500 m	5 0	
3.3 Presença de aves	Não Sim	2 0	
3.4 Presença de animais domésticos	Não Sim	5 0	
3.5 Presença de moscas	Não Sim	2 0	
3.6 Ocorrência de odores	Não Sim	2 0	
3.7 Presença de catadores dentro do aterro	Não Sim	5 0	
3.8 Presença de resíduos dispersos pelo vento	Não Sim	5 0	
3.9 Queima de resíduos dentro do aterro	Não Sim	5 0	
3.10 Afloramento de chorume	Não Sim	5 0	
3.11 Proximidade a Áreas Protegidas (D3)	D3 ≥ 3 km D1 < 3 km	5 0	
SUBTOTAL MÁXIMO ATINGÍVEL		46	
DIMENSÃO 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.1 Recobrimento diário dos resíduos	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	
4.2 Compactação dos resíduos	Adequada Inadequada Inexistente	5 2 0	
4.3 Nivelamento da superfície do maciço	Sim Não	2 0	
4.4 Homogeneidade da cobertura	Sim Não	2 0	
4.5 Funcionamento da drenagem de chorume	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	
4.6 Funcionamento da drenagem de águas pluviais	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	
4.7 Funcionamento da drenagem de gases	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	
4.8 Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	

4.9 Recebimento de resíduos de serviços de saúde	Não Sim	5 0	
4.10 Recebimento de resíduos industriais	Não Sim	5 0	
4.11 Recebimento de resíduos da construção civil / resíduos de podas e capinas	Não Sim	5 0	
4.12 Licença de Operação (LO)	Sim Não	5 0	
4.13 Manutenção dos acessos internos	Sim Não	2 0	
4.14 Atendimento às estipulações de projeto	Sim Não	5 0	
SUBTOTAL MÁXIMO ATINGÍVEL		61	
DIMENSÃO 5 – SISTEMAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
5.1 Monitoramento das águas subterrâneas	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	
5.2 Monitoramento das águas pluviais	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	
5.3 Monitoramento dos lixiviados	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	
5.4 Monitoramento dos corpos d'águas do entorno	Sim Não	5 0	
5.5 Monitoramento do sistema de drenagem de gases	Sim Não	5 0	
5.6 Monitoramento da estabilidade dos maciços e taludes do aterro	Sim Não	5 0	
SUBTOTAL MÁXIMO ATINGÍVEL		30	
TOTAL MÁXIMO ATINGÍVEL EM TODOS OS ITENS		223	

Fonte: Produzido pelo autor

CÁLCULO DO IQAS

Para o cálculo do IQAS, adotou-se a metodologia abordada no IQA (FARIA, 2002), como demonstra a equação a seguir:

$$IQAS = [(S1 + S2 + S3 + S4 + S5)] \times 10 / \Sigma P_{\text{máx}}$$

Onde:

- S1 é o somatório das notas dos critérios referentes as “características de projeto”;
- S2 é o somatório das notas referentes a “infraestrutura implantada”;
- S3 é o somatório das notas referentes as “condições locais”;
- S4 é o somatório das notas referentes as “condições operacionais”;

- S5 é o somatório das notas referentes aos “sistemas de proteção ambiental”;
- Pmáx é o somatório máximo possível da pontuação de todos os indicadores, correspondente a 223 pontos.

AVALIAÇÃO DO ATERRO

O parâmetro de avaliação adotado para esta pesquisa segue a mesma escala de pontuação do IQR – Nova Proposta (CETESB, 2015), conforme o Quadro 5.

Quadro 5 – Escala de pontuação

PONTUAÇÃO	AVALIAÇÃO
$0 < IQAS \leq 7$	Condições Inadequadas
$7 < IQAS \leq 10$	Condições Adequadas

Fonte: CETESB, 2015

2.2 Procedimentos metodológicos

Para se atingir os objetivos traçados, a pesquisa foi produzida em quatro etapas, descritas a seguir:

Etapa 1 – Pesquisas bibliográficas e documentais para a construção de um referencial teórico. Levantamento de dados sobre o Município de Aquiraz (local onde o aterro está localizado). Levantamento de dados e compilação das informações do ASMLA.

Etapa 2 – Diagnóstico integrado dos componentes do meio físico e do meio socioeconômico do local de estudo, bem como, o histórico do uso e ocupação do solo do Município de Aquiraz. Visita ao aterro para reconhecimento dos ambientes e das intervenções no entorno do terreno. Integração e sistematização de todas as informações coletadas.

Etapa 3 – Estudo dos aspectos legais da utilização dos resíduos sólidos e de normas específicas para elaboração e execução de projeto. Elaboração de um índice de avaliação da qualidade das condições do aterro baseado nos métodos IQR e IQA.

Etapa 4 – Aplicação da metodologia. Dificuldades obtidas. Quantificação de valores dos indicadores. Incertezas nas quantificações. Análise de sensibilidade dos resultados finais em função das ponderações atribuídas aos itens. Condições de aplicabilidade da

metodologia desenvolvida a outros aterros a uma escala nacional. Síntese dos resultados. Avaliação do aterro objeto de estudo.

2.3 Material utilizado e fonte de dados

Para a obtenção dos dados secundários, com vistas à elaboração do referencial teórico da pesquisa foram visitadas as bibliotecas da Universidade Federal do Ceará, em especial a Biblioteca Central do Campus do Pici e a Biblioteca de Pós-Graduação em Engenharia, a biblioteca da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará – SEMACE, a sede do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC) e a sede do Aterro Sanitário Metropolitano Leste de Aquiraz (ASMLA).

A pesquisa em páginas de *web sites* foi direcionada à base digital de universidades federais e estaduais do país, institutos federais de educação, ONG's, empresas e associações de entidades privadas, e órgãos dos 3 níveis da administração pública, a saber: Ministério do Meio Ambiente – MMA, Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, SEMACE, Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará – IPECE, Secretaria do Meio Ambiente do Ceará – SEMA, Secretaria de Infraestrutura do Ceará – SEIFRA, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, Companhia de Água e Esgoto do Estado Ceará – CAGECE, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Compromisso Empresarial para a Reciclagem – CEMPRE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais e Sindicato das Empresas de Reciclagem de Resíduos Sólidos, Domésticos e Industriais do Estado do Ceará.

Nas visitas à biblioteca da SEMACE, e acessando a base digital do órgão, foi possível ter acesso a estudos e documentos relevantes para a fundamentação teórica da pesquisa, como o processo administrativo de licenciamento ambiental do aterro, o qual contém o Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental – EIA-RIMA, o projeto inicial, além de outros projetos executivos posteriores. No órgão ambiental estadual, também foram analisados mapas, relatórios e pareceres técnicos que contribuíram para a elucidação do problema abordado e para a aquisição de dados do meio físico da área estudada, a exemplo de sondagens do solo, subsolo e inventários de fauna e flora realizados na época da construção do aterro sanitário.

Vale salientar que o referencial teórico foi enriquecido com as contribuições de profissionais da área ambiental que atuam junto à Secretaria de Meio Ambiente do Estado do

Ceará – SEMA, e nas Secretarias de Meio Ambiente dos Municípios de Aquiraz e Eusébio, os quais, através das plataformas digitais disponíveis para a troca de informações via *internet*, forneceram informações relevantes atinentes à gestão municipal dos resíduos sólidos urbanos.

A pesquisa de campo ocorreu no dia 04 de dezembro de 2018 no período da manhã e da tarde. A atividade foi guiada pelo gerente operacional do ASMLA, Sr. Aguiar, que acompanhou o percurso por todos os setores do aterro e repassou diversas informações à equipe de pesquisadores.

Para a avaliação de determinados aspectos do aterro, foi necessária a análise *à priori* e *à posteriori* das normas e procedimentos criados por órgãos técnicos, pertinentes à apresentação de projetos, implantação, operação, fiscalização e monitoramento de aterros sanitários no Brasil (ABNT, CREA-SP e CETESB). Em casos de indisponibilidade e ausência de padronização dos dados nos órgãos oficiais, recorreu-se a consulta em trabalhos acadêmicos correlatos no âmbito nacional.

Outros aspectos relacionados à “proximidade com corpos hídricos” (subitem 3.1) e à “proximidade a núcleos habitacionais” (subitem 3.2) demandaram a coleta de coordenadas geográficas em *UTM DATUM SIRGAS 2000* com o uso do GPS de navegação *Garmin Oregon 750*. Posteriormente, as coordenadas coletadas em campo foram plotadas nas imagens orbitais do aplicativo de mapas *Google Earth Pro v 7.3* e georreferenciadas utilizando-se o *software* de geoprocessamento *Qgis v 3.2*.

O registro fotográfico dos itens e da área de entorno do aterro foi feito com a câmera do GPS supracitado, o qual também possui essa função.

3 INTRODUÇÃO À TEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Como resultado do aumento exponencial das populações nos centros urbanos, da industrialização, do consumismo característico do modelo econômico capitalista e a rápida inserção no mercado de novos produtos e tecnologias, a gestão da problemática dos resíduos sólidos surge como um dos maiores desafios da modernidade, que ainda carecem de soluções efetivas, principalmente nos países em desenvolvimento.

O Brasil, apesar de possuir uma legislação ambiental considerada avançada em escala mundial, a exemplo da Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos publicada no ano de 2010, a qual procurou estimular a mudança de comportamento na esfera social, econômica e política com a criação de mecanismos pautados no desenvolvimento sustentável (Planos de Resíduos Sólidos Estaduais e Municipais, incorporação em todos os níveis sociais das práticas de Gestão Integrada de RSU's, a exigência da destinação final ambientalmente adequada, a logística reversa de produtos, as sanções econômicas aos municípios que descumpram as regras, entre outros), teve um avanço lento à nível nacional, no tocante à efetiva implementação dos dispositivos previstos na lei.

O cenário atual da destinação final dos resíduos no país, é apenas um dos exemplos das falhas na aplicação da política ambiental vigente. O art. 54 da Lei nº 12.305/2010, trouxe em seu texto a tão aguardada perspectiva do fim dos lixões a céu aberto em todos os municípios brasileiros: “Art. 54 – A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, observado o disposto no §1º do art. 9º, deverá ser implantada em até 4 anos após a data de publicação desta Lei” (BRASIL, 2010).

Em relação à questão da eliminação dos lixões, que acarretam tantos danos à saúde humana e ao meio ambiente como um todo, o que se observou sequencialmente à promulgação da PNRS foi uma série de prorrogações de prazos aprovados pelos órgãos legislativos, a flexibilização de trechos específicos da lei e o descompromisso dos entes públicos responsáveis pela execução da política.

Vale salientar que a data limite para que todos os municípios adequassem seus

sistemas de descarte de resíduos sólidos urbanos era o ano de 2014, no entanto, verifica-se que a meta estipulada pela lei, mesmo após nove anos de sua criação, ainda encontra-se longe de ser alcançada.

É válido ressaltar que o descarte irregular de lixo no Brasil é proibido desde o ano de 1954, pela Lei nº 2.312/54 (Código Nacional de Saúde). Essa proibição foi reforçada pela Lei nº 6.938/1981 que trata da Política Nacional de Meio Ambiente, e mais recentemente, ratificada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Com base na alegação de gestores municipais de todo o país, de que os municípios não dispõem de recursos financeiros nem capacitação técnica para dar cumprimento à norma, foi gerada uma pressão política no congresso nacional que culminou na mais recente proposta de mudança na legislação, o Projeto de Lei nº 2.289/2015, o qual já foi aprovado pelo Senado Federal e aguarda votação na Câmara dos Deputados.

O Projeto de Lei altera os prazos definidos na PNRS para o fim dos lixões e determina que os municípios têm entre os anos de 2018 até 2021, a depender do número de habitantes (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2015), para a implantação de aterros sanitários como forma ambientalmente adequada para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

O tema da destinação final é uma variável importante dentre as diversas temáticas que envolvem a questão da geração e o tratamento dos resíduos sólidos, notadamente por ter uma ligação direta com o risco de contaminação dos recursos ambientais e a saúde da população que habitam as cidades em suas áreas urbanas e rurais.

No entanto, faz-se necessário ponderar que é preciso que as políticas públicas e iniciativas voltadas à gestão dos resíduos sólidos sejam elaboradas e aplicadas de maneira a alcançar todos os setores envolvidos (grandes, médios e pequenos geradores, indústria da reciclagem, cooperativas de catadores, consumidores, educação, pesquisa científica, fiscalização), visando não somente a redução do volume de resíduos produzidos e seus impactos negativos no meio ambiente, mas também a procura por novas matérias-primas menos poluentes, o fomento à criação de novas tecnologias e métodos de processamento de materiais e tratamento de resíduos, o aproveitamento energético e a inclusão social de catadores de recicláveis.

O envolvimento e a mudança de postura da classe política e da sociedade civil organizada nesse processo é de extrema importância, haja vista a necessidade de priorizar e dar cumprimento às políticas públicas ligadas ao saneamento ambiental de uma forma geral, além da criação de dispositivos legais que tenham como objetivo a criação de instrumentos econômicos para o incentivo à indústria de recicláveis, o fomento à organização e

operacionalização das cooperativas de catadores, a efetiva aplicação da Lei nº 9.795/1999 que dispõe sobre a Educação Ambiental, o incentivo à pesquisa científica e a punição dos poluidores nos termos da Lei de Crimes Ambientais nº 9.605/1998.

3.1 A agenda 21 e as bases teóricas para a gestão adequada dos RSU'S

A década de 1990 foi marcada pela realização de uma série de conferências mundiais provocadas pela ONU, a exemplo da Conferência Mundial da Criança de Nova York, II Conferência Mundial e Direitos Humanos de Viena, IV Conferência Mundial sobre as Mulheres de Beijing e a Confederação das Nações Unidas para o Desenvolvimento e Meio Ambiente – Rio 92. (LINDGREEN ALVES, 2001),

A RIO 92 ou ECO 92 aconteceu em junho do ano de 1992 e reuniu 179 países. A conferência reuniu 114 chefes de Estado e suas delegações, que juntamente com Organizações não Governamentais – ONG's, a comunidade acadêmica, a iniciativa privada, movimentos sociais e outros interessados, promoveram debates e buscaram construir tratados diante de temas conflituosos inerentes ao modelo de desenvolvimento vigente e seus impactos negativos nos recursos naturais em escala global, com ênfase nas discussões em torno da redução no uso de combustíveis fósseis e a proteção à biodiversidade.

A conferência teve desdobramentos importantes do ponto de vista científico, diplomático, político, social e da comunicação (NOVAES, 1992), sendo marcada também pelo reconhecimento dos países de que os problemas antes considerados locais, tinham agora caráter global.

Assim como ocorreu na Conferência de Estocolmo de 1972, os debates refletiram a polarização entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, no tocante às suas propostas e objetivos divergentes, principalmente no campo econômico.

A posição dos países desenvolvidos era a de tentar barrar a imposição de novas obrigações financeiras, pelas quais seriam as únicas responsáveis; a criação de novas instituições pesadas; a transformação da Conferência do Rio numa cúpula de desenvolvimento e a aprovação de medidas que pudessem vir a ter consequências negativas sobre as economias destes estados. Por outro lado, os países em desenvolvimento, pretendiam centrar-se nas vantagens financeiras imediatas mais do que na reforma das estruturas nacionais ou internacionais, que influenciarão a situação desses países a longo prazo (MOREIRA, 2011, p. 8).

A despeito das palavras de Marques *apud* Oliveira (2001), de que a conferência gerou uma decepção pela impotência de suas decisões políticas, haja vista que não se confrontou os limites do desenvolvimento econômico, já que havia o claro entendimento que o impacto ecológico aumenta mais rapidamente que o nível de desenvolvimento humano. Cordani, Salati *et al* (1997) afirmam que durante a RIO-92, não apenas foram produzidos os mais importantes acordos ambientais globais da humanidade, mas também os documentos mais importantes dos últimos anos.

A Cúpula da Terra teve como um dos seus resultados, a produção de documentos que viriam a nortear as ações futuras em relação a meio ambiente e desenvolvimento. São eles: A Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Convenção Quadro sobre Mudança Climática, Convenção sobre Diversidade Biológica, Declaração Sobre as Florestas, Declaração do Povo da Terra, Tratado das ONG's e a Agenda 21.

Segundo Coelho (1994), a conferência do Rio foi ativa em grande estilo, por endossar, no mais alto nível, a Agenda 21, um amplo programa de trabalho que traduz, em termos de ação e de cooperação, a proposta de desenvolvimento sustentável.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente – MMA,

a Agenda 21 é um plano de ação para ser adotada global, nacional e localmente por organizações do sistema das Nações Unidas, governos e pela sociedade civil, em todas as áreas em que a ação humana impacta o meio ambiente. Constitui-se na mais abrangente tentativa já realizada de orientar para um novo padrão de desenvolvimento para o século XXI, cujo alicerce é a sinergia da sustentabilidade ambiental, social e econômica, perpassando em todas as suas ações propostas (MMA, 2012)

A Agenda 21, aprovada na declaração do Rio, é um documento que tem como objetivo propor um programa de ação para o chamado “desenvolvimento sustentável”. Seus 41 capítulos apresentam propostas para a construção de uma sociedade mais sustentável, englobando grandes temas de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.

Dentre os temas que compõem o documento, alguns capítulos abordam a promoção da saúde humana, o combate à pobreza, a valorização dos direitos das mulheres, a valorização dos trabalhadores e dos sindicatos, proteção e garantia de direitos das comunidades tradicionais, fortalecimento do papel das ONG's, produção sustentável, mudanças no padrão de consumo e cooperação internacional em prol do desenvolvimento sustentável entre países desenvolvidos e em desenvolvimento (MMA, 2012)

A atenção dada a temática socioambiental na agenda 21, entre outros temas, tratam de

assuntos relacionados a proteção, conservação, manejo e uso sustentável dos recursos naturais, como: A proteção e manejo dos recursos hídricos, proteção e usos sustentável dos oceanos e da zona costeira, proteção da diversidade biológica, proteção da atmosfera, manejo de ecossistemas frágeis, a questão da desertificação, planejamento e gerenciamento dos recursos terrestres e o gerenciamento dos resíduos sólidos e perigosos (MMA, 2012).

Voltando-se o foco ao objeto da presente pesquisa, o Capítulo 21 da Agenda Global faz menção ao “Manejo Ambientalmente Saudável dos Resíduos Sólidos e Questões Relacionadas com os Esgotos”. O Capítulo foi incorporado ao documento em cumprimento ao disposto no parágrafo 3º da seção I da Resolução 44/228 da Assembleia Geral, onde ficou estabelecido que a RIO-92 deveria elaborar estratégias e medidas para deter e inverter os efeitos da degradação do meio ambiente no contexto da intensificação dos esforços nacionais e internacionais para promover um desenvolvimento sustentável e ambientalmente saudável em todos os países.

Ao analisar-se o parágrafo 12 “g” da seção I da mesma Resolução, a Assembleia Geral registrou que o manejo ambientalmente saudável dos resíduos se encontrava entre as questões mais importantes para a manutenção da qualidade do meio ambiente (MMA, 2012).

A abordagem que se segue no Capítulo 21 inclui:

a conceituação, caracterização e manejo adequado dos resíduos sólidos e perigosos, a transdisciplinaridade da problemática do gerenciamento dos resíduos para com outros temas, objetivos, programas, planos de ação em diversas áreas (redução, reciclagem, reaproveitamento, investimentos em saneamento, criação e transferência de tecnologias, pesquisa científica, governança ambiental, instrumentos econômicos de incentivos ao gerenciamento adequado dos resíduos, manejo e destinação ambientalmente adequada, entre outros) e compromissos a serem assumidos por todos os entes envolvidos (MMA, 2012, p. 35).

Os parágrafos a seguir foram extraídos do *site* do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e versam sobre os objetivos e diretrizes gerais presentes no Capítulo 21 da Agenda 21 Global:

21.2 – As áreas de programas incluídas no presente capítulo da Agenda 21 estão estreitamente relacionadas as seguintes áreas de programas de outros capítulos da Agenda 21: (a) Proteção da qualidade e da oferta dos recursos de água doce: (Capítulo 18); (b) Promoção do desenvolvimento sustentável dos estabelecimentos humanos (Capítulo 7); (c) Proteção e promoção da salubridade (Capítulo 6); (d) Mudança dos padrões de consumo (Capítulo 4).

21.3 – Os resíduos sólidos, para os efeitos do presente capítulo, compreendem todos

os restos domésticos e resíduos não perigosos, tais como os resíduos comerciais e institucionais, o lixo da rua e os entulhos de construção. Em alguns países, o sistema de gestão dos resíduos sólidos também se ocupa dos resíduos humanos, tais como excrementos, cinzas de incineradores, sedimentos de fossas sépticas e de instalações de tratamento de esgoto. Se manifestarem características perigosas, esses resíduos devem ser tratados como resíduos perigosos.

21.4 – O manejo ambientalmente saudável desses resíduos deve ir além do simples depósito ou aproveitamento por métodos seguros dos resíduos gerados e buscar resolver a causa fundamental do problema, procurando mudar os padrões não sustentáveis de produção e consumo. Isso implica na utilização do conceito de manejo integrado do ciclo vital, o qual apresenta oportunidade única de conciliar o desenvolvimento com a proteção do meio ambiente.

21.5 – Em consequência, a estrutura da ação necessária deve apoiar-se em uma hierarquia de objetivos e centrar-se nas quatro principais áreas de programas relacionadas com os resíduos, a saber: (a) Redução ao mínimo dos resíduos; (b) Aumento ao máximo da reutilização e reciclagem ambientalmente saudáveis dos resíduos; (c) Promoção do depósito e tratamento ambientalmente saudáveis dos resíduos; (d) Ampliação do alcance dos serviços que se ocupam dos resíduos”.

Os subcapítulos se estendem até o Capítulo 21.49 e se preocupam com os programas e propostas de ações específicas em diversas áreas correlatas à gestão e gerenciamento dos resíduos, como mencionado nos parágrafos anteriores.

A Agenda 21, apesar de instituída globalmente, teve sua performance delineada para contornos ampliativos e expansivos, na medida em que todos os países envolvidos na firmação das diretrizes de desenvolvimento sustentável, viabilizaram a criação das suas próprias agendas nacionais e locais.

Na versão brasileira da Agenda 21, a questão do gerenciamento dos resíduos sólidos é mencionada como uma das linhas estratégicas eleitas para ações na dimensão geoambiental, em seu item 3:

manejo adequado dos resíduos, efluentes, das substâncias tóxicas e dos resíduos radioativos. Trata-se das questões de destinação das cargas pluviais, dos resíduos sólidos e dos esgotos urbanos. Relaciona também as ações desejadas ao controle, transporte e à disposição dos rejeitos industriais (tóxicos e radioativos), aí incluídos os defensivos agrícolas (MMA, 2002, p. 14).

O Quadro 6 apresenta a principais linhas estratégicas e estruturadas da Agenda 21 brasileira, segundo as diferentes dimensões da sustentabilidade.

Quadro 6 – Linhas estratégicas estruturadas da Agenda 21 brasileira

DIMENSÕES	LINHAS ESTRATÉGICAS				
	1. Uso sustentável, conservação e proteção	2. Ordenamento	3. Manejo adequados dos resíduos, efluentes,	4. Manejo	

GEOAMBIENTAL	dos recursos naturais.	territorial.	das substâncias tóxicas e radioativas.	sustentável da biotecnologia.	
SOCIAL	5. Medidas de redução da desigualdades e de combate à pobreza.	6. Proteção e promoção das condições de saúde humana e da seguridade social.	7. Promoção da educação e cultura para a sustentabilidade.	8. Proteção e promoção dos grupos estratégicos da sociedade.	
ECONÔMICA	9. Transformação produtiva e mudanças dos padrões de consumo.	10. Inserção econômica competitiva.	11. Geração de emprego e renda, reforma agrária e urbana.	12. Dinâmica demográfica e sustentabilidade.	
POLÍTICO- INSTITUCIONAL	13. Integração entre meio ambiente e desenvolvimento na tomada de decisões.	14. Descentralização para o desenvolvimento sustentável.	15. Democratização das decisões e fortalecimento do papel dos parceiros do desenvolvimento sustentável.	16. Cooperação, coordenação e fortalecimento da ação institucional.	17. Instrumentos de regulação.
DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO	18. Desenvolvimento tecnológico e cooperação, difusão e transferência de tecnologia.	19. Geração, absorção, adaptação e inovação do conhecimento.	20. Informação para a tomada de decisão.	21. Promoção da capacitação e conscientização para a sustentabilidade.	

Fonte: Agenda 21 Brasileira, 2002

Enfatiza-se agora os capítulos e seções da Agenda 21 nacional em que é abordado o tema dos resíduos sólidos urbanos.

Na seção em que o documento aborda as especificidades regionais, remete-se ao Nordeste como uma região onde o enfoque das ações deve ter três objetivos principais: combate à pobreza e redução das desigualdades sociais, competitividade da economia regional e conservação do meio ambiente com ênfase na priorização do uso racional da água (MMA, 2002).

Aliada a outras iniciativas, a Agenda elenca como estratégia importante para a busca por um modelo de desenvolvimento mais sustentável,

a promoção e conservação dos ecossistemas do Nordeste, principalmente por meio do combate ao processo de desertificação do semi-árido nordestino, da recuperação, revitalização e conservação das bacias hidrográficas, da gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos, de controle de poluição dos esgotos urbanos, da recuperação das áreas degradadas e da conservação dos recursos hídricos (AGENDA 21 NACIONAL MMA, 2002, p. 36).

Cabe destacar também, que no capítulo três, nomeado como “Estratégias e ações propostas para os seis temas da Agenda 21 Brasileira (gestão dos recursos naturais, agricultura

sustentável, cidades sustentáveis, infraestrutura e integração regional, redução das desigualdades sociais e ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável), há a inclusão da questão dos resíduos sólidos na seção de Gestão dos Recursos Naturais: Consolidação de propostas – Estratégia 4.4. - Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos:

promover a gestão dos resíduos sólidos urbanos a partir do planejamento integrado de intervenções, da adoção de instrumentos econômicos para incentivo às boas práticas de gestão, com ênfase na conscientização do consumidor, da reutilização, reciclagem e redução dos resíduos sólidos; da punição às práticas inadequadas de gestão dos resíduos sólidos; do desenvolvimento de critérios para seleção de áreas para disposição de resíduos; dos procedimentos específicos para resíduos especiais e perigosos; da responsabilidade pós consumo para o produtor ou importador e do estímulo a formação de parcerias entre municípios vizinhos que vise, desde a coleta seletiva até a construção de aterro sanitário (AGENDA 21 NACIONAL MMA, 2002, p. 54).

Na seção “Cidades Sustentáveis – Consolidação das ações propostas” – Estratégia 3 – Produção e Consumo, a Agenda 21 preconiza que deve-se

promover a redução da geração de resíduos sólido produzidos nas cidades, por meio de campanhas de conscientização, de incentivos tributários e creditícios, estimulando os setores público e produtivo e a população a não desperdiçar, consumir somente o necessário, reutilizar, reaproveitar e reciclar matérias que seriam descartados (AGENDA 21 NACIONAL MMA, 2002, p. 94).

Ao estudarmos integralmente o Capítulo 21 da Agenda 21 nacional, denota-se que o trabalho se constitui como um importante referencial teórico, não somente para sua aplicação em todos os níveis sociais, frente aos desafios impostos pela problemática dos resíduos sólidos, como também para a construção de uma consciência coletiva em prol do uso mais sustentável dos recursos naturais, de um desenvolvimento mais justo socialmente e da sustentabilidade econômica.

3.2 Conceito de Qualidade Ambiental

Do ponto de vista ambiental, um dos elementos mais importantes na infraestrutura das cidades é o saneamento e, entre os componentes que o constituem, o manejo dos resíduos sólidos é de fundamental importância por estar diretamente associado à qualidade ambiental e aos impactos na saúde pública e nos ecossistemas.

Estabelecer um conceito de qualidade do meio ambiente, ou qualidade ambiental,

é uma tarefa difícil, pois segundo alguns autores como Oliveira (1983), a qualidade do meio ambiente está intimamente ligada à qualidade de vida, sendo que vida e meio ambiente são inseparáveis e esta interação contínua entre ambos devem estar em equilíbrio contínuo.

Ademais, padrões de qualidade ambiental podem variar ao longo do tempo, de acordo com a interação com os aspectos antrópicos.

Corroborando com o pensamento da autora supracitada, Tuan (1978) pontua que a vida está intimamente ligada ao seu meio nutridor, a dizer, as condições físicas, químicas e biológicas que a mantém, da mesma forma que as necessidades humanas também requerem o suporte do ambiente humano para sobreviver.

Sewell (1978, p.15) argumenta sobre os padrões e normas quantitativas utilizadas para mensurar a qualidade ambiental:

parâmetros ambientais estão sujeitos a mudança, e na verdade frequentemente mudam. E a direção da modificação é geralmente no sentido de se tornarem mais rigorosas, situação que muitas vezes causa insatisfação entre aqueles que concordaram com padrões anteriores. Eles são fixados pelo exame de critérios, na evidência empírica, descritiva, dos efeitos que diferentes níveis de um poluente possam ter sobre o ambiente, incluindo-se a saúde humana. Posteriormente, em tese, o padrão é arbitrariamente fixado por especialistas que, pelo estudo dos critérios ponderam a ameaça total conhecida do poluente contra as consequências de padrões mais rígidos.

Como é possível constatar, a definição de qualidade ambiental e de vida estão relacionadas a vários fatores, como também destaca Macedo (1991, p. 14):

a qualidade ambiental de um ecossistema expressa as condições e os requisitos básicos que ele detém, de natureza, física, química, biológica, social, econômica, tecnológica e política. Em suma, a qualidade ambiental é o resultado da dinâmica dos mecanismos de adaptação e dos mecanismos de auto-superação dos ecossistemas. Assim, com base na teoria sistêmica da evolução, a qualidade ambiental é o resultado da ação simultânea da necessidade e do acaso.

A despeito da multiplicidade de fatores envolvidos na compreensão do termo “qualidade ambiental”, em face da abordagem da presente pesquisa, o autor optou por enfatizar os sentidos e aspectos desse tema que guardam maior relação com a problemática do saneamento ambiental e controle da poluição, a saber, os procedimentos técnicos, índices, indicadores, normas e padrões relacionados à gestão e ao gerenciamento dos resíduos sólidos, os quais detêm uma interação estreita com os fatores físicos do meio ambiente, do qual a saúde e outros interesses do ser humano são diretamente dependentes.

3.3 Legislação nacional e normas relacionadas à gestão e ao gerenciamento dos resíduos sólidos

O texto a seguir, tem como intuito apresentar uma compilação das principais leis, decretos, resoluções e normas técnicas pertinentes à gestão e ao gerenciamento dos resíduos sólidos publicadas no Brasil, bem como apresentar de forma resumida, as principais proposições criadas na Lei nº 12.305/2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Existem diversos tipos de classificação dos resíduos sólidos que se baseiam em certas características ou propriedades intrínsecas dos materiais. A Norma da ABNT NBR 10004:2004, classifica os resíduos segundo sua periculosidade, ou seja,

as características apresentadas pelos resíduos em função de suas propriedades, físicas, químicas ou infectocontagiosas, as quais podem apresentar potencial de riscos à saúde pública ao provocarem mortalidade, incidência de doenças ou aumento de sua índices; e ao meio ambiente quando os resíduos são gerenciados de forma inadequada (ABNT, 2004, p. 2).

Considerando esses aspectos, a NBR 10004 enquadra os resíduos sólidos da seguinte forma:

Resíduos Classe I – Perigosos: são aqueles que apresentam periculosidade em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

Resíduos Classe II – Não Perigosos:

II A – Não Inertes - Resíduos que apresentam propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

II B – Inertes - Resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A classificação dada pela Lei nº 12.305/2010, no Título III – Das diretrizes aplicáveis aos resíduos sólidos, apresenta-se da seguinte forma:

“**Art. 13** – Para os efeitos desta Lei, os resíduos sólidos têm a seguinte classificação:

I – Quanto à origem:

- **Resíduos Domiciliares:** os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- **Resíduos de limpeza urbana:** os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- **Resíduos Sólidos Urbanos:** os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- **Resíduos de estabelecimento comerciais e prestadoras de serviços:** os gerados nessas atividades excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- **Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico:** os gerados nessas atividades excetuados os referidos na alínea “c”;
- **Resíduos Industriais:** os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- **Resíduos de Serviços de Saúde:** os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS);
- **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;
- **Resíduos agrosilvopastoris:** os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- **Resíduos de serviços de transporte:** os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- **Resíduos de mineração:** os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minério” (BRASIL, 2010).

Segundo a NBR 10.004, no que diz respeito a fonte geradora, as principais fontes de resíduos são: domiciliar, comercial, público, industrial agropecuário, de atividades de mineração, entulhos, de serviços de saúde, resíduos radioativos e de estações de tratamento de efluentes (lodos), além de outras fontes menos comuns (ABNT, 2004). No Quadro 7 é apresentada a caracterização dos resíduos sólidos com base em informações obtidas nas normas da ABNT.

Quadro 7 – Caracterização dos resíduos sólidos

Categoria	Exemplos
Matéria orgânica putrescível	Restos alimentares, flores, podas de árvores.
Plásticos	Sacos, sacolas, embalagens de refrigerante, água e leite, recipientes de produtos de limpeza, esponjas, isopor, utensílios de cozinha, látex, sacos de ráfias.
Papel e papelão	Caixas, revistas, jornais, cartões, papel, pratos, cadernos, livros, pastas.
Vidro	Copos, garrafas de bebidas, pratos, espelho, embalagens de produtos de limpeza, embalagens de produtos de beleza, embalagens de produtos alimentícios.
Metal ferroso	Palha de aço, alfinetes, agulhas, embalagens de produtos alimentícios.
Metal não ferroso	Latas de bebidas, restos de cobre, restos de chumbo, fiação elétrica.
Madeira	Caixas, tábuas, palitos de fósforos, palitos de picolés, tampas, móveis, lenha.
Panos, trapos, couros e borracha	Roupas, panos de limpeza, pedaços de tecidos, bolsas, mochilas, sapatos, tapetes, luvas, cintos, balões.
Contaminante químico	Pilhas, medicamentos, lâmpadas, inseticidas, raticidas, colas em geral, cosméticos, vidros de esmaltes, embalagens de produtos químicos, latas de óleo de motor, latas com tintas, embalagens pressurizadas, canetas com carga, papel carbono, filme fotográfico.
Contaminante biológico	Papel higiênico, cotonetes, algodão, curativos, gazes e panos com sangue, fraldas descartáveis, absorventes higiênicos, seringas, lâminas de barbear, cabelos, pêlos, embalagens de anestésicos, luvas.
Pedra, terra e cerâmica	Vasos de flores, pratos, restos de construção, terra, tijolos, cascalho, pedras decorativas.
Diversos	Velas de cera, restos de sabão e sabonete, carvão, giz, pontas de cigarro, rolhas, cartões de crédito, lápis de cera, embalagens longa-vida, embalagens metalizadas, sacos de aspirador de pó, lixas e outros materiais de difícil identificação.

Fonte: Castilhos Junior, 2006

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é o principal marco legislativo para a questão dos resíduos sólidos no Brasil. A lei é resultado de um longo debate e tramitação no congresso nacional que durou 20 anos e alterou a Lei nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre os crimes ambientais, sendo finalmente sancionada em 2 de agosto de 2010 pela Presidência da República, como a Lei nº 12.305/2010.

Posteriormente à sua publicação no Diário Oficial da União, que ocorreu em 3 de agosto de 2010, foi assinado o Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010, que regulamentou a PNRS e estabeleceu normas para o seu cumprimento.

É importante frisar que o Decreto regulamentador, criou o Comitê Interministerial dos Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa. O Decreto foi determinante para a integração da PNRS com outros importantes marcos jurídicos do direito ambiental brasileiro. Em seu Art. 2º, determina:

a Política Nacional de Resíduos Sólidos integra a Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, a Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece sobre as diretrizes para o Saneamento Básico, com a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre as normas gerais para contratação de consórcios públicos e a Lei Federal nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que cria a Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 2010, p. 1).

Conforme explica Santaella *et al* (2014), antes da promulgação da Lei da PNRS, as exigências para realizar a gestão ambiental dos resíduos sólidos estavam apenas incluídas em algumas leis de maneira inespecífica. Decretos, Portarias, e Resoluções complementavam a lei em vigor para a aplicação e fiscalização necessárias.

A despeito das dificuldades de implementação e efetiva operacionalização em âmbito nacional, a criação da PNRS foi de suma importância, pois serviu como orientação para os Estados, Municípios e Distrito Federal, no sentido de prover a orientação adequada para o gerenciamento dos resíduos em seus territórios, e conseqüentemente, a melhoria da qualidade de vida das suas populações.

Algumas inovações da Lei nº 12.305/2010, incluem, além da própria instituição da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, os seguintes princípios e objetivos:

o estabelecimento do princípio do protetor-recebedor; a visão sistêmica na gestão dos resíduos sólidos; a ecoeficiência; a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável; o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos; o estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto; o incentivo ao reaproveitamento, recuperação e aproveitamento energético dos resíduos sólidos e o estímulo a rotulagem ambiental e ao consumo sustentável (BRASIL, 2010, p. 3).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, dentre outros instrumentos que constam no Capítulo III da Lei Federal nº 12.305/2010, determina:

a obrigatoriedade da elaboração pela União, Estado, Municípios e Distrito Federal dos Planos de Resíduos Sólidos; os inventários e o sistema declaratório anual dos resíduos sólidos; a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; o incentivo à criação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis, a Educação Ambiental; O Fundo Nacional do Meio Ambiente e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR); o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA) e o Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos (BRASIL, 2010, p. 4-5).

No tocante à responsabilidade compartilhada no gerenciamento dos resíduos sólidos, toda a sociedade (geradores, consumidores, associações de catadores, titulares de serviços públicos de gerenciamento de RSU's, unidades de processamento e destinação final) precisa estar envolvida no cumprimento do disposto na lei da PNRS. O Capítulo III, Seções I e II da citada lei, enumera e especifica quais são essas responsabilidades que recaem sobre os entes públicos, privados e a população em geral.

Vale salientar que o descumprimento dos dispositivos legais previstos na PNRS, poderá sujeitar o infrator às penalidades previstas na Lei de Crimes Ambientais, Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, bem como o Decreto Federal nº 6.514 de 22 de julho de 2008, que a regulamenta e estabelece as sanções na esfera administrativa.

Em relação a essa matéria, a Carta Magna, em seu Art. 225, §3º, estabelece que “as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, às sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados” (BRASIL, 1988). Nesse último caso, cabe frisar que as ações de reparação dos danos ambientais e às indenizações referentes a lesão ao patrimônio público ou privado, são promovidas na esfera do direito civil.

No que diz respeito às responsabilizações na esfera administrativa, os tipos de infrações e as respectivas sanções em matéria ambiental foram ampliados mediante o Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010, que atualizou o Decreto Federal nº 6.514/2008. O citado Decreto, em seu Art. 62, estabelece as condutas atinentes ao gerenciamento dos resíduos sólidos que são passíveis de autuação pelos órgãos ambientais competentes:

“Art. 61. Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da biodiversidade”.

“Art. 62 – Incorre nas mesmas multas do art. 61:

Multa de R\$ 5.000,00 (cinco mil reais) a R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais) quem:

I - tornar uma área, urbana ou rural, imprópria para ocupação humana;

II - causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentânea, dos habitantes das áreas afetadas ou que provoque, de forma recorrente, significativo desconforto respiratório ou olfativo devidamente atestado pelo agente autuante; (Redação dada pelo Decreto nº 6.686, de 2008);

III - causar poluição hídrica que torne necessária a interrupção do abastecimento público de água de uma comunidade;

IV - dificultar ou impedir o uso público das praias pelo lançamento de substâncias, efluentes, carreamento de materiais ou uso indevido dos recursos naturais;

V - lançar resíduos sólidos, líquidos ou gasosos ou detritos, óleos ou substâncias oleosas em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou atos normativos;

VI - deixar, aquele que tem obrigação, de dar destinação ambientalmente adequada a

produtos, subprodutos, embalagens, resíduos ou substâncias quando assim determinar a lei ou ato normativo;

VII - deixar de adotar, quando assim o exigir a autoridade competente, medidas de precaução ou contenção em caso de risco ou de dano ambiental grave ou irreversível;

VIII - provocar pela emissão de efluentes ou carreamento de materiais o perecimento de espécimes da biodiversidade;

IX - lançar resíduos sólidos ou rejeitos em praias, no mar ou quaisquer recursos hídricos (Incluído pelo Decreto nº 7.404 de 2010);

X - lançar resíduos sólidos ou rejeitos *in natura* a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração (Incluído pelo Decreto nº 7.404 de 2010);

IX - lançar resíduos sólidos ou rejeitos em praias, no mar ou quaisquer recursos hídricos;

X - lançar resíduos sólidos ou rejeitos *in natura* a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração;

XI - queimar resíduos sólidos ou rejeitos a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para a atividade;

XII - descumprir obrigação prevista no sistema de logística reversa implantado nos termos da Lei nº 12.305 de 2010, consoante as responsabilidades específicas estabelecidas para o referido sistema;

XIII - deixar de segregar resíduos sólidos na forma estabelecida para a coleta seletiva, quando a referida coleta for instituída pelo titular do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos;

XIV - destinar resíduos sólidos urbanos à recuperação energética em desconformidade com o §1º do art. 9º da Lei nº 12.305, de 2010, e respectivo regulamento;

XV - deixar de manter atualizadas e disponíveis ao órgão municipal competente e a outras autoridades informações completas sobre a realização das ações do sistema de logística reversa sobre sua responsabilidade;

XVI - não manter atualizadas e disponíveis ao órgão municipal competente, ao órgão licenciador do SISNAMA e a outras autoridades, informações completas sobre a implementação e a operacionalização do plano de gerenciamento de resíduos sólidos sob sua responsabilidade; e

XVII - deixar de atender às regras sobre registro, gerenciamento e informação previstos no §2º do art. 39 da Lei no 12.305, de 2010.

§1º As multas de que tratam os incisos I a XI deste artigo serão aplicadas após laudo de constatação.

§2º Os consumidores que descumprirem as respectivas obrigações previstas nos sistemas de logística reversa e de coleta seletiva estarão sujeitos à penalidade de advertência.

§3º No caso de reincidência no cometimento da infração prevista no §2º, poderá ser aplicada a penalidade de multa, no valor de R\$ 50,00 (cinquenta reais) a R\$ 500,00 (quinhentos reais).

§4º A multa simples a que se refere o §3º pode ser convertida em serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente.

§5º Não estão compreendidas na infração do inciso IX as atividades de deslocamento de material do leito de corpos d'água por meio de dragagem, devidamente licenciado ou aprovado.

§6º As bacias de decantação de resíduos ou rejeitos industriais ou de mineração, devidamente licenciadas pelo órgão competente do SISNAMA, não são consideradas corpos hídricos para efeitos do disposto no inciso IX.”

“Art. 71 – A:

Importar resíduos sólidos perigosos e rejeitos, bem como os resíduos sólidos cujas características causem dano ao meio ambiente, à saúde pública e animal e à sanidade vegetal, ainda que para tratamento, reforma, reuso, reutilização ou recuperação.

Multa de R\$ 500,00 (quinhentos reais) a R\$ 10.000.000,00 (dez milhões de reais).”

3.4 Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos – GRSU

Para que se possa alcançar transformações positivas nas condições sanitárias, ecológicas e de saúde em todos os municípios brasileiros, faz-se necessário uma maior conscientização e adoção de posturas mais proativas de toda a sociedade, além do efetivo envolvimento dos diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil na gestão e gerenciamento integrado dos resíduos sólidos.

A gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos pode ser entendida como uma evolução das questões relacionadas ao saneamento básico, a proteção sanitária, a preservação ambiental e a saúde pública, que exige planejamento dos municípios e geradores para a sua realização.

Pra uma melhor elucidação de tema, vale resgatar o conceito de saneamento básico à luz da Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes

nacionais dos serviços públicos de saneamento básico (LNSB). De acordo com este dispositivo legal, saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

O saneamento ambiental abrange aspectos que vão além do saneamento básico, englobando o abastecimento de água potável, a coleta, o tratamento e a disposição final dos esgotos e dos resíduos sólidos e gasosos, os demais serviços de limpeza urbana, a drenagem urbana, o controle ambiental de vetores e reservatórios de doenças, a disciplina de ocupação e de usos da terra e obras especializadas para a proteção e a melhoria das condições de vida (IBGE, 2011, p. 1).

Com o advento da citada lei, a atividade de manejo de resíduos sólidos teve sua formatação jurídica dentro de um padrão de serviço público. Entretanto, vale ressaltar que essa lei conferiu uma definição bem peculiar ao serviço, fundindo a atividade de manejo de resíduos sólidos com a limpeza urbana. Dessa maneira, o denominado serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos é composto, conforme dispõe o art. 7º da LNSB, das seguintes atividades:

- I - de coleta, transbordo e transporte dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do *caput* do art. 3º desta Lei;
- II - de triagem para fins de reuso ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de disposição final dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do *caput* do art. 3º desta Lei;
- III - de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana (LNSB, 2007).

A ausência de um sistema de saneamento eficaz, oriundo da omissão e incapacidade do poder público, causa graves danos à qualidade ambiental nos centros urbanos, sendo fator preponderante na ocorrência dos impactos sobre as condições de saúde pública, sobretudo na disseminação de doenças de veiculação hídrica (SEMAS, 2012).

Uma das atividades do saneamento ambiental exercidas no âmbito municipal é aquela que contempla a gestão e o gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos (GIRSU), tendo por objetivo principal propiciar a melhoria e a manutenção da saúde e do bem estar da comunidade.

Segundo Lima (2001), os termos gestão e gerenciamento, em geral, adquirem conotações distintas para grande parte dos técnicos que atuam na área de resíduos sólidos urbanos, embora possam ser empregados como sinônimos. Segundo Leite (1997, p. 150),

o termo gestão é utilizado para definir decisões, ações e procedimentos adotados em nível estratégico e à organização do setor para esse fim, envolvendo instituições públicas, instrumentos e meios; enquanto que o gerenciamento dos resíduos sólidos

refere-se aos aspectos tecnológicos e operacionais da questão, envolvendo fatores administrativos, gerenciais, econômicos, ambientais e de desempenho: produtividade e qualidade, por exemplo, e relaciona-se a prevenção, redução, segregação, reutilização, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento, recuperação de energia e destinação final dos resíduos sólidos.

A gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos consiste em um conjunto e atividades e tecnologias que tem como objetivo otimizar e, conseqüentemente, reduzir os efeitos negativos no meio ambiente, quando da obtenção do produto final gerado no manejo dos resíduos sólidos. Como exemplo dessas ações, pode-se citar a redução, a reutilização, a coleta, a triagem, a reciclagem, o transporte, a disposição final e o tratamento dos resíduos.

Ao analisar-se a bibliografia pertinente ao tema da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos, constata-se que os conceitos têm em comum a incorporação do paradigma da abordagem holística, em que projeta-se um sistema no qual, mediante um planejamento e um objetivo traçado, são estabelecidas conexões coordenadas entre as partes envolvidas, ou seja, os atores e as ações relacionadas ao gerenciamento dos resíduos sólidos desde a geração até sua destinação final.

Conforme a definição apontada pelo documento “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo” do Ministério do Meio Ambiente – MMA, a gestão integrada de resíduos sólidos urbanos deve ser entendida:

como um processo integrado, que tem como meta estabelecer ações e procedimentos que busquem o consumo responsável, a minimização da geração de resíduos e promoção das atividades econômicas de acordo com princípios que as orientem para um modelo gerencial mais adequado e sustentável, com a participação de diversos segmentos da sociedade (MMA, 2007, p. 13).

A considerar a conceituação do Manual de Gerenciamento Integrados de Resíduos Sólidos do Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM, 2001, p. 8):

Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos é, em síntese, o envolvimento de diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil com o propósito de realizar a limpeza urbana, a coleta, o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos, elevando assim a qualidade de vida da população e promovendo o asseio, levando em consideração as características das fontes de produção, os volumes e os tipos de resíduos, para a eles ser dado o tratamento diferenciado e disposição final técnica e ambientalmente corretas; as características sociais, culturais e econômicas dos cidadãos e as peculiaridades demográficas, climáticas e urbanísticas locais.

De acordo com a PNRS, a gestão integrada de resíduos sólidos é definida como um conjunto de ações voltadas para os 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).

Como explicado por Borja e Moraes (2015), o modelo mais adotado mundialmente para a gestão dos resíduos urbanos, inclusive pelos países emergentes incluindo o Brasil, é o da *Environmental Protection Agency – EPA*, que estabelece a seguinte hierarquia para o manejo dos resíduos sólidos: (i) redução na origem, (ii) reciclagem, (iii) tratamento, e (iv) disposição final, cujas componentes são complementares umas em relação a outras.

Conforme explica Castilhos Junior (2003), as diretrizes dos sistemas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos buscam atender aos objetivos do conceito de prevenção da poluição, evitando-se ou reduzindo-se a geração de resíduos e poluentes prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública.

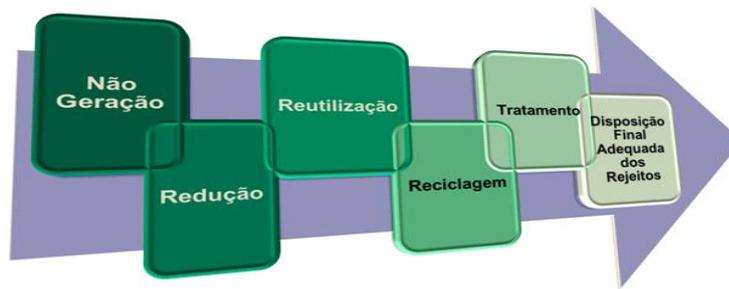
Enquanto que Lopes *apud* Berticelli *et al* (2016) argumentam que os processos de tomada de decisão à nível de gestão e a realidade dos principais municípios brasileiros no que diz respeito ao gerenciamento de resíduos, ainda concentram-se na destinação final e não na prevenção da poluição e minimização da geração de resíduos na fonte.

A hierarquia no gerenciamento dos resíduos sólidos também é abordado pela Lei da PNRS, em que fica estipulado (Figura 5):

Art. 9º - Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

§1º – Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental (Brasil 2010).

Figura 5 – Hierarquia das ações no manejo de resíduos sólidos. Art. 9º da Lei Federal nº 12.305, de 2010



Fonte: Elaborada pelo autor

Como aponta o IBAM (2001), no gerenciamento integrado de RSU'S deve estar implícita a atuação de subsistemas específicos, que demandam planejamento estratégico, pessoal, instalações, tecnologia e equipamentos, abrangendo diversos setores da sociedade, dentre os quais:

a própria população, empenhada na separação e acondicionamento dos materiais recicláveis em casa; os grandes geradores, responsáveis pelos próprios resíduos; os catadores, organizados em cooperativas, capazes de atender a coleta de recicláveis oferecidos pela população e comercializá-los junto as fontes de beneficiamento; os estabelecimentos de saúde, tornando os resíduos inertes ou dispendo-os de forma adequada; as prefeituras, por meio de seus agentes públicos, instituições e empresas contratadas por meio de convênios, exercendo um papel de protagonismo no gerenciamento integrado de todo o sistema.

De acordo com essa prerrogativa, a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos nos municípios, deve buscar prioritariamente a aplicação dos conceitos e estratégias previstas na PNRS, as quais se baseiam na minimização da geração de resíduos e o tratamento.

Redução na fonte: A redução na fonte implica na melhoria da eficiência e otimização dos processos produtivos utilizando-se tecnologias limpas, de forma a se buscar a meta de redução máxima na geração de resíduos e rejeitos (SANTAELLA *et al*, 2014).

A “**não geração**” pode ser alcançada através da modificação dos padrões de produção e consumo, a melhoria da conscientização da população através da Educação Ambiental visando a mudança dos hábitos de consumo e a seleção de produtos que possuam um ciclo de vida mais sustentável, bem como pela adoção de padrões sustentáveis de produção pelos responsáveis pelas atividades econômicas.

Essas diretrizes constam no Artigo, 6º, 7º e 19 da Lei 12.305/2010, ressaltando também que a lei preconiza que a não geração e a redução da geração dos resíduos deve ser induzida através

do princípio da prevenção e precaução e da ecoeficiência.

Para Zanta e Ferreira (2003) *apud* Santos (2016), a redução na fonte pode ocorrer por meio de mudanças no produto, pelo uso de boas práticas operacionais e/ou pelas mudanças tecnológicas e/ou insumos do processo.

Reutilização: Uso direto dos resíduos como produto. O material pode ser aproveitado nas condições em que é descartado, ou em alguns casos, posteriormente a sua lavagem ou esterilização (CASTILHOS JUNIOR, 2003). A Lei da PNRS (Artigo 3º, XVIII) destaca que a reutilização é definida como o processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química.

Trata-se de uma opção de destinação final ambientalmente adequada de resíduos e, para tanto, demanda uma política pública que a potencialize via adoção dos sistemas de coleta seletiva nas cidades (SANTOS, 2016, p. 26):

a reutilização possui relevância econômica, ambiental e social já que impede investimentos periódicos de compra, reduz o descarte inadequado de resíduos sólidos e permite a comercialização de um material que ainda possui valor agregado. Sua aplicabilidade em larga escala dependa de vários fatores dentre os quais a existência de um projeto municipal bem elaborado (sem excessos) e a sensibilização da comunidade através dos trabalhos contínuos de educação ambiental.

No entanto, são relevantes as observações de Zanta e Ferreira (2003) *apud* Santos (2016), ao lembrarem que o reaproveitamento dos resíduos não é total, frente às tecnologias existentes atualmente, existindo sempre uma parcela que deverá ser encaminhada à destinação final em ambos os domínios (privado e público). Cabe lembrar que, em alguns casos, o rejeito do processo de reaproveitamento tem características piores que o resíduo que o formou.

A reciclagem é a opção (e necessidade) do gerenciamento integrado que é cada vez mais explorada, dado o seu caráter socioambiental e pelo retorno financeiro que proporciona.

De acordo com o Banco do Nordeste – BNB (1999, p. 238), o objetivo da reciclagem é:

reaproveitar materiais já utilizados, reintroduzindo-os no processo produtivo e economizando, desta forma, recursos naturais que deixam de ser extraídos para a produção de novos materiais e áreas de disposição de resíduos, como aterros sanitários, aumentando sua vida útil.

Para Castilhos Junior (2003), a reciclagem é o processo de reaproveitamento dos resíduos por meio de sua reinserção no ciclo produtivo.

De acordo com informações disponíveis no endereço eletrônico do CEMPRE (2016), o Brasil recicla 96,2% das latas de alumínio existentes no mercado nacional, 77,4% do papelão, 49,5% do papel, 47% do PET e 46% do vidro.

Segundo Mota (2003), a reciclagem é importante porque diminui a poluição do solo, água e ar, melhora a limpeza da cidade e a qualidade de vida da população, prolonga a vida útil dos aterros sanitários, gera empregos para a população não qualificada e receita com a comercialização dos recicláveis.

No entanto, Santos (2016) ressalta que para se sustentarem em larga escala, tanto a reutilização quanto a reciclagem demandam a implantação da coleta seletiva.

A coleta seletiva é definida pela lei nº 12.305/2010, como a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição (BRASIL, 2010). A sua importância é salientada em diversos pontos da Lei da PNRS, a saber:

como instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Artigo 18, III), como pré-requisito para os estados e municípios acessarem aos recursos da União destinados ao setor (Artigo 16, §3º e Artigo 18, §3º, II), como parte integrante dos planos de resíduos sólidos (Artigo 19, XIV e XV), como prática obrigatória para os consumidores que moram em cidades cujo sistema de coleta seletiva foi estabelecido no plano municipal (Artigo 35), como parte da responsabilidade compartilhada de titular de dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos (Artigo 36, II) (BRASIL, 2010).

De acordo com informações disponíveis no endereço eletrônico do Ministério do Meio Ambiente – MMA, as formas mais comuns de coleta seletiva hoje existentes no Brasil são a coleta porta-a-porta e a coleta por Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) (MMA, 2019).

A coleta porta-a-porta pode ser realizada tanto pelo prestador do serviço público de limpeza e manejo dos resíduos sólidos (público ou privado) quanto por associações ou cooperativas de catadores de materiais recicláveis. É o tipo de coleta em que um caminhão ou outro veículo passa em frente às residências e comércios recolhendo os resíduos que foram separados pela população (MMA, 2019).

Já os pontos de entrega voluntária consistem em locais situados estrategicamente próximos de um conjunto de residências ou instituições para entrega dos resíduos segregados e posterior coleta pelo poder público.

Segundo o CEMPRE (2016), no Brasil, a maior parte dos municípios ainda realiza a coleta por meio de PEV's e Cooperativas (54%), enquanto que a coleta porta-a-porta é o modelo adotado em 29% dos municípios.

Dentre os recicláveis mais recolhidos pelos sistemas municipais de coleta seletiva

(em peso), destaca-se o papel e papelão (34%), em seguida vem os plásticos em geral (11%), vidros (6%), metais ferrosos (5%), alumínio (3%) embalagens longa vida (2%), eletrônicos (0%), outros (4%); sendo que os 35% restantes correspondem aos rejeitos não recicláveis. (CEMPRE, 2016).

Logística reversa é o conjunto de ações que visam a coleta e a restituição dos produtos e resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada, de forma a minimizar o envio de materiais para a disposição final (ABRELPE, 2017).

O tratamento de resíduos tem como objetivo valorizá-los através de, por exemplo, seu aproveitamento energético, ou descartá-lo de acordo com padrões e normas que visam a minimização na geração de impactos negativos nos recursos naturais (SANTAELLA *et al*, 2014).

Alguns métodos de tratamento de resíduos sólidos incluem a compostagem, vermi-compostagem, incineração e pirólise (possibilidade de aproveitamento energético) (SANTAELLA *et al*, 2014).

Segundo o MMA (2007),

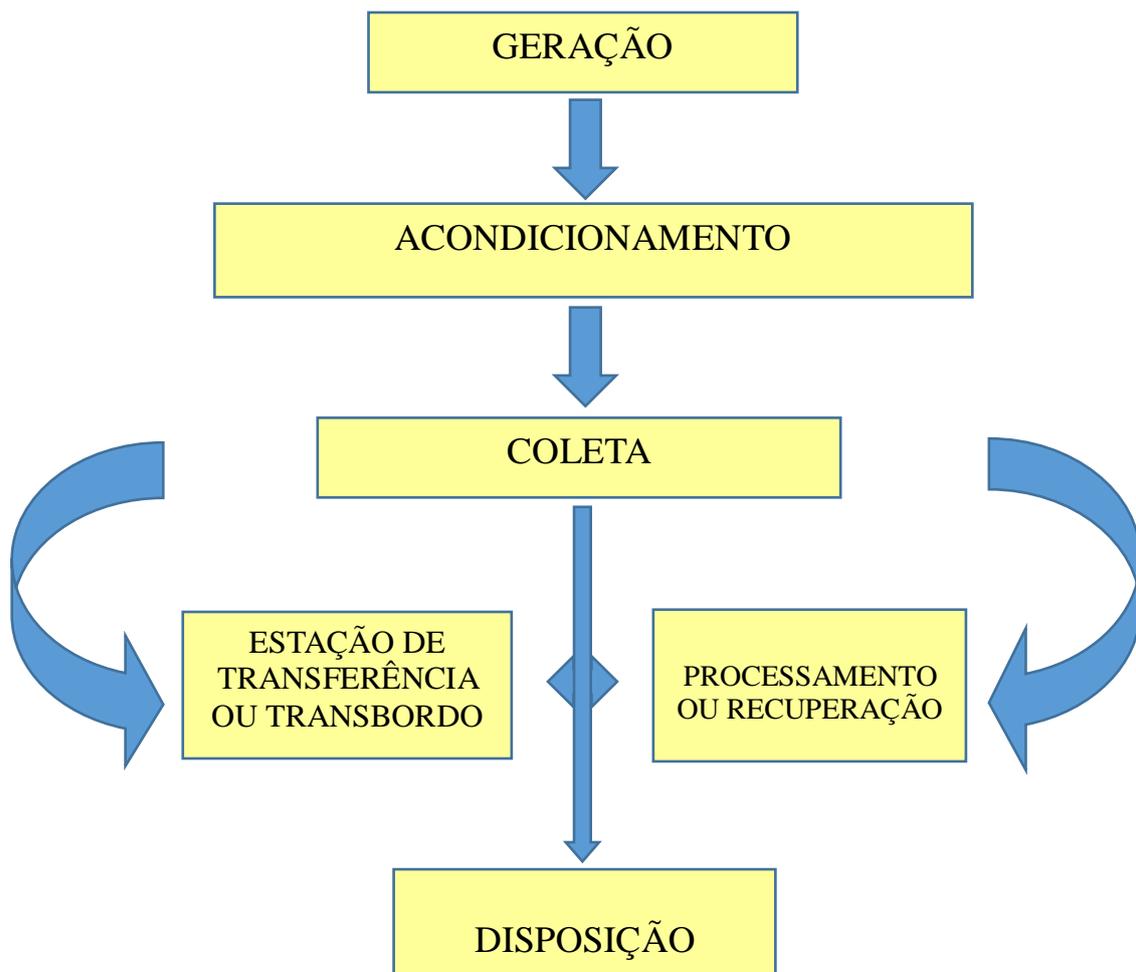
o objetivo do aproveitamento energético do biogás produzido pela degradação dos resíduos em aterros sanitários é convertê-lo em uma forma de energia útil, tais como, eletricidade, vapor, combustível para caldeiras ou fogões, combustível veicular ou para abastecer gasodutos com gás de qualidade. Independentemente do uso final produzido no aterro, deve-se projetar um sistema padrão de coleta, tratamento e queima do biogás: poços de coleta, sistemas de condução, tratamento (inclusive para umidificar o gás), compressor e *flare* com queima controlada para garantia de maior eficiência de queima do gás metano. Há diversos projetos de aproveitamento energético no Brasil, como, por exemplo, nos aterros Bandeirantes e São João, no município de São Paulo, que já produzem energia elétrica, assim como no aterro ASMOC no município de Caucaia, no estado do Ceará.

Uma outra importante ferramenta que integra o gerenciamento integrado é o Plano de Gerenciamento Integrados de Resíduos Sólidos – PGRS. Geralmente exigidos para as empresas e instituições que utilizam/beneficiam recursos ambientais, trata-se de um documento que define diretrizes do gerenciamento ambientalmente adequado de todos os resíduos que são gerados nos estabelecimentos, determinando estratégias de controle e monitoramento dos processos produtivos, visando evitar descartes/destinações inadequadas que possam gerar poluição ao meio ambiente e acarretar prejuízos à saúde pública (Figura 6).

O artigo 20 da Lei nº 12.305/2010 estabelece quais os estabelecimentos onde se faz necessário a elaboração do PGRS, a citar:

geradores de resíduos públicos de saneamento básico; geradores de resíduos industriais, gerados dos resíduos de serviços de saúde, geradores de resíduos de construção civil, estabelecimentos comerciais que geram resíduos perigosos e não perigosos que não se enquadram como resíduos domiciliares, geradores de resíduos de serviços de transporte, geradores de resíduos agrossilvipastoris (BRASIL, 2010, p. 12).

Figura 6 – Fluxograma das diretrizes gerais de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólido



Fonte: Santaella, 2014

O PGRS é mais um instrumento de controle ambiental, desta forma, em alguns

casos o documento é exigido e monitorado pelos órgãos ambientais competentes. Tendo em vista que um dos seus objetivos é diagnosticar e minimizar a geração de resíduos e os impactos ambientais da sua disposição inadequada, o PGRS pode compor o *check list* dos documentos e estudos necessários para o processo de licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras.

A educação ambiental é um dos instrumentos mais importantes mencionados na Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos, justamente por atuar no processo de aprendizagem, compreensão e interpretação das diferentes problemáticas relacionadas às questões socioambientais, processo este que pode impulsionar as mudanças de comportamento essenciais para uma nova relação do ser humano com meio ambiente. Vale salientar que o tema é abordado no Capítulo III, Inciso VIII da PNRS.

No contexto internacional, a educação ambiental passou a ser debatida na Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, realizada na Cidade de Tbilisi, Geórgia, no ano de 1977. Como produto da conferência, definiu-se educação ambiental como a instância que estimula a formação de comportamentos positivos em relação ao meio ambiente, promovendo uma consciência e melhor compreensão dos problemas que o afetam (DIAS, 2016).

A considerar a abordagem de alguns autores sobre a Educação Ambiental, Vilela Júnior *apud* Dias (2006, p. 45) a entendem como:

um processo de aprendizagem de como gerenciar e melhorar as relações entre sociedade humana e o ambiente, de modo integrado e sustentável, significa aprender a empregar novas tecnologias, aumentar a produtividade, evitar desastres ambientais, minorar os danos existentes, conhecer e utilizar novas oportunidades e tomar decisões acertadas.

No âmbito nacional, a educação ambiental passa a ser abordada de forma mais contundente na década de 1980, quando passa a despertar interesse entre os educadores, sendo posteriormente, incluída na Constituição de 1988 (Santaella *et al*, 2014).

“Capítulo VI, Art. 225, §1º, Inciso VI, incumbe ao Poder Público: promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e conscientização pública para a preservação do meio ambiente” (Brasil, 1988).

Um pouco mais de uma década após ser incluída na Carta Magna brasileira, o tema ganhou uma lei própria, quando em abril de 1999, foi publicada a Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999, que instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental – PNEA.

A PNEA é definida em seu Art. 1º, como:

os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999, p. 1).

O Art. 2º da Lei faz menção ao caráter amplo e contínuo desse processo de aprendizagem: “a educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo em caráter formal e não formal” (BRASIL, 1999).

Ressalta-se que os problemas socioambientais carecem de soluções que vão muito além das políticas do tipo “*comando-controle*”, onde o aparato estatal atua com foco nas consequências dos problemas, sejam eles o combate à pobreza, as consequências das mudanças climáticas ou a poluição ambiental. A construção de uma sociedade mais sustentável está intimamente relacionada com a educação ambiental, que buscará despertar a consciência dos seres humanos acerca da necessidade da conservação dos recursos naturais, com o objetivo de mudar atitudes e hábitos dos cidadãos.

Ao analisar-se os dados mais atualizados que compõe o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE em 2017, verifica-se um longo caminho a ser percorrido, para que as diretrizes e objetivos trazidos pela PNRS, sejam efetivamente incorporados pela sociedade como um todo.

Isso porque a população brasileira continua a crescer em uma taxa de aproximadamente 0,8% ao ano (IBGE, 2018), e, segundo os dados da pesquisa realizada pela ABRELPE, entre os anos de 2016 e 2017, a geração per capita de RSU apresentou um aumento de 0,48%. Entretanto, o problema reside no fato de que os mecanismos, práticas e procedimentos de gerenciamento integrado abordados neste capítulo, os quais incorporam o propósito da sustentabilidade, não acompanham proporcionalmente esse crescimento, como será discutido mais adiante.

O Quadro 8 apresenta dados de uma pesquisa realizada pelo IPEA em 2010, que abordou a reciclagem no Brasil, e traz informações sobre os percentuais de materiais descartados no Brasil, refletindo os padrões de consumo da população no período.

Quadro 8 – Materiais mais descartados no Brasil

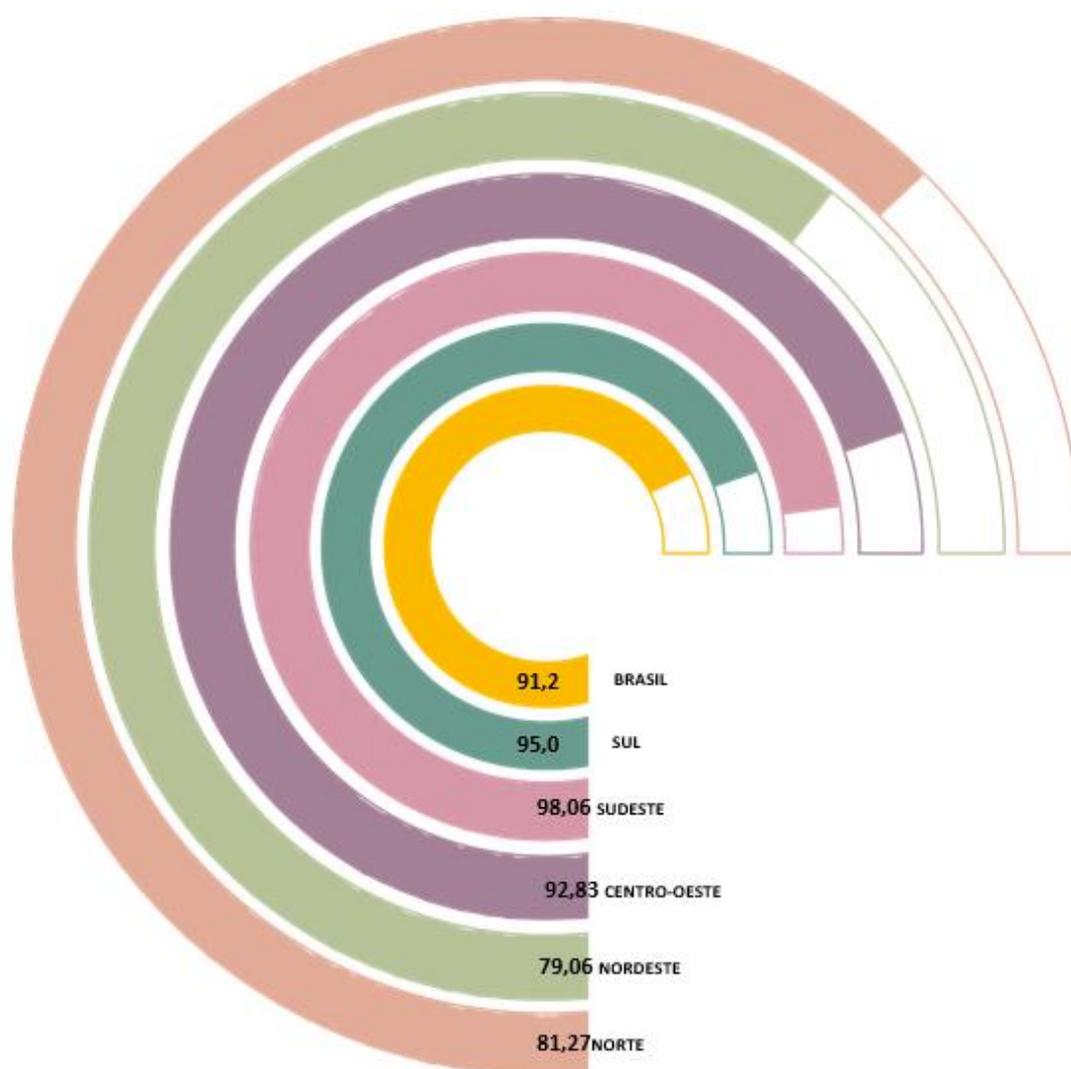
MATERIAIS MAIS DESCARTADOS	
Alumínio	0,6%

Aço	2,3%
Vidro	2,4%
Papel, papelão e longa-vida	13,1%
Plástico	13,5%
Outros	16,7%
Matéria orgânica	51,4%

Fonte: CEMPRE, 2015

Em contrapartida, os dados apresentados no gráfico da Figura 6 demonstram que o serviço de coleta desses resíduos atinge atualmente 91,24% dos municípios, com desempenho melhor da região Sudeste com 98,06%. Já a região nordeste possui 79,06% de cobertura de coleta de resíduos (ABRELPE, 2017).

Figura 7 – Índice de cobertura da coleta de RSU (%)



Fonte: ABRELPE, 2017

Em se tratando das iniciativas de coleta seletiva dos RSU, de acordo com os dados da ABRELPE, foram identificados programas de coleta em 3.293 municípios brasileiros, ressaltando-se que em muitos municípios as atividades de coleta seletiva não abrangem a totalidade dos seus territórios (ABRELPE, 2017).

O IBGE (2010), em seu último levantamento de dados sobre a reciclagem no Brasil constatou que o país recicla 18% do óleo lubrificante, 15% da resina plástica – Polietileno Tereftalato (PET), 35% das embalagens de vidro, 71% do volume total de papelão ondulado, 71% das latas de alumínio e 38% do papel e papelão.

Desta forma, e considerando que de acordo com o IBGE (2010), o Brasil possui 5.570 municípios, constata-se que cerca de 40% dos municípios brasileiros ainda não possuem tais iniciativas de relevante importância no contexto da gestão e gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos.

Conforme Bartholomeu e Caixeta-Filho (2011), apenas 8% dos resíduos sólidos urbanos no Brasil foram reciclados no ano de 2011, e 2% apenas foram reciclados através da compostagem.

Segundo o CEMPRE (2015), o Brasil, em 2015, reciclou cerca de 5% dos resíduos orgânicos via compostagem. O instituto acrescenta que, em termos absolutos, existem 211 municípios brasileiros com unidades de compostagem, com maior prevalência da atividade nos estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul.

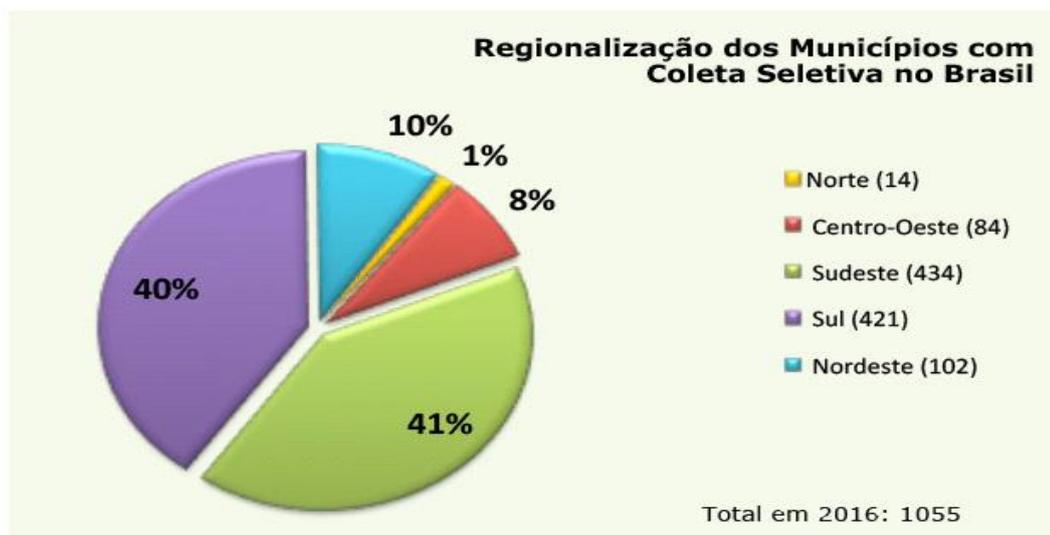
Pode-se extrair através da análise desses dados sobre a reciclagem no Brasil, que se trata de uma atividade ainda incipiente e que, na grande maioria das experiências, não se encontra respaldada pelas políticas públicas de resíduos sólidos, que deveriam ter como pressuposto o gerenciamento integrado. Um dos exemplos disso, foi demonstrado em um dos poucos estudos sobre aspectos econômicos da reciclagem foi realizado pelo IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), em 2010, com a constatação que o país perde anualmente R\$ 8 bilhões com o lixo enterrado que poderia estar sendo reciclado (CEMPRE, 2015).

Sem apresentar dados por região, o Panorama dos Resíduos Sólidos de 2017 também revelou que os tipos de resíduos que mais retornaram aos ciclos produtivos ou foram destinados de forma ambientalmente adequada em 2017, em razão da instituição do instrumento da logística reversa foram as embalagens de agrotóxicos (44.512 toneladas), as embalagens de óleos lubrificantes (4.742 toneladas), pneumáticos inservíveis (451.000 toneladas) e embalagens em geral (alumínio, papel, pape/papelão e plástico) tiveram 13.969 toneladas recuperadas.

Informações disponíveis no endereço eletrônico do Compromisso Empresarial para reciclagem – CEMPRE, mostram que o Sistema de Logística Reversa de Embalagens registrou ações em 422 municípios de 25 Estados, alcançando 51,2% da população brasileira, envolvendo 702 cooperativas. O Relatório de Atividades do Acordo Setorial para a Implantação da Logística Reversa de Embalagens apontou que entre os anos de 2012 e 2016 foram realizadas 3.151 ações de estruturação para adequar e ampliar a capacidade produtiva das cooperativas, sendo que no período foram instalados 2.103 Pontos de Entrega Voluntárias (PEV) e desenvolvidas 7.861 ações para estruturação, implementação, operação e manutenção dos pontos.

Em relação a coleta seletiva, uma pesquisa realizada pelo CEMPRE mostrou em 2016 1.055 municípios operaram programas com esse intuito (CEMPRE, 2016), ficando estas ações concentradas nas regiões Sudeste e Sul, conforme demonstrado no gráfico da Figura 8.

Figura 8 – Concentração dos programas de coleta seletiva por região no Brasil



Fonte: <http://www.cempre.org.br/ciclossoft/id/8>

Já a ABRELPE (2017), levantou dados referente a coleta seletiva na pesquisa denominada “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil” em 2017, que demonstrou que 3.878 municípios possuíam iniciativas de coleta seletiva em 2016, tendo esse número crescido para 3.923 municípios em 2017.

No nordeste, os dados relativos às iniciativas de coleta seletiva em 2017, demonstrou que 50,3% dos municípios (902 cidades) possuíam alguma política direcionada a essa estratégia (ABRELPE, 2017).

Os diferentes sistemas de destinação final de RSU, bem como seus impactos socioambientais positivos e negativos serão abordados no próximo capítulo dessa dissertação, com maior ênfase aos aterros de resíduos, em razão do enfoque da presente pesquisa, no entanto, cabe apresentar alguns dados que estão relacionados ao tema da destinação final de resíduos (Quadro 9).

Quadro 9 – Tempo de decomposição de materiais

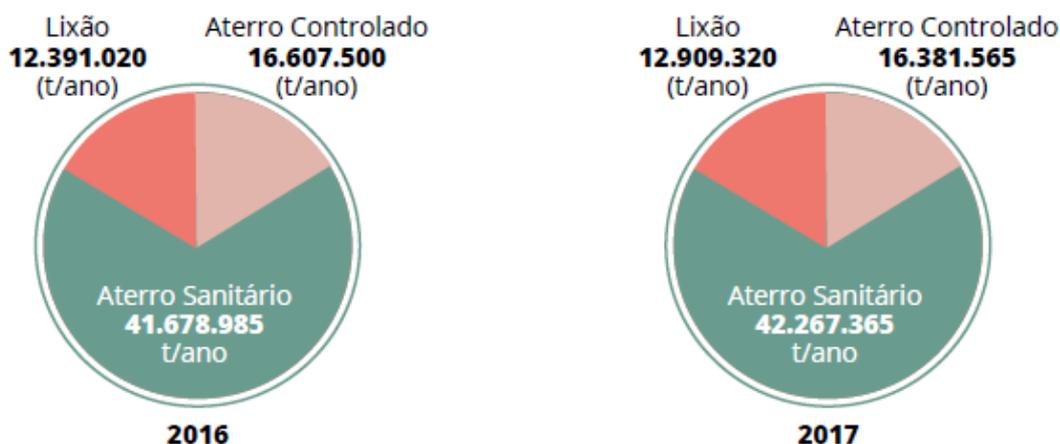
Papel	De 3 a 6 meses
Panos	De 6 meses a 1 ano
Filtro de cigarro	Mais de 5 anos
Madeira Pintada	Mais de 13 anos
Nailon	Mais de 20 anos
Metal	Mais de 100 anos
Alumínio	Mais de 200 anos
Plástico	Mais de 400 anos
Vidro	Mais de 1.000 anos
Borracha	Indeterminado

Fonte: SINDIVERE, 2016

Em que se pese as formas de destinação dos resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros, a disposição final ambientalmente adequada realizada em aterros sanitários teve um índice de 59,1 % em 2017, enquanto que os sistemas inadequados caracterizados por aterros controlados e lixões a céu aberto ainda são adotados por 40,9 % das cidades. Os dados apresentados pelo Panorama da ABRELPE demonstra que a realidade da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos nos municípios nordestinos, assim como em outras regiões do país, ainda carece de muitos avanços em todas as fases do processo. No tocante a destinação final, dentre os 1.794 municípios da região, apenas 449 possuem aterros sanitários (ABRELPE, 2017, p. 19).

O gráfico da Figura 9 apresenta os dados comparativos de destinação final no Brasil, entre os anos de 2016 e 2017, em toneladas/ano.

Figura 9 – Tipo de destinação final adotada no Brasil, anos 2016/2017



Fonte: ABRELPE, 2017

Ressaltando a problemática da destinação final, o Quadro 10 correlaciona a quantidade de municípios brasileiros com a forma de destinação adotada no âmbito nacional.

Quadro 10 – Quantidade de municípios por tipo de destinação final adotada

DISPOSIÇÃO FINAL	BRASIL 2016	2017 - REGIÕES E BRASIL					BRASIL
		NORTE	NORDESTE	CENTRO - OESTE	SUDESTE	SUL	
Aterro Sanitário	2.239	90	449	159	817	703	2.218
Aterro Controlado	1.772	108	484	159	634	357	1.742
Lixão	1.559	252	861	149	217	131	1.610
BRASIL	5.570	450	1.794	467	1.668	1.191	5.570

Fonte: ABRELPE, 2017

3.5 Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Ceará

A Política Estadual de Resíduos Sólidos no Estado do Ceará tem como marco regulatório maior a Lei nº 16.032, de 20 de junho de 2016. A lei estadual institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos no âmbito do Estado do Ceará e, apropria-se dos mesmos princípios, objetivos, instrumentos e disposições gerais da lei da PNRS. Um dos pontos relevantes desse dispositivo legal é a obrigação imposta ao Estado e aos municípios sobre a elaboração e atualização periódica dos Planos de Resíduos Sólidos.

Os Planos de Resíduos Sólidos são instrumentos criados pela lei nº 12.305/2010, e

são documentos fundamentais norteadores de ações de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos e da sustentabilidade em sua área de influência. De maneira geral, os planos abordam o diagnóstico dos resíduos sólidos em sua área-alvo (tipos de resíduos, fluxos, impactos socioambientais e econômicos), alternativas de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos e metas para diferentes cenários com seus programas, projetos e ações.

O artigo 17 da Lei da Política Estadual de Resíduos Sólidos do Ceará atribui a Secretaria de Meio Ambiente do Ceará – SEMA, a elaboração e coordenação do Plano Estadual de Resíduos Sólidos. Os conteúdos mínimos determinados pela lei que devem constar no plano estadual estão delineados a seguir:

“Art. 17 da Lei nº 16.032/2016:

I - diagnóstico, incluída a identificação dos principais fluxos de resíduos no Estado e seus impactos socioeconômicos e ambientais;

II - proposição de cenários;

III - metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;

IV - metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos;

V - metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;

VI - programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas;

VII - normas e condicionantes técnicas para o acesso a recursos do Estado, para a obtenção de seu aval ou para o acesso de recursos administrados, direta ou indiretamente, por entidade estadual, quando destinados às ações e programas de interesse dos resíduos sólidos;

VIII - medidas para incentivar e viabilizar a gestão consorciada ou compartilhada dos resíduos sólidos;

IX - diretrizes para o planejamento e demais atividades de gestão de resíduos sólidos de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas, microrregiões, bem como para as áreas de especial interesse turístico;

X - normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando couber, de resíduos, respeitadas as disposições estabelecidas em âmbito nacional;

XI - previsão, em conformidade com os demais instrumentos de planejamento territorial, especialmente o zoneamento ecológico econômico e o zoneamento costeiro de:

a) zonas favoráveis para a localização de unidades de tratamento de resíduos sólidos ou

de disposição final de rejeitos;

b) áreas degradadas em razão de disposição inadequada de resíduos sólidos ou rejeitos a serem objeto de recuperação ambiental;

XII - meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito estadual, de sua implementação e operacionalização, assegurado o controle social”.

Em se tratando do Plano Estadual de Resíduos – PERS, do Estado do Ceará, o qual foi concluído no ano de 2016, em consulta à página oficial da *web* da Secretaria Estadual de Meio Ambiente – SEMA, observou-se que o Plano elenca como objetivos a desativação e recuperação das áreas degradadas pelos lixões, implantação da coleta seletiva em todas as regiões de gestão integrada de resíduos sólidos, implantação do sistema de logística reversa, implantação da compostagem dos resíduos orgânicos, a inclusão dos catadores de materiais recicláveis na responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a capacitação continuada para gestão dos resíduos sólidos no âmbito do Estado.

Segundo a SEMA (2011), os Planos Estaduais de Resíduos Sólidos são instrumentos que permitem ao Estado programar e executar as atividades capazes de transformar a situação atual às condições esperadas pela população e planejadas pelo poder público

É relevante pontuar que, além de ser um instrumento previsto na PNRS, a elaboração do plano representa um ato administrativo que, segundo o artigo 16 da Lei da PNRS é:

condicionante para os estados terem acesso aos recursos da União, ou por ela controlados, destinados aos empreendimentos e serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tais finalidades (BRASIL, 2010, p. 8).

Sobra a metodologia utilizada para a elaboração do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Ceará, a SEMA destaca que:

o Plano trata da gestão integrada de resíduos sólidos do Estado do Ceará de forma a se obter o cenário dos serviços de limpeza urbana e do manejo de resíduos sólidos nos municípios; Prospectiva da situação futura da gestão de resíduos sólidos no território cearense por meio da construção de cenários; Modelo tecnológico baseado nas orientações do Ministério do Meio Ambiente; Diretrizes e Estratégias para assegurar a implementação do Plano e garantir o alcance das condições apontadas pelo cenário escolhido; Metas, Programas, Projetos e Ações para a gestão dos resíduos sólidos, a partir da eleição do cenário de referência, ou seja, aquele que os atores sociais entenderam como desejável em função de uma expectativa viável de futuro para o equacionamento da questão dos resíduos sólidos em nível estadual, partindo-se para a definição das 36 metas do Plano (SEMA, 2015).

O Quadro 11 destaca as metas para a implantação de ações e programas de gestão de resíduos sólidos estipulados no PERS.

Quadro 11 – Quadro de metas do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Ceará

METAS (Indicador)		Curto prazo	Médio prazo	Longo Prazo
		Até 4 anos	5 a 12	13 a 20
METAS GERAIS QUANTO A SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS				
1	Lei da Política Estadual de Resíduos Sólidos atualizada (Unidade)	100%	–	–
2	Consórcio efetivamente implantado (Unidade)	20%	70%	100%
3	Plano Estadual de Resíduos Sólidos atualizado a cada quatro anos (Unidade)	100%	100%	100%
4	Planos regionais de gestão de resíduos sólidos realizados elaborados e atualizados a cada quatro anos (% de Regionais)	100%	100%	100%
5	Sistema estadual de informações elaborado, implementado e atualizado (Unidade)	100%	100%	100%
6	Sistema de incentivo financeiro indutor da melhoria dos serviços prestados na área de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos implantado e em operação (Unidade)	100%	100%	100%
7	Instrumentos de Logística Reversa implementados (Número de acordos setoriais e/ou termos de compromisso)	1	3	3
8	Diagnóstico quanti-qualitativo dos resíduos incinerados para compreensão das tecnologias de tratamento adequados (Unidade)	100%	–	–
METAS QUANTO AOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS				
1	Municípios com cobrança por serviços de resíduos sólidos domiciliares sem vinculação com o IPTU (% de municípios)	20%	60%	100%
2	Municípios com abrangência da coleta universalizada de resíduos sólidos urbanos (RSU) (% de municípios)	100%	100%	100%
3	Disposição final ambientalmente adequada de rejeitos (% de municípios)	20%	40%	
4	Áreas de lixões encerrados ambientalmente recuperadas (% de municípios)	–	20%	100%
5	“Lixões” encerrados (% municípios)	20%	40%	100%
6	Emancipação socioeconômica dos catadores que, eventualmente estejam nos lixões(% municípios)	50%	100%	100%
7	Coleta seletiva pública com inclusão de catadores implantada e em operação (% de municípios)	15%	75%	100%
8	Coleta seletiva nos órgãos públicos do estado com doação dos materiais recicláveis aos catadores (% de órgãos públicos estaduais)	20%	40%	100%
9	Ecopontos implantados nos municípios do Estado (% de municípios)	20%	40%	100%
10	Centrais de triagem de materiais recicláveis implantados nos municípios do Estado (% de municípios)	20%	40%	100%
	Municípios com tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos implantados e em operação (% de municípios)	15%	40%	100%
METAS QUANTO AOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS)				
1	Estabelecimentos de saúde (ES) nos municípios com planos de gerenciamento de resíduos elaborados e implementados (% de ES tendo como fonte o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde)	100%	100%	100%
2	Tratamento e disposição final adequados dos RSS (% de municípios)	100%	100%	100%
METAS QUANTO AOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)				
1	Áreas de disposição irregular de resíduos da construção civil eliminadas (% de municípios)	–	20%	100%
2	Reciclagem e destinação final ambientalmente adequada dos RCC (% de municípios)	15%	20%	100%
METAS QUANTO AOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS				
1	Inventário Estadual através de sistema declaratório anual de resíduos industriais gerados, realizado e atualizados a cada quatro anos (Unidade)	100%	100%	100%
2	Tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (% de municípios)	100%	100%	100%
METAS QUANTO AOS RESÍDUOS DOS TERMINAIS DE TRANSPORTE				

1	Tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (% de terminais de transporte)	100%	100%	100%
METAS QUANTO AOS RESÍDUOS DE SANEAMENTO				
1	Tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (% de municípios)	100%	100%	100%
METAS QUANTO AOS RESÍDUOS AGROSSILVOPASTORIS				
1	Tratamento e destinação final adequados dos rejeitos (% de municípios)	100%	100%	100%
METAS QUANTO AOS RESÍDUOS DE MINERAÇÃO				
1	Tratamento e disposição final adequados dos rejeitos (% de municípios)	100%	100%	100%
METAS (Unidade)		Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
		Até 4 anos	5 a 12	13 a 20
1	Ações de capacitação e educação ambiental continuada junto à sociedade, com foco na gestão integrada de resíduos sólidos e minimização da geração de resíduos (% de municípios)	40%	60%	100%
2	Parcerias técnicas e financeiras entre o poder público, setor empresarial e organizações não governamentais com vistas a realização de ações de capacitação e educação ambiental na área de resíduos sólidos (% de municípios)	40%	60%	100%
3	Ações de capacitação e educação ambiental continuada, com foco na gestão de resíduos sólidos, direcionadas a servidores públicos da área ambiental, infraestrutura, professores e pessoal da saúde, realizadas de forma integrada com os municípios (% de municípios)	40%	60%	100%
4	Ações de capacitação e educação ambiental, com foco na gestão de resíduos sólidos, direcionadas aos membros dos comitês de bacias hidrográficas do Ceará, realizadas de forma integrada com os parceiros (% de municípios)	100%	100%	100%
5	Ações da Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) implementadas integradas a práticas de coleta seletiva, priorizando ações “in situ” (% de municípios)	40%	60%	100%
6	Programa de Educação Ambiental do Ceará – PEACE, revisto para integração das ações de educação ambiental com foco na gestão integrada de resíduos sólidos (Unidade)	100%	100%	100%
7	Sistema de coleta e gerenciamento de informações para cadastramento de ações de educação ambiental, com foco na gestão integrada de resíduos sólidos, desenvolvido, implementado e disponibilizado (Unidade)	100%	100%	100%
8	Redução de resíduos sólidos urbanos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequados, sem prejuízo da coleta domiciliar (% de decréscimo)	10%	20%	40%

Fonte: <http://www.sema.ce.gov.br/plano-estadual-de-residuos-solidos-2>

Dando cumprimento às determinações do Ministério do Meio Ambiente, que é o órgão maior do governo federal para a articulação e implementação da Lei nº 12.305/2010, e também com o intuito de viabilizar as ações e programas previstas nos consórcios intermunicipais, a partir do ano de 2011, a SEMA iniciou os estudos para a elaboração dos planos regionalizados de gestão dos resíduos sólidos.

Desde então, foram elaborados 14 Planos Regionalizados de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PRGIRS) pela Secretaria Estadual (SEMA, 2011). As regiões que atualmente contam com os PRGRIS, são: Metropolitana de Fortaleza - A, Metropolitana de Fortaleza – B, Litoral Oeste, Litoral Norte, Litoral Leste, Sertão Central Sul, Sertão Central, Sertão Norte, Maciço de Baturité, Médio Jaguaribe, Sertão dos Inhamuns, Chapada da Ibiapaba, Sertão de Crateús e Cariri (CEARÁ, 2019).

No concernente a situação atual da disposição final de resíduos sólidos no Estado do Ceará, é seguro afirmar que o cenário encontra-se muito distante do adequado em termos de cumprimento dos instrumentos disposto na Política Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos.

Isso porque de acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos do Ceará, no Estado existem apenas 05 (cinco) aterros sanitários, localizados nos Municípios de Caucaia, Aquiraz, Maracanaú, Sobral e Brejo Santo (CEARÁ, 2015).

Ainda de acordo com o estudo,

em 85 % dos municípios do Ceará, ainda destina-se os resíduos em lixões à céu aberto. Verificou-se também que em 65 % dos municípios, os lixões situam-se a uma distância menor ou igual a um quilômetro das áreas urbanas e, em 26 dos municípios, os pontos de eliminação de resíduos encontram-se a uma distância dos recursos hídricos menor ou igual a um quilômetro, situação que expõe suas populações à riscos de saúde (CEARÁ, 2015, p. 81).

Segundo uma notícia publicada pelo jornal “O Povo” em 28 de fevereiro de 2018, o último levantamento feito pela SEMA, aponta que ainda existem 301 lixões espalhados nos 184 municípios do Estado.

Para combater esse quadro, ainda antes da promulgação da PNRS, a Secretaria de Infraestrutura do Estado – SEINFRA, iniciou a realização de um estudo entre os anos de 2005 e 2006, denominado “Estudo de Viabilidade do Programa para o Tratamento e Disposição de Resíduos Sólidos no Estado do Ceará, Brasil” (SEINFRA, 2006).

O objetivo do estudo era traçar um diagnóstico da situação dos resíduos sólidos nos municípios cearenses e definir uma estratégia para a gestão e o manejo adequado desses resíduos. De acordo com a Secretaria das Cidades, o estudo direcionou seu foco para os seguintes objetivos:

diagnóstico da situação de coleta e destino final dos resíduos sólidos em cada município do Estado do Ceará, propostas de gestão-regionalização e formação de consórcios, proposta de localização da área dos aterros sanitários e dos agrupamentos de municípios, planos locais de gestão de resíduos, anteprojetos da construção das instalações de tratamento de resíduos (aterros, estações de transferência e equipamentos), sistema de gestão e funcionamento das instalações de tratamento de resíduos (CEARÁ, 2019).

Os resultados dos estudos indicaram a necessidade da formação de 30 consórcios públicos para o manejo integrado de resíduos sólidos para atender os 184 municípios cearenses. No entanto, foram nos anos de 2008 e 2010 que o Estado realizou duas licitações por tomada de preço, ocasião em que foi contratado o Instituto para Desenvolvimento de

Consórcios – IDC, empresa vencedora e responsável pela formalização dos consórcios no âmbito do Ceará.

Segundo a Secretaria das Cidades, o IDC foi responsável pela articulação de 22 consórcios, cujas sedes previstas estavam nos municípios de Camocim, Crato, Jaguaribara, Limoeiro do Norte, Pacatuba, São Benedito, Sobral, Tauá, Acaraú, Aracati, Assaré, Canindé, Cascavel, Crateús, Icó, Ipu, Itapajé, Itapipoca, Milagres, Nova Russas, Pacajus e Quixadá (CEARÁ, 2019).

Além desses consórcios, os Municípios de Baturité, Paracuru, Pedra Branca e Viçosa do Ceará apresentaram 04 propostas próprias de criação de consórcios com municípios vizinhos, o que totalizou 26 consórcios para construção de aterros, dentre os 30 que haviam sido previstos no estudo.

Vale ressaltar que alguns municípios não aderiram ao modelo proposto, a exemplo de São Gonçalo do Amarante, Parambu, Palmácia e Mucambo. Os Municípios de Iguatu, Cariús, Catarina, Jucás, Quixelô e Tarrafas também não foram contemplados com a proposta, pois tiveram impedimentos judiciais relacionados ao Município Sede daquele consórcio (Iguatu).

Em relação a alguns municípios da RMF, como é o caso de Aquiraz, Eusébio, Fortaleza Caucaia, Maranguape e Maracanaú, estes formalizaram seus próprios acordos bilaterais com os municípios que já operam aterros sanitários em regime de cessão pelo Governo do Estado, a exemplo de Caucaia e Fortaleza que dispõem seus resíduos no Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia – AMSOC, e Aquiraz e Eusébio que utilizam o Aterro Sanitário Metropolitano Leste de Aquiraz – ASMLA.

Pode-se concluir, portanto, que dentre os 184 municípios do Estado do Ceará, 168 encontram-se consorciados, sendo 143 por iniciativa do Estado e 15 por iniciativa dos municípios, 6 não se consorciaram por terem firmado acordos bilaterais com municípios da RMF, 4 decidiram não aderir ao modelo dos consórcios intermunicipais e 6 foram impedidos de se associar por questões judiciais.

A Figura 10 demonstra a distribuição geográfica e a configuração atual dos consórcios intermunicipais para gestão integrada dos resíduos sólidos no âmbito do Ceará.

Porém, é importante enfatizar que, dentre os 26 consórcios formados pelo Estado ou não, atualmente, apenas dois estão efetivamente em implantação. Um deles é o consórcio intermunicipal da mesorregião do sertão de Sobral (Consórcio para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Sobral CGIRS-RMS), que se encontra em fase final de instalação na Sede daquele município (Figura 11) e atenderá 17 municípios

consorciados quando entrar em fase de operação, sendo eles: Alcântaras, Cariré, Coreaú, Forquilha, Frecheirinha, Graça, Groaíras, Massapê, Meruoca, Moraújo, Pacujá, Pires Ferreira, Reriutaba, Santana do Acaraú, Senador Sá, Sobral e Varjota.

A outra Central de Tratamento de Resíduos – CTR que será inaugurada no Estado é resultado do Consórcio Municipal para Aterro de Resíduos Sólidos – Unidade Limoeiro do Norte (COMARES-UL) (Figura 12). O aterro sanitário encontra-se em obras na Sede do Município de Limoeiro do Norte e atenderá 11 municípios, a dizer: Alto Santo, Ererê, Iracema, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Palhano, Potiretama, Quixeré, Russas, São João do Jaguaribe e Limoeiro do Norte.

Figura 10 – Mapa dos consórcios intermunicipais para gestão dos resíduos sólidos no Ceará



Fonte: <http://www.cgirsrms.ce.gov.br/infraestrutura#CTR&gid=1044752604&pid=6>

Figura 12 – Canteiro de obras do CTR de Limoeiro do Norte



Fonte: <https://www.cidades.ce.gov.br/2018/10/19/secretario-das-cidades-visita-obras-da-ctr-em-limoeiro-do-norte/>

Segundo a Secretaria das Cidades, ambos os CTR's serão dotados de infraestrutura para tratamento de resíduos de podas de árvores, resíduos de serviços de saúde, resíduos da construção civil e tratamento de resíduos orgânicos (CEARÁ, 2018).

Além desses equipamentos também serão instaladas as Estações de Transbordo em áreas estratégicas nos municípios consorciados. Nessas unidades, geralmente localizadas próximas aos centro geradores, é feito o traslado dos resíduos recolhidos pelos caminhões coletores para outros veículos de maior capacidade, que transporta os resíduos para o sítio de destinação final (NUNES, 2016).

Cabe acrescentar que para que todo o processo de gestão intermunicipal integrada se torne mais eficiente, é essencial que os municípios adotem programas de coleta seletiva e reciclagem dos resíduos, inclusive o tratamento dos resíduos orgânicos através da compostagem.

Essas medidas poderiam trazer vários benefícios aos entes municipais, como a diminuição dos custos envolvidos na destinação final, haja vista que o sistema de cobrança se dá através da pesagem em toneladas de resíduos, procedimento este que é realizado na entrada dos aterros. Outro ganho seria o incremento de renda dos trabalhadores que poderão atuar na atividade da reciclagem, além do prolongamento da vida útil dos aterros e a diminuição dos impactos ambientais negativos relacionadas a destinação final dos resíduos.

Outras iniciativas que estão sendo desenvolvidas no âmbito da Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA, que visam a melhoria da gestão dos resíduos sólidos nos municípios cearenses é a elaboração iniciada no ano de 2017, dos Planos de Coleta Seletiva Múltiplas para 81 municípios inseridos nas Bacias do Acaraú, Metropolitana e Salgado (SEMA, 2019).

Segundo a Secretaria Estadual, a partir do ano de 2018 essa política será estendida para os outros 103 municípios, e tem como objetivo nortear os municípios quanto as suas potencialidades e deficiências frente a cadeia da reciclagem (SEMA, 2019).

A publicação do Decreto Estadual nº 32.483, de 29 de dezembro de 2017,

representa um avanço na Política Estadual de Resíduos Sólidos, pois garante o repasse de 2% do Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS, para aqueles municípios que atenderem a determinados requisitos relacionados a práticas mais sustentáveis na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, a exemplo da existência de planos municipais de resíduos, coleta, regular, coleta seletiva, fundo monetário específico para o meio ambiente, por exemplo (CEARÁ, 2019).

Cabe acrescentar que o empenho para a mudança do cenário estadual em relação a reciclagem é muito válido, porém os efeitos benéficos nos aspectos ambientais, sociais e econômicos, só poderão ser sentidos caso haja o efetivo envolvimento de toda a sociedade no processo, a considerar que, atualmente, dos 184 municípios cearenses, em apenas 21 há algum tipo de incentivo das prefeituras para a reciclagem (CEMPRE, 2016).

Em referência ao cenário atual da gestão dos resíduos sólidos no Estado do Ceará, são coletados cerca de 0,858 Kg/hab/dia de resíduos sólidos urbanos de um total de 9.711 ton/dia gerados. Desse volume, 45% são destinados para aterros sanitários, 30% para aterros controlados e 25% para os lixões (SINDIVERDE, 2016).

No que se refere a cadeia produtiva ligada ao setor da reciclagem, conforme o Anuário do Setor de Reciclagem do Ceará, o Estado possui mais de 300 empresas que atuam na reciclagem de resíduos industriais, que juntas, movimentam anualmente mais de R\$ 600 milhões e geram cerca de 14 mil empregos diretos e indiretos (SINDIVERDE, 2016).

Outras novas políticas públicas estaduais na área de resíduos sólidos foram a publicação do Decreto Estadual nº 31.854 de 14 de dezembro de 2015, o qual possibilita a desoneração de 17% para 7% para as indústrias que atuam na cadeia produtiva da reciclagem, o lançamento do “Plano de Recuperação de Áreas Degradadas por Lixões a Céu Aberto” (Ceará, 2019) financiados pelo Banco Mundial, que prevê a recuperação de áreas de lixões em 81 municípios das Bacias Hidrográficas do Acaraú, Metropolitana e Salgado.

Aliado a essas ações, estão sendo implantados no Estado, de acordo com a SEMA, os resultados dos termos de compromisso e acordos setoriais firmados com órgãos do poder público e entidades do setor produtivo para a implantação do sistema de logística reversa de produtos como: embalagens de agrotóxicos, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes, pneus inservíveis, pilhas e baterias e embalagens em geral (CEARÁ, 2019).

3.6 Sistemas de destinação final de resíduos sólidos

3.6.1 Lixões ou vazamentos a céu aberto

O descarte inapropriado de resíduos na forma de lixões a céu aberto ainda é uma realidade em grande parte dos municípios brasileiros (Figura 13) e, segundo a ABRELPE (2017), ainda é praticado em cerca de 40% dos municípios brasileiros, conforme ficou demonstra no Gráfico 3, sendo que este também é o percentual em escala mundial.

O termo “lixão a céu aberto” é usado para caracterizar um local de disposição diretamente no solo no qual ocorre descarte indiscriminado de resíduos sólidos, sem nenhuma, ou no máximo algumas medidas bem limitadas de controle das operações e proteção do meio ambiente do entorno (ISWA, 2015).

Os lixões afetam cerca de 75 milhões de brasileiros, de acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos da Abrelpe (2014). Isso significa dizer que mais de um terço da população fica exposta, direta ou indiretamente, aos impactos negativos gerados pelos problemas ambientais e de saúde associados aos lixões, a exemplo das emissões de chorume, a contaminação dos compartimentos ambientais e da biodiversidade por compostos nocivos

como os poluentes orgânicos persistentes – POP's, compostos orgânicos voláteis – VOC's, metais pesados, entre outros; além da queima frequente dos resíduos e a emissão de fumaça tóxica.

Figura 13 – Lixão no Município de Massapê-CE. (Registro em 11 de junho de 2016)



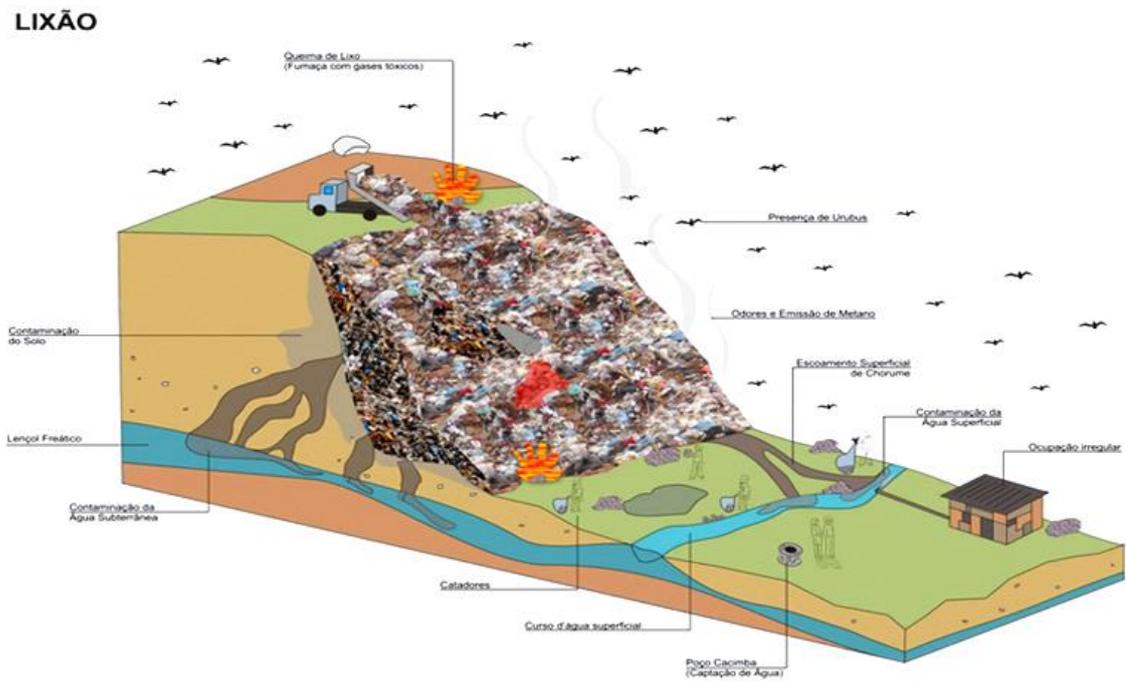
Fonte: Acervo pessoal do Autor (2016)

No que se refere ao risco aos impactos negativos no meio ambiente, vale destacar que nos lixões quase nunca há planejamento para a escolha do local de deposição dos resíduos, há falta de infraestrutura, ausência de equipamentos de controle e de procedimentos de gerenciamento adequado dos resíduos, bem como inexistente o licenciamento ambiental outorgado pelos órgãos ambientais competentes.

Alguns dos principais impactos negativos causados ao meio ambiente e conseqüentemente à saúde humana advém da decomposição da porção orgânica da massa de resíduos, produzindo o chorume, além da formação de gases que são nocivos para os organismos vivos e à biosfera, como mostra a Figura 14.

O chorume é resultado da decomposição microbiológica da matéria orgânica contida nos resíduos, em associação às águas pluviais, formando um líquido de coloração escura, o qual contém elevada carga orgânica e contaminantes químicos e biológicos. A composição do chorume depende do nível de degradação e do tipo de resíduos no local de disposição (ABRELPE, 2015).

Figura 14 – Esquema de um lixão e seus impactos no meio físico



Fonte: <https://rnews.com.br/voce-sabe-a-diferenca-entre-aterro-lixao-e-aterro-controlado.html>.

Na definição de Vilhena (2010), o chorume é um “líquido escuro, turvo e malcheiroso proveniente do armazenamento e tratamento do lixo”, que contém materiais dissolvidos e suspensos, o qual, se não for coletado e tratado adequadamente, pode ser transportado para o subsolo por lixiviação e contaminar corpos d’água superficiais e subterrâneos, ocasionando consequências gravíssimas ao meio ambiente e a saúde pública.

Em decorrência dos mais variados tipos de materiais dispostos de forma desordenada nos lixões, os resíduos podem conter metais pesados como o Cd, Cu, Ni, Pb e Zn, os quais podem percolar pelo solo atingindo coleções hídricas, bem como serem assimilados pelo sistema radicular de espécies vegetais, tendo como destino a teia alimentar nos níveis tróficos superiores (bioacumulação).

Outro aspecto importante a ser considerado é o risco que os lixões representam à população de catadores que comumente frequentam esses locais para coletarem materiais recicláveis e para a população que reside próxima a sua área de entorno (Figura 15). Além da exposição aos contaminantes, há o risco do desenvolvimento de doenças infecciosas transmitidas por vetores que se desenvolvem devido a presença de grande volume de resíduos orgânicos (alimentos, fezes, restos vegetais e animais) juntamente com a água contaminada, dentre outros elemento favoráveis ao desenvolvimento de organismos patogênicos (Figura 16).

Figura 15 – Catadores trabalhando em meio a fumaça tóxica no lixão de Massapê-CE. (Registro em 11 de junho de 2016)



Fonte: Acervo pessoal do Autor (2016)

Figura 16 – Suínos se alimentando do lixo orgânico no lixão de Massapê-CE (Registro em 11 de junho de 2016)



Fonte: Acervo pessoal do Autor (2016)

Dentre essas doenças, pode-se citar:

a dengue, febre amarela, arboviroses, malária, elefantíase (transmissor: mosquitos), giardíase, cólera, diarreia (transmissor: baratas e formigas), leptospirose, tifo murino, hantavirose, peste bubônica (transmissor: ratos e pulgas) salmonelose, cólera, amebíase, giardíase, disenteria (transmissor: moscas) as quais são possíveis de se desenvolverem em locais onde o lixo é descartado sem nenhum controle ambiental, podendo afetar a saúde da população das áreas adjacentes (PET-Saúde, 2011, p. 1).

De acordo com a SEMACE (2014, p. 2),

em muitos lixões, a exemplo de alguns que se perpetuam no interior do Estado do Ceará, não é incomum o lançamento de resíduos perigosos Classe I provenientes de serviços de saúde, que muitas vezes são misturados junto aos resíduos domiciliares. Nesses casos, a quase inexistência do uso de EPI's por parte da comunidade de catadores, os expõe ao risco de contrair doenças pulmonares devido a exposição à fumaça tóxica proveniente da queima de resíduos, bem como de doenças infecto-contagiosas em virtude do risco de acidentes com materiais perfurocortantes e outros materiais contaminados com substâncias biológicas provenientes de clínicas, hospitais, laboratórios, frigoríficos, abatedouros de animais, entre outros.

A geração de gases pelos microrganismos presentes na fração orgânica dos resíduos, também caracteriza-se como outro impacto negativo, sendo resultado também da sua decomposição.

O biogás é uma mistura, principalmente, de metano e gás carbônico (por volta de 50-50% em anaerobiose). O gás metano, além de ser altamente inflamável, quando liberado na atmosfera contribui significativamente na diminuição da camada de ozônio e conseqüentemente nas mudanças climáticas, haja vista que sua capacidade para reter a radiação solar é maior que de outros gases, sendo aproximadamente 21 vezes superior ao do dióxido de carbono e, portanto, apresenta potencial interesse nos processos relacionados ao aquecimento global (ABRELPE, 2017, p. 7).

Outros impactos negativos relacionados aos lixões em áreas rurais e urbanas estão relacionados à geração de odores desagradáveis, emissão de particulados e poeiras, presença de animais domésticos e de criação nos lixões (os quais muitas vezes se alimentam dos resíduos orgânicos), a poluição visual e a desvalorização imobiliária dos terrenos adjacentes.

Alguns critérios que são exigidos para a adequada implantação e operação de aterros sanitários são essenciais para a minimização e controle dos impactos negativos gerados pela disposição irregular dos resíduos sólidos urbanos.

Determinados equipamentos e procedimentos, a dizer: manta de impermeabilização com PEAD ou outro material de contenção, sistema de coleta e tratamento dos lixiviados (água + chorume gerado pela decomposição microbológica da matéria orgânica presente no maciço de resíduos), drenagem e tratamento dos gases, sistema de drenagem das águas pluviais, unidades de triagem e tratamento de resíduos recicláveis, recobrimento diário dos resíduos, monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, monitoramento geotécnico dos maciços, entre outros; tem o potencial de minimizar os danos aos compartimentos ambientais como o solo, subsolo, a água, a atmosfera, a fauna e a flora e às populações humanas em sua área de influência direta e indireta.

3.6.2 Aterro controlado

No Brasil, os sistemas mais utilizados de disposição final são os vazadouros a céu aberto, os vazadouros em áreas alagadas, aterros controlados, aterros sanitários, aterros de resíduos especiais, usina de incineração e usina de compostagem (COSTA *apud* BENDA, 2008)

O Ministério do Meio Ambiente classifica os aterros controlados como a forma inadequada de disposição final de resíduos e rejeitos, no qual o único cuidado realizado é o recobrimento da massa de resíduos e rejeitos com terra (MMA, 2011).

Vale salientar que alguns aterros controlados se aproximam dos lixões no que concerne a ausência de critérios na escolha dos locais e falhas nos procedimentos adotados, podendo variar para casos em que há maior nível de engenharia e controle ambiental, variando também de acordo com a região e o país. De maneira mais detalhada o CEMPRE (2018, 243, p.), pontua que:

o aterro controlado é uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo sem causar danos ou riscos à saúde pública e a sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Esse método utiliza alguns princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho. Essa forma de disposição produz poluição, porém, localizada, pois, similarmente ao aterro sanitário, a área de disposição é minimizada. Geralmente não dispõe de impermeabilização de base (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas), nem de sistemas de tratamento do percolato (termo utilizado para caracterizar a mistura entre o chorume, produzido pela decomposição do lixo, e a água de chuva que percola o aterro) ou do biogás gerado. Esse método é preferível ao lixão, mas devido aos problemas ambientais que causa e aos seus custos de operação, é de qualidade inferior ao aterro sanitário.

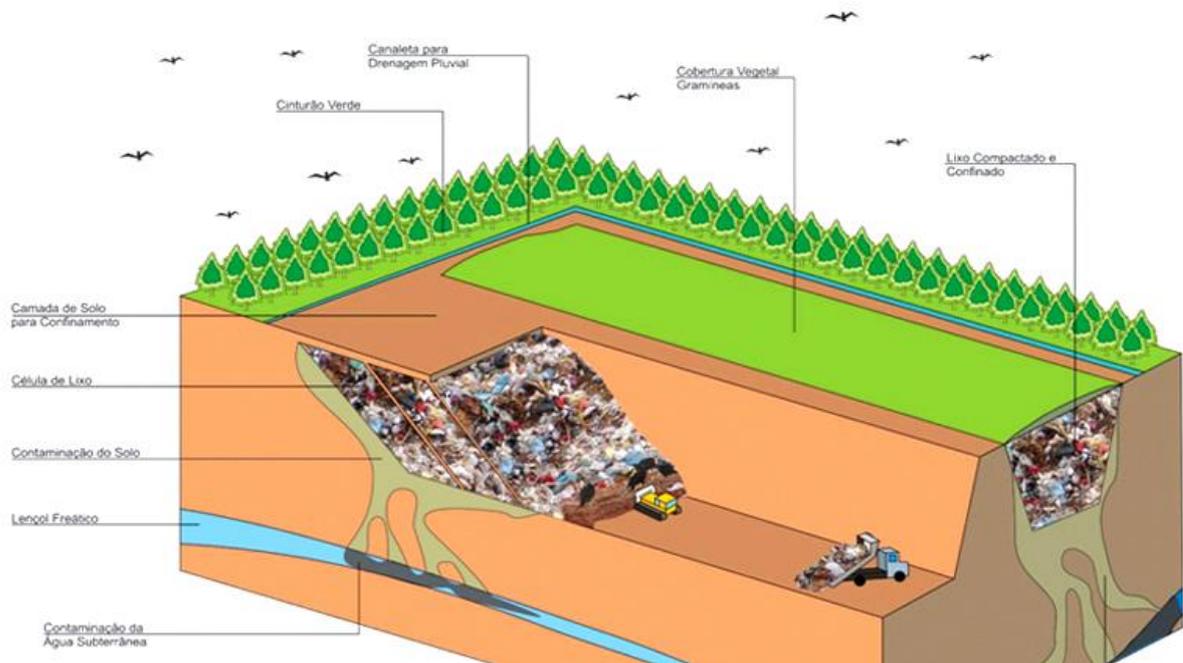
Conforme demonstrado pela no gráfico da Figura 3.5, no Brasil, 1.742 municípios ainda praticam a disposição inadequada em aterros controlados, os quais, juntamente com os lixões, estão presentes em todas as regiões do país e receberam mais de 80 mil toneladas de resíduos por dia no ano de 2017, com potencial alto de geração de impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana (ABRELPE, 2017).

Além do mais, como já foi citado no Capítulo 2 deste trabalho, de acordo com o novo marco legal do Brasil na temática dos resíduos sólidos, que é a Lei nº 12.305/2010 e, conseqüentemente, o cancelamento da Norma Brasileira NBR ABNT 8.849:1985, os aterros controlados passaram a não ser mais aceitos como sistema de destinação final de RSU, equiparando-se aos vazadouros a céu aberto ou lixões (Figura 17), por oferecerem risco a

saúde pública e ao meio ambiente em razão da ausência de critérios técnicos adequados para a sua implantação e operação.

Na mesma direção, Rohde *apud* Coutinho (2007) considera que a existência de aterros controlados e da norma “Apresentação de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos” (NBR 8849/85) se constitui em “uma verdadeira excrescência, uma vez que sobrepõe o fator econômico à ecologia, à técnica e à saúde pública”.

Figura 17 – Esquema de um aterro controlado



Fonte: <http://rnews.com.br/voce-sabe-a-diferenca-entre-aterro-lixao-e-aterro-controlado.html>

O Quadro 12 aponta as principais diferenças entre os sistemas de disposição final inadequados: lixões e aterros controlados, e os aterros sanitários.

Quadro 12 - Principais critérios que diferenciam lixões, aterros controlados e aterros sanitários

CRITÉRIOS	LIXÃO A CÉU ABERTO	ATERRO CONTROLADO	ATERRO SANITÁRIO
Local da instalação	Local não planejado ou impróprio	Condições hidrogeológicas às vezes consideradas	Local escolhido com base em fatores ambientais, comunitários e de custo
Capacidade	Capacidade do local é desconhecida	Capacidade planejada	Capacidade planejada
Preparação de células	<ul style="list-style-type: none"> - Não existe preparação de células - O lixo é disposto indiscriminadamente - A face/área de trabalho não é controlada 	<ul style="list-style-type: none"> - Não há preparação de células, mas a área de trabalho é reduzida - A disposição se dá apenas em áreas designadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de células individuais - A face/área de trabalho está confinada na menor área prática - A disposição se dá apenas em áreas designadas

Preparação do local	Pouca ou nenhuma preparação	- Terraplanagem da base da área de disposição - Drenagem e controle das águas de superfície na periferia do local	Preparação extensiva do local
Gestão de chorume	Não há	Não há ou Parcial	Total
Gestão do gás	Não há	Parcial ou nenhuma	Total
Aplicação de cobertura de solo	Cobertura ocasional ou nenhuma	Implementação de cobertura regular, mas não necessariamente diária	Aplicação diária de camadas intermediárias e finais
Compactação dos resíduos	Não há	Compactação em alguns casos	Compactação dos resíduos
Manutenção de vias de acesso	Não há manutenção adequada	A manutenção é limitada	Desenvolvimento e manutenção plenos das vias de acesso
Cercas	Não há	Há cercas	Há cercas e portões
Entradas de resíduos	Não há controle sobre a quantidade e/ou a composição dos resíduos que chegam	Controle parcial ou nenhum, mas o resíduo aceito para descarte se limita ao RSU	- Controle total sobre a quantidade e/ou a composição dos resíduos que chegam - Disposições especiais para tipos de resíduos especiais
Manutenção de registros	Não há	Manutenção básica	Registro completo de volumes de resíduos, tipos, fontes e atividades/eventos do local
Triagem de resíduos	Coleta por catadores	Coleta e comércio controlados	Não há coleta e comércio de resíduos no local
Fechamento	Não ocorre o devido fechamento após o encerramento das operações	As atividades de fechamento são limitadas à cobertura com solo solto ou parcialmente compactado e replantio de vegetação	Fechamento total e gerenciamento pós-fechamento
Custo	Baixo custo inicial, alto custo no longo prazo	Custo inicial baixo a moderado, alto no longo prazo	Custos inicial, operacional e de manutenção elevados, moderados no longo prazo
Impactos sobre a saúde e o meio ambiente	Grande potencial de incêndios e efeitos adversos sobre a saúde e o meio ambiente	Menor risco de impactos à saúde e ambientais se comparado ao lixão a céu aberto	Risco mínimo de impactos adversos sobre a saúde e o meio ambiente

Fonte: ABRELPE, 2017

3.6.3 Aterros Sanitários

Na medida que a população humana cresce e suas atividades vão cada vez mais causando comprometimento e extinção dos recursos naturais, aumenta a necessidade de

buscar soluções para a proteção e conservação do meio ambiente, e também para a recuperação, o reuso e a reciclagem de resíduos sólidos. A necessidade do desenvolvimento e aplicação de técnicas que permitam o tratamento e disposição final dos resíduos é proporcional à necessidade de produção e nível de desenvolvimento de um país, região ou município, devendo atender a suas demandas de modo a minimizar os impactos ambientais.

Como compreendido em Recesa (2008), as soluções para este problema não podem ser de curto prazo, devido a algumas questões tais como sua relevância social, econômica e ambiental, aliadas à disponibilidade de áreas e recursos financeiros destinados à construções de instalações adequadas para o tratamento e disposição final dos resíduos sólidos.

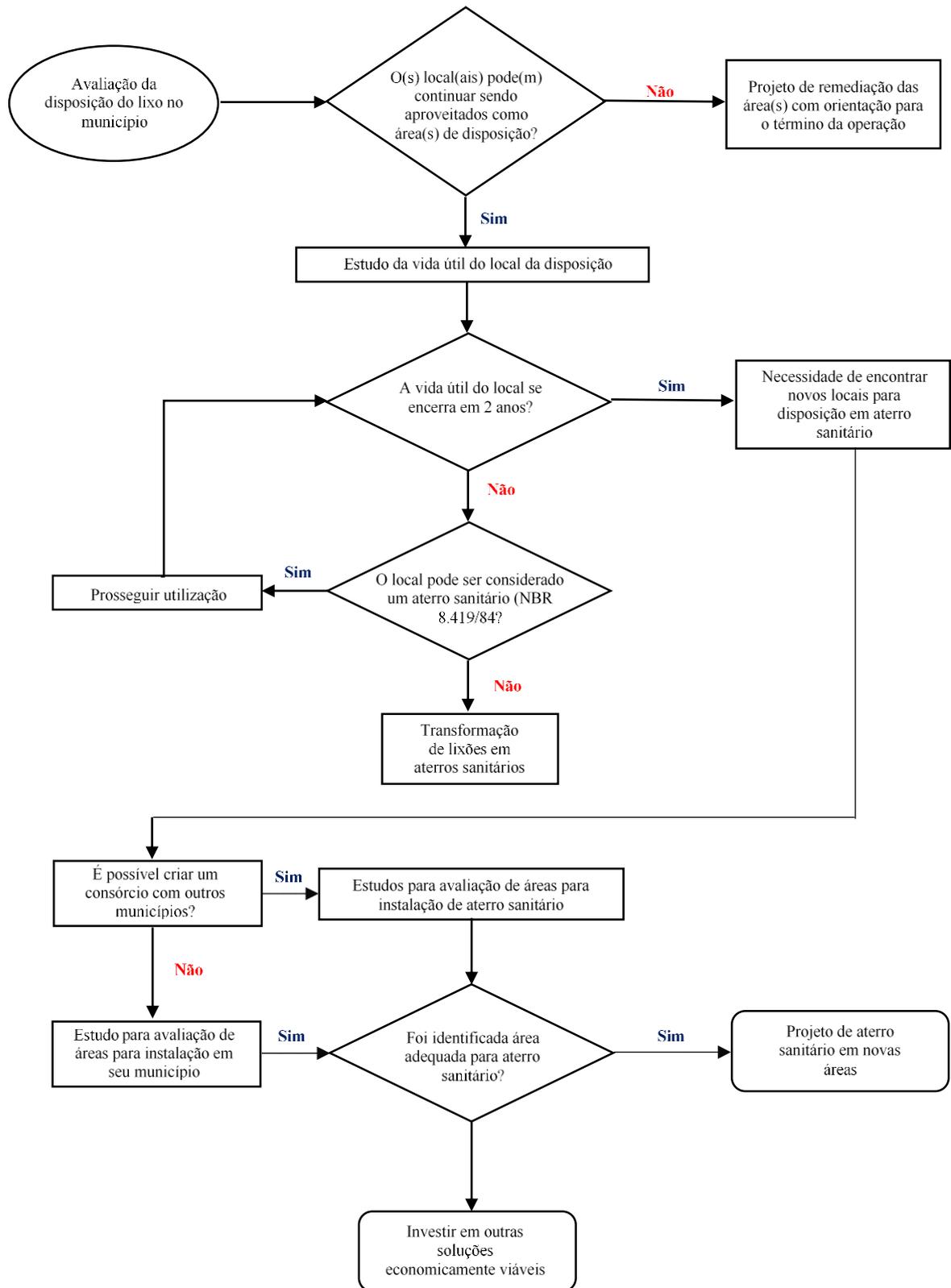
Durante o processo decisório para a construção de um aterro sanitário, além do aspecto financeiro, zoneamento urbano, disponibilidade de áreas, entre outras questões, os gestores públicos devem considerar o comportamento e o crescimento da população, além do panorama total do diagnóstico da situação dos resíduos sólidos do município. Na Figura 18, apresenta-se o diagrama que auxilia a tomada de decisões para a disposição final dos resíduos sólidos no município.

A disposição de RSU em aterros sanitários é a técnica mais difundida no mundo, em razão da sua simplicidade operacional e ao relativo baixo custo. Como mencionado no Capítulo 1, a Norma Brasileira – NBR 8419/1992 define um aterro sanitário como:

técnica de disposição de resíduos 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-se com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário. Conta com impermeabilização de base e sistemas de coleta e tratamento de biogás e do líquido percolado (ABNT, 2002, p. 2).

Figura 18 – Diagrama de decisões para a disposição final de RSU

DIAGRAMA DE DECISÕES



Fonte: Adaptada de CEMPRE, 2001

Na definição do Conselho Regional de Química (CRQ (2011), aterros sanitários são equipamentos de tratamento e disposição final ambientalmente adequada de RSU, através

de um conjunto de processos físicos químicos e biológicos, que tem como resultado uma massa de resíduos mais estáveis química e biologicamente.

De forma resumida, o aterro sanitário é um equipamento projetado para receber e tratar os resíduos produzidos pelos habitantes de uma cidade com base em estudos de engenharia, com vistas a reduzir ao máximo os impactos causados ao meio ambiente.

Devido a essas vantagens, e em função da maior proteção que proporciona ao meio ambiente e à saúde pública, o aterro sanitário é a forma mais adequada de disposição dos resíduos sólidos urbanos. No entanto, vale ressaltar que o equipamento representa a etapa final do gerenciamento integrado, sendo o mais recomendado a adoção prévia de sistemas de tratamento, como reciclagem, compostagem e incineração com reaproveitamento da matéria-prima e energia. Dessa forma, prolonga-se a vida útil do aterro, reduzindo seu uso, e consequentemente a demanda por áreas para a construção de novos aterros.

Santos (2016) ressalta que dentre os componentes do sistema de gerenciamento integrado de resíduos sólidos, os aterros sanitários são os mais complexos, sendo um desafio seu correto planejamento, construção e operação.

Para Santaella *et al* (2014, p. 28),

as principais características de um aterro sanitário que não são encontradas em um aterro controlado são: controle de entrada e saída de materiais e de pessoas, impermeabilização da base (argila ou manta sintética), compactação dos resíduos, sistema de drenagem pluvial e de chorume, sistema de tratamento de chorume e de drenagem de biogás, cobertura diária dos resíduos com solo (camadas de 20 cm), cobertura final do aterro com solo (camadas de solo de 60 cm), monitoramento ambiental.

É crucial a elaboração do diagnóstico socioambiental da área provável para a implantação de um projeto de aterro sanitário, que observará dados como:

- **Topografia:** identificação das áreas de morros, planícies, encostas, declividades do terreno, etc.
- **Dados geológicos e geotécnicos:** Informações sobre as características e ocorrência de materiais que compõem o substrato dos terrenos: distribuição e características das unidades geológicas e geotécnicas que ocorrem na região e principais feições estruturais.
- **Pedológicos:** Tipos de solo da região, identificação dos materiais de empréstimo.
- **Dados sobre as águas subterrâneas e superficiais:** Profundidade do lençol freático, localização das zonas de recarga das águas subterrâneas, principais mananciais, bacias e corpos d'água de interesse ao abastecimento público e áreas de proteção de manancial.

- **Dados sobre o clima:** Regime de chuvas e precipitação pluviométrica e direção e intensidade dos ventos.
- **Dados sobre a legislação:** Localização de áreas de proteção de mananciais, Áreas de Preservação Permanente (APP'S), unidades de conservação, zoneamento urbano da cidade, áreas tombadas, entre outras.
- **Dados socioeconômicos:** Dados populacionais, perfil econômico do município, valor da terra, uso e ocupação dos terrenos, distância da área em relação aos centros atendidos, integração da malha viária, aceitabilidade da população e de suas entidades organizadas.

Como destacado por Mota (2003), a escolha de um local para a execução de um aterro sanitário deve ser feita observando os seguintes critérios:

- a) afastamento adequado de áreas urbanas;
- b) distância satisfatória de recursos hídricos superficiais;
- c) afastamento do lençol freático;
- d) disponibilidade do material de cobertura;
- e) facilidade de acesso (sistema viário).

É importante frisar que os projetos para a implantação de aterros sanitários perpassam pela necessidade de análise técnica pelos órgãos ambientais competentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, devendo obedecer a legislação ambiental, bem como outros marcos regulatórios para a obtenção da Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO).

De acordo com o CRQ (2011), para projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos são adotadas as normas da NBR 8.419/1992 e 13.896/1997. Cabe destacar que a NBR 13.896/1997, é a mais utilizada como referência pelos órgãos ambientais e empresas responsáveis pela construção e operação de aterros sanitários no Brasil. A norma apresenta diretrizes técnicas para a escolha do local para a implantação, segregação e análise de resíduos sólidos, monitoramento, inspeção, treinamento de pessoal, impermeabilização de base, tratamento do percolado, emissões gasosas, plano de emergência, operação e plano de encerramento do aterro.

No Quadro 13 são apresentados os critérios técnicos para a escolha de locais para a implantação de aterros sanitários.

Quadro 13 – Aspectos técnicos referentes à escolha de áreas para implantação de aterros, segundo a NBR 13896/1997 (ABNT, 1997)

CRITÉRIOS	ATERROS SANITÁRIOS ACIMA DO NÍVEL ORIGINAL DO TERRENO	ATERROS SANITÁRIOS ABAIXO DO NÍVEL ORIGINAL DO TERRENO
Topografia	Entre 1 e 30 %.	Inclinação máxima em torno de 10 %.
Dimensões	Variam de acordo com a vida útil pretendida, com o número de camadas que podem ser executadas em função das características topográficas da área.	Depende da vida útil. Como base de cálculo pode-se considerar necessário um volume de 1,7 m ³ de escavação por tonelada de resíduos a serem aterrados, incluindo o volume de terra para cobertura.
Solo	Deve ter composição predominantemente argilosa, ser o mais impermeável e homogêneo possível, além de não apresentar grandes quantidades de pedras, matacões e rochas aflorantes.	Deve ter composição predominantemente argilosa, ser o mais impermeável e homogêneo possível, além de não apresentar grandes quantidades de pedras, matacões e rochas aflorantes. Deve também ter consistência que possibilite a escavação por meio de retroescavadeira e capacidade para sustentação de taludes sub-verticais.
Proteção contra enchentes	Não devem estar sujeitas a inundações, nem a flutuações excessivas do lençol freático (como várzeas de rios, pântanos e mangues).	Não devem estar sujeitas a inundações, nem a flutuações excessivas do lençol freático (como várzeas de rios, pântanos e mangues).
Distância de corpos de água	Mínima de 200 m de qualquer corpo de água.	Mínima de 200 m de qualquer corpo de água.
Profundidade do lençol freático	O mais distante possível da superfície do terreno. Para solos argilosos recomenda-se profundidade de 3,0 m e para solos arenosos, profundidades superiores.	O mais distante possível da cota do fundo das valas a serem escavadas. Para solos argilosos recomenda-se profundidade de 3,0 m e para solos arenosos, profundidades superiores.
Distância de residências	Mínima de 500 m de residências isoladas e 2.000 m de áreas urbanizadas.	Mínima de 500 m de residências isoladas e 2.000 m de áreas urbanizadas.
Direção dos ventos predominantes	Não deve possibilitar o transporte de poeira e maus odores para núcleos habitacionais.	Não deve possibilitar o transporte de poeira e maus odores para núcleos habitacionais.
Localização	Além dos itens mencionados, observar: <ul style="list-style-type: none"> • as legislações de uso do solo e de proteção dos recursos naturais; • as possibilidades de fácil acesso em qualquer época do ano; • a menor distância viável dos centros geradores. 	Além dos itens mencionados, observar: <ul style="list-style-type: none"> • as legislações de uso do solo e de proteção dos recursos naturais; • as possibilidades de fácil acesso em qualquer época do ano; • a menor distância viável dos centros geradores.

Fonte: CETESB, 1997a

Em relação a esses critérios, Santos (2016) acrescenta considerações relevantes, as quais estão organizadas no Quadro 14.

Quadro 14 – Considerações sobre os critérios para a escolha de áreas para implantação de aterros sanitários

Comentários sobre os critérios para a execução de um aterro sanitário	<p>Afastamento adequado de áreas urbanas: um aterro sanitário muito distante da área de coleta encarecerá o transporte dos resíduos e o trânsito durante o percurso de ida e volta e tomará muito tempo da jornada diária de trabalho. Caso o aterro seja instalado muito próximo da área urbana provocará problemas para a população com relação aos odores, desvalorização de imóveis e ainda poderá despertar nas famílias mais carentes o interesse na catação de materiais. Outro ponto a considerar é que, em um raio de 20 Km² de um aeroporto, não poderá ser instalado um aterro sanitário, para evitar acidentes aéreos com aves (ex: urubus e garças).</p>
	<p>Distância satisfatória de recursos hídricos superficiais: um aterro sanitário instalado em área muito próxima aos recursos hídricos, pode alterar a faixa marginal prevista no Código Florestal como Área de Preservação Permanente (APP), pode também contaminar tais recursos hídricos por meio do lixiviado produzido. Por outro lado, se for instalado em um terreno onde não exista nenhum recurso hídrico superficial podem surgir dois problemas: um relacionado ao destino final do lixiviado após tratamento, pois na ausência de alternativa economicamente viável esses líquidos são lançados em corpos hídricos, e outro relacionado a necessidade de construir e manter estações elevatórias para bombear o lixiviado tratado para outro local ou para um recurso hídrico distante que possa recebê-lo.</p>
	<p>Afastamento do lençol freático: um aterro sanitário deve ser instalado em um terreno sem a presença de águas subterrâneas ou onde haja água bem abaixo da superfície, reduzindo o risco de contaminação por lixiviados. É importante realizar diversas sondagens na área selecionada para melhor local cada setor do aterro (balança, portaria, administração), deixando para instalar as células de aterramento nas áreas de menor risco de contaminação, ou seja, onde o lençol freático for baixo. É importante impermeabilizar o fundo das células com solo argiloso bem compactado, dependendo da disponibilidade financeira, com geomembrana em PEAD (polietileno de alta densidade).</p>
	<p>Disponibilidade de material de cobertura: a rotina operacional de um aterro sanitário envolve espalhar, compactar e cobrir com solo os resíduos sólidos. Se o aterro for instalado em uma área com baixa disponibilidade de material de cobertura (jazida) ficará inviável sua operação, pois é muito caro adquirir volume de solo necessário para um empreendimento dessa natureza. Em alguns aterros, o volume de solo utilizado chega a 30% do volume de resíduos recebidos.</p>
	<p>Facilidade de acesso: o terreno escolhido para instalar o aterro deve ser de fácil acesso ou pelo menos possuir uma via que pode ser ampliada e melhorada com asfalto e sinalização. Um terreno bom, mas inacessível exigirá licenciar a construção da estrada de acesso e isso pode ser demorado demais, caso seja necessário desapropriar residências e indenizar pessoas ou empresas.</p>

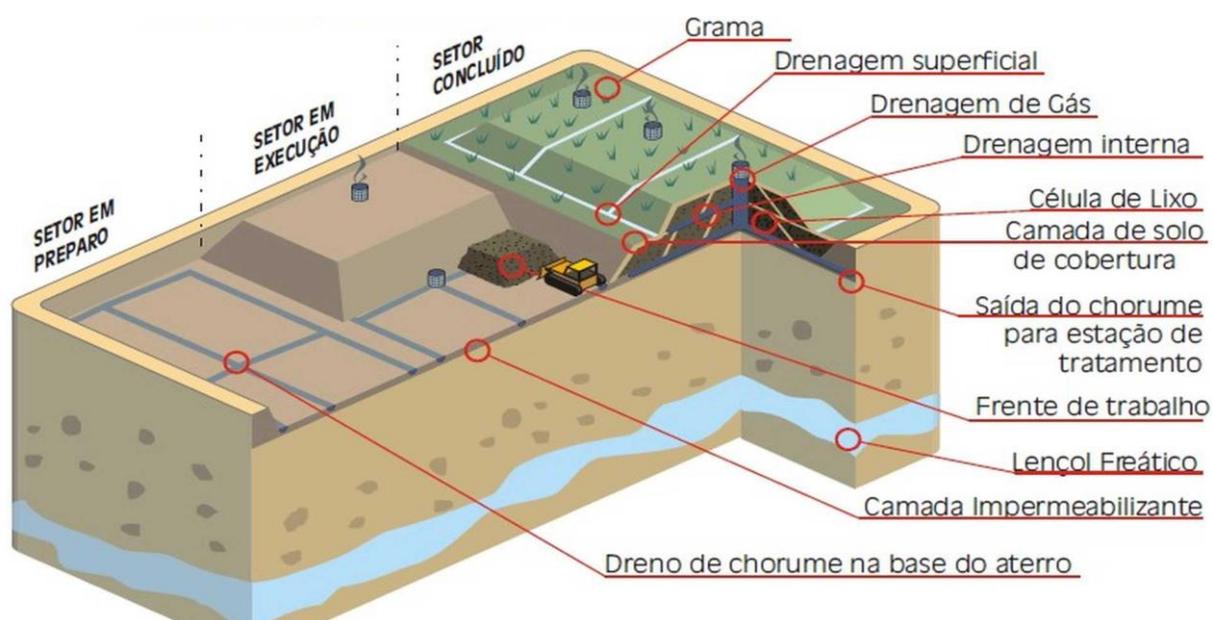
Fonte: Santos, 2016

Conforme salientado por Santaella *et al* (2014, p. 26), nos aterros sanitários,

o solo é preparado antes da deposição dos resíduos sólidos de forma com uma camada de argila ou cobertura com mantas poliméricas (sintéticas) para impermeabilização. Deste modo, o chorume é drenado e conduzido a uma estação de tratamento de efluentes. Os gases produzidos (especialmente metano e sulfídrico) são coletados em extravasores e, posteriormente, queimados ou utilizados como combustível no próprio aterro. No aterro sanitário, os compartimentos para disposição dos resíduos sólidos são dimensionados de tal forma que devem ser preenchidos em períodos específicos. Os resíduos depositados, são compactados com um trator e recobertos diariamente com cerca de 20 cm de solo, para não produzir mais odores e não atrair, roedores e aves.

A Figura 19 demonstra o esquema de um aterro sanitário e seus equipamentos.

Figura 19 – Corte da seção de um aterro sanitário



Fonte: <https://portalresiduossolidos.com/aterro-sanitario/>

Quando são definidos os aspectos relacionados a localização do aterro, Santos (2016) explica que:

outros fatores passam a ter importância e influência sobre o comportamento do aterro sanitário e sobre o uso futuro da área, a saber: o controle sobre os sistemas de impermeabilização de base, rede de drenagem de líquidos, quantidade e tipologia dos resíduos, processo de espalhamento e compactação, número de passadas do veículo compactador, altura das camadas de resíduos e da célula, inclinação dos taludes, tipo de material empregado nas camadas intermediárias e finais, sistemas de drenagem de gases, tratamento de lixiviados, entre outros.

Uma etapa essencial durante a fase de instalação de aterros sanitários é a tomada de decisão acerca do tipo de material impermeabilizante que será instalado no solo sobre o qual serão dispostos os resíduos. O sistema de impermeabilização de base tem como principal

objetivo impedir, ou reduzir, a infiltração dos lixiviados (líquidos, chorume ou percolado) no solo, e conseqüentemente seus efeitos negativos no lençol freático.

De acordo com Santos (2016), os sistemas de impermeabilização inferior envolvem a aplicação, ora isolada ora combinada, uma geomembrana de PEAD (Figura 20) e solos argilosos compactados, sendo que no Brasil é mais comum o emprego isolado de solos argilosos, em razão dos custos envolvidos nas outras alternativas.

Figura 20 – Impermeabilização com geomembrana de PEAD



Fonte: <http://www.neoplastic.com.br/catalogos/case-semasa.pdf>

Nos projetos de aterros sanitários, deve-se considerar a execução de uma rede de drenagem eficiente, tanto das águas de chuva (drenagem superficial) quanto do lixiviado na base do aterro (drenagem de fundo) e dos gases (drenagem dos gases), com a finalidade de se evitar a contaminação do ar e dos corpos d'água superficiais e subterrâneos, e permitir a operação dos aterros em qualquer condição climatológica

Em se tratando do sistema de drenagem do lixiviado (água + chorume), os equipamentos tem a função de coletar os líquidos percolados através da massa de resíduos e direcioná-los para uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), evitando a contaminação de coleções hídricas. Além disso, a drenagem reduz a pressão dos líquidos dentro da massa de resíduos, o que favorece a estabilidade do maciço e minimiza o potencial de migração do percolado para o subsolo.

A infraestrutura implantada para o sistema de drenagem dos lixiviados poderá ser implantado através de drenos que encaminham os líquidos até o local de acumulação, para posteriormente ser encaminhado a ETE. Os drenos podem ser de brita com tubos perfurados ou de materiais alternativos como brita com pneus velhos. Segundo o CEMPRE (2018), para

o seu dimensionamento, é fundamental o conhecimento da vazão a ser drenada e dos condicionantes geométricos da massa de resíduos, assim como devem ser definidos em projeto o volume do tanque de armazenagem e o tipo de tratamento do percolado.

No tocante às tecnologias de tratamento de lixiviados de aterros sanitários, os sistemas podem variar em função de vários fatores, como os tipos de resíduos dispostos (classificação), o tempo de operação do aterro, o volume e tempo de estabilização do lixiviado, custos, dentre outros.

Em alguns casos podem ser aplicados processos biológicos (lodos ativados, reatores biológicos, sistemas de lagoas de estabilização consorciadas), processos oxidativos avançados (POA) ou processos físico-químicos (adição de coagulantes, precipitação química, *air stripping*), sendo por vezes necessária a integração desses processos para atingir maior eficiência no tratamento (PAIXÃO FILHO, 2017).

A Figura 21 apresenta a seção de um sistema de drenagem dos lixiviados, instalado sobre uma geomembrana de PEAD.

Figura 21 – Sistema de drenagem de lixiviados em aterro sanitário



Fonte: <https://racsaneamento.com.br/aterro/>

Em relação à drenagem de águas pluviais, a finalidade básica desse sistema é desviar as águas da bacia de contribuição para uma área isolada que terá como destino o corpo d'água receptor, de modo a evitar a sua entrada nas células contendo os resíduos aterrados. Essa solução possibilitará a operação do aterro mesmo em dias de chuvas intensas, minimizando o volume de líquido percolado, otimizando também o tratamento do lixiviado.

De forma geral, o sistema de drenagem das águas pluviais em aterros é composto por estruturas drenantes (canaletas), associados a escadas d'água e tubos de concreto, porém outros materiais também podem ser utilizados para este propósito.

O sistema de drenagem de gases a ser implementado em aterros sanitários tem por finalidade, segundo a RECESA (2008, p. 87):

retirar os gases gerados no processo de degradação microbológica, de forma a aliviar as pressões internas que ocorrem no maciço, contribuindo para a estabilidade geotécnica dos taludes e, conseqüentemente para a segurança da obra. O metano é o gás produzido em maior volume dentre os gases liberados na decomposição dos resíduos, sendo explosivo e bastante volátil. Por isso, deve-se controlar seu escapamento através da queima na saída, controlando assim, a emissão de gases à atmosfera.

De acordo com a RECESA (2008), a concepção desse sistema consiste na instalação de drenos verticais que permitam a drenagem dos gases e sua combustão em queimadores diretamente instalados nos drenos. Além desta função principal, a estrutura dos drenos pode ser montado de modo a funcionar também como facilitadores ao escoamento vertical do percolado na massa de resíduos.

É recomendável durante a implantação, ampliação e manutenção dos aterros, a interligação na base dos sistemas de drenagem dos lixiviados e dos gases, para a não obstrução dos drenos de gases pelos líquidos. Para a queima do biogás, são instalados os *flares* individualmente no topo de cada dreno vertical.

No caso do biogás, o CEMPRE (2018) recomenda a possibilidade de recuperação energética, uma vez que o biogás apresenta concentrações iniciais de metano em torno de 40% (alguns meses após o aterramento), estabilizando-se em torno de 60 a 65% (cerca de um a dois anos após o aterramento).

A Figura 22 apresenta a estrutura de um dreno de gás com *flare* para queima do biogás, e sua conversão em gás carbônico.

Figura 22 – Dreno para queima do biogás em aterro



Fonte: <http://licelioribeiro.blogspot.com/2014/08/aterro-sanitario-visita-em-2012ago31.html>

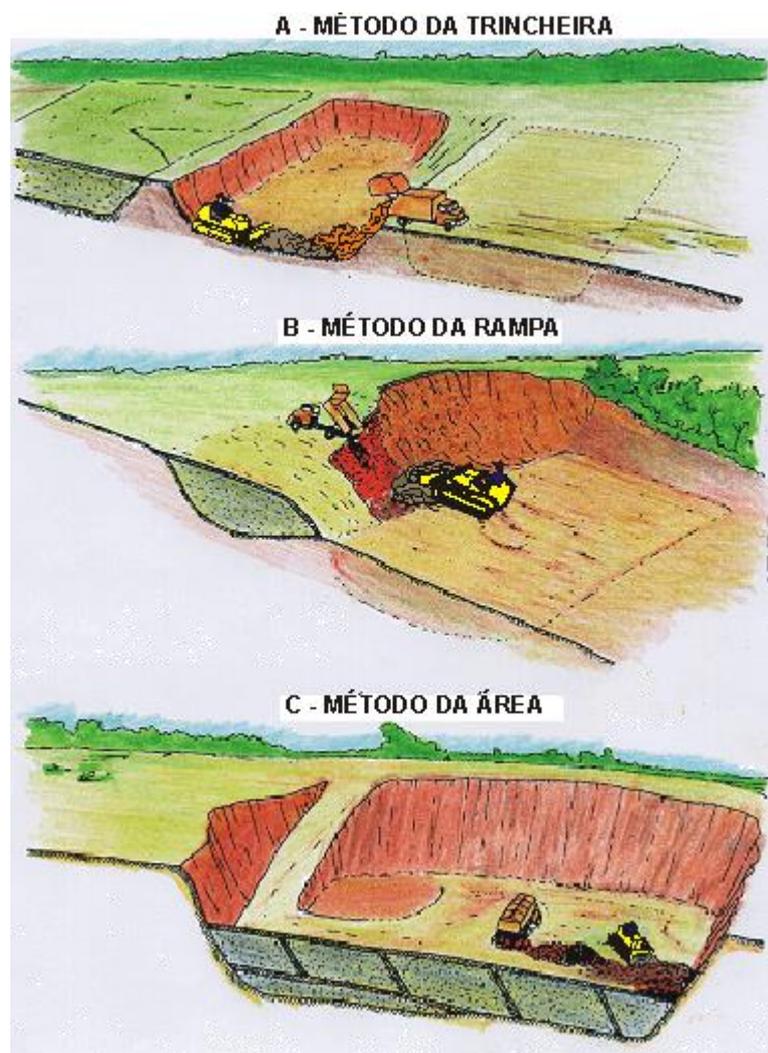
As informações que seguem referentes à rotina operacional de aterros sanitários foram obtidas através da análise do documento “Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado”, produzido pelo CEMPRE, no ano de 2018.

De acordo com o documento, o procedimento operacional no aterro sanitário deve seguir uma sequência lógica, que se inicia no recebimento dos resíduos e é finalizado com o meio de transporte, no caso o caminhão de lixo, partindo do aterro sanitário.

- O recebimento deve ser realizado na portaria do aterro sanitário. O caminhão deve ser pesado em balança rodoviária localizada antes e depois da descarga para se ter controle do volume diário/mensal disposto no aterro sanitário;
- A seguir, o caminhão deve ser vistoriado por técnico devidamente treinado para inspecionar, classificar o resíduo e direcioná-lo para o local onde deverá ser disposto de acordo com o zoneamento definido para o aterro sanitário;
- Recomenda-se manter uma área destinada à descarga emergencial para épocas de chuvas excessivas ou quando, por qualquer motivo, a frente de trabalho estiver impedida de ser operada ou acessada;
- Na frente em operação, o resíduo deve ser regularizado e compactado por equipamento apropriado para o trabalho (trator de esteira ou, preferencialmente, trator com rodas compactadoras). Logo que se tenha concluído a célula e/ou o dia de serviço, o lixo deverá ser coberto com solo apropriado.

Em relação a essa etapa, a RECESA (2008) pontua que existem vários métodos de aterramento dos resíduos em aterros sanitários (Figura 23), a saber: método da trincheira (resíduos depositados em valas), método da rampa (mais adequado para áreas planas), método da área (terrenos baixos onde o solo de cobertura tem que necessariamente provir de jazidas).

Figura 23 – Métodos de disposição de resíduos em aterros sanitários



Fonte: Adaptado de <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res14.html>. 2019

- O solo para as coberturas (diária, intermediária e final) pode provir da área de empréstimo ou do material excedente das operações de corte/escavação das valas ou rampas, dependendo do método operacional utilizado no manejo do resíduo e das especificações de projeto. A finalidade das coberturas é a de impedir o arraste de materiais pela ação dos ventos, evitar a catação, evitar proliferação de moscas, roedores e outros vetores de doença, evitar o aspecto antiestético do lixo exposto, facilitar a movimentação das máquinas e veículos sobre o

aterro, e propiciar o escoamento superficial, dificultando a infiltração das águas precipitadas sobre o aterro.

O CEMPRE (2018) destaca que a manutenção das características de um aterro sanitário requer estreita obediência às especificações técnicas de projeto, não sendo raras as situações imprevistas e de manutenção esporádica. Dentre elas, cita-se:

- Ineficiência da drenagem do percolado, acarretando surgência de percolado nas bermas e/ou taludes de massa de lixo e infiltrações no lençol freático;
- Ineficiência dos drenos de águas superficiais;
- Ineficiência da impermeabilização de base, provocando infiltrações no lençol freático;
- Erosão nas camadas de cobertura de solo (diária, intermediária e final)
- Migração de biogás e percolado para áreas vizinhas;
- Instabilidade de taludes de solo, naturais e/ou construídos;
- Ocorrência de trincas e deformações excessivas nas regiões com cobertura final;
- Escorregamentos de massa de resíduos.

O monitoramento ambiental nas áreas de influência de aterros sanitários é uma ação imprescindível para o controle das emissões geradas no equipamento e a minimização dos seus efeitos negativos nos compartimentos ambientais, bem como para a atestabilidade da eficiência do seu processo operacional.

O monitoramento traduz-se em ações cíclicas de verificação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, cujo o objetivo, conforme a (RECESA, 2008), é a avaliação da influência do aterro sobre o meio ambiente e o acompanhamento da execução do aterro, verificando se os procedimentos tecnológicos e operacionais atendem as especificações de projeto.

Ademais, o programa de monitoramento em aterros fornece dados sobre a evolução dos estágios de decomposição da massa de resíduos e, portanto, da eficiência do método aplicado para a inertização e mineralização dos resíduos aterrados.

Como destaca o (PROSAB, 2003), o Plano de monitoramento ambiental do aterro deve ser elaborado em função da concepção do projeto do aterro, do contexto geológico, geográfico e econômico-social da área de influência, bem como de exigências legais dos Órgãos de Controle Ambiental – OCA.

O Programa de monitoramento em aterros sanitários deve englobar, no mínimo, o monitoramento do lixiviado e gases gerados, o monitoramento geotécnico, além do monitoramento ambiental da área de entorno do aterro.

Monitoramento da qualidade das águas

É o procedimento de monitoramento mais comum, prático e obrigatório em aterros. Tem como objetivos avaliar a qualidade das águas subterrâneas e superficiais, haja vista a elevada carga poluidora dos efluentes líquidos (o lixiviado), que dentre vários outros parâmetros, apresenta elevados valores de DBO, DQO, nitratos, nitritos, nitrogênio amoniacal, além de metais potencialmente nocivos à saúde humana.

Este tipo de monitoramento pode ser feito através da coleta e análise laboratorial de amostras da água de coleções hídricas presentes na área de influência direta do aterro, bem como através da instalação de poços de monitoramento em locais estratégicos, em pontos a montante e a jusante do aterro (mínimo de 3 a montante e 1 a jusante), de acordo com as especificações do projeto e exigências dos órgãos ambientais licenciadores.

Monitoramento do lixiviado

Considerando sua composição, o chorume é um efluente de alto potencial poluidor, dessa forma, há a necessidade de seu monitoramento e controle constante.

Como ressalta a PROSAB (2003), além da obrigatoriedade do monitoramento para o controle dos efeitos adversos associados a esse agente poluidor, o monitoramento é uma ferramenta essencial na implantação de sistemas biológicos de tratamento de efluentes, entre os quais sua recirculação para o interior das células de resíduos do aterro sanitário.

O monitoramento do lixiviado pode ser feito, segundo a RECESA (2008, p. 81):

através de medições de vazão e de análises físico-químicas e bacteriológicas, além de análises de concentrações de metais pesados comumente encontrados no lixiviado, utilizando-se dispositivos de captação do lixiviado como pontos de coleta de amostras (Ex. na superfície das células), nos tanques de armazenamento de efluentes e na estação de tratamento.

Monitoramento dos gases

O monitoramento dos gases gerados no aterro possibilita, por meio da medida de parâmetros como composição, pressão e temperatura, avaliar o estágio de decomposição dos resíduos no aterro.

Dessa forma, podem ser realizadas análises mensais nas saídas dos principais drenos verticais de gases e na camada de cobertura para análise da fuga de gás. Uma vez que o projeto do aterro contemple a captura do biogás e interligação dos drenos com uma rede de dutos para canalizá-lo até um queimador tipo enclausurado ou até uma usina de aproveitamento energético, o monitoramento poderá ser procedido nas principais conexões dessa estrutura.

Conforme recomenda RECESA (2008), é importante que o monitoramento dos gases seja realizado desde o início da operação do aterro, haja vista o especial interesse em observar as variações de concentração dos principais gases gerados na decomposição dos resíduos (metano - CH₄, dióxido de carbono - CO₂ e oxigênio - O₂)

Monitoramento Geotécnico

O monitoramento geotécnico, de acordo com a RECESA (2008) tem como objeto obter dados de setores do aterro (células de resíduos), tanto em sua área quanto em sua profundidade, ao longo do tempo, de maneira a avaliar as modificações que ocorrem na evolução do processo de decomposição da massa de resíduos.

A avaliação do comportamento geomecânico do aterro de resíduos pode ser realizada através de análise visual ou mediante a instalação de instrumentos em setores do aterro, do tipo: piezômetros, marcos superficiais (placas de recalque), sondagens a percussão (SPT), medidores de recalque em profundidade (Figura 24) e medidores de temperatura (RECESA, 2008).

Uma condição essencial a ser monitorada nos aterros de resíduos são os recalques, ou seja, as movimentações do solo (assentamento) em resposta à disposição dos resíduos na célula, sua compactação e a degradação microbiológica dos resíduos. Melo (2003, p. 3) salienta que:

quantificar os recalques que ocorrem nas células de resíduos é de vital importância pois, em posse desses dados, além de monitorar as condições estruturais das trincheiras, pode-se prever a velocidade de degradação de resíduos, podendo-se projetar, inclusive, o aproveitamento do aterro depois de encerrada a sua vida útil, bem como avaliar se a biodegradação está ocorrendo de forma compatível com o previsto para determinadas condições.

Monitoramento da área de entorno do aterro

É imprescindível a avaliação contínua e eficiente da qualidade ambiental das áreas de entorno dos aterros sanitários. Geralmente, os órgãos ambientais exigem, no mínimo, que a empresa administradora do equipamento realize o monitoramento das águas superficiais e

subterrâneas em pontos estratégicos, adotando-se quatro pontos, um a montante e três a jusante; reduzindo os riscos de contaminação dos recursos hídricos. É recomendável, também, a investigação da contaminação do solo e da análise da qualidade do ar, com vistas a identificar se os parâmetros encontram-se em conformidade com a legislação ambiental. Estes procedimentos podem ser exigidos pelos órgãos de controle a depender da especificidade de cada local.

Figura 24 – Medidor de recalque no aterro sanitário



Fonte: <http://ibeas.org.br/congresso/trabalhos2016/III-081.pdf>

4 O ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO LESTE DE AQUIRAZ – ASMLA

4.1 Aspectos históricos e gerais do ASMLA

As informações que seguem foram obtidas através da análise do EIA-RIMA elaborado pelo consórcio de empresas formado por responsáveis pela execução da obra do aterro sanitário de Aquiraz.

O projeto preliminar do ASMLA data do ano de 1985, tendo sido elaborado pela antiga Autarquia Metropolitana de Fortaleza – AUMEF. No entanto, foi só em 1995 que o projeto definitivo foi retomado pelo Governo do Estado do Ceará, através da extinta Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – SDU, e com recursos financeiros obtidos através de um contrato firmado com o Banco Interamericano de desenvolvimento – BID.

A iniciativa foi parte integrante do Plano Metropolitano de Limpeza Pública, do

Programa de Infraestrutura Básica – Saneamento de Fortaleza, que, além do financiamento do BID, contou também com recursos do tesouro estadual. A justificativa para a implantação do programa foi a necessidade de buscar soluções para a questão da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos dos municípios da RMF, tendo em vista o crescimento exponencial da população e conseqüente incremento na geração de resíduos por esses municípios, a despeito da limitação de alternativas técnicas e locais para a implantação de sistemas de destinação final adequada naquele período.

Soma-se a esses fatores, a necessidade de atendimento à legislação e normas ambientais e a necessidade iminente de desativação do lixão do Jangurussu em Fortaleza, situação que só ocorreu no ano de 1998. Dessa forma, o Governo Estadual passou a planejar um sistema que objetiva atender as demandas de destinação final do Município de Fortaleza e sua Região Metropolitana, culminando na construção do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC), o Aterro Sanitário Metropolitano Sul (Maracanaú) e aterro Sanitário Metropolitano Leste de Aquiraz (ASMLA).

O aterro de Aquiraz foi projetado para receber os resíduos dos Municípios de Aquiraz e Eusébio. A escolha do local foi baseada em aspectos logísticos de proximidade à rodovia CE 040, em uma distância viável para os dois municípios (dista 4,0 Km de Aquiraz e 11 Km de Eusébio) do ponto de vista do transporte rodoviário e dos custos envolvidos. Também foram considerados os aspectos de engenharia, geotécnicos e topográficos do terreno, proximidade de jazidas de empréstimo, conformidade com a lei de uso e ocupação do solo do município sede e fatores ambientais.

O projeto preliminar do aterro, descreve uma área pretendida de 29,0176 ha, com área útil de 19,412 ha. O Quadro 15 demonstra a disposição dos setores do equipamento.

Quadro 15 – Distribuição dos compartimentos do ASMLA

LAY OUT DA PLANTA - ATERRO DE AQUIRAZ	
Administração, jardins e estacionamento	2730 m ²
Sistema viário	8.336 m ²
Áreas de disposição de lixo (trincheiras)	97.180 m ²
Sistema de tratamento do chorume	28.832 m ²

Área de Controle e Proteção Ambiental	57.050 m ²
Área livre para expansão	96.048 m ²
TOTAL	29, 0176 m²

Fonte: EIA-RIMA (disponível na SEMACE)

No fim da década de 1990, o Governo Estadual lançou a licitação para a construção do ASMLA, tendo como empresa vencedora a “Construtora Queiroz Galvão S/A”, a qual operou o aterro desde sua inauguração no ano de 1997 até o ano de 2008. O aterro sanitário já foi licenciado pela SEMACE, através da licença ambiental de operação – LO nº 348/2007-COPAM/NUCAM, mas o documento venceu em 09 de abril de 2008.

Nesse mesmo período, a Construtora Queiroz Galvão encerrou seu contrato com o Governo do Estado do Ceará e administração do aterro ficou por conta da empresa “Marquise Serviços Ambientais S/A” (SEMACE, 2016), a qual gerencia o aterro até os dias atuais.

Concomitantemente, tramitava no órgão estadual de meio ambiente do Ceará um processo de solicitação de renovação da LO citada, o qual foi indeferido por Pareceres Técnicos da SEMACE, tendo em vista o não atendimento de algumas condicionantes, a exemplo da constatação pelo órgão ambiental, dos níveis de determinados parâmetros de qualidade da água dos poços subterrâneos e do efluente da ETE fora dos padrões exigidos pela legislação ambiental vigente, a ausência de um sistema adequado de drenagem das águas pluviais, exigência de melhorias no gerenciamento do aterro, além de documentos exigidos no âmbito do licenciamento ambiental, apresentação de projetos, planos e programas de controle e monitoramento ambiental.

Em relação à quantidade de resíduos depositados no ASMLA, segundo dados da Marquise Ambiental repassados à SEMACE (2019), entre os anos de 1997 até 2009 foram depositadas 492.806 toneladas de resíduos sólidos e, entre os anos de 2010 e abril de 2019 foram depositadas 1.027,776 toneladas. Por conseguinte, pode-se afirmar que, desde o início das atividades do aterro de Aquiraz já foram depositados 1.520,582 ton. de resíduos no aterro sanitário.

Em relação à vida útil do aterro, a empresa administradora tinha projetado o término das atividades até o ano de 2013. No entanto, conforme os projetos executivos, esse prazo foi prorrogado cerca de 3 vezes. No último projeto apresentado em 2016 à SEMACE, que trata da ampliação das trincheiras, a implantação/ampliação do sistema de drenagem dos

lixiviados, instalação da drenagem de gases, instalação do sistema de drenagem de águas pluviais, programas de monitoramento ambiental, dentre outras medidas, foi estipulado a vida útil do equipamento até dezembro de 2019.

Essa estimativa teve como referência um estudo elabora em 2015, o qual foi encomendado pela empresa que administra o aterro, e avaliou a sua capacidade estimada para receber resíduos.

O estudo determinou que o volume total espacial era de 542.495 m³, com volume útil de 442.797 m³, pois foram descontados os volumes de solo a serem utilizados na operação diária de recobrimento e na cobertura definitiva. Para o cálculo da capacidade, o projeto considerou a taxa de recebimento diária de resíduos que é de 10.000 t/mês, o volume útil (442.797 m³) e o peso específico médio dos resíduos dispostos, equivalente a 10 KN/m³.

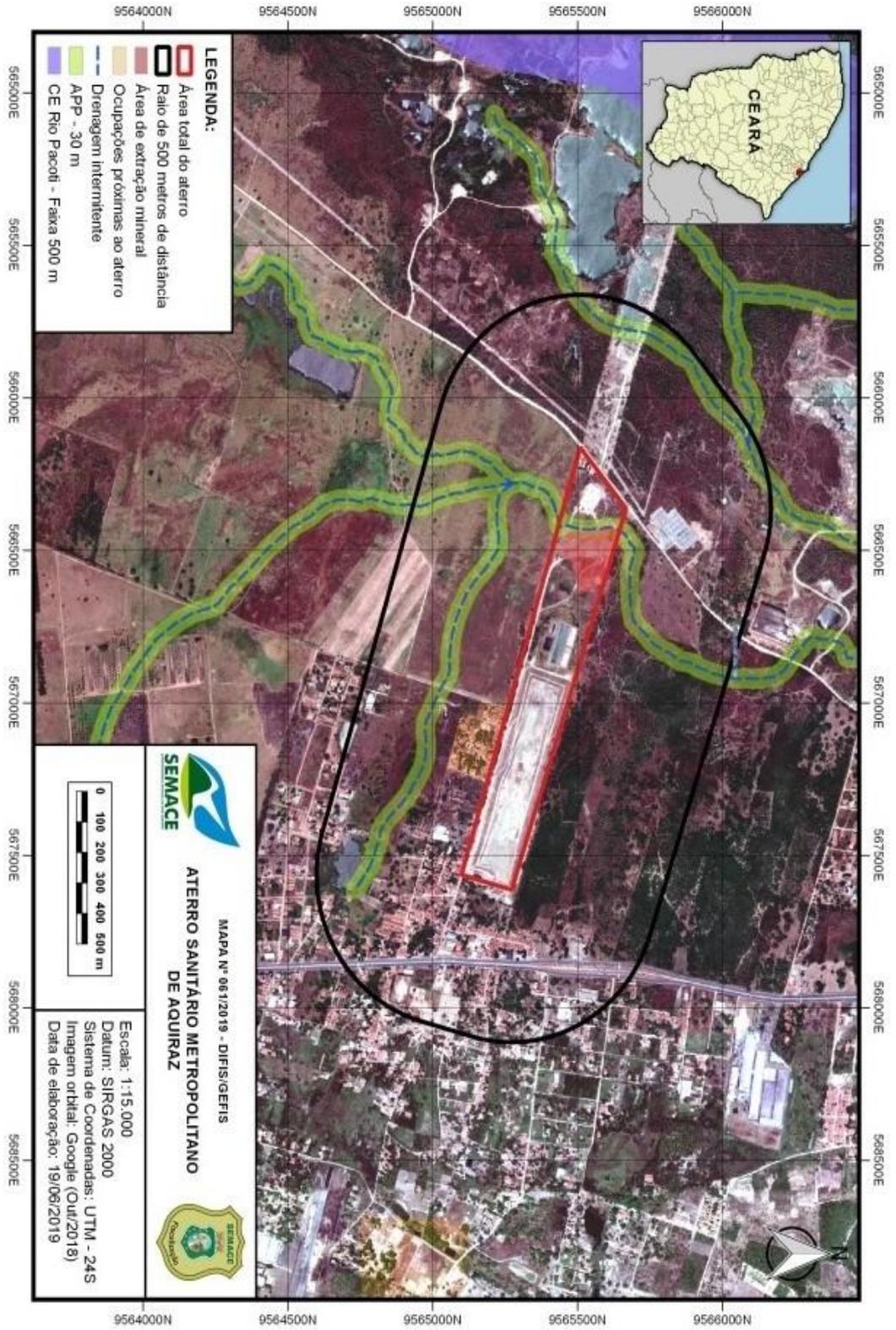
Desta forma, pôde-se observar através das análises documentais e por meio da visita de campo, que nos últimos anos o ASMLA vêm passando por um processo de adequação em sua infraestrutura e procedimentos operacionais, visando o atendimento das normas vigentes e a obtenção da licença ambiental sob análise do órgão competente.

4.2 A área de localização e a área de entorno do aterro

O Aterro Sanitário Leste de Aquiraz situa-se no Município de Aquiraz, na porção sudeste da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), distando 4 Km a Sul da Sede Municipal. O acesso ao aterro se dá através de uma estrada de terra localizada na margem direita da rodovia CE-040 no sentido Fortaleza/Aracati, por onde se trafega 254 m até a localidade denominada “Vila Machuca”.

A Figura 25 demonstra a localização do ASMLA e as características da área de entorno.

Figura 25 – Localização do ASMLA e as características da área de entorno.



Fonte: SEMACE, 2019

O aterro está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Catu, em seu baixo curso, o qual nasce no Município de Horizonte e escoar por cerca de 30 Km até desaguar no oceano Atlântico, no Distrito de Prainha, em Aquiraz. De acordo com Gomes (2008, p. 3), o rio Catu:

trata-se de um rio intermitente, com escoamento ocorrendo principalmente durante o período chuvoso. A instalação de barragens nesse rio, como por exemplo, a barragem Catu-Cinzento e a barragem de aterro feita no campo de dunas permite que ele se apresente de forma semi-perene.

Em virtude da instalação da barragem do Catu-Cinzento, formou-se a lagoa do Catu, que é um corpo hídrico que possui área e volumes aproximados de 2,42 Km² e 7.455.610m³, respectivamente, e é responsável por parte do abastecimento de água do município de Aquiraz (GOMES, 2008). Vale destacar que o ASMLA dista aproximadamente 2 Km da referida lagoa.

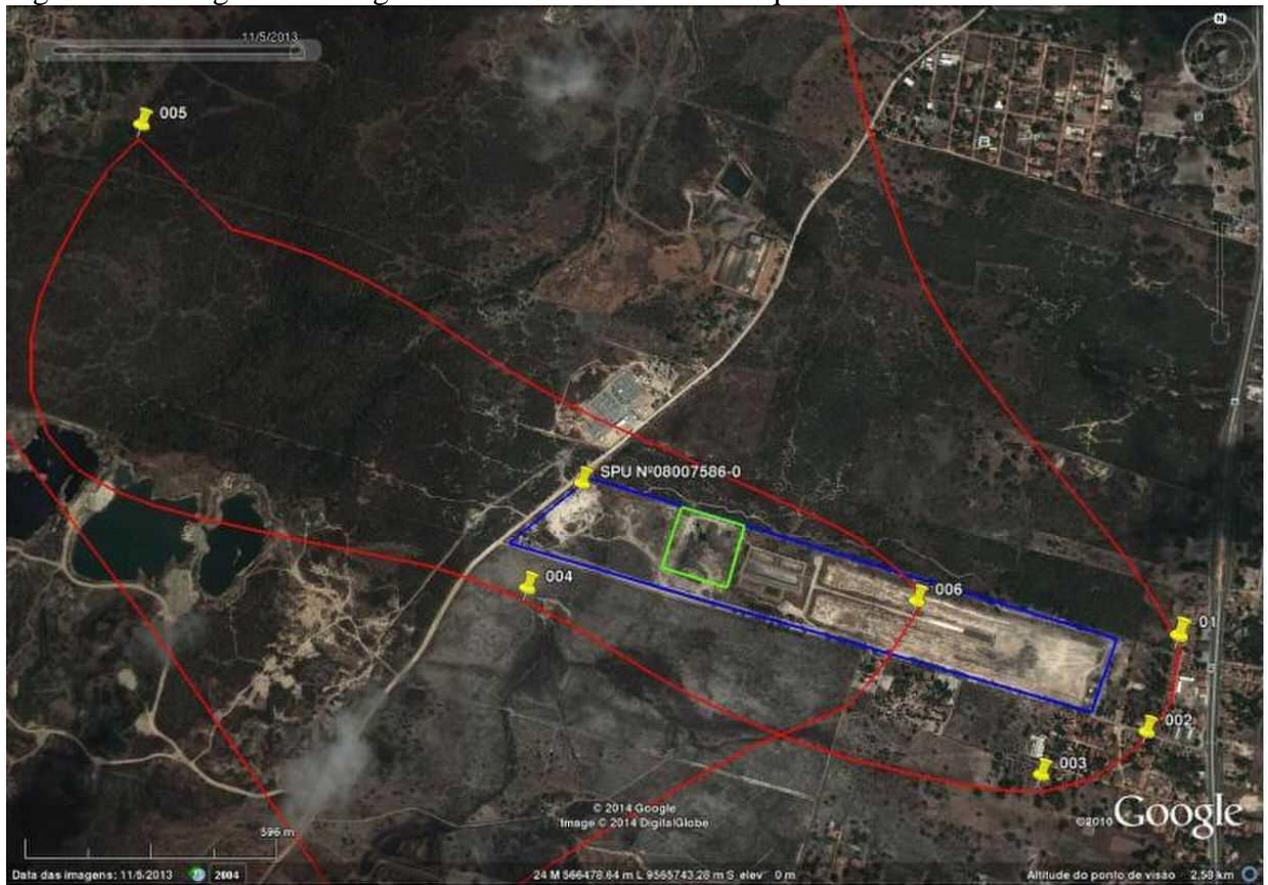
As características da área de entorno podem ser classificada como área mista, haja vista a existência de diversas ocupações urbanas em suas adjacências, como loteamentos, condomínios, escolas, rodovias, indústrias, igrejas e bairros consolidados, mas também possui em suas áreas circunvizinhas, a ocorrência de porções de vegetação nativa em sua maioria degradada, associada a terras com atividades agrícolas, principalmente pelo cultivo de *Coccoloba nucifera*, ou côco da bahia e *Anacardium occidentale*, o “caju”, espécie de grande importância para o agronegócio e a agricultura de subsistência no Estado do Ceará.

Vale destacar que a comunidade mais próxima do ASMLA é uma vila de moradores de baixa renda conhecida como “Vila Machuca”, onde de algumas residências situam-se no lado oposto da via de acesso principal do aterro.

Com o intuito de realizar uma inspeção mais detalhada na área de entorno do aterro e obter imagens aéreas do local, no ano de 2014 a SEMACE realizou um sobrevoo e obteve alguns registros fotográficos que foram disponibilizados pelo órgão para contribuir com esta pesquisa.

Na Figura 25, foram inseridas as coordenadas que indicam o trajeto da aeronave (em vermelho), a poligonal do empreendimento (em azul) e a área de empréstimo de material de recobrimento (em verde). Pode-se constatar, também, que na porção norte da imagem e nas circunvizinhanças do aterro existem loteamentos e ocupações com residências, além da rodovia CE 040 (Figura 26). A oeste do aterro, predominam áreas de vegetação nativa em associação a áreas agricultáveis.

Figura 26 – Imagem do Google Earth do Aterro Leste de Aquiraz



Fonte: SEMACE, 2014

Figura 27 – Vista aérea do aterro, destacando-se as trincheiras de resíduos, a comunidade “Vila Machuca” à esquerda da imagem e áreas de vegetação nativa do entorno



Fonte: SEMACE, 2014

De acordo com o EIA-RIMA do aterro, na ocasião de sua construção foram realizadas as sondagens no solo na área de influência direta. Segundo o estudo ambiental, os aspectos geotécnicos da área do aterro sanitário são caracterizados:

por um pacote de sedimentos arenosos e areno-argilosos, de granulação fina a média, e coloração cinza a cinza clara, contendo ainda quantidades de material siltico. Essa camada foi gerada a partir do retrabalhamento do grupo Barreiras sobreposto. Em relação ao nível do lençol freático, na área do aterro sanitário externa às trincheiras foram identificados níveis em torno de 2,5m, enquanto que na área das trincheiras (destinada a deposição dos resíduos) o lençol subterrâneo variou de 4,0m a 6,49m”.

No que se refere aos tipos de solo da área do aterro, os mesmos são representados pelas seguintes classes:

areias quartzosas distróficas e álicas, solos aluviais e solos Podzólico Vermelho-Amarelo, geralmente caracterizados como solos arenosos ou areno-argilosos pouco desenvolvidos, profundos, bem drenados, com baixa fertilidade natural e baixa capacidade de retenção de água.

As análises mais recentes do subsolo na área do aterro foram realizadas em 2012 devido às exigências do órgão ambiental para fins de licenciamento. O método utilizado foi a sondagem à percussão SPT (Standard Penetration Test), tendo os ensaios sido feitos de acordo com a norma NBR ABNT 6484:2001.

Já nesse estudo, os resultados dos ensaios identificaram que o nível do lençol freático variou entre 1,50m e 5,20m, de acordo com os pontos amostrados nas profundidades entre 3,30m a 20m. As descrições litológicas dos solos amostrados em um dos pontos (UTM SIRGAS 2000 E 566917/9565474 N) foram: argila acinzentada arenosa” (>1,50m), “argila amarelada arenosa” (entre 1,5m e 6,0m) e “arenito avermelhado argiloso” (entre 6m e 20m) (SEMACE, 2008).

A declividade do terreno é classificado como baixa, com declividade média entre 2,0 % a 3,0 %, no sentido predominante do escoamento superficial das águas pluviais e da drenagem natural da área do empreendimento, ou seja, de leste para oeste.

Em relação à fisionomia florística das áreas de entorno do aterro, podem ser encontrados substratos característicos da floresta estacional semidecidual costeira, popularmente conhecida como vegetação de tabuleiros pré-litorâneos, moldados pela formação Barreiras e pelo clima tropical sub-úmido, típico da zona costeira do Ceará (IPECE, 2016).

Essa tipologia vegetal é caracterizada por apresentar uma composição florística com espécies que podem ser encontradas em outros biomas, como a caatinga e o cerrado (FERNANDES, 1998), o que confere às matas de tabuleiro uma característica de zona de transição entre biomas e ecossistemas adjacentes, ou ecótono.

Na ocasião em que ocorreram, em 1995, as avaliações preliminares e o diagnóstico socioambiental da área onde atualmente encontra-se instalado o aterro de Aquiraz, foi realizado um inventário florístico e fitossociológico pela empresa responsável pelo EIA-RIMA. Indubitavelmente, os processos de degradação ambiental ocorridos por atividades antrópicas nesses 24 anos descaracterizaram e fragmentaram a vegetação nativa e, por conseguinte causaram impactos negativos na fauna local.

Mesmo assim, considerou-se pertinente apresentar os dados relativos à biodiversidade da área, até porque trata-se de um registro importante das espécies que existiam na época da construção do aterro, muitas das quais ainda podem ser encontradas nas áreas do entorno.

O Quadro 16 apresenta as espécies da vegetação nativa típica dos tabuleiros pré-litorâneos inventariadas na área do ASMLA, cuja identificação ocorreu no herbário da Universidade Federal do Ceará – UFC.

Quadro 16 – Lista de espécies de plantas identificadas no levantamento florístico na área do aterro, se acordo com o EIA-RIMA

ESPÉCIES (NOME CIENTÍFICO)	NOME POPULAR
<i>Anacardium occidentale</i>	Cajueiro
<i>Anacardium humile</i>	Cajueiro bravo
<i>Astronium fraxiniflora</i>	Gonçalo Alves
<i>Annona glaba</i>	Araticum
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Pereiro
<i>Syagrus oleracea</i>	Catolé
<i>Pseudobombax marginatum</i>	Embiratanha
<i>Bromelia laciniatum</i>	Macambira
<i>Bursera leptophloes</i>	Imburana
<i>Protium heptapyllum</i>	Almécega
<i>Chamaecrista ensiformis</i>	Pau-ferro
<i>Chrysobalanus icaco</i>	Guajiru
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Pacoté
<i>Combretum leprosum</i>	Mofumbo
<i>Ipomoema pes caprae</i>	Salsa de praia
<i>Cyperus rotundus</i>	Tiririca
<i>Curatella americana</i>	Cajueiro bravo do campo
<i>Chaetocarpus myrsinites</i>	Pau-mondé
<i>Croton argyrophyloides</i>	Velame
<i>Cydonia oblonga</i>	Marmeleiro
<i>Jatropha pohliana</i>	Pinhão bravo
<i>Pera ferruginea</i>	Sete-cascas
<i>Andira nitida</i>	Angelim

<i>Ormosia</i> sp	Mucunã
<i>Casearia sylvestris</i>	Café-bravo
<i>Acacia paniculata</i>	Unha de gato
<i>Acacia glomerosa</i>	Espinheiro preto
<i>Bauhinia cheilantha</i>	Mororó
<i>Caesalpinia ferrea</i>	Pau-ferro
<i>Inga</i> sp	Ingazeiro
<i>Luetzelburgia auriculata</i>	Pau-mocó
<i>Mimosa acutistipula</i>	Jureminha
<i>Mimosa caesalpinia</i>	Sabiá
<i>Mimosa hostilis</i>	Jurema-preta
<i>Byrsonima sericea</i>	Murici da praia
<i>Byrsonima cydonifolia</i>	Murici do tabuleiro
<i>Schranckia leptocarpa</i>	Malícia
<i>Eugenia triflora</i>	Ibaboraba
<i>Myrcia sylvatica</i>	Vassourinha
<i>Mollugo verticillata</i>	Molugu
<i>Cecropia pachstachya</i>	Torém
<i>Ximenia americana</i>	Ameixa do mato
<i>Coco nucifera</i>	Côco da bahia
<i>Orbignya phalerata</i>	Babaçu
<i>Copernicia prunifera</i>	Carnaúba
<i>Cynodon dactylon</i>	Gramma de burro
<i>Digitaria</i> sp	Capim da roça
<i>Polygala hebeclada</i>	Roxina
<i>Coccoloba latifolia</i>	Coaçu
<i>Guettarda platypoda</i>	Angélica
<i>Ziziphus joazeiro</i>	Juazeiro
<i>Manilkara triflora</i>	Maçaranduba
<i>Scoparia dulcis</i>	Vassourinha de botão
<i>Simarouba versicolor</i>	Mata cahorro
<i>Cestrum</i> sp	Jussara
<i>Solanum paludosum</i>	Jurubeba-roxa
<i>Solanum paniculata</i>	Jurubeba-branca

Fonte: SEMACE, 1995

Em relação à comunidade da fauna inventariada no estudo ambiental, foram identificadas as seguintes espécies de mamíferos: *Cavia spixii* (preá), *Didelphis* sp (caçaco), *Callithrix jacus* (soim), *Procyon cancrivorus* (guaxinim), *Dacypus novencintus* (tatu-pepa), *Sylvillagus brasiliensis* (coelho-do-mato), *Grison vitatus* (furão), além de 46 espécies de aves e 10 espécies de répteis.

Em razão do elevado grau de antropização das áreas de entorno, pode-se afirmar com base nas visitas de campo no local, que ocorreram em 4 de dezembro de 2019, bem como por meio da análise das imagens do sobrevoo realizado por técnicos da SEMACE e através da

análise de imagens orbitais do *Google Earth*, que a vegetação nativa da área de entorno encontra-se em avançado grau de degradação. No entanto, foi constatado a presença de alguns fragmentos de mata nativa com grau moderado de conservação, os quais ocorrem contíguos às áreas agrícolas e áreas ocupadas por outros usos alternativos em solos típicos de áreas urbanas, conforme pode ser observado nas Figuras 27 e 28.

Figura 28 – Tipos de uso do solo na área de entorno do aterro



Fonte: SEMACE, 2014

Figura 29 – Mata nativa associada a usos alternativos do solo



Fonte: SEMACE, 2014

É importante destacar que o setor oeste do aterro, onde ficam localizadas as áreas de extração de areia para uso como material de recobrimento dos resíduos (P1 EXT, Figura 29) e local de disposição dos resíduos de podas, fica próximo do limite da zona sustentável do “Corredor Ecológico do Rio Pacoti”, área de proteção criada através do Decreto Estadual nº 25.777, de 15 de fevereiro de 2000 e alterada pelo Decreto Estadual nº 32.164, de 02 de março de 2017.

Figura 30 – Imagem orbital do Google Earth do ano de 2017, demonstrando a área do Aterro Metropolitano Leste de Aquiraz e seu entorno



Fonte: SEMACE, 2016

Com a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, pela Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000, os corredores ecológicos foram definidos como:

Art. 2º

XIX – porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência, áreas com extensão maior do que aquelas das unidades individuais (BRASIL, 2000, p. 2).

A mesma Lei Federal, em seu Art. 20 §6º, determina que os corredores ecológicos serão definidos através da elaboração do Plano de Manejo das Reservas de Desenvolvimento Sustentável e deverão ser regulamentadas pelo Conselho Deliberativo da Unidade de Conservação – UC (BRASIL, 2000).

De acordo com a SEMACE (2010), o Corredor Ecológico do Rio Pacoti,

abrange uma área de 19.405,00 hectares e localiza-se em áreas do município de Aquiraz, Itaitinga, Pacatuba, Horizonte, Pacajus, Acarape e Redenção, no trecho compreendido entre a ponte velha da rodovia CE-040 e a cota 600 (RN-IBGE) da Serra de Baturité, constituindo-se em uma área que interliga duas unidades de conservação, a APA do Rio Pacoti e a APA da Serra de Baturité. Sua criação justifica-se em face da necessidade de proteção das matas ciliares desde a nascente até a foz do rio Pacoti, bem como garantir meios que permitam a recomposição dos ecossistemas e sua conservação.

De acordo com uma atualização, que resultou no Decreto nº 32.164, de 02 de março de 2017, ficaram determinadas duas zonas com regimes diferenciados de proteção e uso para o Corredor Ecológico do Rio Pacoti: zona intangível e zona de uso sustentável, as quais têm as seguintes características, de acordo com seu Art. 4º:

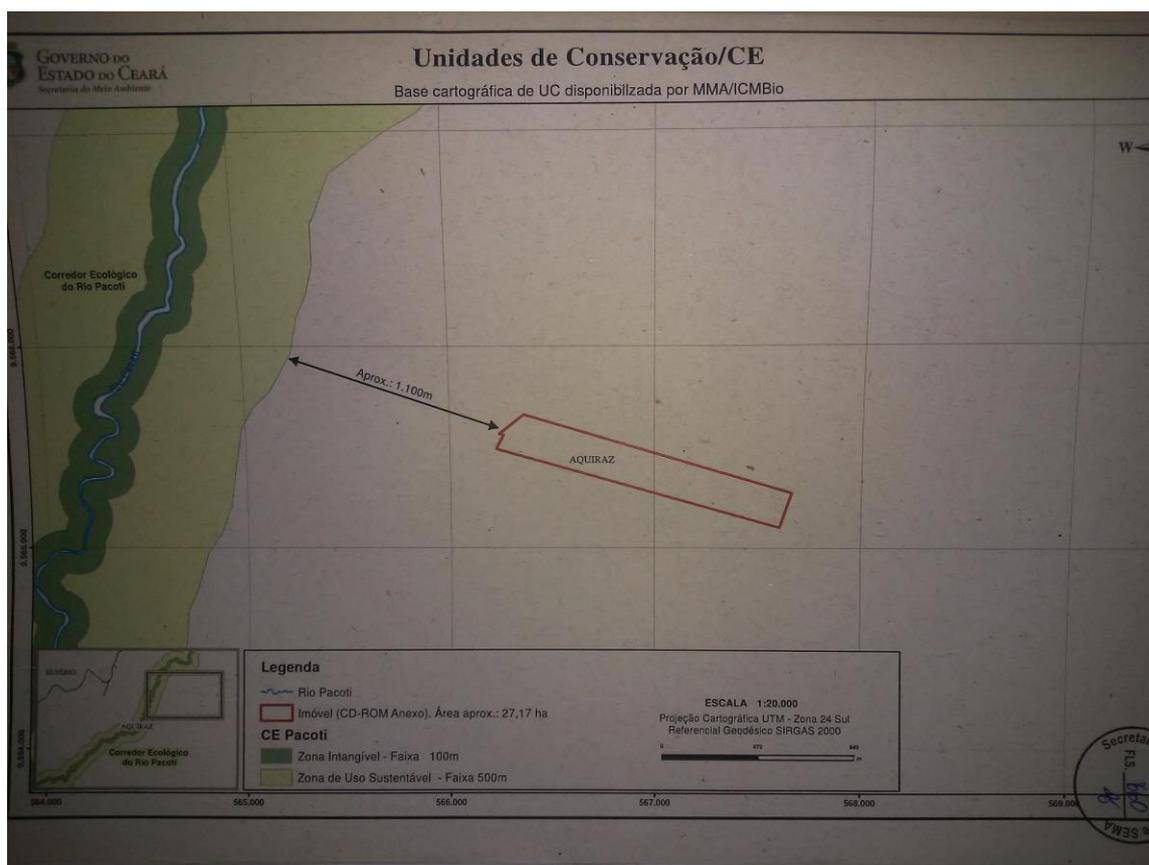
o Corredor Ecológico do Rio Pacoti é constituído por duas zonas distintas: a) Zona Intangível, que corresponde a uma faixa marginal de 100m (cem metros) medidos horizontalmente a partir da borda da calha do leito regular do Rio Pacoti, para cada lado das margens. Nos açudes Acarape do Meio, Pacoti e Riachão de 100 m (cem metros) para cada lado, medidos horizontalmente a partir da cota de cheia máxima ficando essa delimitação estendida aos demais açudes, lagos e lagoas existentes ao longo do corpo d'água. b) Zona de Uso Sustentável que corresponde a uma faixa marginal de 500m (quinhentos metros) medidos horizontalmente a partir do limite externo da Zona Intangível. §1º Entende-se por Zona Intangível aquela onde a primitividade da natureza permanece a mais preservada possível, onde só poderão ser permitidos empreendimentos e/ou atividades em consonância com o que determina o Código Florestal Brasileiro e sua aplicabilidade nas Áreas de Preservação Permanente -APP. §2º Entende-se por Zona de Uso Sustentável aquela definida com o objetivo de garantir sua maior proteção através do cumprimento de normas e restrições específicas, comportando a exploração de atividades e empreendimentos passíveis de licenciamento e/ou autorização ambiental de acordo com a Resolução COEMA Nº 10 de 11 de junho de 2015 (CEARÁ, 2017).

Cabe enfatizar que a instalação de aterros sanitários, assim como outras atividades com Potencial Poluidor Degradador Alto – PPD, não são permitidas no corredor ecológico, como deixa claro o Art. 15 do Decreto nº 25.777/2000:

Art.15 - Não será permitida no Corredor Ecológico do rio Pacoti a instalação ou construção de: I - hospitais; II - **aterros sanitários** e usinas de lixo; III - cemitérios e necrotérios; IV - postos de abastecimento de veículos e lava-jatos; V - comércio, manuseio, transporte e estocagem de produtos químicos, inflamáveis, tóxicos, venenosos e explosivos; VI - matadouros; VII - outros estabelecimentos cujos despejos sejam infectados com microorganismos patogênicos (CEARÁ, 2000).

Ao analisar-se o mapa georreferenciado produzido pela SEMA em 2017, bem como o Mapa produzido pela SEMACE em 19 de junho de 2019 (Figura 25) ficou evidenciado que toda área útil do aterro, bem como a ETE e a jazida mineral encontra-se fora da Poligonal do Corredor Ecológico do Rio Pacoti, conforme a Figura 31.

Figura 31 – Mapa em escala 1:20.000, demonstrando à distância de aproximadamente 1 Km do ASMLA, em relação a Área Protegida mais próxima



Fonte:
SEMACE,
2008

T

amb
ém é
perti
nent
e
frisa
r que
ness
e
mes
mo

setor do aterro bem existe um curso d'água intermitente com largura de aproximadamente 2,5 metros, o qual se constitui como um riacho tributário da bacia hidrográfica do rio Pacoti (Figura 31). Considerando que sua largura é inferior a 10 metros, sua Área de Preservação Permanente – APP é de 30 metros, segundo determina o Código Florestal Brasileiro, em seu art. 4º da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

De acordo com o dispositivo legal, nesses locais não são permitidas as intervenções ou obras que não sejam de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, ressaltando-se que, mesmo estas quando são necessárias, necessitam de licenciamento ambiental outorgado pelos órgãos competentes. Analisando-se o mapa georreferenciado produzido pela SEMACE (Figura 25), pode-se verificar que a área de extração de areia interfere na APP desse curso d'água.

Figura 32 – Curso d'água intermitente de aproximadamente 2,5 metros



Fonte: SEMACE, 2016

4.3 Infraestrutura implantada e rotina operacional do Aterro Leste Aquiraz

Desde sua inauguração até o período atual, o aterro de Aquiraz já passou por algumas obras de ampliação, aquisição de equipamentos e manutenção da sua infraestrutura. A implantação de outros setores no aterro, incluiu a instalação de uma unidade de abastecimento e lavagem de veículos pesados, área de refeitório, aquisição de balança de pesagem, entre outros.

O projeto mais recente de ampliação do aterro data do ano de 2015 e, apresenta como principais medidas de intervenção, segundo a SEMACE (2017, p. 2):

as obras de engenharia para a união de duas trincheiras em uma única célula de disposição, o alteamento do maciço de resíduos até a cota de 45 metros, implantação do sistema de drenagem das águas pluviais, ampliação do sistema de drenos para o transporte dos lixiviados, instalação de drenos para a coleta e queima do biogás e a implantação e ampliação dos sistemas de monitoramento ambiental.

Em referência à área onde são depositados os resíduos domiciliares, de acordo com a visita de campo realizada no aterro em 04 de dezembro de 2018, obteve-se a informação que após as obras de união das duas trincheiras de resíduos, que ocorreu em 2013, atualmente o aterro possui área operacional equivalente a 10,5 hectares, distribuída em 6 camadas, com cota máxima de 45 metros

Cada camada possui 5 metros de altura e os taludes possuem inclinação 1:2 (V:H), com bermas de 5 metros (SEMACE, 2017).

No que concerne ao sistema de drenagem dos lixiviados, vale ressaltar que, quando esse líquido não é drenado adequadamente, de acordo com a SEMACE (2008), podem ocorrer riscos de problemas no aterro, como o aumento da pressão sobre o maciço de resíduos (instabilização geotécnica) e retardamento da biodegradação da matéria orgânica e geração do biogás. Ademais, o adequado dimensionamento do sistema de drenagem dos lixiviados é de fundamental importância, pois minimiza o risco de extravasamento do efluente e contaminação do solo, subsolo e dos recursos hídricos.

No que diz respeito a esse sistema que se encontra instalado internamente às células de disposição resíduos do ASMLA, a SEMACE (2017, p. 3) descreve:

encontra-se instalado um dreno central, de seção trapezoidal, interligado ao sistema de drenos existentes. A coleta do chorume é feita por manilhas de concreto

revestidas por uma camada de 20 cm de “pedra rachão”, fixada através de uma tela metálica, na posição vertical. Da manilha de captação, o chorume é conduzido por uma tubulação de 150 mm até uma Estação Elevatória situada na porção oeste do aterro, que bombeia o efluente até a Estação de Tratamento de Efluentes – ETE.

O sistema de tratamento dos efluentes no ASMLA é composto por 5 lagoas de estabilização, sendo 2 anaeróbias, 1 facultativa e 2 de maturação. As lagoas tem como função realizar a biodigestão do chorume gerado nos maciços de resíduos, reduzindo sua carga orgânica e as concentrações dos elementos poluentes a níveis aceitáveis para a legislação pertinente (Figura 32).

Figura 33 – Lagoas de Estabilização no ASMLA



Fonte: Acervo do autor (2018)

Nesses sistemas de tratamento por associação de lagoas, como consequência da atividade microbiana, dentre outros fatores naturais (luz, oxigênio, temperatura, pH), busca-se promover a remoção substancial da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), a Demanda Química de Oxigênio (DQO), como também a redução nas concentrações de elementos como o fósforo, nitrogênio, amônia, sulfatos e coliformes termotolerantes e organismos patogênicos (PROSAB, 1999).

Vale relatar que no momento da visita de campo, as lagoas encontravam-se com baixo volume de efluentes. Isso se explica devido ao fato do dimensionamento da ETE atender de forma satisfatória o volume de lixiviados produzido no aterro, considerando que, ao analisar-se os Relatórios e Pareceres Técnicos da SEMACE entre os anos de 2012 até 2018, não houve nenhum relato de extravasamento de resíduos líquidos nas lagoas, o que só ocorre, segundo o relato do gerente operacional, em épocas de chuvas acima da média, quando o efluente extravasa pelo vertedouro da última para o riacho situado a jusante da ETE,

Além disso, vale salientar que a atividade de campo foi realizada durante o fim da estação seca do Estado do Ceará, quando os volumes de chuvas são muito baixos ou por vezes não há precipitação por meses. Ademais, as taxas de evaporação em corpos d'água nesse período atingem índices mais elevados, contribuindo para a redução do volume de efluentes nas lagoas. Desta forma, verificou-se que não estava ocorrendo o lançamento do efluente tratado no corpo hídrico receptor ou no solo.

No tocante ao sistema de drenagem do biogás, o projeto de ampliação previu que, conforme as camadas do aterro fossem sendo ampliadas, estabelecer-se-iam as conexões dos drenos novos com os já implantados. Atualmente, o aterro possui cerca de 103 drenos em concreto armado com 0,60 cm de diâmetro, perfurados, que comportam um fluxo ascendente de biogás e drenagem descendente de lixiviados. Segundo o projeto executivo apresentado em 2015, quando os gases são conduzidos para esse sistema, realiza-se a queima na saída dos drenos através de *flares* feitos de aço ou ferro fundido.

Cabe acrescentar que é imprescindível o adequado funcionamento do sistema de drenagem do biogás e sua queima completa nos *flares*, pois esse processo objetiva transformar o gás metano (CH_4) em gás carbônico (CO_2), água (H_2O) e calor. Vale ressaltar que o metano, devido à sua composição química e reação com o oxigênio da atmosfera, tem um potencial de absorção de calor 21 vezes maior que o CO_2 , portanto, tem um impacto maior no que concerne ao efeito estufa e o aquecimento global.

Quanto ao sistema de drenagem das águas pluviais, o mesmo é composto por canaletas de concreto tipo meia-cana, escadas hidráulicas com revestimento de gabião, tubos de concreto para travessias subterrâneas, caixas de passagem de concreto armado e reservatórios de retenção e infiltração (SEMACE, 2008) (Figura 34).

O objetivo desse sistema é drenar as águas superficiais que tendem a escoar para a área do aterro, bem como às águas que se precipitam diretamente sobre o maciço de resíduos (ABNT, 1992), minimizando a energia, velocidade do escoamento superficial e a infiltração de água nos maciços, evitando também que ocorram processos erosivos nas células e taludes.

Figura 34 – Escada hidráulica com gabião e canaleta de drenagem das águas pluviais



Fonte: Acervo do autor (2018)

Uma inconsistência verificada *in loco* foi o fato do sistema de drenagem das águas pluviais não verter o fluxo para a ETE do aterro. Dessa forma, as águas das chuvas, que podem entrar em contato com os resíduos e serem contaminadas, fluem pelos componentes do sistema até serem lançadas diretamente no riacho, o que representa uma situação de risco para a qualidade da água daquele curso d'água. Embora o recurso hídrico seja intermitente, há o potencial de contaminação do solo e subsolo, além das águas superficiais quando em períodos de chuvas acima da média, como ocorreu no primeiro semestre de 2019.

Um ponto que merece destaque é o fato de o ASMLA, considerando se tratar de um aterro sanitário antigo, na época de sua implantação, as obras não previram a instalação do sistema de impermeabilização de base com uso de manta ou geomembrana (PEAD), material muito utilizado nos dias atuais em aterros sanitários, cuja função é impedir a percolação do lixiviado para o subsolo e o lençol freático. Segundo o responsável técnico que acompanhou os pesquisadores na visita de campo, na ocasião da instalação foi utilizado uma camada de argila de 30 cm para essa finalidade.

Com relação aos dias e horários de funcionamento do aterro, o equipamento opera de segunda à sábado, em dois turnos. As atividades se iniciam a partir de 8h da manhã e pode se estender até 1 hora da madrugada, haja vista a estrutura logística do aterro ter que se adaptar aos horários do serviço de coleta de resíduos dos Municípios de Eusébio e Aquiraz.

A rotina de operação do aterro se inicia com a chegada dos caminhões pelo portão principal de acesso, onde se encontra instalada uma guarita de segurança. Os veículos são provenientes dos serviços de coleta e limpeza urbana dos Municípios de Aquiraz e Eusébio, além de empresas particulares que pagam para destinar seus resíduos no aterro.

Diariamente, chegam resíduos trazidos por 3 caminhões compactadores de

responsabilidade da Prefeitura Municipal de Aquiraz, os quais realizam cerca de 6 viagens/dia. Provenientes do Município de Eusébio, transitam por dia 4 caminhões compactadores, totalizando 8 viagens. Além dos caminhões de empresas particulares, que somam 24 unidades. A Figura 34 demonstra que no ano de 2018 foram depositados 109.466,45 toneladas de RSU no ASMLA.

Todos os veículos precisam ter um cadastro prévio junto à empresa administradora do aterro no intuito de efetuar o controle do acesso às dependências internas e agilizar o processo de pesagem, descarregamento e saída dos veículos.

Os caminhões chegam ao aterro e passam pela balança de pesagem da carga, que fica localizada próxima à entrada. Em uma guarita instalada adjacientemente à balança, um funcionário digita a placa do veículo e registra os dados (como placa, nome do motorista e horário), bem como os dados da instituição responsável pelo mesmo. Após a pesagem, os veículos adentram as vias de acesso do aterro, que possuem cerca de 8 metros de largura, e se direcionam à frente operacional para realizar o descarregamento dos resíduos.

É válido salientar que na saída do aterro, o processo de pesagem é repetido com o caminhão vazio, e após descontar-se a tara do veículo, fica registrado no sistema o peso líquido dos resíduos depositados por cada caminhão. Esse procedimento é útil para efeitos de controle do volume de resíduos depositados e o acompanhamento da sua evolução ao longo da vida útil do aterro, além de servir como mecanismo de cobrança ao fim do mês, em função do levantamento quantitativo de resíduos dispostos pelas empresas ou entes municipais.

Figura 35 – Quantitativo de RSU's depositados no ASMLA entre 2009-2018

QUALIDADE											
Envolvidos			Data Emissão:			Revisão:			Aprovação:		
UGB Destinação Final			01/05/2019			00			Gleydson Amorim		
Mês	2009 (t)	2010 (t)	2011 (t)	2012 (t)	2013 (t)	2014 (t)	Atualizado 2015	Atualizado 2016	Atualizado 2017	Atualizado 2018	Atualizado 2019
Janeiro	6.207,04	7.053,05	10.263,08	6.743,57	6.674,73	8.549,29	14.212,38	12.080,06	7.871,10	10.681,36	9.118,42
Fevereiro	5.491,18	7.009,22	6.010,88	6.389,56	6.662,54	8.582,44	12.268,50	10.426,30	8.101,66	9.293,43	10.376,68
Março	6.533,99	7.110,13	8.843,13	7.263,01	6.835,03	9.188,77	13.873,44	9.288,30	9.420,77	9.846,58	9.793,49
Abril	6.378,59	7.517,44	7.369,87	7.055,99	7.504,03	9.049,32	13.997,29	8.707,64	9.943,65	9.483,83	9.960,40
Mai	6.259,87	7.664,25	6.972,91	7.483,64	8.318,66	10.817,64	14.033,66	10.255,63	11.570,77	9.970,65	
Junho	6.953,91	7.612,56	7.125,28	7.845,93	7.222,32	10.093,98	12.709,93	10.527,77	10.546,60	9.565,56	
Julho	7.150,28	6.789,12	6.622,81	8.656,38	8.362,72	11.703,86	13.033,76	9.869,79	11.063,19	10.145,32	
Agosto	7.157,34	8.851,50	6.488,04	8.259,85	7.686,54	9.940,54	10.931,77	10.446,75	10.301,85	10.703,72	
Setembro	6.520,05	9.115,82	8.439,87	7.044,25	7.332,22	9.588,52	11.585,71	10.020,86	10.480,61	9.476,87	
Outubro	6.580,18	9.538,04	6.445,43	8.310,16	8.483,16	10.778,03	11.204,59	8.300,25	10.474,23	10.380,59	
Novembro	6.127,36	8.331,03	7.435,88	6.759,86	7.994,88	10.936,29	11.346,45	7.578,91	9.976,60	9.918,54	
Dezembro	6.839,57	8.850,08	8.028,41	6.492,93	7.537,65	11.458,93	11.219,42	7.111,54	9.892,03	9.969,55	
Total	78.199,36	95.442,24	88.045,59	88.305,13	90.614,48	120.687,61	150.396,90	114.613,80	119.643,06	119.436,00	39.248,99

Fonte: Retirada pelo autor no local

Vale registrar que, segundo o projeto executivo, no aterro são depositados:

somente resíduos Classe II A e II B (segundo a NBR ABNT 10.004/2004), principalmente os domiciliares e comerciais, resíduos de varrição e limpeza de logradouros públicos, resíduos de podas, capinas e roçada, resíduos provenientes da limpeza das feiras-livres e lodos de Estações de Tratamento de Efluentes, desde que sejam classificados como resíduos não perigosos (Classe II) (GEOTECH, 2015, p. 12).

O ASMLA não recebe resíduos da construção civil nem resíduos de serviços de saúde. A taxa de geração de resíduos, de acordo com o projeto executivo de 2015, é de 10.000T/mês.

O método de aterramento dos resíduos adotados no aterro é o da trincheira e o da área, conforme descritos no Capítulo 3. Após as obras de engenharia que se iniciaram no ano de 2013, foram unidos os dois maciços existentes formando uma única trincheira para deposição de resíduos, que encontrava-se ativa até o período de realização da pesquisa.

A Figura 35 demonstra uma trincheira de disposição de resíduos com drenos de biogás com *flares* de queima de gases.

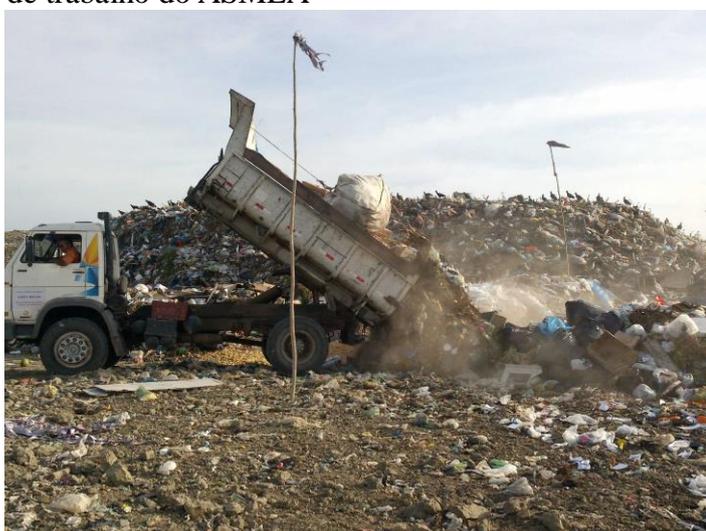
Figura 36 – Trincheira de disposição de resíduos sólidos do ASMLA



Fonte: Acervo do autor (2018)

Após os caminhões realizarem o despejo dos resíduos na frente de trabalho, um trator sobre esteira executa o espalhamento e a compactação dos resíduos “por passagem”, método pelo qual são feitas de 4 a 6 passadas, de forma a atingir uma compactação eficiente dos resíduos, com vistas a confiná-los no menor volume e área possíveis (Figura 36).

Figura 37 – Caminhão basculante descarregando os resíduos na frente de trabalho do ASMLA



Fonte: Acervo do autor (2018)

Com o auxílio de um caminhão caçamba, ao final de cada jornada de trabalho realiza-se o recobrimento diário do material com 0,15 m de solo (46,9 m³/dia), o qual é retirado da jazida presente no aterro. Vale destacar que, quando a célula chega ao seu limite de aterramento de resíduos, aplica-se a cobertura definitiva com 0,60 m de solo compactado. Conforme o projeto executivo, esse procedimento é seguido pela conformação geométrica da

camada e dos taludes, plantio de grama e implantação do sistema de drenagem de água pluviais.

Segundo o relato do responsável técnico do aterro, os procedimentos de recobrimento e compactação são feitos diariamente. É válido salientar que é de suma importância que esse processo ocorra com frequência diária, visto que minimiza o odor desagradável, evita que os resíduos sejam carregados pelo vento e reduz a presença de urubus e outras aves que são atraídas para a área operacional.

Em relação aos programas de monitoramento ambiental, o aterro dispõe de 4 poços profundos, sendo que 1 (a montante dos maciços) é utilizado para a lavagem dos veículos, e outros três são poços piezométricos para monitoramento do nível do lençol freático e da qualidade da água, os quais localizam-se a jusante da área operacional.

O monitoramento dos poços piezométricos ocorre através de coletas realizadas por técnicos do órgão ambiental licenciador e fiscalizador (SEMACE) e por meio do auto-monitoramento realizado por uma empresa contratada pela administração do aterro sanitário. O auto-monitoramento é realizado com frequência de 4 vezes ao ano, que é a periodicidade determinada pelo órgão ambiental. Esse procedimento tem como objetivo avaliar os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água subterrânea nos quatro poços instalados, tendo como referência a Resolução CONAMA nº 396, de 7 de abril de 2008, a qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

O monitoramento geotécnico é composto pelos seguintes equipamentos: marcos superficiais instalados nas trincheiras, que medem os deslocamentos horizontais e verticais dos maciços, e os piezômetros que tem a função de medir a poro-pressão do lixiviado e do biogás (SEMACE, 2017) (Figuras 37 e 38).

As leituras dos dados dos instrumentos do monitoramento geotécnico é realizado com frequência mensal, sendo esta a periodicidade mínima que o órgão ambiental licenciador exige para a entrega do relatório contendo os resultados das análises, podendo ser aumentada em períodos chuvosos.

à jusante do aterro



Fonte: Acervo do autor (2018)

Figura 39 – Poço piezométrico instalado no topo da trincheira de resíduos



Fonte: Acervo do autor (2018)

Vale frisar que além dos equipamentos já citados, o aterro possui um pluviômetro pelo qual, durante a quadra chuvosa, se realiza leituras diárias para a medição do índice pluviométrico. Juntamente com a análise dos dados dos piezômetros e do medidor de vazão dos lixiviados, esses instrumentos são utilizados no monitoramento geotécnico.

É pertinente ressaltar que não existe no aterro nenhuma unidade de triagem ou transformação de resíduos, assim como não há centrais de tratamento de resíduos orgânicos para fins de compostagem ou geração de energia.

4.4 A comunidade do entorno do ASMLA

A comunidade local denominada “Vila Machuca” é o bairro mais próximo do ASMLA, sendo que algumas residências localizam-se a poucos metros do aterro (Figura 39). Trata-se de uma comunidade de baixa renda como foi identificado *in loco* pelos pesquisadores, e foi possível visualizar ao longo do percurso feito pela área de trincheiras, que alguns terrenos próximos serviam de depósito de resíduos coletados no aterro.

Figura 39 – Comunidade do Vila Machuca, vista sob a trincheira do ASMLA



Fonte: Acervo do autor (2018)

Nunca é demais lembrar que qualquer empreendimento deve sempre levar em consideração em seus estudos ambientais prévios, bem como no monitoramento ambiental das condições operacionais, os potenciais e efetivos impactos positivos e negativos e os riscos ao bem estar das comunidades do entorno. Esses fatores de prevenção devem ganhar destaque maior ainda quando se trata de atividades que envolvem alto potencial poluidor degradador (PPD), que é o caso da operacionalização de aterros sanitários.

Através de uma pesquisa realizada na *world wide web*, foi identificado que no ano de 2011 uma Associação de moradores de Aquiraz, denominada “Associação Gente Ajuda Gente” – AGAGE, se mobilizou em torno da questão dos problemas ocasionados à comunidade do Machuca, em virtude do funcionamento do Aterro Metropolitano Leste de Aquiraz. De acordo com o *site* da AGAGE (2011), os relatos se reportam ao mau cheiro que atingia a comunidade e muito os incomodava, as agressões ao meio ambiente, a questão da

ausência de infraestrutura de reciclagem dos resíduos no aterro, além do fato de a administração do aterro ter proibido a atividade dos catadores nas áreas internas do aterro.

No que diz respeito à presença de catadores de recicláveis no aterro sanitário, em análise aos Relatórios Técnicos da SEMACE (SEMACE, 2016), foi verificado que até o ano de 2014, ainda era proibida a atividade dos trabalhadores no local, fato este que também é destacado por uma notícia publicada no jornal Diário do Nordeste (2016),

a denúncia chegou à Defensoria Pública por representantes da Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis Vila Machuca, de Aquiraz, com o relato de terem sido infrutíferas as reuniões de negociação com o poder público municipal para ter acesso ao lixão e à coleta seletiva, conforme estabelece a legislação específica. Segundo os catadores do Aquiraz, não há incentivo e o acesso dos catadores ao lixão da cidade foi negado pela Prefeitura. Atualmente, a entidade possui 21 associados e mais 50 ajudantes.

No dia da visita de campo dos pesquisadores, em meio a uma série de perguntas relacionadas aos aspectos operacionais do aterro, foi feito o questionamento informal ao gerente operacional que acompanhou a atividade de campo, acerca da relação existente entre a administração do aterro e a comunidade do entorno, no que se refere à atividade de coleta de resíduos nas dependências internas do aterro. Sobre essa questão, o funcionário informou que nunca foi permitido a permanência de catadores no período diurno, quando ocorre a maior parte das atividades operacionais, mas, de acordo com sua versão dos fatos, é liberada a entrada dos trabalhadores no período noturno.

De acordo com seu relato, diariamente, entre os horários de 17h40 às 21h, cerca de 40 catadores da “Vila do Machuca” entram no aterro para recolher os resíduos recicláveis que ficam expostos na frente de trabalho na área de trincheiras, após o despejo dos últimos veículos, antes do seu recobrimento no dia posterior.

Segundo as informações do Sr. Aguiar, os catadores trabalham de forma independente, ou seja, sem a organização em cooperativas ou associações. Acrescentou-se que alguns moradores da comunidade fazem parte do quadro funcional da empresa que administra o aterro. Ao todo são 24 funcionários que residem na “Vila do Machuca” e que desempenham funções dentro e fora do equipamento, como: coletores que atuam nas ruas junto aos caminhões compactadores, operadores de tratores e máquinas pesadas, auxiliares de operação, auxiliar mecânico, auxiliar de limpeza e serviços gerais e motorista.

4.5 Situação atual da coleta seletiva e reciclagem nos Municípios de Eusébio e Aquiraz

Através de contatos realizados pela internet com técnicos que atuam na Secretaria de Meio Ambiente de Eusébio, o autor foi informado que desde antes 2014, já existia um programa de coleta seletiva municipal que atendia quase todos os bairros (PME, 2015), o qual após um período em operação, teve as atividades encerradas devido a problemas de gestão.

No final de 2014 e início do ano de 2015, uma iniciativa coordenada entre a Prefeitura Municipal, o setor privado e cooperativas de reciclagem em atividade, começou a traçar um novo diagnóstico da situação da gestão dos resíduos sólidos no âmbito municipal, com vistas a implementar um plano de ação com o intuito de fomentar a atividade da reciclagem, o que necessitaria perpassar por uma nova articulação e redefinição do programa de coleta seletiva no âmbito municipal.

O Município, em parceria com a Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Eusébio, a Fundação Cáritas Diocesana e a Fundação Alphaville, inaugurou em 18 de maio de 2015, o Centro de Triagem de Materiais Recicláveis, concomitantemente ao início dos programas de capacitação dos catadores e o início da coleta seletiva, que inicialmente abrangeu 7 bairros da cidade, atendendo 20 % da população (PME, 2015)

Após a promulgação da Lei nº 1.394, de 14 de dezembro de 2015, que institui o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Eusébio (PMGIRS), em cumprimento com os ditames da Política Nacional de Resíduos Sólidos, houve uma ampliação nessa política pública e, segundo dados da Prefeitura Municipal, atualmente a coleta seletiva atende 13 bairros, tendo sido coletados um total de 21.061 Kg de material reciclável no ano de 2018 (PME, 2018).

No que se refere ao Município de Aquiraz, apesar de o município ter elaborado um Plano Municipal de Saneamento Básico no ano de 2017, infelizmente, o mesmo não possui Lei específica para os resíduos sólidos urbanos, nem Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos e algum programa de coleta seletiva em vigor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a coleta de dados realizada no ASMLA, seguiu-se a metodologia proposta (conforme Capítulo 3), estabelecendo-se uma correlação entre os parâmetros técnicos do IQAS com as normas da ABNT (NBR 8419:1992 e 13896:1997) e outras normas e diretrizes técnicas adotadas por órgãos ambientais, técnicos e publicações científicas.

5.1 Descrição e avaliação dos indicadores de “Características de projeto”

5.1.1 Profundidade do lençol freático

Para o subitem profundidade do lençol freático, a norma ABNT 13896:1997 recomenda que na área de instalação dos aterros sanitários, o solo deve apresentar uma camada não saturada com espessura igual ou superior a 3,0 metros, entre a base do aterro e o nível do lençol freático mais alto. No entanto a norma considera aceitável a profundidade mínima de 1,5 metros.

Vale ressaltar que, mediante os resultados do estudo geotécnico realizado pelo EIA-RIMA do aterro, foi identificado que a profundidade do lençol freático na área das trincheiras de disposição de resíduos é de 4,8 metros.

Os dados mais recentes que avaliaram o nível do lençol subterrâneo, foram obtidos através de ensaios de sondagem por percussão (SPT) realizados no ano de 2012. Os resultados identificaram afloramento de água a 5,20m (nas coordenadas UTM SIRGAS 2000 E 567558/9565154) N e 1,5 m. (nas coordenadas UTM SIRGAS 2000 E 56775/9565648), destacando que a profundidade varia em virtude do desnível do terreno no sentido leste-oeste (SEMACE, 2008).

Considerando que após as análises realizadas, foi verificado que o nível do lençol freático variou do patamar mínimo aceitável para níveis mais altos de água, o subitem recebeu nota 2, conforme descrito no Quadro 17.

Quadro 17 – Avaliação do indicador “Profundidade do Lençol Freático”

ITEM 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.1 Profundidade do lençol freático (P)	P > 3m	5	2
	3 m ≥ P ≥ 1m	2	
	P < 1m	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.1.2 Permeabilidade do Solo

De acordo com Faria (2002), os coeficientes de permeabilidade são tanto menores quanto menores os vazios nos solos, dependendo do tipo e estado do solo, do grau de saturação, da estrutura, características mineralógicas e da temperatura.

A influência da estrutura do solo para a passagem de líquidos percolados, por exemplo, é notável em solos compactados. Em solos compactados mais secos, a disposição das partículas (estrutura floculada) permite maior passagem de água do que em solos

compactados mais úmidos (estrutura dispersa), ainda que com o mesmo índice de vazios.

Segundo a ABNT 13896:1997, a norma recomenda que é desejável a existência de depósitos naturais com coeficiente de permeabilidade igual ou inferior a 10^{-6} cm/s, sendo que, em casos específicos que ficarão sujeitos à avaliação dos órgãos ambientais licenciadores, o coeficiente mínimo recomendável não deverá ser maior ou igual a 5×10^{-4} cm/s, mesmo que o projeto preveja a instalação de sistemas complementares de impermeabilização da base do aterro.

Casagrande & Fadum (1944), *apud* Faria (2002), propuseram o Quadro 5.2, associando os diferentes tipos de solos com a permeabilidade (k). No Quadro 18 Lambe & Whitman (1969) classificam o solo de acordo com seu coeficiente de permeabilidade.

Quadro 18 – Intervalo de variação de K para os diferentes tipos de solos (CASAGRANDE & FADUM, 1944 *apud* FARIA, 2002)

Tipo de solo	K (cm/s)
Pedregulho	$K > 1$
Areia	$10^{-3} < k < 1$
Silte Argiloso	$10^{-7} < k < 10^{-3}$
Argila	$k < 10^{-7}$
Impermeável para fins de engenharia	$k < 10^{-8}$

Fonte: Faria, 2002

Quadro 19 – Classificação dos solos de acordo com o coeficiente de permeabilidade (LAMBE & WHITMAN, 1970)

Grau de Permeabilidade	K (cm/s)
Alta	$k > 10^{-1}$
Média	$10^{-1} < k < 10^{-3}$
Baixa	$10^{-3} < k < 10^{-5}$
Muito baixa	$10^{-5} < k < 10^{-7}$
Praticamente impermeável para fins de engenharia	$k < 10^{-7}$

Fonte: Faria, 2002

Como denota a Embrapa (2019), os solos que predominam nos tabuleiros costeiros são os Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos e Argissolos Acinzentados, são, em geral, arenosos, com baixos teores de matéria orgânica e de nutrientes, baixa capacidade de retenção de água e lençol freático muito profundo (EMBRAPA, 2019).

Tendo em vista que ensaios de sondagem por percussão (SPT) realizados na área do ASMLA, identificaram tipos de solos com textura arenosa argilosa, arenosa fina, argila arenosa, arenito argiloso, arenito avermelhado arenoso, argila amarelada e argila acinzentada; os perfis de solo identificados na área do aterro situam-se entre as categorias de permeabilidade baixa a muito baixa = $10^{-3} < k < 10^{-7}$, atribuindo nota 2 a esse subitem, conforme demonstrado no Quadro 20.

Quadro 20 – Avaliação do indicador “Permeabilidade do Solo”

ITEM 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.2 Permeabilidade do solo (K)	$K < 10^{-6}\text{cm/s}$	5	2
	$10^{-6}\text{cm/s} \geq k \geq 10^{-4}\text{cm/s}$	2	
	$K > 10^{-6}\text{cm/s}$	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.1.3 Dimensões e inclinações dos taludes

Segundo Naruo (2003), a inclinação mais estável para taludes em operação equivale a 1 metro de base para cada metro de altura, enquanto nas células finalizadas esta dimensão corresponde a 3 metros de base para cada metro de altura (1V:3H).

De acordo com Tiveron *et al* (1995), a inclinação máxima dos taludes deve respeitar a proporção geométrica de 1(V): 2(H).

O Cempre (2000) & Faria (2002) destacam que os taludes devem ter inclinação de 1(V):2(H) ou 1(V):3(H), e a altura das células deve variar de dois a quatro metros.

O CREA-PR (2009) também disserta sobre esse critério, defendendo que os taludes finais do aterro devem apresentar uma inclinação de 1(V): 3(H).

Vale salientar que, conforme o projeto executivo do ASMLA, os taludes finais de disposição dos resíduos no aterro possuem inclinação de 1(V):2(H), com alturas de 5 metros e bermas de 5 m (SEMACE, 2017).

Considerando que a Norma ABNT 13896:1997 não estabelece critérios para esse subitem, e que de acordo com a pesquisa bibliográfica feita em manuais de organismos consagrados no assunto, como o CREA, CEMPRE, bem como em levantamento de dados em trabalhos científicos correlatos, foi constatado que os resultados para esse subitem são compatíveis com os parâmetros indicados, o autor atribuiu **nota 5** para esse subitem, como demonstrado no Quadro 21.

Quadro 21 – Avaliação do indicador “Dimensões e Inclinações dos Taludes”

ITEM 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.3 Dimensões e inclinações dos taludes	Adequadas	5	5
	Inadequadas	2	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.1.4 Drenagem provisória de águas pluviais

O sistema de drenagem superficial provisório visa drenar o escoamento superficial proveniente de precipitação direta sobre a área prevista para o aterro, mas que ainda não foi aterrada (FARIA, 2002).

A estrutura provisória geralmente é instalada em área a montante dos maciços de resíduos, tendo a função de desviar as águas pluviais para que não tenham contato com os mesmos. Conforme argumenta Faria (2002), a estrutura provisória é formada por canaletas sem especiais revestimentos, as quais são assentadas à medida que o aterro vai sendo construído.

À medida que o aterro avançar, o deslocamento da drenagem deve ocorrer para uma posição mais a montante da bacia. Essa drenagem deve interligar-se ao sistema permanente de drenagem.

O sistema de drenagem provisória deve ser constituído por canaletas escavadas no solo, localizadas em posições estratégicas, para auxiliar o escoamento superficial internamente a área do aterro, direcionando o fluxo para o sistema de drenagem principal (PARANÁ, 2006).

Visto que o projeto de implantação do aterro em estudo não contemplou o sistema de drenagem provisória das águas pluviais, esse subitem será enquadrado como **inexistente**, conforme Quadro 22.

Quadro 22 – Avaliação do indicador “Drenagem Provisória de Águas Pluviais”

ITEM 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.4 Drenagem provisória de águas pluviais	Adequada	5	0
	Inadequada	2	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.1.5 Drenagem definitiva de águas pluviais

O sistema de drenagem definitiva é constituído por canaletas em concreto simples moldados no local, responsáveis pela coleta do escoamento superficial da área de projeto, direcionando este fluxo até as bacias de retenção ou galeria de águas pluviais públicas (PARANÁ, 2006).

Em 2015, a empresa administradora do aterro apresentou ao órgão ambiental licenciador, o projeto executivo de drenagem das águas pluviais do aterro. No documento, consta que o projeto foi dimensionado de acordo com os princípios de engenharia para construção de aterros sanitários e em consonância às normas da ABNT NBR 8.419:1992, NBR 13.896:1997, bem como publicações de órgãos técnicos e ambientais (GEOTECH, 2015).

Desse modo, o estudo apresentou os parâmetros para o cálculo dos picos de vazão, os dados climáticos, critérios de dimensionamento, como: período de retorno, área da bacia, coeficiente de *runoff* (escoamento superficial), tempo de concentração e intensidade de chuva.

Ressalta-se que a norma ABNT (1992) prevê para esse sistema, os seguintes itens de projeto:

- a) indicação da vazão de dimensionamento do sistema;
- b) disposição dos canais em planta, em escala não inferior a 1:1000;
- c) indicação das seções transversais e declividade do fundo dos canais em todos os trechos;
- d) indicação do tipo de revestimento (quando existente) dos canais, com especificação quanto ao material utilizado;
- e) indicação dos locais de descarga da água coletada pelos canais;
- f) detalhes de todas as singularidades existentes, tais como alargamentos ou estrangulamentos de seção, curvas, degraus, obras de dissipação de energia e outros.

O sistema de drenagem definitiva do ASMLA é composto pelas seguintes estruturas: canaletas de concreto tipo meia-cana, tubulações de concreto para travessias subterrâneas, descidas hidráulicas por canal trapezoidais e caixas de passagem reservatório de retenção e infiltração.

Considerando que, na análise do projeto do aterro, é possível constatar que foram apresentados os critérios e parâmetros para cada elemento de projeto, conforme as normas da

ABNT e outros órgãos técnicos, esse subitem foi avaliado como adequado, como demonstra o Quadro 23.

Quadro 23 – Avaliação do indicador “Drenagem Definitiva de Águas Pluviais

ITEM 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.5 Drenagem definitiva de águas pluviais	Adequada	5	5
	Inadequada	2	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.1.6 Drenagem de chorume

A drenagem de líquidos percolados em aterros sanitários deve coletar e conduzir de forma eficiente o chorume através de drenos internos de brita com tubos perfurados, até o local de acumulação, de onde deverão ser enviados até um tratamento adequado.

Para o sistema de drenagem e remoção dos líquidos que percolam através dos resíduos dispostos, a norma ABNT 8.419:1992 recomenda que o responsável técnico apresente todos os elementos indicativos desse sistema, a dizer:

- a) a estimativa da quantidade de percolado a drenar e remover;
- b) a disposição em planta desses elementos, em escala não inferior a 1:2000;
- c) as dimensões desses elementos;
- d) os materiais utilizados, com suas especificações;
- e) os cortes e detalhes necessários à perfeita visualização do sistema.

Cabe citar um trecho do projeto executivo da ampliação do sistema de drenagem dos percolados do ASMLA:

Os drenos de camada de lixiviados serão implantados sobre a camada operacional de resíduos, com abertura de trincheira de 0,80m x 0,80m preenchidas com brita nº 4 e por geotêxtil não tecido (200 g/m²). Estes drenos devem ter contato direto com os resíduos em todo seu perímetro, para garantir a melhor eficiência de drenagem. As drenagens, dispostas em malha, deverão ser interconectadas entre si e nos drenos de lixiviados dos taludes do maciço de resíduos existentes, cujo fluxo sempre descendente conduzirá os lixiviados captados aos drenos de biogás, que deverão desempenhar também a função de drenagem de lixiviados, através da drenagem descendente dos mesmos até a drenagem de base (GEOTECH, 2015, p. 167).

Acrescenta-se que analisando-se o projeto executivo de ampliação do ASMLA, pôde-se ter acesso aos dados referentes as especificações do sistema de drenagem de lixiviados. Tendo em vista que os elementos de projeto atendem a norma da ABNT 8.419:1992, o autor considerou o sistema como **adequado**, de acordo com o Quadro 24.

Quadro 24 – Avaliação do indicador “Drenagem de Chorume”

ITEM 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.6 Drenagem de chorume	Adequada	5	5
	Inadequada	2	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.1.7 Sistema de Tratamento de chorume

Devido à grande variação das características do líquido percolado, os sistemas de tratamento são complexos, podendo ser diferentes em função do tempo de vida do aterro e, até mesmo, diferentes para pontos distintos do aterro. Vários métodos de tratamento podem ser usados, dentre os quais destacam-se, os tratamentos biológicos (lodos ativados, lagoas de estabilização aeradas, lagoas anaeróbias), os físicos (sedimentação, flotação, filtração, adsorção, osmose reversa), os químicos (oxidação, precipitação e neutralização) (LEMA *et al*, 1988).

O tratamento dos lixiviados no ASMLA é feito por meio de um sistema composto por 5 lagoas de estabilização em associação, sendo 2 anaeróbias, 1 facultativa e 2 de maturação, sendo que, em períodos de chuvas, quando as lagoas ficam cheias devido a uma maior vazão de chorume, ocorre o extravasamento deste pela última lagoa para o corpo receptor situado a jusante do aterro.

Para esse subitem, a norma ABNT 8.419:1992, recomenda que o projeto deve apresentar os seguintes critérios:

- a) a estimativa da quantidade de percolado a tratar;
- b) a disposição em planta de todos os elementos constituintes do sistema;
- c) as dimensões e capacidade desses elementos;
- d) os materiais utilizados, com suas especificações;
- e) os cortes e detalhes necessários à perfeita visualização do sistema;
- f) o processo utilizado, sequência de operações e tipos de tratamento.

É importante frisar que o projeto das lagoas de estabilização do ASMLA data da década de 1990, uma vez que foi construída pela empresa que administrava o aterro em sua gestão anterior. Esse fator, explica o fato de não constar no processo de licenciamento analisado, as plantas e projetos da ETE.

No entanto, tendo em vista que o autor teve acesso aos projetos executivos mais recentes, foi verificado que não houve ações de intervenção significativa na estrutura das lagoas nos últimos 10 anos de operação, mesmo após a ampliação da área de trincheiras e da rede de drenagem de percolados. Ademais, considerando que não foram identificados nos projetos executivos e relatórios analisados, o atendimento dos itens **a), b), c), d), e)**, de acordo com os parâmetros estabelecidos no IQAS para as características de projeto, esse subitem foi considerado como **inadequado**, conforme aponta o Quadro 25.

Quadro 25 – Avaliação do indicador “Sistema do Tratamento do Chorume”

ITEM 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.7 Sistema de Tratamento do Chorume	Adequado	5	2
	Inadequado	2	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.1.8 Drenagem de gases

Para a drenagem de gases é comum utilizar drenos verticais, que atravessam o aterro ao longo de sua espessura, indo desde o sistema de impermeabilização e chegando ao topo da camada de cobertura, colocados em pontos determinados no aterro e interligados ao sistema de drenagem de percolado. A distância entre um dreno e outro deve ser de 30m a 50m (CASTILHOS JR *et al.*, 2009).

A norma ABNT 8.419:1992, orienta para a necessidade dos seguintes elementos que devem compor o sistema de drenagem dos gases em aterros sanitários:

- a) da disposição em planta desses elementos, em escala não inferior a 1:2000;
- b) das dimensões desses elementos;
- c) dos materiais utilizados com suas especificações;
- d) dos cortes e detalhes necessários à perfeita visualização do sistema.

Conforme às pesquisas realizadas nos projetos executivos do ASMLA, verificou-se que todos os itens descritos acima foram atendidos no que concerne ao sistema de drenagem de gases, o que resulta em uma avaliação **adequada** para esse subitem, conforme aponta o Quadro 26.

Quadro 26 – Avaliação do indicador “Drenagem dos gases”

ITEM 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.8 Drenagem de gases	Adequada	5	5
	Inadequada	2	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.1.9 Impermeabilização da base do aterro

De acordo com a norma ABNT(1997), a impermeabilização é a deposição de camadas artificiais ou naturais, que impeça ou reduza substancialmente a infiltração dos líquidos percolados, através da massa de resíduos.

O sistema de impermeabilização de bases e laterais tem como função impedir que o chorume e outros contaminantes gerados a partir da decomposição da matéria orgânica, percole pelo sistema solo/subsolo e atinja as águas superficiais e subterrâneas.

Salienta-se que o aterro sanitário em estudo é um equipamento antigo, construído na década de 1990. Naquela época, o emprego de tecnologias e o uso de materiais que propiciam maior proteção ambiental, como as geomembranas sintéticas em PEAD para impermeabilização da base dos aterros, eram pouco difundidas na região nordeste do Brasil.

Desta feita, o ASMLA não dispõem desse sistema de impermeabilização das fundações com material sintético, tendo sido aplicadas camadas de solo argiloso compactado para essa função, na ocasião da instalação do aterro. Diante desse contexto, a avaliação para esse subitem não somou pontuação, como se demonstra no Quadro 27.

Quadro 27 – Avaliação do indicador “Impermeabilização da Base do Aterro”

ITEM 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.9 Impermeabilização da base do aterro	Sim	5	0
	Não	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.1.10 Adequabilidade do terreno

O subitem adequabilidade do terreno foi uma adaptação do critério “legalidade de localização” do IQA (FARIA, 2002) e do indicador “restrições legais ao uso do solo” do IQR-Nova Proposta (CETESB, 2012).

Tendo em vista que o aterro não possui alvará emitido pela prefeitura, tendo sido observado apenas o protocolo de entrada no processo administrativo, o equipamento opera sem licença de operação dos órgãos ambientais competentes, além de estar localizado muito próximo de um bairro residencial, para esse subitem não foi atribuído pontuação.

Quadro 28 – Avaliação do indicador “Adequabilidade do Terreno”

ITEM 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	
1.10 Adequabilidade do terreno	Sim	5	0
	Não	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.1.11 Qualidade do material de recobrimento

O material para recobrimento, mais adequado, deve apresentar fácil escavabilidade e textura argilo-arenosa de composição variando de 50% a 60% de areia e o restante uma mistura equilibrada entre silte e argila (FARIA, 2002).

Nas áreas de tabuleiros costeiros do Município de Aquiraz predominam os solos arenosos ou areno-argilosos das classes: Neossolos (Areias Quartzozas Distróficas) e Argissolos (Podzólicos Vermelho Amarelo) (IPECE, 2009).

O ASMLA retira o material de recobrimento de uma jazida situada no setor oeste do aterro, a qual encontra-se em processo de regularização ambiental junto aos órgãos competentes.

Em análise aos projetos executivos do aterro e relatórios técnicos da SEMACE, observou-se que não foi realizada nenhuma análise da estrutura, granulometria e características mineralógicas do solo da área de empréstimo.

No entanto, levou-se em consideração que as normas da ABNT não estabelecem critérios quanto a qualidade do material de recobrimento, tendo inclusive, sido verificado que, na frente de trabalho são realizados os procedimentos operacionais adequados de compactação dos resíduos na área de deposição. Portanto, o autor considerou esse subitem

como adequado, conforme demonstra o Quadro 29.

Quadro 29 – Avaliação do indicador “Qualidade do Material de Recobrimento”

ITEM 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.11 Qualidade do material de recobrimento	Adequada	2	2
	Inadequada	1	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.1.12 Plano de contenção de riscos

O IQAS incorporou o indicador “Plano de Contenção de Riscos”, análogo ao item “Plano de Emergência” recomendado pela norma ABNT 13.896:1997. O Plano deve indicar as medidas e procedimentos a serem adotados de forma coordenada em caso de acidentes, visando minimizar seus efeitos danosos. Segundo a norma, o Plano deve conter:

- a) informações de possíveis incidentes e das ações a serem tomadas;
- b) indicação das pessoas que devem atuar como coordenadores das ações de emergência, indicando seus telefones e endereços, sendo que esta lista deve estar sempre atualizada;
- c) lista de todo equipamento de segurança existente, incluindo localização, descrição do tipo e capacidade.

A empresa administradora do aterro sanitário apresentou em 2012 um “Plano de Atendimento a Emergência do Aterro Sanitário Metropolitano Leste de Aquiraz – ASMLA” que contempla de forma satisfatória os itens elencado pela ABNT, dessa forma, esse subitem recebeu pontuação 5, como demonstra o Quadro 30.

Quadro 30 – Avaliação do indicador “Plano de Contenção de Riscos”

ITEM 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.12 Plano de contenção de riscos	Sim	5	5
	Não	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.1.13 Plano de encerramento do aterro

Conforme indicado pela ABNT (1992) e Faria (2002), deve ser apresentado um Plano de Encerramento, indicando como e quando o aterro sanitário será dado como encerrado, assim como os cuidados que serão mantidos após o encerramento das atividades, tais como monitoramento e controle de vetores.

Esse subitem foi atendido, conforme avaliação do processo administrativo de licenciamento ambiental do aterro. Vale evidenciar que o Plano foi apresentado à SEMACE em 2012, e contempla os requisitos estabelecidos na norma da ABNT. Por conseguinte, a avaliação quantificou 5 pontos para o subitem características de projeto, como demonstrado no Quadro 31.

Quadro 31 – Avaliação do indicador “Plano de Encerramento do Aterro”

ITEM 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.13 Plano de encerramento do aterro	Sim	5	5
	Não	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.1.14 Vida útil do aterro

A norma ABNT 13.896:1997 recomenda, para projetos de implantação de aterros sanitários, uma projeção de vida útil mínima de 10 anos.

É válido considerar que aterro está em operação desde 1995, portanto, atualmente o equipamento possui vida útil de 24 anos e está perto da data estipulada para encerramento das suas atividades. Nem por isso, o aterro deixou de atender ao critério recomendado pela norma ABNT, e por essa razão, recebeu pontuação 5 nesse subitem, como representado no Quadro 32.

Quadro 32 – Avaliação do indicador “Vida Útil do Aterro”

ITEM 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.14 Vida útil do aterro	Sim	5	5
	Não	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.1.15 Unidade de triagem/reciclagem de resíduos

O subitem “Unidade de triagem/reciclagem de resíduos” foi uma inovação do IQAS, com vistas a incentivar a instalação de centrais de triagem e tratamento de resíduos sólidos associadas às áreas de disposição final.

É de suma importância ressaltar a responsabilidade socioambiental dos gestores municipais, que devem primar pela articulação com as cooperativas de catadores e com o setor privado, e fomentar a implementação de políticas públicas de coleta seletiva e reciclagem de resíduos sólidos, estimulando a cadeia da gestão integrada de resíduos em todas as suas etapas.

E considerando essa perspectiva de gerenciamento integrado, não há impedimento à integração das áreas de destinação final como mais uma alternativa para o recebimento e processamento de resíduos que possam retornar à cadeia produtiva, gerando emprego, renda e economia de recursos naturais.

Esse processo tem sido observado nos recentes projetos de aterros sanitários consorciados em instalação no Estado do Ceará, a exemplo do Aterro Sanitário de Sobral, o Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC) e o aterro Sanitário de Limoeiro do Norte, os quais estão implementando na própria sede do aterro sanitário, as Unidades de Tratamento de Resíduos – UTR's para o recebimento/beneficiamento de resíduos de podas de árvores e capinas e resíduos da construção civil.

Como o ASMLA não possui esse tipo de projeto, esse subitem não obteve pontuação, assim como demonstra o Quadro 33.

Quadro 33 – Avaliação do indicador “Unidade de Triagem/Reciclagem de Resíduos”

ITEM 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.14 Unidade de Triagem / Reciclagem de resíduos	Sim	5	0
	Não	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.2 Descrição e avaliação dos indicadores de “Infraestrutura implantada”

5.2.1 Portaria/Guarita

A NBR 13.896/1997 recomenda a instalação de portão junto ao qual deva existir uma forma de controle de acesso. O portão deve estar fechado fora dos dias e horários de

expediente. A portaria/guarita deve ser a única forma de acesso de veículos e pessoas ao local de forma a manter o registro de entrada e saída dos mesmos. Nesse setor de apoio deve existir o controle de funcionários, visitantes, caminhões e prestadores de serviço.

A entrada principal do aterro possui uma portaria ou guarita com segurança que trabalham nos dois turnos. Nesse quesito, considerou-se a estrutura adequada, como se demonstra no Quadro 34.

Quadro 34 – Avaliação do indicador “Portaria/Guarita”

ITEM 2 – INFRAESTRUTURA IMPLANTADA			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
2.1 Portaria/Guarita	Adequada	2	2
	Inadequada	1	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.2.2 Controle no recebimento da carga

Esse indicador foi incorporado ao IQAS devido a importância desse equipamento de apoio no aterro sanitário. A balança tem por finalidade controlar a origem, qualidade e quantidade dos resíduos a serem dispostos no aterro. Os dados devem ser coletados a cada procedimento realizado e constarem em uma planilha específica.

A entrada dos caminhões compactadores e basculantes carregados com os resíduos só acontece mediante o cadastramento prévio junto à administração do ASMLA. Assim que adentram a portaria, os veículos passam pela balança de pesagem, onde são identificados pelo sistema e é feita a coleta de dados do veículo e sua origem, do motorista, além dos dados quantitativos dos resíduos a serem depositados.

Considerando que o autor verificou *in loco* esses procedimentos, bem como a infraestrutura adequada de controle e recebimento de carga, esse subitem recebeu pontuação 2, como exposto no Quadro 35.

Quadro 35 – Avaliação do indicador “Controle no Recebimento de Carga”

ITEM 2 – INFRAESTRUTURA IMPLANTADA			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
2.2 Controle no recebimento de carga	Adequado	2	2
	Inadequado	1	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.2.3 Isolamento físico e sinalização da área do aterro

Este indicador foi incorporado ao IQAS, em virtude do recomendado na norma da ABNT (1992), que preconiza que “devem ser apresentados a forma de isolamento do aterro sanitário e os dispositivos de segurança para evitar a interferência de pessoas estranhas, bem como para coibir possíveis efeitos na vizinhança”. A norma também considerado o fator “sinalização da área do aterro”.

O terreno do aterro encontra-se integralmente delimitado por uma cerca de arame farpado e conta com a atuação de vigilantes para evitar a entrada de pessoas não autorizadas. No entanto, foi observado que não existe sinalização que indique o acesso ao ASMLA na principal estrada que é a rodovia CE 040. Não foram observadas também placas de sinalização que indiquem o tráfego de caminhões e máquinas pesadas na via de acesso principal do aterro, que é contígua à comunidade do “Machuca”, o que na visão do autor, configura como um fator relevante para a segurança dos moradores.

Levando em consideração esses fatores, esse subitem foi avaliado como inadequado, como evidenciado no Quadro 36.

Quadro 36 – Avaliação do indicador “Isolamento Físico e Sinalização da Área do Aterro”

ITEM 2 – INFRAESTRUTURA IMPLANTADA			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
2.3 Isolamento físico e sinalização da área do aterro	Adequado	2	1
	Inadequado	1	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.2.4 Isolamento visual da área do aterro

É aconselhável o isolamento visual do local escolhido para implantação de um aterro sanitário em relação à vizinhança. Essa medida evita, ou minimiza a poluição visual e a depreciação patrimonial dos imóveis do entorno. Esse isolamento pode ser feito, preferencialmente com cinturão verde (*Eucalyptus sp* é muito utilizada, mas é preferível o uso de espécies nativas) ou, de forma menos apropriada, com a instalação de muros ou tapumes de altura elevada.

Tal medida tem a função também de atenuar os odores desagradáveis que emanam

dos maciços, além de barrar parcialmente os resíduos que eventualmente sejam carreados pelo vento.

Foi observada a ocorrência de algumas árvores de *Eucalyptus* nas duas extremidades laterais da área do terreno, porém, são poucos espécimes que ocorrem de forma descontínua, portanto, não cumprem a função de isolamento visual.

Haja vista essas medidas não terem sido implantadas de forma satisfatória no ASMLA, esse subitem foi avaliado como “inadequado”, conforme apresentado no Quadro 37 e na Figura 40.

Quadro 37 – Avaliação do indicador “Isolamento visual”

ITEM 2 – INFRAESTRUTURA IMPLANTADA			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
2.4 Isolamento visual	Adequado	2	1
	Inadequado	1	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

Figura 40 – *Eucalyptus* em área contígua à comunidade do “Machuca”



Fonte: Acervo do autor (2018)

5.2.5 Sistema viário de acesso ao aterro

Conforme a NBR 13.896/1997, os acessos internos e externos do aterro sanitário devem ser implantados, protegidos e mantidos de maneira a permitir sua utilização em toda sua vida útil. Deve haver, portanto, uma manutenção constante desse sistema. Respeitadas as distâncias a núcleos habitacionais, o aterro sanitário deve estar localizado a uma menor distância do centro de geração de resíduos, de modo a evitar maiores gastos com transporte de resíduos (FARIA, 2002) e evitar que haja descargas clandestinas entre o centro de geração e o aterro sanitário.

Esse indicador ganha especial importância em relação a área de entorno do ASMLA, tendo em vista a proximidade com a comunidade do “Machuca”, em que algumas das casas situam-se na rua principal de acesso ao aterro. Desse modo, é imprescindível a realização de manutenções periódicas na via, haja vista o intenso fluxo diário de caminhões.

No dia da visita de campo ao aterro, percebeu-se que a via de acesso principal se trata de uma rua de terra, porém a mesma encontrava-se em boas condições, por isso, a avaliação para esse subitem foi “adequada”, como aponta o Quadro 38.

Quadro 38 – Avaliação do indicador “Sistema Viário de Acesso ao Aterro”

ITEM 2 – INFRAESTRUTURA IMPLANTADA			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
2.5 Sistema viário de acesso ao aterro	Adequado	2	2
	Inadequado	1	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.2.6 Acesso à frente de trabalho

É recomendado o acesso livre à frente de trabalho, isto é, sem nenhum tipo de obstrução durante todas as estações do ano. Em épocas de chuvas torrenciais, a conservação do acesso, deve ser uma preocupação constante.

Segundo Faria (2002), o comprimento da superfície de trabalho vai variar com as condições locais. A frente de trabalho é o local do aterro onde os resíduos estão sendo descarregados, depositados e compactados durante um determinado período de trabalho. A menor frente de trabalho possível, evita a proliferação de vetores e a dispersão de material

pelo vento.

Ademais, vale salientar que o acesso à frente de trabalho não depende apenas de um bom dimensionamento dos acessos internos do aterro e sua manutenção periódica, mas também de um planejamento logístico de acesso mais rápido às áreas operacionais considerando os aspectos geotécnico e topográfico do terreno para o uso eficiente do maquinário.

Diante da avaliação em campo, considerou-se que o aterro atende a esses requisitos, portanto o acesso à frente de trabalho foi avaliado como adequado, conforme demonstra o Quadro 39.

Quadro 39 – Avaliação do indicador “Acesso à Frente de Trabalho”

ITEM 2 – INFRAESTRUTURA IMPLANTADA			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
2.6 Acesso à frente de trabalho	Adequado	2	2
	Inadequado	1	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.2.7 Equipamentos de apoio

Conforme a normas da ABNT 8.419:1992 e 13.886:1997, devem ser relacionados os equipamentos a serem utilizados na operação do aterro sanitário, bem como as características dos equipamentos de transporte.

A relação dos equipamentos de apoio utilizados na operação do aterro sanitário consta nos diversos projetos executivos e estudos apresentados junto à SEMACE. Em relação ao maquinário pesado que atua na área operacional, o aterro conta com tratores de esteira para realizar o espalhamento e compactação dos resíduos, retroescavadeira, pá carregadeira e caminhões basculantes.

Outros equipamentos essenciais que são utilizados no monitoramento ambiental são: pluviômetro, marcos superficiais para o monitoramento geotécnico e piezômetros para o monitoramento das águas subterrâneas.

Para essa dissertação considerou-se que os instrumentos e equipamentos de apoio utilizados na operação do ASMLA são adequados, o que confere uma pontuação de 2 pontos a esse subitem, como demonstrado no Quadro 40.

Quadro 40 – Avaliação do indicador “Equipamentos de apoio”

ITEM 2 – INFRAESTRUTURA IMPLANTADA			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
2.7 Equipamentos de apoio	Adequado	2	2
	Inadequado	1	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.3 Descrição e avaliação dos indicadores de “Condições Locais”

5.3.1 Distâncias de corpos d’água

Os aterros sanitários devem localizar-se a uma distância segura de corpos d’água, tendo em vista o risco de contaminação destes pelos lixiviados.

Sobre essa questão, a norma da ABNT (1997) cita que “deve ser avaliada a possível influência do aterro na qualidade e no uso das águas superficiais e subterrâneas próximas. O aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso de água”.

Ocorre que existe um curso d’água intermitente localizado no setor oeste do ASMLA, que é um córrego tributário do rio Pacoti, como já mencionado no Capítulo 4. Embora o recurso hídrico esteja situado a mais de 200 metros da área de trincheiras e da ETE do aterro, ele se encontra a menos de 30 metros da jazida onde é realizada a extração do material de recobrimento dos resíduos. Além disso, está próximo a esse riacho onde são depositados os resíduos de podas de árvores e plantas de logradouros públicos, o que evidencia a atividade de caminhões interferindo na sua Área de Preservação Permanente (APP).

Apesar do curso d’água que drena para o rio Pacoti estar a uma distância superior a 200 metros dos maciços de resíduos e das lagoas de estabilização, considerou-se que o mesmo está sendo impactado negativamente devido a sua proximidade com a jazida de empréstimo, cuja área está inserida no contexto dinâmico do aterro sanitário. Portanto, considerando essa análise e as diretrizes da norma ABNT, esse subitem não obteve pontuação, conforme o Quadro 41.

Quadro 41 – Avaliação do indicador “Distâncias de Corpos d’água”

ITEM 3 – CONDIÇÕES LOCAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos

3.1 Distância de corpos d'água (D1)	$D1 \geq 200$ m	5	0
	$D1 < 200$ m	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.3.2 Distância de núcleos habitacionais

Um aterro sanitário pode gerar diversos incômodos à população que mora em sua circunvizinhança, como odores desagradáveis, poeira, ruídos das máquinas e caminhões, resíduos dispersos pelos ventos, deterioração das estradas e vias de acesso, dentre outros.

A norma da ABNT 13.896:1997 recomenda uma distância mínima de 500 metros da área útil do aterro em relação aos núcleos populacionais.

Nesse quesito, o aterro encontra-se inadequado, pois, como demonstra a Figura 25, a comunidade da “Vila do Machuca” encontra-se muito próximo ao equipamento, sendo que algumas residências encontram-se a menos de 50 metros da área operacional do aterro. Diante desse contexto, esse subitem não somou pontuação, conforme apresentado no Quadro 42.

Quadro 42 – Avaliação do indicador “Distância de Núcleos Habitacionais”

ITEM 3 – CONDIÇÕES LOCAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
3.2 Distância de núcleos habitacionais (D2)	$D2 \geq 500$ m	5	0
	$D2 < 500$ m	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.3.3 Presença de aves

Esse indicador foi incorporado ao IQAS, com a justificativa de que a presença de aves, como urubus, gaivotas e gaviões carcarás, é um indicador da permanência de resíduos orgânicos expostos ao tempo, propiciando a proliferação de vetores, maus odores, mistura do chorume com a água de chuva e, conseqüentemente, riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

Observou-se uma grande população de aves dessas espécies na frente de trabalho do aterro, portanto, esse subitem, não somou pontuação, como apontado no Quadro 43.

Quadro 43 – Avaliação do indicador “Presença de Aves”

ITEM 3 – CONDIÇÕES LOCAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
3.3 Avaliação da presença de aves	Não	2	0
	Sim	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.3.4 Presença de animais domésticos

Esse parâmetro foi incluído no IQAS em razão da possibilidade de ocorrência de animais domésticos como cães, bovinos, suínos e caprinos nas áreas úteis do aterro, o que pode representar um problema à saúde humana, devido ao risco de transmissão de doenças em um eventual contato desses animais com organismos patogênicos e vetores transmissores de doenças.

Vale ressaltar que não foram observados animais domésticos no interior do ASMLA. Sendo assim, esse indicador obteve 5 pontos na avaliação, conforme demonstrado no Quadro 44.

Quadro 44 – Avaliação do indicador “Presença de animais domésticos”

ITEM 3 – CONDIÇÕES LOCAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
3.4 Presença de animais domésticos	Não	5	5
	Sim	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.3.5 Presença de moscas

Esse indicador foi incorporado ao IQAS com a justificativa de que a presença de moscas é um indicador da permanência de resíduos orgânicos expostos ao tempo, considerando que as mesmas também são vetores de doenças e podem trazer riscos à saúde humana.

Observou-se a ocorrência de moscas em grande quantidade na frente de trabalho do aterro, onde resíduos estavam sendo descarregados por um caminhão compactador. Desta feita, a avaliação para esse subitem não obteve pontuação, como evidenciado no Quadro 45.

Quadro 45 – Avaliação do indicador “Presença de Moscas”

ITEM 3 – CONDIÇÕES LOCAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
3.5 Presença de moscas	Não	2	0
	Sim	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.3.6 *Presença de odores*

A geração de odores é uma condição inerente ao funcionamento de um aterro sanitário, mas pode ser minimizado pelo recobrimento diário dos resíduos, pela queima eficiente do biogás nos drenos, pela tomada de decisão adequada na escolha dos métodos de tratamento dos lixiviados e pela implantação de cinturões verdes.

Convém ratificar que, durante a visita ao aterro, os odores puderam ser percebidos a uma distância de aproximadamente 200 metros da frente de trabalho. A direção dos ventos é um fator relevante a ser considerado na avaliação desse indicador, no entanto, considerando a grande proximidade que o ASMLA detém em relação a comunidade do entorno, é muito grande a possibilidade de geração de incômodos aos moradores. Assim sendo, esse subitem não resultou em pontuação, como mostrado no Quadro 46.

Quadro 46 – Avaliação do indicador “Presença de Odores”

ITEM 3 – CONDIÇÕES LOCAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
3.6 Presença de odores	Não	2	0
	Sim	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.3.7 *Presença de catadores dentro do aterro*

Deve-se enfatizar que os catadores não devem sofrer qualquer tipo de discriminação pela atividade que exercem. É preciso exaltar o papel fundamental que esses trabalhadores desempenham na cadeia de gerenciamento integrada de resíduos sólidos ao atuarem na coleta de materiais recicláveis, possibilitando a reinserção desses produtos no ciclo produtivo, o prolongamento da vida útil dos aterros, geração de renda e economia de recursos naturais.

Em contrapartida, a atividade de catação, ocorrendo em meio às condições insalubres de lixões e aterros, expõem esses trabalhadores a riscos de contrair doenças infecciosas, câncer de pele, doenças pulmonares, entre outras. Além disso há o risco de acidentes na área operacional do aterro devido ao tráfego constante de máquinas pesadas e

caminhões.

Para evitar esses problemas, o serviço da separação pode ocorrer em unidades de triagem em locais selecionados no Município envolvido, ou em áreas específicas para essa finalidade no próprio aterro, onde os catadores, munidos de equipamento de proteção individual (EPI), retirariam o material reciclável.

Dessa forma, como não foram identificados catadores na área operacional do ASMLA, esse subitem recebeu 5 pontos, como apontado no Quadro 47.

Quadro 47 – Avaliação do indicador “Presença de Catadores dentro do Aterro”

ITEM 3 – CONDIÇÕES LOCAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
3.7 Presença de catadores dentro do aterro	Não	5	5
	Sim	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.3.8 Presença de resíduos dispersos pelo vento

Em aterros sanitários que operam em locais com condições de vento intensas como é o caso do Estado do Ceará, há a preocupação com o controle dos materiais que podem ser carreados pelo vento, como sacolas plásticas, papéis, particulados entre outros, bem como com sua deposição indevida no solo, corpos d'água superficiais, nas residências das comunidades adjacentes e vias públicas. Esse problema pode ser evitado com a colocação de uma tela móvel posicionada na frente de trabalho e através de uma eficiente operação de recobrimento.

A Figura 41 demonstra que a medida de instalação de telas para reter resíduos dispersos pelo vento, foi adotado na frente de trabalho do ASMLA.

Figura 41 – Telas instaladas sobre o platô onde os resíduos são depositados



Fonte: Acervo do autor (2018)

Em relação a análise desse indicador, considerando que foi constatado a instalação de redes para minimizar a dispersão de resíduos pelo vento, esse subitem recebeu 5 pontos, como demonstrado no Quadro 48.

Quadro 48 – Avaliação do indicador “Presença de Resíduos Dispersos pelo Vento”

ITEM 3 – CONDIÇÕES LOCAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
3.8 Presença de resíduos dispersos pelo vento	Não	5	5
	Sim	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.3.9 Queima de resíduos dentro do aterro

O indicador “Queima de Resíduos dentro do Aterro” foi incluído no IQAS pelo fato dessa prática inadequada ser comum em lixões e em alguns casos, nos aterros controlados. No caso do Estado do Ceará, em que são poucos os aterros sanitários que operam em conformidade com as normas e leis vigentes, aliado ao fato de que alguns aterros acabaram se transformado em lixões devido ao descuido em relação aos procedimentos operacionais e de controle interno, considerou-se pertinente a inclusão desse parâmetro.

Tendo em vista que essa atividade não foi identificada no aterro em estudo, esse

subitem quantificou 5 pontos, conforme evidencia o Quadro 49.

Quadro 49 – Avaliação do indicador “Queima de Resíduos dentro do Aterro”

ITEM 3 – CONDIÇÕES LOCAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
3.9 Queima de resíduos dentro do aterro	Não	5	5
	Sim	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.3.10 Afloramento de chorume

O indicador “Afloramento de Chorume” foi incorporado ao IQAS devido à análise de trabalhos que utilizam os indicadores do IQR-Nova Proposta da CETESB (2013). Esse parâmetro é aplicado de forma prática e direta, por meio da análise visual das células de resíduos, onde poderão ser identificados focos de extravasamento do chorume na área de aterramento ou nos taludes.

Valendo-se do fato de não ter sido identificado o afloramento de chorume nas células do ASMLA, esse subitem obteve 5 pontos, como demonstrado no Quadro 50.

Quadro 50 – Avaliação do indicador “Afloramento do Chorume”

ITEM 3 – CONDIÇÕES LOCAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
3.10 Afloramento de chorume	Não	5	5
	Sim	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.3.11 Proximidade de áreas protegidas (UC's)

O subitem “Proximidade de Áreas Protegidas” foi incluído no IQAS em face dos aterros sanitários serem considerados sistemas que possuem alto potencial poluidor-degradador do meio ambiente, mesmo quando operam mediante os critérios adequados e atendem as recomendações dos órgãos ambientais. Diante dessa realidade, os impactos negativos da sua operação podem ser mais significativos em áreas protegidas, como Unidades de Conservação (UC's), cujos ecossistemas tendem a ser mais sensíveis e abrigar recursos naturais com *status* maior de conservação.

Para definir o critério a ser utilizado nessa dissertação, tomou-se como referência

a Resolução Conama nº 458, de 17 de dezembro de 2010, que estabelece uma distância mínima de 3 Km a partir do limite das UC's que não possuam Zona de Amortecimento estabelecida, e necessitam de EIA-RIMA.

Art. 1º

§2º Durante o prazo de 5 anos, contados a partir da publicação da Resolução nº 473, de 11 de dezembro de 2015, o licenciamento de empreendimento de significativo impacto ambiental, localizados numa faixa de 3 mil metros a partir do limite da Unidade de Conservação - UC, cuja Zona de Amortecimento não esteja estabelecida, sujeitar-se-á ao procedimento previsto no caput, com exceção de Reservas Particulares de Patrimônio Natural - RPPNs, Áreas de Proteção Ambiental (APA's) e Áreas Urbanas Consolidadas. (redação dada pela Resolução nº 473/2015).

É importante frisar que, apesar de o limite oeste da poligonal do ASMLA estar próximo do limite da zona sustentável do “Corredor Ecológico do Rio Pacoti), área protegida criada pelo Decreto nº 32.164, de 02 de março de 2017, que conecta duas UC's (APA do Rio Pacoti e APA da Serra de Baturité), segundo uma manifestação da SEMA que conta no processo de licenciamento do aterro, o ASMLA não interfere em nenhuma dessas áreas de proteção.

Dessa maneira, o subitem em questão recebeu 5 pontos, conforme aponta o Quadro 51.

Quadro 51 – Avaliação do indicador “Proximidade de Áreas Protegidas (UC's)”

ITEM 3 – CONDIÇÕES LOCAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
3.11 Proximidade a Áreas Protegidas (D3)	D3 ≥ 3 km D1 < 3 km	5 0	5

Fonte: Produzido pelo autor

5.4 Descrição e avaliação dos indicadores de “Condições Operacionais”

5.4.1 Recobrimento diário dos resíduos

Recomenda-se ao final de cada jornada de trabalho no aterro, o espalhamento dos resíduos e seu recobrimento com material inerte de 15 a 30 cm, com a finalidade de evitar a exposição desse material, o carregamento pelo vento e a propagação de moscas, baratas e a atração de outros animais como ratos e urubus.

Segundo foi informado pelo responsável pela operação do aterro, o recobrimento pode ocorrer diariamente, ou em dias alternados. O procedimento é feito com o auxílio de um caminhão caçamba, cujo solo é compactado por trator esteira em camadas de 15 cm (46,9 m³/dia).

Ressalta-se que não foram observadas células com resíduos expostos, com exceção da área que estava sendo utilizada para deposição (frente de trabalho). Em face desse contexto, esse subitem foi avaliado como *adequado*, como demonstra o Quadro 52.

Quadro 52 – Avaliação do indicador “Recobrimento Diário dos Resíduos”

ITEM 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.1 Recobrimento diário dos resíduos	Adequada	5	5
	Inadequada	2	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.4.2 Compactação dos resíduos

O processo de compactação adequada dos resíduos possui importância vital na rotina operacional de aterros sanitários, pois aumenta sua vida útil em face do maior volume disposto, auxilia na redução da compressibilidade, na migração de percolados e gases, podendo reduzir os riscos de incêndio (CARVALHO, 1999).

Tiveron *et al* (1995) recomendam que a compactação deve ser feita com trator esteira, executando entre 3 a 5 passadas.

De acordo com o projeto executivo do ASMLA,

após os caminhões realizarem o despejo dos resíduos na frente de trabalho, um trator sobre esteira executa o espalhamento e a compactação dos resíduos “por passagem”, método pelo qual são feitas de 4 a 6 passadas, de forma a atingir uma compactação eficiente dos resíduos, com vistas a confiná-los no menor volume e área possíveis (GEOTECH, 2015, p. 26).

Considerando o recomendado pelos autores citados sobre os procedimentos adequados de compactação dos resíduos, bem como o disposto no projeto executivo apresentado à SEMACE, a avaliação desse subitem foi considerada *adequada*, conforme evidencia o Quadro 53.

Quadro 53 – Avaliação do indicador “Compactação dos Resíduos”

ITEM 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.2 Compactação dos resíduos	Adequada	5	5
	Inadequada	2	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.4.3 Nivelamento da superfície do maciço

O indicador “Nivelamento da Superfície do Maciço” foi baseado no IQR-Nova Proposta da CETESB. Conforme a Cetesb (2013, p. 57),

após o encerramento da vala, é comum que a superfície do terreno fique alterada por pequenas elevações resultantes da terra de escavação das valas mantidas em excesso no local. Também podem ocorrer recalques na superfície das valas aterradas. Tais problemas podem ser solucionados realizando-se um nivelamento da área, de forma a impor uma configuração harmoniosa, utilizando equipamentos leves, como as motoniveladoras, que têm uso relativamente comum nos municípios.

Segundo consta no projeto executivo do aterro, após o encerramento da célula, aplica-se a cobertura definitiva com 0,60 m de solo compactado. Esse procedimento é seguido pela conformação geométrica da camada e dos taludes, plantio de grama e implantação do sistema de drenagem de água pluviais (GEOTECH, 2015)

Apesar de não ter sido observado o plantio de grama, conforme descrito no projeto, o nivelamento das trincheiras está sendo executado de forma adequada, dessa forma, o subitem recebeu 2 pontos, conforme o Quadro 54.

Quadro 54 – Avaliação do indicador “Nivelamento da Superfície do Maciço”

ITEM 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.3 Nivelamento da superfície do maciço	Sim	2	2
	Não	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.4.4 Homogeneidade da cobertura

O indicador “Homogeneidade da Cobertura” foi baseado no IQR-Nova Proposta da CETESB. O critério de avaliação desse subitem baseia-se na avaliação visual da camada final de cobertura da célula, destacando-se a presença ou não de matérias que não fazem parte

do solo (CETESB, 2015).

A cobertura de resíduos no aterro apresentou-se homogênea. Por este motivo, a pontuação para esse subitem é de 2 pontos, como demonstra o Quadro 55.

Quadro 55 – Avaliação do indicador “Homogeneidade da Cobertura”

ITEM 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.4 Homogeneidade da cobertura	Sim	2	2
	Não	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.4.5 Funcionamento da drenagem de chorume

O funcionamento da drenagem de lixiviados pode ser avaliado por meio da utilização de piezômetros instalados no interior do aterro. O monitoramento dos níveis piezométricos pode indicar a eficiência da drenagem ou a colmatção dos drenos (FARIA, 2002).

Apesar de, recentemente terem sido instalados os piezômetros nas células do ASMLA, os quais têm potencial de medição do nível do chorume nos maciços e os valores de poropressão, enfatiza-se que não foram disponibilizados dados referentes as análises desses instrumentos no processo de licenciamento ambiental do aterro, nem ao autor dessa dissertação.

Em razão da ausência de dados, decidiu-se por não atribuir pontuação para esse indicador, como demonstrado no Quadro 56.

Quadro 56 – Avaliação do indicador “Funcionamento da Drenagem de Chorume”.

ITEM 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.5 Funcionamento da drenagem de chorume	Adequado	5	0
	Inadequado	2	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.4.6 Funcionamento da drenagem de águas pluviais

O funcionamento adequado do sistema de drenagem pluvial, além de minimizar a infiltração da água nos maciços, o que aumenta o volume de lixiviados e compromete sua

estabilidade, evita processos erosivos e o carreamento de poluentes para as áreas adjacentes do aterro.

Foram estabelecidos dois critérios para a avaliação do indicador em pauta, a dizer: a ausência de erosão hídrica nos maciços e o adequado funcionamento do sistema de drenagem das águas pluviais.

Acerca do funcionamento do sistema de drenagem das águas pluviais, o mesmo foi avaliado como inadequado, tendo em vista que verificou-se *in loco* que as águas drenadas pelos equipamentos estão sendo lançadas no corpo hídrico a jusante do aterro sem nenhum tratamento ou monitoramento prévio de sua qualidade, procedimento este tido como imprescindível em face do risco de contato das águas superficiais com os resíduos do aterro.

Acrescenta-se também, que foi verificado *in loco* a presença de processos erosivos nas trincheiras de resíduos, como demonstra a Figura 42.

Figura 42 – Erosão em célula do ASMLA



Fonte: Acervo do autor (2016)

O Quadro 57 apresenta a avaliação do indicador “Funcionamento da Drenagem de Águas Pluviais”.

Quadro 57 – Avaliação do indicador “Funcionamento da Drenagem de Águas Pluviais”

ITEM 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.6 Funcionamento da drenagem de águas pluviais	Adequado	5	2
	Inadequado	2	

	Inexistente	0	
--	-------------	---	--

Fonte: Produzido pelo autor

5.4.7 Funcionamento da drenagem de gases

O funcionamento da drenagem de gases também pode ser monitorado a partir dos níveis piezométricos no interior do maciço (FARIA, 2002). O critério estabelecido para avaliação desse indicador fica vinculada a análise dos parâmetros avaliados pelos piezômetros instalados nos maciços, bem como o funcionamento adequado dos drenos para a queima dos gases.

Vale destacar que não foram disponibilizados dados referentes as análises desses instrumentos no processo de licenciamento ambiental do aterro, nem ao autor dessa dissertação. No entanto, em visita ao ASMLA, foi verificado que vários drenos não estavam realizando a queima do biogás nos *flares*, o que demonstrou que o sistema não estava funcionando de forma eficiente. Acrescenta-se que, no Parecer Técnico nº 4107/2017-DICOP/GECON da SEMACE, os técnicos do setor de licenciamento que realizaram inspeção no aterro no dia 05 de outubro de 2017, também observaram o problema:

Visualizou-se também os drenos de gases com flares, mas a maioria estava apagado. Sugere-se maior atenção na manutenção da queima do biogás (SEMACE, 2017, p. 18).

Desse modo esse subitem foi avaliado como *inadequado*, conforme demonstrado no Quadro 58.

Quadro 58 – Avaliação do indicador “Funcionamento da Drenagem de Gases”

ITEM 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.7 Funcionamento da drenagem de gases	Adequado	5	2
	Inadequado	2	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.4.8 Funcionamento do sistema de tratamento de chorume

O critério para a avaliação do indicador “funcionamento do sistema de tratamento do chorume” é a validação da eficiência do funcionamento do sistema de tratamento do

chorume do aterro, que é feita a partir da coleta e análise do efluente tratado da última lagoa da ETE, o qual só pode ser lançado no corpo hídrico receptor caso atenda aos padrões da legislação pertinente.

A última análise realizada pelo setor de monitoramento da SEMACE, demonstrou através dos Laudos nº 894/2017, que os parâmetros **sólidos totais em suspensão, e nitrogênio amoniacal total** encontravam-se fora dos padrões exigidos pela Resolução COEMA nº 02, de 02 de fevereiro de 2017, que dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras.

Diante disso, considerou-se que o sistema de tratamento não está operando de forma adequada, como evidencia o Quadro 59.

Quadro 59 – Avaliação do indicador “Funcionamento do Sistema de Tratamento do Chorume

ITEM 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.8 Funcionamento do sistema de tratamento do chorume	Adequado	5	2
	Inadequado	2	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.4.9 Recebimento de resíduos de serviços de saúde

Esse indicador foi incluído ao IQAS visando estabelecer um maior controle sobre os tipos de resíduos dispostos em aterros de resíduos Classe II, como é o caso do ASMLA. Dentro desse contexto, deve-se enfatizar que os resíduos provenientes de hospitais, clínicas médicas/veterinárias, laboratórios, entre outros; devem ter destinação final específica, em aterros de resíduos perigosos (Classe I) ou em incineradores, devidamente licenciados pelos órgãos competentes.

Diante disso, o autor estabeleceu o critério de avaliação negativa, para o caso de o aterro estar recebendo resíduos de serviços de saúde para a disposição final.

Como o aterro em estudo não recebe esse tipo de resíduo, esse subitem quantificou 5 pontos, conforme demonstrado no Quadro 60.

Quadro 60 – Avaliação do indicador “Recebimento de Resíduos de Serviços de Saúde”

ITEM 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.9 Recebimento de resíduos de	Não	5	5

serviços de saúde	Sim	0	
-------------------	-----	---	--

Fonte: Produzido pelo autor

5.4.10 Recebimento de resíduos industriais

Esse indicador foi incluído ao IQAS, seguindo-se o mesmo critério do subitem anterior, ou seja, procurou-se estabelecer um maior controle sobre os tipos de resíduos dispostos em aterros de resíduos Classe II, como é o caso do ASMLA.

Da mesma forma que os resíduos de serviços de saúde, os resíduos industriais, pela diversidade e complexidade de sua composição, demandam um sistema de destinação final específico, por exemplo, em aterros de resíduos industriais, quando não haver possibilidade de reaproveitamento em outros ciclos produtivos.

Assim sendo, o autor estabeleceu o critério de avaliação negativa, para o caso de o aterro estar recebendo resíduos industriais para a disposição final.

Considerando que o aterro em estudo não recebe esse tipo de resíduo (classe I), esse subitem quantificou 5 pontos, conforme demonstrado no Quadro 61.

Quadro 61 – Avaliação do indicador “Recebimento de resíduos industriais”

ITEM 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.10 Recebimento de resíduos industriais	Não	5	5
	Sim	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.4.11 Recebimento de resíduos de construção civil e resíduos de podas e capinas

A introdução desse indicador na composição do IQAS justifica-se pelo fato de que os resíduos de construção civil e resíduos de podas de árvores, plantas de logradouros públicos e capinas possuem alto potencial de transformação / beneficiamento por processos físico-químicos e biológicos, e amplas possibilidades de aplicação em outros ciclos produtivos.

Além disso, a Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002, proíbe a destinação dos resíduos de construção e demolição (RCD) em aterros domiciliares, impondo aos geradores a obrigação do armazenamento, transporte e destinação final específica, quando

não houver possibilidade de beneficiamento, reaproveitamento ou reinserção em outros ciclos produtivos.

No tocante aos resíduos de podas e capinas, esses resíduos podem ser transformados através do processo de compostagem e utilizados em aplicações agroindustriais e geração de energia (biodigestão). Deve-se enfatizar também que sua disposição em aterros domiciliares pode se tornar um problema para o gerenciamento do aterro, pois aumenta significativamente a porção orgânica dos resíduos, aumentando a geração de chorume e gases.

Assim sendo, o autor estabeleceu o critério de avaliação negativa, para o caso de o aterro estar recebendo esse tipo de resíduo para a disposição final.

Cabe destacar que o aterro tem recebido resíduos de podas, os quais estão sendo armazenados em área separada das trincheiras de resíduos domiciliares, no setor oeste do aterro, próximos a jazida de empréstimo e do riacho que existe no local. Não está sendo aplicado nenhum tratamento específico aos resíduos vegetais, estando os mesmos expostos às intempéries.

Em face do exposto, esse subitem não recebeu pontuação, conforme demonstrado no Quadro 62.

Quadro 62 – Avaliação do indicador “Recebimento de Resíduos de Construção Civil e Resíduos de Podas e Capinas”

ITEM 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.11 Recebimento de resíduos da construção civil / resíduos de podas e capinas	Não Sim	5 0	0

Fonte: Produzido pelo autor

5.4.12 Licença de operação

O indicador “Licença de Operação” foi incorporado ao IQAS haja vista a obrigatoriedade dos aterros sanitários obterem esse documento, o qual também estabelece as condicionantes a serem atendidas pela empresa administradora, bem como o cumprimento de ações e programas voltados para o controle, minimização e monitoramento dos impactos ambientais.

No âmbito do Estado do Ceará, a norma que dispõe sobre os critérios, procedimentos e parâmetros para o licenciamento e autorização ambiental das atividades potencialmente poluidoras é a Resolução Coema nº 02 de 11 de abril de 2019. Essa Resolução

classifica esse tipo de empreendimento como “Armazenamento de Resíduos Classe II – Não Perigosos”, estando os mesmos passíveis de emissão de Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LP).

O ASMLA possui o processo nº 08007586-0 de solicitação de renovação de licença de operação, que tramita na SEMACE. Após a mudança da gestão do aterro para a empresa atual, que ocorreu próximo ao ano de 2010, houve diversas inspeções no local por técnicos do órgão ambiental, os quais elaboraram pareceres técnicos exigindo da empresa responsável o cumprimento de diversas condicionantes e a apresentação de documentos, como: auto-monitoramento dos poços subterrâneos e dos efluentes da ETE, monitoramento da qualidade da água do corpo hídrico receptor, monitoramento da estabilidade dos maciços, relatório de vida útil, plano de emergência, plano de encerramento do aterro, alvará da prefeitura, dentre outros.

O último Parecer Técnico da SEMACE ratificou o indeferimento do pedido de renovação já oficializado em outros documentos anteriores, baseado nos laudos de análise dos poços subterrâneos localizados no aterro, cujos parâmetros encontravam-se em desacordo com a legislação em vigor. Além desse item, verificou-se a ausência de licença de operação para a unidade de lavagem e abastecimento dos veículos, ausência de autorização para a área de extração de areia (material de empréstimo), falta de alvará de funcionamento, relatório de aferição da balança, outorga da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) para lançamento do efluente no corpo receptor, monitoramento geotécnico, relatório de vida útil, além de outras exigências.

Considerando que, apesar de a empresa ter cumprido parte das exigências, algumas pendências ainda não foram sanadas, atualmente o ASMLA opera sem a licença ambiental.

Desse modo, esse subitem não obteve pontuação, conforme demonstra o Quadro 63.

Quadro 63 – Avaliação do indicador “Licença de Operação”

ITEM 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.12 Licença de operação	Não	0	0
	Sim	5	

Fonte: Produzido pelo autor

5.4.13 Manutenção de acessos internos

Esse indicador foi incorporado ao IQAS com o intuito de avaliar se está ocorrendo a manutenção adequada nas vias de acesso à frente de trabalho e outros setores do aterro.

As vias internas são aquelas utilizadas para a circulação de caminhões e máquinas no interior do aterro para os caminhões descarregarem o material a ser depositado, e devem ser construídos mecanicamente durante o período de implantação de cada etapa.

Como os acessos são implantados em área sujeita a influência das chuvas, nessa época, a preocupação com a manutenção deve ser aumentada, possibilitando a continuidade de disposição dos resíduos ao longo de todas as estações do ano.

O critério para a avaliação desse indicador é a inspeção visual, sendo que, cabe ao avaliador observar os itens descritos acima. Em razão de ter sido constatado que os acessos internos apresentaram boas condições, foram quantificados 2 pontos, conforme aponta o Quadro 64.

Quadro 64 – Avaliação do indicador “Manutenção dos acessos internos”

ITEM 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.13 Manutenção dos acessos internos	Não	0	2
	Sim	2	

Fonte: Produzido pelo autor

5.4.14 Atendimento as estipulações de projeto

O indicador “atendimento às estipulações de projeto” refere-se a efetivação comprovada, acerca da implementação de todos os projetos apresentados ao órgão licenciador, bem como o cumprimento dos programas, planos e o atendimento dos critérios estipulados nos itens de projeto apresentados nas diferentes etapas do licenciamento e durante a fase de operação do aterro sanitário. Dessa forma, o critério estabelecido para a avaliação desse indicador é a validação pelo órgão ambiental, atestando que houve a efetivação destes, o que é verificado através dos pareceres e relatórios técnicos.

Com relação ao indicador em pauta, destaca-se que, conforme analisado no processo de licenciamento ambiental do ASMLA, foi verificado que foram apresentados três planos de vida útil do aterro. O primeiro, em 2012, descreve as características do aterro e apresenta as medidas a serem adotadas após o encerramento das atividades, mas não fixa data para o fechamento do equipamento.

Considerando que foram realizadas obras de engenharia para ampliação do aterro e prorrogação de sua vida útil a partir de 2012, o segundo plano data de novembro de 2013 e previa o encerramento das atividades das trincheiras de resíduos em dezembro de 2014. O terceiro documento foi apresentado em setembro de 2015, e estipulou uma vida útil de 44 meses para o aterro. Vale ressaltar que, de acordo com este, o aterro teria suas atividades encerradas em maio de 2019. O último plano foi apresentado no mês de dezembro de 2017, este projetou que o aterro terá sua vida útil esgotada em dezembro de 2019.

Assim, ficou evidenciado que os planos apresentados não estão atendendo os prazos estabelecidos, pois, do contrário, o aterro já deveria ter encerrado suas atividades.

Ademais, a avaliação como *inadequada* dos indicadores de “funcionamento da drenagem de águas pluviais”, “funcionamento da drenagem de gases” e “funcionamento do sistema de tratamento de chorume”, demonstram um desempenho insatisfatório das alternativas tecnológicas implantadas.

Por essa questão, considerou-se que não houve o atendimento às estipulações de projeto, dessa forma, esse subitem não obteve pontuação, como demonstra o Quadro 65.

Quadro 65 – Avaliação do indicador “Atendimento as Estipulações de Projeto”

ITEM 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.14 Atendimento às estipulações de projeto	Não	0	0
	Sim	5	

Fonte: Produzido pelo autor

5.5 Descrição e avaliação dos indicadores de “Sistemas de Proteção Ambiental”

5.5.1 Monitoramento das águas subterrâneas

Para a avaliação do indicador “monitoramento das águas subterrâneas,” foram estabelecidos três critérios. O primeiro foi o atendimento à norma ABNT 10.157:1987, que dispõe sobre os aterros perigosos: critérios para projeto, construção e operação. Embora o ASMLA não se enquadre nesse tipo de sistema de destinação final, normalmente recorre-se às recomendações dessa norma para a tomada de decisão acerca da construção dos poços de monitoramento do aterro. Segue o que diz a norma acerca da localização dos poços de monitoramento.

Os poços de monitoramento devem ser em número suficiente, instalados adequadamente de forma que as amostras retiradas representem a qualidade da água existente no aquífero mais alto, na área do aterro, devendo ser observados os seguintes itens:

a) o sistema de poços de monitoramento deve ser constituído de, no mínimo, quatro poços, sendo um a montante e três a jusante no sentido do fluxo de escoamento preferencial do lençol freático;

b) os poços devem ter diâmetro mínimo suficiente para coleta de amostras, ser revestidos e tampados na parte superior para se evitar contaminação das amostras (ABNT, 1987, p. 4).

Verificou-se que esse item do sistema de monitoramento das águas subterrâneas foi atendido, pois no ASMLA estão localizados 4 poços, estando 1 a montante e 3 a jusante da área de trincheiras de resíduos.

Outro critério estabelecido foi a frequência de amostragem estipulada pelo órgão licenciador, que, no caso da SEMACE, é a coleta e análise quadrimestral dos poços instalados na área interna do aterro. O terceiro critério estabelecido para esse indicador são os resultados das análises da água dos poços, que devem estar em conformidade com os padrões exigidos na Resolução CONAMA nº 396 de 07 de abril de 2008, que *“dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências”*.

Decidiu-se que, para o subitem ser classificado como adequado é necessário o cumprimento de ao menos 2 dos 3 critérios estabelecidos.

Cabe salientar que o ASMLA encontra-se sem licença de operação (LO). Dentre as diversas condicionantes que constam nas licenças, uma delas é a apresentação dos relatórios contendo os resultados das análises realizadas nos poços de monitoramento, e sua comparação com os padrões exigidos pela legislação vigente.

Verificou-se que os últimos auto-monitoramentos dos poços piezométricos ocorreram em 2017, sendo que, até o mês junho de 2019, não foram apresentados os dados referentes a 2018 e 2019. É válido acrescentar também que, conforme é possível atestar pela análise do processo de licenciamento ambiental do aterro, por meio dos Pareceres Técnicos nº 4107/2017-DICOP/GECON e 4975/2018-DICOP/GECON, todas as campanhas de coletas realizadas por empresas contratadas (e da SEMACE), entre os anos de 2012 até o ano de 2017, apresentaram desconformidade dos parâmetros exigidos pela Resolução CONAMA 396/2008.

Como ficou evidenciado, os dois últimos critérios elencados não foram atendidos. Dessa forma, esse subitem foi avaliado como inadequado, como demonstra o Quadro 66.

Quadro 66 – Avaliação do indicador “Monitoramento das Águas Subterrâneas”

ITEM 5 – SISTEMAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
5.1 Monitoramento das águas subterrâneas	Adequado	5	2
	Inadequado	2	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.5.2 Monitoramento das águas pluviais

O monitoramento das águas pluviais foi incluído como indicador do IQAS por ser um importante item do monitoramento ambiental, devido à influência das águas superficiais na composição do chorume do aterro e na estabilidade dos maciços. O procedimento pode ser feito através da instalação de pluviômetros ou pluviógrafos, cujas análises auxiliam na coleta de dados sobre as precipitações à nível local e na avaliação acerca do planejamento e da eficiência do sistema de drenagem das águas superficiais.

Os dados medidos nos pluviômetros são pontuais e representam apenas a chuva de uma reduzida área em torno do pluviômetro. Para calcular a precipitação média numa superfície qualquer, é necessário utilizar as observações de várias estações dentro desta superfície e nas suas vizinhanças, valendo-se de métodos específicos. (CORRENTINO, 2011).

Segundo Correntino (2011), é recomendado a medição da precipitação em intervalos de 24 horas, geralmente às 7 horas da manhã, com auxílio de provetas graduadas em mm (10 e 25 mm).

É importante destacar que o órgão ambiental do Estado do Ceará não possui normas específicas para o monitoramento das águas pluviais nos aterros licenciados, além disso, não foram verificadas recomendações sobre o procedimento nas normas da ABNT mencionadas nesse trabalho.

No entanto, é recomendável a coleta e análise da água de drenagem ao final do sistema, antes de ser lançada no corpo receptor, haja vista a alta possibilidade de contaminação pelo contato com os resíduos do aterro durante sua passagem pelas canaletas, caixas de passagem e escadas hidráulicas instaladas no topo e na base das trincheiras. Dessa forma, esse índice estipula uma frequência mínima de 01 coleta a ser realizada na época de chuvas, para fins de análise dos parâmetros e enquadramento na legislação em vigor para o lançamento em corpos d'água.

Vale salientar que o aterro está lançando as águas de drenagem superficial diretamente no recurso hídrico, sem análise de sua qualidade, o que pode representar risco de poluição do solo e da microbacia.

Diante do contexto, o critério considerado para esse indicador foi a existência de equipamento para medições da precipitação e a existência de programa de monitoramento da qualidade das águas antes do lançamento no meio ambiente. Para essa dissertação, foi estipulado que é necessário o cumprimento dos dois critérios para se obter a avaliação adequada.

Enfatiza-se que o ASMLA possui um pluviômetro instalado que, quando em época das chuvas na área do aterro, segundo as informações do encarregado técnico, são executadas as medições diariamente. No entanto, pelo fato de não estar havendo monitoramento da qualidade das águas pluviais, o último critério desse indicador não foi atendido, portanto esse subitem foi avaliado como *inadequado*, conforme o Quadro 67.

Quadro 67 – Avaliação do indicador “Monitoramento das Águas Pluviais”

ITEM 5 – SISTEMAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
5.2 Monitoramento das águas pluviais	Adequado	5	2
	Inadequado	2	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.5.3 Monitoramento dos lixiviados

O monitoramento dos lixiviados pode ser feito por técnicos habilitados, através de um programa contínuo implementado no sistema de gestão ambiental do aterro, por empresas contratadas para essa finalidade, ou pelo órgão ambiental licenciador.

No Estado do Ceará, esse acompanhamento é feito por meio da apresentação dos relatórios de auto-monitoramento dos sistemas de tratamento do chorume solicitados pela SEMACE, com frequência estipulada na licença de operação do aterro, e a análise dos resultados dos parâmetros do efluente final em comparação com os padrões exigidos pela Resolução COEMA nº 02/2107.

Para o estabelecimento do critério do indicador em questão serão considerados três critérios, sendo que o atendimento de 2 desses critérios confere ao subitem avaliação *adequada*. O primeiro critério é a adoção pelos gestores do aterro, de um programa contínuo de monitoramento dos lixiviados nos sistemas de tratamento do efluente, seja por solicitação

do órgão ambiental, ou de forma espontânea. O segundo, é o cumprimento dos prazos estipulados pelo órgão ambiental para apresentação dos relatórios de auto-monitoramento, e o terceiro, a avaliação dos resultados das análises dos seus parâmetros, em conformidade com os padrões exigidos pela legislação em vigor

Vale salientar que em análise ao processo de licenciamento do ASMLA, nunca existiu um programa contínuo de monitorização dos efluentes das lagoas de estabilização do aterro. Ademais, é importante salientar que a frequência do programa de monitoramento e apresentação dos relatórios ao órgão ambiental fica estipulado na LO do empreendimento, com os devidos prazos fixados nas condicionantes da licença, a depender do tipo de atividade. Considerando que o aterro encontra-se irregular quanto ao licenciamento ambiental, não estão ocorrendo nenhum dos procedimentos citados acima. Dessa forma, esse subitem foi avaliado como inexistente, conforme demonstra o Quadro 68.

Quadro 68 – Avaliação do indicador “Monitoramento dos lixiviados”

ITEM 5 – SISTEMAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
5.3 Monitoramento dos lixiviados	Adequado	5	0
	Inadequado	2	
	Inexistente	0	

Fonte: Produzido pelo autor

5.5.4 Monitoramento dos corpos d'água do entorno

Apesar da norma ABNT 13.896:1997 recomendar a distância mínima de 200 metros para corpos hídricos, alguns aterros sanitários podem acabar se instalando próximos a esses locais, o que representa um potencial risco ao meio ambiente e à saúde humana. Para esses casos com o intuito de avaliar se existe um programa de monitoramento dos recursos hídricos situados a menos de 200 metros do terreno do aterro, considerou-se importante a inclusão desse indicador no IQAS.

O critério escolhido para a avaliação desse indicador foi a existência ou não, de um programa contínuo de monitoramento adotado pelos responsáveis pela administração do aterro, sobre a qualidade da água do recurso hídrico situado a jusante da área operacional.

Considerando que para o aterro em estudo que não foram adotadas tais medidas de monitoramento, o subitem em pauta não obteve pontuação, conforme demonstra o Quadro 69.

Quadro 69 – Avaliação do indicador “Monitoramento dos corpos d’água do entorno”

ITEM 5 – SISTEMAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
5.4 Monitoramento dos corpos d’água do entorno	Não	0	0
	Sim	5	

Fonte: Produzido pelo autor

5.5.5 Monitoramento da drenagem dos gases

Um fator que deve ser levado em consideração é o monitoramento da drenagem dos gases produzidos no aterro, dado o alto poder combustível e explosivo do metano. A norma da ABNT 13.896:1997 recomenda que se realize medições nas concentrações e vazões dos gases gerados no aterro.

O critério para avaliar esse subitem foi a existência ou não, de um programa de monitoramento contínuo dos gases em pontos específicos da área interna do aterro e do entorno. Nesse ponto, cabe ressaltar que a única campanha realizada de monitoramento de gases realizada pelo ASMLA, ocorreu em 2012, cujos dados foram apresentados à SEMACE, desde então, não houve mais esse tipo de avaliação.

Conforme o critério estabelecido, esse subitem não obteve pontuação, conforme o Quadro 70.

Quadro 70 – Avaliação do indicador “Monitoramento da Drenagem dos Gases”

ITEM 5 – SISTEMAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
5.5 Monitoramento da drenagem dos gases	Não	0	0
	Sim	5	

Fonte: Produzido pelo autor

5.5.6 Monitoramento da estabilidade dos maciços

O objetivo do monitoramento geotécnico, de acordo com a RECESA (2008) é obter dados de setores do aterro (células de resíduos), tanto em sua área quanto em sua profundidade, ao longo do tempo, de maneira a avaliar as modificações que ocorrem na evolução do processo de decomposição da massa de resíduos.

A análise da estabilidade dos maciços pode ser realizada através de análise visual

ou mediante a instalação de instrumentos em setores do aterro, do tipo: piezômetros, marcos superficiais, medidores de recalque em profundidade e medidores de temperatura (RECESA, 2008).

O critério para avaliar esse subitem foi a existência ou não, de um programa de monitoramento contínuo adotado pelo aterro, que realize o acompanhamento do comportamento geomecânico dos maciços, nível do percolado na massa de resíduos e pressão dos líquidos e gases no interior da massa de resíduos.

Diante desse contexto, vale acrescentar que, atualmente, o aterro conta com um programa de monitoramento constante desses parâmetros, que é realizado através de piezômetros instalados em pontos específicos dos maciços e marcos superficiais. Acrescenta-se também que, em análise ao processo de licenciamento do aterro, foi constatado que já foram realizadas ao menos três estudos geotécnicos por meio de campanhas de sondagem (percussão e mista), em que foram levantados dados como: perfis de solo do aterro, nível do lençol freático e nível e vazão do chorume. Portanto, considerou-se que esse subitem atendeu ao critério estabelecido, o que quantificou 5 pontos para esse indicador, conforme o Quadro 71

Quadro 71 – Avaliação do indicador “Monitoramento da estabilidade dos maciços”

ITEM 5 – SISTEMAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
5.6 Monitoramento da estabilidade dos maciços e taludes	Não	0	0
	Sim	5	

Fonte: Produzido pelo autor

O Quadro 72 apresenta uma síntese com todos os indicadores avaliados, a pontuação aplicada a cada item e o somatório total.

Quadro 72 – Quadro síntese

DIMENSÃO 1 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
1.1 Profundidade do lençol freático (P)	$P > 3m$	5	2
	$3 m \geq P \geq 1m$	2	
	$P < 1m$	0	
1.2 Permeabilidade do solo (K)	$K < 10^{-6}cm/s$	5	2
	$10^{-6}cm/s \geq k \geq 10^{-4}cm/s$	2	
	$K > 10^{-6}cm/s$	0	

1.3 Dimensões e inclinações dos taludes	Adequada Inadequada Inexistente	5 2 0	5
1.4 Drenagem provisória de águas pluviais	Adequada Inadequada Inexistente	5 2 0	0
1.5 Drenagem definitiva de águas pluviais	Adequada Inadequada Inexistente	5 2 0	5
1.6 Drenagem de chorume	Adequada Inadequada Inexistente	5 2 0	5
1.7 Sistema de Tratamento de chorume	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	2
1.8 Drenagem de gases	Adequada Inadequada Inexistente	5 2 0	5
1.9 Impermeabilização da base do aterro	Sim Não	5 0	0
1.10 Adequabilidade do terreno	Sim Não	5 0	0
1.11 Material de recobrimento	Adequado Inadequado Inexistente	2 1 0	2
1.12 Plano de contenção de riscos	Sim Não	5 0	5
1.13 Plano de encerramento do aterro	Sim Não	5 0	5
1.14 Vida Útil do aterro	≥ 10 anos < 10 anos	5 0	5
1.15 Unidade de Triagem / Reciclagem de resíduos	Sim Não	5 0	0
SUBTOTAL DO ITEM 1			43
DIMENSÃO 2 – INFRAESTRUTURA IMPLANTADA			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
2.1 Portaria / Guarita	Adequada Inadequada Inexistente	2 1 0	2
2.2 Controle no recebimento de carga	Adequada Inadequada Inexistente	2 1 0	2
2.3 Isolamento físico e sinalização da área do aterro	Adequado Inadequado Inexistente	2 1 0	1
2.4 Isolamento visual da área do aterro	Adequado Inadequado Inexistente	2 1 0	1

2.5 Sistema viário de acesso ao aterro	Adequado Inadequado	2 0	2
2.6 Acesso à frente de trabalho	Adequado Inadequado	2 0	2
2.7 Equipamentos de apoio	Adequados Inadequados Inexistentes	2 1 0	2
SUBTOTAL DO ITEM 2			12
DIMENSÃO 3 – CONDIÇÕES LOCAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
3.1 Distância de corpos d'água (D1)	D1 ≥ 200 m D1 < 200 m	5 0	0
3.2 Distância de núcleos habitacionais (D2)	D2 ≥ 500 m D2 < 500 m	5 0	0
3.3 Presença de aves	Não Sim	2 0	0
3.4 Presença de animais domésticos	Não Sim	5 0	5
3.5 Presença de moscas	Não Sim	2 0	0
3.6 Ocorrência de odores	Não Sim	2 0	0
3.7 Presença de catadores dentro do aterro	Não Sim	5 0	5
3.8 Presença de resíduos dispersos pelo vento	Não Sim	5 0	5
3.9 Queima de resíduos dentro do aterro	Não Sim	5 0	5
3.10 Afloramento de chorume	Não Sim	5 0	5
3.11 Proximidade a Áreas Protegidas (D3)	D3 ≥ 3 km D1 < 3 km	5 0	5
SUBTOTAL DO ITEM 3			30
DIMENSÃO 4 – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
4.1 Recobrimento diário dos resíduos	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	5
4.2 Compactação dos resíduos	Adequada Inadequada Inexistente	5 2 0	5
4.3 Nivelamento da superfície do maciço	Sim Não	2 0	2
4.4 Homogeneidade da cobertura	Sim Não	2 0	2

4.5 Funcionamento da drenagem de chorume	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	0
4.6 Funcionamento da drenagem de águas pluviais	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	2
4.7 Funcionamento da drenagem de gases	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	2
4.8 Funcionamento do sistema de tratamento de chorume	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	2
4.9 Recebimento de resíduos de serviços de saúde	Não Sim	5 0	5
4.10 Recebimento de resíduos industriais	Não Sim	5 0	5
4.11 Recebimento de resíduos da construção civil / resíduos de podas e capinas	Não Sim	5 0	0
4.12 Licença de Operação (LO)	Sim Não	5 0	0
4.13 Manutenção dos acessos internos	Sim Não	2 0	2
4.14 Atendimento às estipulações de projeto	Sim Não	5 0	0
SUBTOTAL DO ITEM 4			32
DIMENSÃO 5 – SISTEMAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL			
Descrição	Avaliação	Peso	Pontos
5.1 Monitoramento das águas subterrâneas	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	2
5.2 Monitoramento das águas pluviais	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	2
5.3 Monitoramento dos lixiviados	Adequado Inadequado Inexistente	5 2 0	0
5.4 Monitoramento dos corpos d'água do entorno	Sim Não	5 0	0
5.5 Monitoramento do sistema de drenagem de gases	Sim Não	5 2	0
5.6 Monitoramento da estabilidade dos maciços e taludes do aterro	Sim Não	5 2	5
SUBTOTAL DO ITEM 5			9
TOTAL MÁXIMO ATINGÍVEL EM TODOS OS ITENS		223	
TOTAL ATINGIDO PELO ASMLA			126

Fonte: Produzido pelo autor

CÁLCULO DO IQAS

A equação a seguir demonstra a composição do IQAS:

$$\text{IQAS} = [(S1 + S2 + S3 + S4 + S5)] \times 10 / P_{\text{máx}}$$

Onde:

- S1 é o somatório das notas dos critérios referentes as “características de projeto”;
- S2 é o somatório das notas referentes a “infraestrutura implantada”;
- S3 é o somatório das notas referentes as “condições locais”;
- S4 é o somatório das notas referentes as “condições operacionais”;
- S5 é o somatório das notas referentes aos “sistemas de proteção ambiental”;
- P_{máx} é o somatório máximo possível da pontuação de todos os indicadores.

Desse modo, aplicando-se a fórmula para o cálculo do IQAS do Aterro Sanitário Metropolitano Leste de Aquiraz, obtém-se o seguinte resultado:

$$P_{\text{máx}} = 223$$

$$(S1 + S2 + S3 + S4 + S5) = 126$$

$$\text{IQAS} = 126 \times 10 / 223 = \mathbf{5,6}$$

AVALIAÇÃO DO ATERRO

Aplicando-se a metodologia proposta nessa pesquisa, o índice alcançado pelo Aterro Sanitário Metropolitano Leste de Aquiraz (ASMLA) é 5,6, indicando que o aterro encontra-se em condições inadequadas de instalação e operação, conforme o Quadro 73, sendo necessária a implementação de melhorias em seu gerenciamento, especialmente quanto aos procedimentos operacionais e aos programas de monitoramento ambiental.

Quadro 73 – Escala de pontuação

PONTUAÇÃO	AVALIAÇÃO
$0 < \text{IQAS} \leq 7$	Condições Inadequadas
$7 < \text{IQAS} \leq 10$	Condições Adequadas

Fonte: CETESB, 2015

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No tocante ao desempenho individualizado das 5 dimensões que compõem o índice de Qualidade de Aterros Sanitários (IQAS): “características do projeto”, “infraestrutura implantada”, “às condições locais”, “às condições operacionais” e aos “sistemas de proteção ambiental”, cabe fazer as seguintes considerações:

Em referência a dimensão “características de projeto”, que busca avaliar os estudos prévios, planos e projetos apresentados, bem como se os mesmos atendem às normas técnicas pertinentes, fazendo-se uma regra de três simples, na qual se soma a pontuação de cada indicador, comparando-se com a pontuação máxima possível para o grupo de indicadores, obtêm-se a pontuação de 43 pontos dentre 72 possíveis, o que representou uma eficiência de 59,7% na avaliação geral dos indicadores, com base nos critérios e pesos adotados no IQAS, resultado considerado como adequado.

Em relação a esse item, é pertinente fazer algumas considerações. Considerando que os dados referentes aos itens dos projetos executivos, EIA-RIMA, Planos e Programas referentes a instalação e operação dos aterros sanitários, constam nos autos dos processos de licenciamento ambiental e em posse da empresa que administra o equipamento, em alguns casos, o pesquisador pode ter certa dificuldade ou ser vítima da morosidade na disponibilização desses dados. Para o caso dessa dissertação, salienta-se que houve plena colaboração da empresa que administra o ASMLA e do órgão ambiental do Estado Ceará, na disponibilização das informações para a pesquisa, no entanto, o contexto pode não ser o mesmo em outras experiências.

Deve-se atentar também a possibilidade de uma supervalorização desse item, haja vista que pode ocorrer a plena apresentação dos projetos em harmonia com as normas e padrões da legislação vigente, no entanto, isso não significa necessariamente que os mesmos serão implementados e operados conforme o que foi estipulado. Portanto, é de suma importância que o pesquisador estabeleça uma relação com outros itens do IQAS, os quais, com base nos critérios estabelecidos, avaliam a eficácia dos sistemas, plano e programas de controle ambiental, notadamente àqueles referentes as “condições operacionais” e os “sistemas de proteção ambiental”.

Em referência a dimensão “infraestrutura implantada”, cujo objetivo é avaliar a estrutura de apoio logístico do aterro, além das condições de isolamento físico e visual em relação ao seu entorno, o grupo de indicadores teve o melhor desempenho dentre os demais, obtendo pontuação de 12 pontos para um máximo atingível de 14, o que representa 85,7% de

eficiência.

Na dimensão “condições locais” do aterro, buscou-se apresentar determinados indicadores relacionados as variáveis dinâmicas que podem ser identificadas *in loco* pelo pesquisador, a exemplo da presença de animais domésticos, aves e moscas na área interna do aterro, presença de catadores na frente de trabalho e a ocorrência de afloramento de chorume nos maciços e taludes.

Esse item, também incorpora indicadores que avaliam a localização do aterro e sua correlação com aspectos do meio físico, a saber, distância de corpos hídricos e áreas protegidas (unidades de conservação) e de comunidades (núcleos habitacionais). Em se tratando desses aspectos, cabe ressaltar a problemática locacional observada na área desse aterro, haja vista o equipamento estar instalado muito próximo à comunidade da “Vila do Machuca” e a um curso d’água. Nesse quesito, vale salientar que uma inovação do IQAS para os aspectos locacionais, foi a inclusão do indicador que avalia a distância dos aterros com Áreas Protegidas (Unidades de Conservação), baseado em critérios explicados no Capítulo 5.

Cabe destacar também que surgiram dúvidas acerca do manutenção de determinados indicadores, pelos quais torna-se praticamente impossível a eliminação do fator de subjetividade em sua avaliação, como é o caso da “presença de odores” e “presença de moscas”. Para esses indicadores, é notável a carência de parâmetros técnicos e legais estabelecidos, estando a análise sujeita a variações de um pesquisador para outro. Apesar disso, foi considerado pertinente a permanência dos mesmos no IQAS, haja vista a sua correlação com os procedimentos operacionais (cobrimento diário dos resíduos), bem como, em razão da proximidade do aterro com as residências do entorno e as questões de saúde envolvidas.

Em que se pese a avaliação desse grupo, baseado nos critérios estipulados para os indicadores que o compõem, a pontuação obtida foi de 30 pontos para um máximo atingível de 46 portanto, a eficiência alcançada por esse item foi de 65,2%, o que pode ser avaliado como um desempenho regular.

O conjunto de indicadores do IQAS que expressam as condições operacionais, a exemplo da avaliação do funcionamento dos sistemas de drenagem de líquidos percolados e gases, tratamento do chorume, além de procedimentos atinentes ao controle de resíduos proibidos no aterro e sua rotina operacional, obteve 32 pontos de 61 possíveis, demonstrando 52,4% de eficiência para esse grupo na avaliação geral.

Cabe salientar que a pontuação baixa para esses aspectos de operacionalização, refletem um desempenho limitado das alternativas tecnológicas adotadas no aterro e denotam

uma baixa eficácia no tocante a implementação dos projetos e planos apresentados, os quais foram avaliados pelo primeiro grupo de indicadores do IQAS. Além disso, a avaliação inadequada de subitens como o “sistema de drenagem pluviais” e “sistema de tratamento do chorume”, deve ser observado com maior atenção pelos responsáveis no gerenciamento do ASMLA, haja vista a relação direta desses fatores com a estabilidade do aterro, o volume de lixiviados e o impactos negativos no solo e recursos hídricos.

Em se tratando dos indicadores de monitoramento ambiental, a pontuação para esse item obteve 9 pontos de 30 possíveis, o que representou o desempenho mais baixo dentre todos os grupos avaliados (30%), estando apenas o indicador “monitoramento dos maciços e taludes do aterro” no nível adequado. Alguns fatores observados durante a avaliação desse item, que guardam relação com a baixa eficiência verificada, foram a descontinuidade das campanhas de monitoramento das águas subterrâneas na área interna e externa do aterro, os resultados obtidos pelas campanhas realizadas, bem como a inexistência de monitoramento para a avaliação dos impactos no corpo hídrico localizado a jusante e para os efluentes gerados na ETE.

É bem verdade que cabe também aos órgãos de controle, a fiscalização dos empreendimentos passíveis de licenciamento e o monitoramento dos recursos hídricos no âmbito estadual, no entanto, é crucial a adoção pelo empreendedor de uma política interna de gerenciamento ambiental que conte com programas contínuos de monitoramento de todos os aspectos técnico-operacionais, bem como dos impactos ambientais.

A proposição do IQAS, como foi mencionado no Capítulo 2, derivou da avaliação e modificação de outros índices de avaliação de aterros já consagrados na literatura, como o IQR-Nova Proposta (CETESB, 2013) e o IQA (FARIA, 2002). A partir da análise dos resultados obtidos por esses índices em vários Estados do país, decidiu-se pela incorporação ou exclusão de alguns dos seus indicadores para a construção da nova proposta, bem como a criação de novos indicadores e mudança na denominação de outros.

Um fator diferencial do IQAS foi a criação de um item que engloba em quase sua totalidade, os aspectos de projeto do aterro sanitário (Item 1). O autor considerou a análise desses dados de suma importância para uma avaliação mais precisa da situação *in loco*, como também para a avaliação da efetividade dos projetos apresentados e do desempenho dos sistemas implantados. Para esse item ressalta-se a inclusão de um indicador para a existência do “Plano de Contenção de Riscos” e a existência ou não, de “Unidades de Triagem e Reciclagem de Resíduos”, este último, visando o incentivo à adoção desse modelo mais sustentável nos aterros sanitários.

Para os aspectos de condições operacionais, é válido destacar que, além da incorporação de indicadores de restrição à presença de resíduos de serviços de saúde e industriais, decidiu-se pela inclusão do indicador “recebimento dos resíduos de construção civil e de podas e capinas”, devido ao fato de não ser recomendável a destinação em aterros domiciliares de resíduos desse tipo, além da importância dos mesmos para os processos de reciclagem, compostagem e aproveitamento energético.

Outro aspecto inovador do IQAS foi a compilação dos indicadores de monitoramento ambiental em um único item denominado “Sistemas de Proteção Ambiental”, acrescentando-se um indicador para o monitoramento dos corpos hídricos superficiais situados na área de entorno. Destaca-se que esse subitem teve relevância na análise ambiental desse aterro, pelo fato da existência de um recurso hídrico localizado a jusante da área operacional, desse modo, pode ser útil para avaliações semelhantes.

Os dados levantados por essa pesquisa demonstraram que a situação atual da gestão e gerenciamento integrado dos resíduos sólidos no Estado do Ceará, assim como na maioria dos Estados do país, ainda carece de muitos avanços em todos os campos. A ausência de políticas públicas articuladas no âmbito municipal de fomento à coleta seletiva, da qual depende diretamente a atividade de reciclagem, é uma realidade na maioria dos municípios cearenses e brasileiros.

Um exemplo desse panorama é a realidade do Município de Aquiraz, cidade-sede do aterro sanitário estudado, o qual não dispõem de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e programa de coleta seletiva implantado, sendo essas iniciativas essenciais não só do ponto de vista socioambiental e econômico, como também tem consequência direta na diminuição na demanda de resíduos sólidos destinadas ao aterro e o aumento da sua vida útil.

Dentre dessa perspectiva, cabe salientar os esforços da Prefeitura Municipal de Eusébio, que em conjunto com a Associação de Catadores e Catadores de Resíduos Sólidos de Eusébio, desde 2015 vêm operando de forma exitosa um programa de coleta seletiva que atende diversos bairros do município, e hoje já é o 4º colocado no *ranking* estadual em termos de empresas em atividade no setor.

No que concerne a problemática da destinação final dos resíduos, a situação atual é grave, pois ainda persistem em solos cearenses, cerca de 300 lixões, causando poluição ambiental e impondo riscos à saúde da população. As estimativas de órgãos oficiais é quem existem apenas 5 aterros sanitários em funcionamento no Estado, mas a maioria destes não operam em conformidade com as leis ambientais vigentes e normas orientadoras, como

demonstraram os resultados obtidos através da aplicação da metodologia do IQAS no aterro sanitário de Aquiraz-CE.

Nessa mesma perspectiva, é primordial a ampliação dos esforços de gestores municipais e dos investimentos estaduais e federais para viabilizar a concretização dos consórcios intermunicipais de gestão integrada de resíduos sólidos, haja vista que, dentre os 26 consórcios planejados para construção de aterros sanitários e centrais de transbordo no Estado do Ceará, apenas 2 tiveram efetividade em sua implantação (Região de Sobral e Limoeiro do Norte).

Diante do atual contexto, a proposição desse índice teve como principal objetivo aprimorar a avaliação da qualidade dos aterros de resíduos, ampliando-se e refinando-se a análise para além dos aspectos locacionais, de infraestrutura e operação, pela inclusão de novos indicadores qualitativos que abordam aspectos de sustentabilidade ambiental, visando também a sua apropriação por órgãos ambientais e o meio acadêmico.

De acordo com a aplicação da metodologia proposta nessa pesquisa, a nota alcançada pelo Aterro Sanitário Metropolitano Leste de Aquiraz (ASMLA) foi de 5,6, indicando que o aterro encontra-se em condições inadequadas. O resultado obtido, confirma a segunda hipótese elencada pela pesquisa. Assim sendo, faz-se necessário a implementação de melhorias no gerenciamento do aterro, especialmente no tocante aos procedimentos operacionais e a implementação continuada de programas de monitoramento ambiental.

De acordo com os resultados alcançados por essa pesquisa, o autor considerou a abordagem metodológica elaborada para a aplicação do IQAS adequada para a avaliação da qualidade ambiental de aterros sanitários, podendo o mesmo constituir uma ferramenta útil para subsidiar as avaliações de técnicos que atuam no licenciamento, fiscalização e monitoramento em órgãos ambientais, bem como em trabalhos acadêmicos na área de saneamento ambiental.

Vale enfatizar que, dada a flexibilidade desses índices a adaptar-se à inclusão de novos indicadores em face da especificidade de cada aterro, o autor é plenamente favorável a utilização do IQAS em sua versão original ou adaptada, para novas proposições análogas, que possam possibilitar sua validação científica e sua aplicação em outros aterros do Estado do Ceará e do Brasil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO GENTE AJUDANDO GENTE – AGAGE. **Enquanto isso no lixão**. Aquiraz, 2011. Disponível em: <http://agageaquiraz.wordpress.com/category/agage/meio-ambiente/lixo>. Acesso em: 18 maio 2019.

ANDRADE, T. C. C. Aplicação de uma ferramenta de gestão ambiental de qualidade de aterros de resíduos sólidos urbanos. **RCA**, Vol. 7, n.2, 2013. Disponível em: <http://revistas.unilassale.edu.br/index.php/Rbca>. Acesso em: 10 maio 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2014**. São Paulo. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4389267/mod_resource/content/1/panorama2014.pdf. Acesso em: 12 jul. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2017**. São Paulo – SP: ABRELPE, 2017. Disponível em: http://abrelpe.org.br/wp-content/uploads/2018/09/SITE_grappa_panoramaAbrelpe_ago_v4.pdf. Acesso em: 21 mar. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Saúde desperdiçada: o caso dos lixões**. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, NBR 10004. **Resíduos sólidos – Classificação**. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, NBR 8419. **Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos**. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, NBR 13896. **Aterros de Resíduos não Perigosos. Critérios para Projetos, Implantação e Operação**. 1997.

BANCO DO NORDESTE. **MANUAL DE IMPACTOS AMBIENTAIS. Orientações Básicas sobre Aspectos Ambientais de Atividades Produtivas**. 1999.

BARTHOLOMEU, D.B., CAIXETA-FILHO, J.V. **Logística Ambiental dos Resíduos Sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011.

BENDA, F. **Favorabilidade de áreas para implantação de aterros controlados no município de Campo dos Goytacazes/RJ utilizando sistemas de informação geográfica**. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciência e Tecnologia. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. Campo dos Goytacazes, RJ. 2008. 158 p.

BERTICELLI, R., PANDOLFO, A. KORF, E.P. Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos: Perspectivas e Desafios. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v.5, n.2, p. 711-744, out.2016/mar.2017. Disponível em: http://www.portaldeperiodicos.unicsul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view3624.

Acesso em: 12 de fev. de 2019.

BRANDÃO, R.L. Sistemas de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR. **Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação da Região Metropolitana de Fortaleza**. CPRM, 1995.

BRASIL – Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA. 24 - **Fortaleza: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1981.

BRASIL. **Constituição** (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

_____. **Lei nº 9.795**, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a Educação Ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União, DF, 28 abr. 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm. Acesso em: 3 abr. 2018.

_____. **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 União, Brasília, DF, 02 set. 1981.

_____. **Lei nº 9.605**, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 fev. 1998.

_____. **Lei nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais do saneamento básico e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 08 jan. 2007, p. 3. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm. Acesso em: 16 abr. 2019.

_____. **Lei nº 16.032** de 20 de junho de 2016. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos no Âmbito do Ceará. Diário Oficial do Estado, Fortaleza, CE, 29 jun. 2016.

_____. **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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 ago, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm. Acesso em 4 dez. 2018.

_____. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

_____. **Projeto de Lei nº 2.289**, de 08 de julho de 2015. Prorroga o prazo para a destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos de que trata o art. 54 da Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Disponível em: www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=1555331&ord=1. Acesso em: 29 jan. 2019.

_____. **Decreto Estadual nº 32.164**, de 02 de março de 2017. Altera o Decreto nº 25.777, de 15 de fevereiro de 2000, que dispõe sobre a poligonal do corredor ecológico do rio Pacoti e dá outras providências. Diário Oficial do Estado, Fortaleza, CE, 06 mar, 2017.

_____. **Decreto Federal nº 6.514**, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 23 jul. 2008.

_____. **Decreto Estadual nº 25.777**, de 15 de fevereiro de 2000. Dispõe sobre a criação do corredor ecológico do rio Pacoti, no trecho da ponte velha da CE 040 até a cota 600 (RN-IBGE) da serra de Baturité ligando as APA's do Rio Pacoti e da Serra de Baturité, abrangendo os municípios de Aquiraz, Itaitinga, Pacatuba, Horizonte, Pacajus, Acarape e Redenção e dá outras providências. Diário Oficial do Estado, Fortaleza, CE, 17 fev, 2000.

CANNEL, C. F. & KAHN, R. L. Coleta de dados por entrevista. In: FESTINGER, L. & KATZ, D. **A pesquisa da psicologia social**. Rio de Janeiro, EFGV, 1974.

CASTILHOS JÚNIOR, A.B. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos com Ênfase na preservação de corpos d'água**: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

CAVALCANTE, A. W. L.; SOUSA, M. A. de; ALBINO, M. J. A. **Descobrimo e Construindo Aquiraz**: conhecimentos de Geografia e História. Fortaleza – Ceará, Edições Demócrito Rocha, 2005. Disponível em: http://www.uece.br/mag/dmdocuments/camila_freire_dissertacao.pdf. Acesso em: 12 abr. 2018.

CAZULA, L.P. & MIRANDOLA, P.H. Bacia Hidrográfica – Conceitos e Importância como Unidade de Planejamento: Um exemplo aplicado na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado - São Paulo. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas/MS – nº 12 – Ano 7**, 2010.

CEARÁ. **Panorama Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos**. Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará: Fortaleza, 2015.

CEARÁ. PREFEITURA MUNICIPAL DE AQUIRAZ, 2017. Aspectos econômicos. Disponível em: <http://www.aquiraz.ce.gov.br/aspectos-economicos>. Acessado em: 22 jan. 2019.

CEARÁ. PREFEITURA MUNICIPAL DE AQUIRAZ. **Plano diretor de desenvolvimento urbano – PDDU**. Aquiraz, 2005.

CEARÁ. PREFEITURA MUNICIPAL DE AQUIRAZ. **Plano Municipal de Saneamento Básico**: abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário. 2017. Disponível em: <http://www.aquiraz.ce.gov.br/wp-content/upload/2018/03/PSMB-AQUIRAZ.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2018.

CEARÁ. PREFEITURA MUNICIPAL DE AQUIRAZ. Secretaria de Administração e Planejamento. **Aquiraz comemora 316 anos de história**. 2015. Disponível em:

http://www.seap.aquiraz.ce.gov.br/noticias_detalhes.php?cod_noticia=19. Acesso em: 18 mar. 2018.

CEARÁ. SECRETARIA DAS CIDADES. **Consórcios Públicos de Resíduos**. Disponível em: <http://www.cidades.ce.gov.br/consorcios-publicos-de-residuos/>. Acesso em: 17 abr. 2019.

CEARÁ. SECRETARIA DAS CIDADES. **Secretário das cidades visita obras da CTR, em Limoeiro do Norte**. 2018. Disponível em: <https://www.cidades.ce.gov.br/2018/10/19/secretario-das-cidades-visita-obras-da-ctr-em-limoeiro-do-norte>. Acesso em: 23 abr. 2019.

CEARÁ. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – SEMA. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos. 2019**. Disponível em: <http://www.sema.ce.gov.br/plano-estadual-de-residuos-solidos-2/>. Acesso em: 25 jul. 2019.

CEARÁ. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – SEMA. **Planos Regionais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. 2019**. Disponível em: <http://www.sema.ce.gov.br/planos-regionais-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos/>. Acesso em: 20 abr. 2019.

CEARÁ. SECRETARIA DO TURISMO DO ESTADO DO CEARÁ. **Indicadores Turísticos 2006/2017**. 2018. Disponível em: <https://www.setur.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/59/2018/10/Indicadores-2006-2017.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2018.

CEARÁ. SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA - SEINFRA. **Estudo de Viabilidade do Programa para o tratamento e disposição de resíduos sólidos do estado do Ceará**, elaborado pela Prointec, 2005, revisado abril/2006.

CINCOTTO, M. A. **Alternativas da gestão de resíduos de gesso**: contribuição para reformulação da Resolução CONAMA 307. São Paulo: EPUSP, julho de 2003. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel.index.php/semexatas/article/viewFile/21247/21848>. Acesso em: 21 mar. 2018.

COELHO, P. M. P. O tratamento multilateral do meio ambiente: Ensaio de um novo espaço ideológico. In: FONSECA Jr., Gelson; CASTRO, Sergio Henrique Nabuco de (Orgs.). **Temas de Política Externa Brasileira II** – V. 1. São Paulo: Fundação Alexandre de Gusmão / Instituto de Pesquisa de Relações Internacionais / Paz e Terra, 1994. Disponível em: <http://www.pct.capes.gov.br/2011/33003017080P0/TES.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2019

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Valores orientadores para solo e água subterrânea**. São Paulo, 2005.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares**. São Paulo, 1998.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRE. **Composto urbano. Ficha Técnica**. 2015. Disponível em: <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/10/composto-urbano>. Acesso em: 24 abr. 2019.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRE. **Lixo municipal. Manual de gerenciamento integrado**. 4. ed. São Paulo, 2018. 316 p.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRE. **Radiografando a Coleta Seletiva**: Pesquisa Ciclosoft, 2018. Disponível em: <http://cempre.org.com.br/ciclosoft/id/8>. Acesso em: 29 de mar. de 2019.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA – CRQ. **Gerenciamento Ambiental de Aterros Sanitários**. 2011. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/sms/files/file/Gerenciamento%20de%20aterros%20sanit%C3%A1rios%20versao%20colorida.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2019.

CORDANI, U. G. **Ecos da Eco 92 na reunião da SBPC. Estudos Avançados [on-line]**. São Paulo, 1992, vol. 6, n. 15, pp. 97-102. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40141992000200006&script=sci_arttext. Acesso em: 31 jan. 2019.

CORRENTINO, M.C.A. **Capacitação de profissionais integrantes dos órgãos gestores de recursos hídricos do Estado do Ceará para o PISF. Notas de Aulas sobre hidrometria. Operação e manutenção de estações automáticas de coletas de dados**. Natal-RN. 2011. Disponível em: <http://www.capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bistream/ana/2013/1/hidrometria.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2019.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Defensoria Pública aciona municípios para cumprimento da Lei de resíduos sólidos**. Fortaleza, 2016. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editoriais/metro/online/defensoria-publica-aciona-municipios-para-cumprimento-da-lei-de-residuos-solidos-1.1538408>. Acesso em: 18 maio 2019.

DIAS, M.R. A Educação Ambiental no Brasil: análise dos artigos nacionais mais referenciados pelos pesquisadores. **Rev. Ibirapuera**, São Paulo, n. 11, p. 43-51, jan/jun, 2016. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication>. Acesso em: 28 fev. 2019.

EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Solos dos Tabuleiros Costeiros**. 2019. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/coco/arvore/CONT000gm3htqb402wx5ok0f7m v20chka6ca.html>. Acesso em: 28 mai, 2019.

FARIA, F. dos S. **Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coppe. Rio de Janeiro, 2002.

FIGUEIREDO, M.A. **A cobertura vegetal do Ceará** (Unidades Fitoecológicas). In: Atlas do Ceará. Governo do Estado do Ceará. IPLANCE; Fortaleza-CE, 65p.

GOMES, M. L.; PEREIRA, E. C. G.; MORAIS, J. O. **Degradação Socioambiental no Baixo Curso do Rio Catú, Aquiraz-Ceará**: comprometimento da mata ciliar e recursos hídricos. IV Encontro Nacional da Anppas, Brasília –DF –Brasil, 2008. Disponível em: <http://www.repositoriobib.ufc.br/000011/0000116a.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2019.

GRANJEIRO, C.M.M. **Contribuição ao Estudo Integrado da Paisagem e dos Ecossistemas das Áreas dos Municípios de Aquiraz/Ceará**. Convênio Universidade Estadual do Ceará/SUBIN

GRANJEIRO, C.M.M, *et al.* (org). Relatório Final. Fortaleza, UECE, 1983.

GRANELL-PEREZ. M. D. C., 2004. **Trabalhando geografia com cartas topográficas**. Ijuí: Editora Unijuí, 2ª edição, p.91. Disponível em: http://www2.uefs.br/geotropicos/bacias_drenagens_portugal.pdf. Acesso em: 02 dez. 2018.

GUERRA, A.T. **Dicionário Geológico e Geomorfológico**. 8ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL – IBAM. **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro. IBAM, 2001. 200 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA – IBGE. **Agência Reuters: População brasileira cresce 0,82 % e atinge 208,5 milhões de pessoas**. Notícia publicada em 29 de agosto de 2018. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/politica-economia/220277-populacao-brasileira-cresce-082-e-atinge-2085-milhoes-de-pessoas-dizibge.html#.XHgUt7gnaM8>. Acesso em: 28 fev. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA – IBGE. **Atlas de Saneamento 2011**. Saneamento e Meio Ambiente. 2011. 36p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA – IBGE. **Biblioteca. Catálogo do Município de Aquiraz**. 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?view=detalhes&id=3408>. Acesso em: 5 jan. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 dez. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama da Educação de Aquiraz**. 2018. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/aquiraz/panorama>. Acesso em: 21 maio 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Pecuária Municipal, 2016**.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção agrícola municipal (2000 – 2002), 2002**.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Panorama Socioeconômico das Regiões de Planejamento do Estado do Ceará**. Fortaleza, 2017.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Perfil Básico Municipal do Município de Aquiraz**. Fortaleza, 2009.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Perfil Básico Municipal do Município de Eusébio**. Fortaleza, 2012. Disponível em:

<http://www.ipece.ce.gov.br/2016/12/16/perfil-basico-municipal-2016>. Acesso em: 13 maio 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Perfil Socioeconômico do Município de Fortaleza**. v-2. Fortaleza, 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGICA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. Perfil Básico Municipal – 2014 - Aquiraz. Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2014/Aquiraz.pdf. Acesso em: 25 jan. 2019.

JARDIM, N.S. **O lixo municipal**: Manual de gerenciamento integrado. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1995.

JORNAL TRIBUNA DO CEARÁ. **Importações de castanha de caju têm elevação recorde no Ceará**. Notícia publicada em 4 jul. 2017. Disponível em: <http://tribunadoceara.uol.com.br/blogs/investe-ce/2017/07/04/importacoes-de-castanha-de-caju-tem-elevacao-recorde-no-ceara/>. Acesso em: 7 jan. 2018.

LAMBE, T. W., WHITMAN, R. V., 1969, **Soil Mechanics**. John Wiley & Sons Inc., Massachusetts Institute of Technology, New York, USA. Disponível em: http://https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-3928-5_3. Acesso em: 28 maio 2019.

LEITE, W. C. A. **Estudo da gestão de resíduos sólidos: uma proposta de modelo tomando a unidade de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHI-5) como referência**. Tese Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, 1997. São Paulo – SP. Disponível em: citrus.uspnet.usp.br/usprio/?q=trabalhos. Acesso em: 20 fev. 2019.

LEMA, J.M.; MENDEZ, R. & BLASQUEZ, R. **Characteristics os Landfill Leachates and Alternatives for their Treatment**. A Review. Water, Air and Soil Poluiton, v 40. 1988. p223-250.

LIMA, J. D. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: ABES, 2001. 267 p. Disponível em: <http://www.web-resol.org/textos/livrosprosab.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2019.

LIMA, J. D. **Relatório de Impacto Ambiental**. Projeto de implantação para ampliação do Aterro Sanitário Metropolitano de Caucaia-CE. RIMA / SEMACE. Fortaleza, 2011.

LINARD, A. DE F.G. **Análise do aproveitamento energético do biogás do aterro metropolitano oeste em Caucaia sob a perspectiva do mecanismo de desenvolvimento limpo**. Dissertação de mestrado. Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Depto. de Engenharia Química, Fortaleza, 2010.

LINDGREEN ALVES, José Augusto. **Relações Internacionais e Temas Sociais**. Brasília: Ed. UNB, 2001. Disponível em: <http://www.dhnet.org.br/direitos/sip/onu/textos/livrolindgrenalvesdecadaconferenciasonu.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2019.

LOPES, A.A. **Estudo da Gestão e do Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos no Município de São Carlos (SP)**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/93058/martins_bl_me_bauru.pdf?sequencia=1. Acesso em: 08 mar. 2019.

LOUREIRO, S. M. **Índice de Qualidade no Sistema da Gestão Ambiental em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos-IQS**. Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2005. Disponível em: http://www.getres.ufrj.br/pdf/LOUREIRO_SM_05_t_int.pdf. Acesso em: 27 abr. 2019

MACEDO, R. K. **A importância da Avaliação Ambiental**. São Paulo. Editora UNESP, 1991. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/download/28533/>. Acesso em: 26 abr. 2019.

MELO, D.A. **Proposta de processo decisório para reabilitação das áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Goiânia**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/7699>. Acesso em: 08 mar. 2019.

MELO, M.C. **Uma análise de recalques associada a biodegradação em aterros de resíduos sólidos da Muribeca**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2003. Disponível em: <http://www.liper.ufpe.br/teses/arquivo/20031120163453.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Agenda 21 Brasileira. Avaliação de Resultados**. Secretariaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental – SAIC. Departamento de Cidadania e Responsabilidade Ambiental – DCRS. Brasília, 2012. Disponível em: <http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/963/1/agenda.resultados.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Coleta seletiva**. Brasília, DF. 2019. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis/reciclagem-e-reaproveitamento>. Acesso em: 5 fev. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo Aplicada a Resíduos Sólidos. Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2007. 40p. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbanos/125_publicacao12032009023803.pdf. Acesso em: 12 fev. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Versão preliminar para consulta pública. Brasília, DF, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos, SINIR**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://www.sinir.gov.br/index.php/component/content/article/2-uncategorised/117-sistema-nacional-de-informacoes-sobre-a-gestao-dos-residuos-solidos-sinir>. Acesso em: 12 mar. 2019.

MONTENEGRO J. R, I.R.P. **Turismo e Urbanização: Gestão de Impactos no Litoral de Aquiraz-CE**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Ceará. Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA. Fortaleza-CE. 2004. 115p.

MORAES, L.R.S & BORJA, P.C. Gestão Integrada e Sustentável: Novo Paradigma para os Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil e na Bahia. Artigo Publicado em Politécnic – **Revista do Instituto Politécnico da Bahia**, n. 21-E, ano 8, p.16-21, mar. 2015. Disponível em: <http://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2387599>. Acesso em: 12 fev. 2019.

MOREIRA, P.G. A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e seu legado na política ambiental brasileira. **Revista Tamoios**, Rio de Janeiro, UERJ-FFP, v.I, n.2, pp. 33-38, 2011.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro, 3 ed., 2003.

MOURA, M.R. **Processos Costeiros e Evolução da Ocupação nas Praias do Litoral Oeste de Aquiraz, Ceará entre 1970-2008**. Dissertação (mestrado). Universidade estadual do Ceará. Centro de Ciências e Tecnologia. Fortaleza, 2009. Disponível em: www.uece.br/mag/dmdocuments/marisa_ribeiro_moura.pdf. Acesso em: 22 jan. 2019.

NARUO, Mauro Kenji. **Estudo do consórcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando sistema de informações geográfica**. 2003. 287f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

NOVAES, W. **Eco-92: Avanços e Interrogações**. Estud. av. v.6 n.15. São Paulo, maio/ago, 1992. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.phpscript=sci_arttext&pid=S010340141992000200005&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 31 jan. 2019.

OLIVEIRA, G.G. de. **Análise Integrada da Linha de Costa situada entre o Riacho Barro Preto e o Rio Catu, Aquiraz, Ceará**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2009.

OLIVEIRA, L. D. **A Ideologia do Desenvolvimento Sustentável no Ensino da Geografia**. 2001. 176 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Faculdade de Formação de Professores (FFP), São Gonçalo, RJ, 2001. Disponível em: www.cp2.g12.br/ojs/index.php/GIRAMUNDO/article/view/. Acesso em: 31 jan. 2019.

OLIVEIRA, L. de. A Percepção da Qualidade Ambiental In: **Ação do Homem e a Qualidade Ambiental**, Rio Claro: ARGEO/ Câmara Municipal, 1983.

PAIXÃO FILHO, J. L. da. **Lixiviado de aterros sanitários: alternativas de tratamento para o cenário brasileiro**. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp. Campinas, 2017. Disponível em: http://www.repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/331746/PaixaoFilho_JorgeLuizDa.D.pdf. Acesso em: 23 maio 2019.

PARANÁ. **Resolução Conjunta nº 01/2006 SEMA/IAP/SUDERHSA**, de 21 de agosto de 2006. Estabelece requisitos, critérios técnicos e procedimentos para a impermeabilização de áreas destinadas a implantação de aterros sanitários, visando a proteção e a conservação do solo e das águas subterrâneas. Diário Oficial do Estado do Paraná, 15 set. 2006. Disponível em:

https://ambienteduran.eng.br/publicador/LEGISLACAO/ESTADUAL/RESOLUCAO_SEMA_SUDERSHA_01_2006.pdf. Acesso em: 28 maio 2019.

PEREIRA, S.S. & CURI, R.C. Aplicação do índice de qualidade de aterros de resíduos sólidos urbanos no aterro sanitário de Puxinanã/PB. **Revista Sustentabilidade em Debate**. Brasília. V. 8, n. 1, p. 108-124. Abr, 2017.

POSSUELO, L.G.; VARGAS, R.M.; TRES, M.F.; VIANA, J.; REIS, A.J.; KRUG, S.F.; SILVEIRA, R.C. da E. Pet-Saúde: Ação de promoção de saúde com trabalhadores de resíduos recicláveis. **Revista Brasileira Pesquisa Saúde**. Vitória-ES. Jul-set. 2016. Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/RBPS/article/download/15740/10887>. Acesso em: 15 jul. 2019.

PINTO, D.P. de S. **Contribuição à Avaliação de Aterros de Resíduos Industriais**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. 162p.

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS – PGABM. **Relatório Final da Revisão**. Secretaria dos Recursos Hídricos. Governo do Estado do Ceará. 2010. Disponível em: <http://portal.cogerh.com.br/planos-de-bacias/category/54-relatoriofinal-edicao-definitiva-fase-i>. Acesso em: 25 jan. 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE EUSÉBIO – PME. **Planejamento e implantação da coleta seletiva de Eusébio**. Jul/2014. Dez/2015.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013**. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/consulta>. Acesso em: 25 jan. 2019.

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO PELO TRABALHO PARA A SAÚDE – PET SAÚDE. **Programa de Educação em Saúde: lixos e vetores**. 2011. Disponível em <http://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/lains/Folheto4.pdf> Acesso em: 26 mar. 2019.

_____. **Resolução CONAMA nº 305**, de 12 de junho de 2002. Dispõe sobre Licenciamento Ambiental, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto no Meio Ambiente de atividades e empreendimentos com Organismos Geneticamente Modificados e seus derivados.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO – PROSAB. **Gerenciamento do lodo de lagoas de estabilização não mecanizadas**. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Universidade Federal do Espírito Santo. UFES. 2009. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/gerenciamento_lodo/gerenciamento_lodo_de_lagoas.pdf. Acesso em: 22 maio 2019

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO – PROSAB. **Resíduos sólidos**

urbanos: aterros sustentáveis para municípios de pequeno porte. Florianópolis, 2003. 294 p.

RECESA. **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.

REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL – RECESA. **Resíduos Sólidos:** projeto operação e monitoramento de aterros sanitários. Salvador, 2008. Disponível em: <http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/RSU-POMA2.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2019.

ROHDE, G. M. **Método de Seleção de áreas para Aterros Sanitários.** 1 ed. Porto Alegre: CIENTEC, 1989.

RODIGUES, R.A. **O Impactos do desenvolvimento nas comunidades litorâneas do município de Aquiraz – Ceará.** Dissertação (mestrado). Instituto de Ciências do Mar. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2004. Disponível em: www.repositorioufc.br. Acesso em: 16 jan. 2019

SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de impacto ambiental:** conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de textos, 2006. 495.p.

SANTAELLA, S.T. MATOS BRITO, A.E.R. PEREIRA DA COSTA, F. de A. CASTILHO, N.M.V. DE MIO, G.P. FERREIRA FILHO, E. LEITÃO, R.C. SALEK, J.M. **Resíduos Sólidos e a Atual Política Ambiental Brasileira.** 2014. 21 p.

SANTOS, I.V.A. **Estudo de riscos de acidentes de trabalho em coletores de lixo.** São Paulo, ANAP. 2008. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/multidisciplinar/prejuizos.pdf>. Acesso em: 27 maio 2019.

SANTOS, G.O. **Resíduos Sólidos e Aterros Sanitários: Em busca de um novo olhar.** Recife, 2016. 80, p.

SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE - SEMAS. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco.** Recife, 2012. 360p.

SEWELL, G. H. **Administração e Controle da qualidade ambiental.** São Paulo: EPU-USP e CETESB, 1978. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/download/28533/>. Acesso em: 26 abr. 2019.

SILVA, E. **Apostilas Técnicas de Avaliação de Impacto Ambiental.** Viçosa/MG. Editora UFV, 2004. Disponível em: <https://document.onl/documents/apostilas-tecnicas-de-avaliacao-de-impactos-ambiental.html>. Acesso em: 09 maio 2019.

SINDICATO DAS EMPRESAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS, DOMÉSTICOS E INDUSTRIAIS DO ESTADO DO CEARÁ – SINDIVERDE. **Anuário do Setor de Reciclagem do Ceará.** 2016. 124 p. Disponível em:

<http://www.sindiverde.com.br/principal>. Acesso em: 23 abr. 2019.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – SEMACE. **Corredor Ecológico do Rio Pacoti. Ceará, 2010.** Disponível em: <http://https://www.semace.ce.gov.br/2010/12/08/corredor-ecologico-do-rio-pacoti/>. Acesso em: 25 abr. 2019.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – SEMACE. **Parecer Técnico nº 4107/2017-DICOP/GECON.** Processo administrativo SPU nº 08007586-0. Câmara Técnica para análise dos laudos da água subterrânea na área interna do aterro sanitário de Aquiraz-CE. Fortaleza-CE. 2017.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – SEMACE. **Processo administrativo SPU nº 08007586-0. Solicita licença de operação para o aterro sanitário localizado na rod. CE-040, s/n, Km 18, no Município de Aquiraz.** Fortaleza-CE. 2008.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – SEMACE. **Relatório Técnico nº 2570/2016-DIFIS/GEFIS.** Processo administrativo SPU nº 08007586-0. Ceará, 2016.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – SEMACE. **Relatório Técnico nº 1747/2014-DICOP/GECON.** Solicitação de Renovação de licença de operação para aterro sanitário. Processo administrativo SPU nº 08007586-0. Fortaleza-CE. 2014.

TIVERON, V.P.M.; MARQUES, A.C.M.; NAHAS, C.M.; FRANÇOSO, N.C.T. & GODOI, M.O. **Disposição de resíduos no Município de São Paulo: Aterros Sanitários. I SEMINÁRIO LUSO-BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL.** 1995, 15p.

TRIVIÑOS A.N.S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo, Atlas, 1987. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3145622/mod_resource/content/. Acesso em: 15 ago. 2018.

TUAN, Y. **Environment and the Quality of Life.** London. University of Chicago Press, 1978, p. 21.

UNRIC – Centro Regional de Informações das Nações Unidas. **Relatório da ONU mostra população mundial cada vez mais urbanizada, mais da metade vive em zonas urbanizadas, ao que se pode juntar 2,5 milhões em 2050.** 2019. Disponível em: <https://www.unric.org/pt/actualidade/31537-relatorio-da-onu-mostra-populacao-mundial-cada-vez-mais-urbanizada-mais-de-metade-vive-em-zonas-urbanizadas-ao-que-se-podem-juntar-25-mil-milhoes-em-2050>. Acesso em: 27 maio 2019.

VILHENA, ANDRÉ. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado.** 3. ed. São Paulo: CEMPRE, 2010.

WILSON, D. C. Development drivers for waste management. **Waste Management & Research**, v. 25, n. 3, 2007, p. 198-207.

ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. (2003). Gerenciamento integrado de resíduos sólidos

urbanos. In: **Resíduos sólidos urbanos**: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. PROSAB. Rima Artes e Texto – São Carlos, SP, p.1-18.

ANEXO A – DECRETOS, LEIS, RESOLUÇÕES E NORMAS RELATIVAS AOS RSU

As normas que serão citadas a seguir são referentes a questões ligadas ao gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil e foram obtidas no *site* oficial do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR). O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos é um instrumento da PNRS, e foi concebida como uma plataforma digital para coleta, processamento e disponibilização de informações sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos dos serviços públicos privados do país.

O SINIR é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente, conforme o artigo 71 do Decreto nº 7.404/2010, e tem a missão de disponibilizar periodicamente à sociedade o diagnóstico da situação dos resíduos sólidos por meio do Inventário Nacional de Resíduos Sólidos e agregar as informações sob a esfera de competência da União, Estados, Distrito Federal e Municípios (MMA, 2014).

Decreto nº 96.044, de 18 de maio de 1988

Aprova o regulamento para o transporte de produtos perigosos e dá outras providências.

Decreto nº 98.973, de 21 de fevereiro de 1990

Aprova o regulamento para o transporte ferroviário de produtos perigosos e dá outras providências.

Decreto nº 4.281, de 25 de junho de 2002

Regulamenta a Lei no 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências.

Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008

Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências.

Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010

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.

Decreto nº 7.405, de 23 de dezembro de 2010

Institui o Programa Pró-Catador, denomina Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis o Comitê Interministerial

da Inclusão Social de Catadores de Lixo criado pelo Decreto de 11 de setembro de 2003, dispõe sobre sua organização e funcionamento, e dá outras providências.

Decreto nº 7.619, de 21 de novembro de 2011

Regulamenta a concessão de crédito presumido do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI na aquisição de resíduos sólidos.

Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002

Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

Decreto nº 5.360, de 31 de janeiro de 2005

Promulga a Convenção sobre Procedimento de Consentimento Prévio Informado para o Comércio Internacional de Certas Substâncias Químicas e Agrotóxicos Perigosos, adotada em 10 de setembro de 1998, na cidade de Roterdã.

Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006

Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências.

Decreto nº 5.098, de 3 de junho de 2004

Dispõe sobre a criação do Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos-P2R2, e dá outras providências.

Decreto nº 875, de 19 de julho de 1993

Promulga o texto da Convenção sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito.

Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004

Aprova o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes adotada naquela cidade, em 22 de maio de 2001.

Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989

Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007

Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998

Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.

Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999

Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências.

Resolução CONAMA nº 401, de 4 de novembro de 2008

Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências.

Resolução CONAMA nº 450, de 06 de março de 2012

Altera 362/05art. 24-A à Resolução no 362, de 23 de junho de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que dispõe sobre recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado.

Resolução CONAMA nº 448, de 18 de janeiro de 2012

Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nas definições de: aterro de resíduos Classe A de preservação de material para usos futuros, área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, gerenciamento de resíduos sólidos, gestão integrada de resíduos sólidos.

Resolução CONAMA nº 431, de 25 de maio de 2011

Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso.

Resolução CONAMA nº 416, de 30 de setembro de 2009

Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências.

Resolução CONAMA nº 420, de 30 de dezembro de 2009

Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas

contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Resolução CONAMA n° 375, de 29 de agosto de 2006

Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.

Resolução CONAMA n° 380, de 07 de novembro de 2006

Retifica a Resolução CONAMA n° 375/2006.

Resolução CONAMA n° 275, de 25 de abril de 2001

Estabelece código de cores para os diferentes tipos de resíduos.

Resolução CONAMA n° 264, de 26 de agosto de 1999

Trata de co-processamento de resíduos em fornos de “clinker” para fabricação de cimento.

Resolução CONAMA n° 235, de 07 de janeiro de 1998

Publica novo texto do anexo 10 da Resolução CONAMA 23/96 sobre importação de resíduos.

Resolução CONAMA n° 08, de 30 de outubro de 1991

Dispõe sobre a entrada no país de materiais residuais.

Resolução CONAMA n° 23, de 12 de dezembro 1996

Dispõe sobre as definições e o tratamento a ser dado aos resíduos perigosos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito.

Resolução CONAMA n° 264, de 26 de agosto de 1999

Licenciamento de fornos rotativos de produção de “clinker” para atividades de co-processamento de resíduos.

Resolução n° 313, de 29 de outubro de 2002

Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.

Resolução n° 316, de 29 de outubro de 2002

Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Foi alterada pela Resolução 386/06.

Resolução n° 358, de 29 de abril de 2005

Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.

Resolução n° 307, de 17 de julho de 2002

Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção

civil.

Resolução nº 431, de 25 de maio de 2011

Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso.

Resolução nº 5, de 05 de agosto de 1993

Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários.

Revisão da Resolução nº 5, de 05 de agosto de 1993

Estabelece definições, classificação e procedimentos mínimos para o gerenciamento dos resíduos sólidos de serviços de portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários.

Resolução CONAMA nº 404, de 11 de novembro de 2008

Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.

Norma ABNT NBR 8418:1984

Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos.

Norma ABNT NBR 7039:1987

Pilhas e acumuladores elétricos – Terminologia.

Norma ABNT NBR 10157:1987

Critérios para projeto, construção e operação de aterros de resíduos perigosos.

Norma ABNT NBR 7501:1989

Transporte de Produtos Perigosos – Terminologia.

Norma ABNT NBR 7500:1994

Símbolos de riscos e manuseio para transporte e armazenamento de materiais.

Norma ABNT NBR 9190:1993

Sacos plásticos – Classificação.

Norma ABNT NBR 9191:1993

Sacos Plásticos – Especificação.

Norma ABNT NBR 10004:1987

Resíduos Sólidos – Classificação.

Norma ABNT NBR 10005:2004

Lixiviação de Resíduos.

Norma ABNT NBR 10006:2004

Solubilização de resíduos.

Norma ABNT NBR 10007:2004

Amostragem de resíduos.

Norma ABNT NBR 11174:1990

Armazenamento de resíduos classe II, não inertes, e III, inertes – Procedimentos.

Norma ABNT NBR 12245:1992

Armazenamento de resíduos sólidos perigosos – Procedimentos.

Norma ABNT NBR 12807:1993

Resíduos de serviços de saúde – Terminologia.

Norma ABNT NBR 12808:1993

Resíduos de serviços de saúde – Classificação.

Norma ABNT NBR 12809:1993

Manuseio de resíduos de serviços de saúde – Procedimentos.

Norma ABNT NBR 13055:1993

Sacos plásticos para acondicionamento de lixo – Determinação da capacidade volumétrica.

Norma ABNT NBR 13221:1994

Transporte de resíduos – Procedimento.

Norma ABNT NBR 13463:1995

Coleta de resíduos sólidos – Classificação.

Norma ABNT NBR 8419:1992

Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

Norma ABNT NBR 13896:1997

Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação.