



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM GEOTECNIA AMBIENTAL

HEITOR DE SANTANA RODRIGUES

**IMPACTO ECONÔMICO DEVIDO AO ENCERRAMENTO DE TRÊS LIXÕES EM
MUNICÍPIOS BAIANOS DE MÉDIO PORTE**

Recife

2025

HEITOR DE SANTANA RODRIGUES

**IMPACTO ECONÔMICO DEVIDO AO ENCERRAMENTO DE TRÊS LIXÕES EM
MUNICÍPIOS BAIANOS DE MÉDIO PORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Área de Geotecnia.

Área de concentração: Geotecnia
Linha de pesquisa: Geotecnia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Miriam Cleide Cavalcante de Amorim

Recife

2025

Catálogo de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Rodrigues, Heitor de Santana.

Impacto econômico devido ao encerramento de três lixões em municípios baianos de médio porte / Heitor de Santana Rodrigues. - Recife, 2025.

163 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2025.

Orientação: José Fernando Thomé Jucá.

Coorientação: Miriam Cleide Cavalcante de Amorim.

Inclui referências.

1. Lixão; 2. Requalificação; 3. Custos do encerramento; 4. Orçamento municipal. I. Jucá, José Fernando Thomé. II. Amorim, Miriam Cleide Cavalcante de. III. Título.

UFPE-Biblioteca Central

HEITOR DE SANTANA RODRIGUES

**IMPACTO ECONÔMICO DEVIDO AO ENCERRAMENTO DE TRÊS LIXÕES EM
MUNICÍPIOS BAIANOS DE MÉDIO PORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Área de Geotecnia.

Aprovada em: 26/03/2025

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá – UFPE

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Miriam Cleide Cavalcante de Amorim – UNIVASF

BANCA EXAMINADORA

Participação por videoconferência

Prof. Dr. Juliano da Cunha Gomes (examinador externo)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Participação por videoconferência

Prof. Dr. Francisco Humberto de Carvalho Júnior (examinador externo)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

Participação por videoconferência

Prof. Dr. Eduardo Antônio Maia Lins (examinador externo)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

"Não ferir quem te feriu". – Padre Júlio Lancellotti

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus, por não desistir desse filho quando o cansaço da labuta calejava no corpo e no espírito. Por ter possibilitado que o encontro de dois seres lindos – Martha e Cláudio – frutificasse em três bons filhos.

À Oxóssi, meu protetor que sempre atende aos pedidos de minha amada avó Péu, colocando teu cavalo e tua flecha a minha frente, protegendo e guiando-me para os bons caminhos.

À Poeta Pók Ribeiro, companheira de aventura, que esteve ao meu lado durante esse extenso caminho percorrido, sempre com a amizade e o amor se fazendo presentes, demonstrando apoio e incentivo para que eu chegasse até essa etapa. A ti, todo meu respeito e orgulho por ser a MULHER que é!

Agradeço ao Leminski e ao Pingo Serelepe, meus gatos que acompanharam todo o processo de escrita, acordados madrugada adentro.

A todos da família Souza Costa, meus parentes de coração que tanto me apoiaram e incentivaram para que concluísse o mestrado.

Ao professor Fernando Jucá que, mais do que um orientador, é um bom amigo. Ao senhor, sou grato por topar encarar essa jornada comigo, confiando no meu trabalho e garantindo autonomia para que trilhasse meu caminho através das minhas próprias decisões. Agradeço por cada orientação, conselho e abraços!

À Prof.^a Dr.^a Miriam Amorim, minha gratidão por ter convivido com esse aprendiz de aluno e topado coorientar. Saiba que nesse tempo, aprendi a ser uma pessoa melhor, mais dedicada, responsável e amante pela pesquisa.

Meu muito obrigado ao professor Dr. Dennis Marinho pelo apoio com a pesquisa e por todo incentivo que me deu durante o desenvolvimento do tratamento dos dados.

Agradeço a minha colega Martha Bezerra pela parceria que tivemos dentro e fora do mestrado, virando noites produzindo relatórios e construindo projetos. Você é uma profissional brilhante!

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil por possibilitar a chegada de mais um mestre nesse mundo acadêmico. Muito obrigado por conduzirem o programa de modo eficiente e humana. Aqui, deixo registrado meu carinho e gratidão por Andrea Negromonte e Juliana Henriques.

Agradeço a todas, todos e todes do GRS por cada partilha que tivemos. Não tenho dúvidas da importância que esse grupo possui para o desenvolvimento do saneamento do nosso país.

À CAPES pela concessão da bolsa de pesquisa no início do meu percurso de mestrando. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço a Manu Gonçalves por todo apoio que me deu no início da minha pesquisa.

Por fim, agradeço a cada catador e catadora que encontrei nas cidades em que estive, possibilitando trocas de aprendizado.

Muito obrigado a meus colegas do mestrado da turma 2021!

RESUMO

A produção de resíduos sólidos (RSU) tem aumentado com o decorrer dos anos, devido ao gradativo crescimento populacional e à cultura do hiperconsumo, gerando desafios para os gestores municipais, quanto ao processo de erradicação e requalificação de lixões, bem como para destinar de forma ambientalmente adequada o passivo ambiental. Diante desse cenário busca-se analisar os lixões de Senhor do Bonfim, Valença e Itacaré, localizados no Estado da Bahia, desde o diagnóstico ambiental, por meio de ferramentas de apoio à decisão, até o impacto no orçamento anual referente ao exercício financeiro de 2024. As etapas envolveram uso do software ReLix no processo de diagnóstico das áreas degradadas por resíduos, com a finalidade de detalhar e caracterizar esses locais para obter os cenários e técnicas mais adequadas para remediar. A segunda etapa foi a de concepção da requalificação e a terceira etapa envolveu o levantamento da previsão dos custos, através da aplicação do método DEPRN para a obtenção do agravo ambiental e da ferramenta Mapeamento da Plataforma de Conhecimento para a definição da taxa de tolerância, bem como dos impactos nas receitas dos municípios através da análise da Lei Orçamentária Anual (LOA). Em relação ao impacto ocasionado pelos resíduos o ReLix indicou 481 pontos para o Lixão de Valença, 420 pontos para o Lixão de Itacaré e 376 para o Lixão de Senhor do Bonfim. O custo calculado referente ao agravo ambiental foi de R\$ 735.389,88 para o Lixão de Valença, R\$ 408.922,21 para o Lixão de Itacaré e R\$ 146.189,82 para o Lixão de Senhor do Bonfim. Os custos dos projetos de requalificação variaram de R\$ 1.125.021,24 a R\$ 4.138.254,02. Com isso o impacto no orçamento ficou entre 0,74% e 1,08%.

Palavras-chave: Lixão; Requalificação; Custos do Encerramento; Orçamento Municipal.

ABSTRACT

The production of solid waste (MSW) has increased over the years, due to the gradual population growth and the culture of hyperconsumption, creating challenges for municipal managers regarding the process of eradicating and requalifying of dumpsites, as well as disposing of environmental liabilities in an environmentally appropriate manner. Given this scenario, the aim is to analyze the dumpsites of Senhor do Bonfim, Valença and Itacaré, located in the State of Bahia, from the environmental diagnosis, through decision support tools, to the impact on the annual budget for the 2024 financial year. The steps involved the use of ReLix software in the process of diagnosing areas degraded by waste, with the purpose of detailing and characterizing these locations to obtain the most appropriate scenarios and techniques for remediation. The second stage was the design of the requalification and the third stage involved the survey of the cost forecast, through the application of the DEPRN method to obtain the environmental damage and the Knowledge Platform Mapping tool to define the tolerance rate, as well as the impacts on the municipalities' revenues through the analysis of the Annual Budget Law (ABL). Regarding the impact caused by the waste, ReLix indicated 481 points for the Valença's dumpsite, 420 points for the Itacaré's dumpsite and 376 for the Senhor do Bonfim's dumpsite. The calculated cost regarding the environmental damage was R\$ 735,389.88 for the Valença's dumpsite, R\$ 408,922.21 for the Itacaré's dumpsite and R\$ 146,189.82 for the Senhor do Bonfim's dumpsite. The costs of the requalification projects ranged from R\$1,125,021.24 to R\$4,138,254.02. As a result, the impact on the budget was between 0.74% and 1.08%.

Keywords: Dumpsite; Requalification; Closure Cost; Municipal Budget.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Percentual da destinação final de resíduos	25
Figura 2: Percentual da destinação final de resíduos	26
Figura 3: Disposição final adequada x inadequada de RSU no Brasil em 2023	27
Figura 4: Disposição final por regiões em 2023.....	28
Figura 5: Impactos provocados por lixão.....	30
Figura 6: Impactos provocados por aterro controlado	31
Figura 7: Localização do Lixão de Senhor do Bonfim, Bahia	45
Figura 8: Realização do levantamento planialtimétrico.....	45
Figura 9: Planta de Locação dos pontos de sondagem.....	46
Figura 10: Execução da sondagem no local	47
Figura 11: Coleta e armazenamento do lixiviado	48
Figura 12: Localização do Lixão de Valença, Bahia	49
Figura 13: Execução da sondagem	50
Figura 14: Implantação de eletrodos no Lixão de Valença.....	51
Figura 15: Localização do Lixão de Itacaré	52
Figura 16: Escorregamento da massa de lixo	53
Figura 17: Áreas de proteção ambiental.....	60
Figura 18: Unidades de conservação no Brasil	61
Figura 19: Distância do Lixão para o aeródromo	62
Figura 20: Levantamento planialtimétrico do Lixão de Valença	65
Figura 21: Áreas de deposição de lixo	66
Figura 22: Delimitação da área do Lixão Municipal de Senhor do Bonfim	68
Figura 23: Curvas de Nível do Lixão de Senhor do Bonfim.....	69
Figura 24: Áreas de deposição de lixo	70
Figura 25: Depósito de recicláveis na área 8.....	70
Figura 26: Levantamento planialtimétrico, áreas de deposição de resíduos e pontos de coleta de água	72
Figura 27: Desnível da área 5	73
Figura 28: Perfil Individual de Sondagem 01.....	74
Figura 29: Perfil Individual de Sondagem 02.....	74
Figura 30: Perfil Individual de Sondagem 03.....	75
Figura 31: Perfil Individual de Sondagem 04.....	75
Figura 32: Perfil geotécnico traçado com o SP02, SP03 e SP04.....	76
Figura 33: Modelo geoeletrico representativo da área do Lixão de Valença, obtido pelo caminhamento elétrico 01	78
Figura 34: Modelo geoeletrico representativo da área do Lixão de Valença, obtido pelo caminhamento elétrico 02	78
Figura 35: Delimitação da área de escorregamento dos resíduos.....	79
Figura 36: Acúmulo de Lixiviado.....	81
Figura 37: Solo de Itacaré	83
Figura 38: Presença de resíduos na calha do rio Pitanguinha	85
Figura 39: Presença de animais no lixão.....	91
Figura 40: Presença de aves sobrevoando o lixão	91

Figura 41: Flora impactada pelo lixão	94
Figura 42: Pontuação dos lixões conforme o critério	98
Figura 43: Pontuação final dos lixões	99
Figura 44: Cenário e técnicas de remediação indicadas pelo ReLix para o lixão de Valença	100
Figura 45: Cenário e técnicas de remediação indicadas pelo ReLix para o lixão de Senhor do Bonfim.....	101
Figura 46: Cenário e técnicas de remediação indicadas pelo ReLix para o Lixão de Itacaré	102
Figura 47: Readequação das áreas do Lixão de Valença	103
Figura 48: Readequação das áreas do Lixão de Itacaré	104
Figura 49: Definição das áreas do Lixão de Senhor do Bonfim.....	105
Figura 50: Resíduos expostos na superfície do terreno (Senhor do Bonfim, Valença e Itacaré)	106
Figura 51: Dreno meia calha	108
Figura 52: Esquema construtivo do dreno.....	109
Figura 53: Esquema do sistema de drenagem das células do Lixão de Senhor do Bonfim...	109
Figura 54: Esquema do sistema de drenagem das células do Lixão de Itacaré.....	110
Figura 55: Esquema do sistema de drenagem das células do Lixão de Valença.....	110
Figura 56: Esquema do sistema de drenagem de gases do Lixão de Senhor do Bonfim.....	112
Figura 57: Esquema do sistema de drenagem de gases do Lixão de Valença.....	113
Figura 58: Esquema do sistema de drenagem de gases do Lixão de Itacaré.....	113
Figura 59: Projeto conceitual da estação de transbordo e da unidade de triagem do Lixão de Senhor do Bonfim.....	115
Figura 60: Forma final do Lixão de Senhor do Bonfim.....	115
Figura 61: Forma final do Lixão de Valença	116
Figura 62: Forma final do Lixão de Itacaré.....	117
Figura 63: Presença de aves silvestres no lixão.....	121
Figura 64: Cachoeira em Itacaré.....	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Critérios de avaliação do dano – DEPRN.....	35
Tabela 2: Plataforma de Conhecimento	40
Tabela 3: Descrição dos furos de sondagem do Lixão de Valença	66
Tabela 4 Descrição dos furos de sondagem do Lixão de Senhor do Bonfim.....	71
Tabela 5 Volume estimado de resíduo para o Lixão de Senhor do Bonfim	71
Tabela 6: Volume de lixo estimado da área	73
Tabela 7: Análise das amostras de solo.....	82
Tabela 8: Resultados da análise do lixiviado	85
Tabela 9: Análise da água do Rio Canoeiro	87
Tabela 10: Dimensionamento da intensidade máxima da chuva.....	107
Tabela 11: Dimensionamento do diâmetro dos drenos.....	107
Tabela 12: Dimensionamento da altura máxima do dreno.....	108
Tabela 13: Dimensionamento da lagoa de retenção de lixiviado	111
Tabela 14: Dimensionamento do sistema de drenagem de gases	112
Tabela 15: Somatório das pontuações dos lixões por aspecto.....	134
Tabela 16: Valor do agravo ambiental por lixão	135
Tabela 17: Classificação da plataforma de conhecimento e da taxa de tolerância dos custos	1376
Tabela 18: Orçamento fiscal das Secretarias de Valença com ações na área de saneamento	137
Tabela 19: Comparativo do exercício fiscal por função da cidade de Valença.....	138
Tabela 20: Orçamento fiscal das Secretarias de Itacaré com ações na área de saneamento ..	139
Tabela 21: Comparativo do exercício fiscal por função da cidade de Itacaré.....	139
Tabela 22: Orçamento fiscal da Secretaria de Senhor do Bonfim com ações na área de saneamento	140
Tabela 23: Comparativo do exercício fiscal por função da cidade de Senhor do Bonfim.....	141

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Aspectos ambientais tipologia do dano e critérios de qualificação dos agravos (Continua).....	37
Quadro 2: Situações apontadas pelo ReLix.....	59
Quadro 3: Pontuações obtidas da caracterização dos lixões	62
Quadro 4: Pontuações obtidas da análise do solo e águas subterrâneas dos lixões	76
Quadro 5: Pontuações obtidas da análise das águas superficiais dos lixões	84
Quadro 6: Pontuações obtidas da análise do meio social dos lixões	89
Quadro 7: Pontuações obtidas da análise do meio natural e paisagens dos lixões	92
Quadro 8: Pontuações obtidas da análise do meio atmosférico dos lixões	95
Quadro 9: Determinação do fator multiplicador relacionado ao aspecto ar.....	125
Quadro 10: Determinação do fator multiplicador relacionado ao aspecto água	126
Quadro 11: Determinação do fator multiplicador relacionado ao aspecto solo e subsolo	127
Quadro 12: Determinação do fator multiplicador relacionado ao aspecto fauna	129
Quadro 13: Determinação do fator multiplicador relacionado ao aspecto flora	130
Quadro 14: Determinação do fator multiplicador relacionado ao aspecto paisagem	131
Quadro 15: Compilado de informações dos custos e impactos da requalificação e transporte dos resíduos	144

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABREMA	Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente
ANA	Agência Nacional de Águas
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CAFe	Comunidade Acadêmica Federada
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
cm/s.	Centímetro por segundo
CNM	Confederação Nacional de Municípios
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEPRN	Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
FAD	Ferramenta de Apoio à Decisão
FIPE	Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
GWMO	Global Waste Management Outlook
ha	Hectare
I	Intensidade da corrente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMM	International Council on Mining & Metals
K	Coefficiente geométrico
Kg	Quilo
Km ²	Quilometro quadrado
LOA	Lei Orçamentária Anual
m	Metro
m ²	Metro quadrado

m ³	Metro cúbico
mm/h	Milímetro por hora
mS.m ⁻¹	MiliSiemens por metro
mg/L	Miligrama por litro
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
OD	Oxigênio Dissolvido
pH;	Potencial Hidrogeniônico
PLANARES	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PRAD	Plano de Recuperação de Área Degradada
ReLix	Programa para Remediação de Lixões de RSU
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SELUR	Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana no Estado de São Paulo
SELURB	Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana
SPT	Standard Penetration Test
TCERN	Tribunal de Contas do Estado do Rio Grande do Norte
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
V	Volts
WoS	Web of Science

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
®	Registrado
≤	Menor que
Σ	Somatório
R\$	Reais
ρ	Resistividade elétrica do material
ΔV	Diferença de potencial
Ω	Ôhm

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVOS	24
2.1.	OBJETIVO GERAL	24
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
3.1.	PANORAMA BRASILEIRO DA DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU	25
3.2.	ÁREAS DEGRADADAS POR RESÍDUOS	28
3.3.	LIXÕES E ATERROS CONTROLADOS: IMPACTOS AMBIENTAIS	29
	3.3.1. Roteiro de encerramento de área degradada por resíduos.....	32
3.4.	FERRAMENTAS DE APOIO À DECISÃO (FAD).....	33
3.5.	MÉTODO DEPRN PARA VALORAÇÃO AMBIENTAL.....	34
3.6.	MAPEAMENTO DA PLATAFORMA DE CONHECIMENTO	40
3.7.	CUSTOS ASSOCIADOS AO ENCERRAMENTO DE LIXÕES.....	41
4	METODOLOGIA.....	42
4.1.	ETAPA 01 – DESCRIÇÃO DOS MUNICÍPIOS DE ESTUDO, CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DOS LIXÕES	43
	4.1.1. Senhor do Bonfim – BA.....	44
	4.1.1.1 Topografia.....	45
	4.1.1.2 Sondagem	46
	4.1.1.3 Coleta de lixiviado	47
	4.1.2. Valença – BA	48
	4.1.2.1 Topografia.....	49
	4.1.2.2 Sondagem	49
	4.1.2.3 Investigação Geofísica.....	50
	4.1.2.4 Análise físico-química da água do Rio Pitanguinha	51
	4.1.3. Itacaré – BA.....	51
	4.1.3.1 Topografia.....	52
	4.1.3.2 Sondagem	53
	4.1.3.3 Análise físico-química da água do Rio Canoeiro.....	53
	4.1.3.4 Análise físico-química do solo.....	54
4.2.	ETAPA 02 – SEQUÊNCIAS DO ENCERRAMENTO	54

4.2.1	Limpeza, remoção e confinamento dos resíduos	55
4.2.2	Sistemas de Drenagem de Águas Superficiais e de Lixiviado	55
4.2.3	Sistemas de Drenagem de Gases	56
4.2.4	Forma final do Lixão requalificado	56
4.3.	ETAPA 03 – VALORAÇÃO DO AGRAVO AMBIENTAL, PREVISÃO DOS CUSTOS DOS PROJETOS DE REQUALIFICAÇÃO E SEUS IMPACTOS NA LOA	56
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
5.1	DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO SIMPLIFICADA DE IMPACTO AMBIENTAL DOS LIXÕES.....	58
5.1.1	Características Gerais	59
5.1.2	Caracterização dos Lixões	62
5.1.2.1	Lixão de Valença.....	63
5.1.2.2	Lixão de Senhor do Bonfim.....	67
5.1.2.3	Lixão de Itacaré.....	72
5.1.3	Solo e Águas Subterrâneas.....	76
5.1.3.1	Lixão de Valença.....	77
5.1.3.2	Lixão de Senhor do Bonfim.....	80
5.1.3.3	Lixão de Itacaré.....	82
5.1.4	Águas Superficiais	84
5.1.4.1	Lixão de Valença.....	84
5.1.4.2	Lixão de Senhor do Bonfim.....	85
5.1.4.3	Lixão de Itacaré.....	87
5.1.5	Meio Social	89
5.1.5.1	Lixão de Valença.....	90
5.1.5.2	Lixão de Senhor do Bonfim.....	90
5.1.5.3	Lixão de Itacaré.....	92
5.1.6	Meio Natural e Paisagens.....	92
5.1.6.1	Lixão de Valença.....	93
5.1.6.2	Lixão de Senhor do Bonfim.....	94
5.1.6.3	Lixão de Itacaré.....	95
5.1.7	Meio Atmosférico	95
5.1.7.1	Lixão de Valença.....	96
5.1.7.2	Lixão de Senhor do Bonfim.....	96
5.1.7.3	Lixão de Itacaré.....	97

5.1.8 Pontuação, Nível de Impacto e Cenários de Remediação	97
5.2 ETAPAS DO PROJETO DE REQUALIFICAÇÃO	102
5.2.1 Limpeza, remoção e confinamento dos resíduos	102
5.2.2 Sistemas de Drenagem de Águas Superficiais e de Lixiviado	106
5.2.3 Sistemas de Drenagem de Gases	112
5.2.4 Forma final do Lixão requalificado	114
5.3 VALORAÇÃO DO AGRAVO AMBIENTAL, ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA, PREVISÃO DOS CUSTOS DA REQUALIFICAÇÃO E IMPACTOS LOA 2024	118
5.3.1 Resultados do Método DEPRN para o aspecto “AR”	118
5.3.2 Resultados do Método DEPRN para o aspecto “ÁGUA”	119
5.3.3 Resultados do Método DEPRN para o aspecto “SOLO E SUBSOLO”	120
5.3.4 Resultados do Método DEPRN para o aspecto “FAUNA”	121
5.3.5 Resultados do Método DEPRN para o aspecto “FLORA”	122
5.3.6 Resultados do Método DEPRN para o aspecto “PAISAGEM”	123
5.3.7 Valor do Agravo Ambiental	134
5.3.8 Taxa de Tolerância	136
5.3.9 Análise Orçamentária, Previsão dos Custos e Impacto na LOA	137
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	146
6.1 CONCLUSÕES	146
6.2 RECOMENDAÇÕES	148
7 REFERÊNCIAS	150

1 INTRODUÇÃO

1.1 ABORDAGEM DA TEMÁTICA DE ESTUDO

A produção de resíduos sólidos (RSU) tem aumentado com o decorrer dos anos, devido ao gradativo crescimento populacional e à cultura do hiperconsumo, acarretando para os gestores municipais, um grande desafio em torno da gestão e gerenciamento, bem como da alocação desses materiais em uma área, ambientalmente, adequada. Em um intervalo de nove anos (entre 2013 e 2022) a geração anual de RSU no Brasil aumentou em, aproximadamente, 5,5 milhões de toneladas (ABRELPE, 2014, 2022). Nesse período a população do país cresceu em 6 milhões de habitantes (IBGE, 2023). Além disso, em termos de geração per capita, passamos de 348 kg de resíduos sólidos em 2010 para 390 kg em 2020, ou seja, um acréscimo de 12,1% (ABRELPE, 2020, 2021).

Um dos fatores de crescimento de RSU pode ser associado ao período da pandemia da COVID-19 que modificou de modo considerável o consumo e descarte de resíduos, em especial de saúde, plásticos e eletrônicos, ocasionando em mais um desafio socioambiental, tendo em vista os agravamentos dos possíveis impactos para o meio ambiente. Segundo Tardim e Almada (2022) o período pandêmico gerou um aumento exponencial dos resíduos oriundos do setor de saúde no Brasil no ano de 2020, representando um total de 290 mil toneladas. Nesse mesmo contexto o setor de e-commerce e delivery se destacou devido ao isolamento social, refletindo no aumento da geração e descarte de materiais plásticos, especialmente os equipamentos de proteção individual (EPI), e de eletrônicos como tablets, notebooks e smartphones (MASSUGA et al., 2022).

Entretanto, boa parte do que foi coletado não passou por triagem, devido à paralisação das atividades das cooperativas, seguindo para áreas ambientalmente adequadas, como os aterros sanitários, ou áreas de disposição inadequada, como os lixões, que totalizam 2.826 locais em todo país, alocando 39% do total de resíduos coletados no país, uma massa de RSU equivalente a 29,7 milhões de toneladas (ABRELPE, 2022).

Apesar desse cenário delicado, os municípios aumentaram o quantitativo de recursos aplicados nos serviços de limpeza urbana, desde a coleta, passando pelos serviços de

varrição, capina, limpeza e manutenção de parques e jardins, limpeza de córregos, entre outros, até chegar na destinação final, visto que passaram de R\$ 17,65 bilhões (média de R\$ 8 por habitante/mês) em 2010, para R\$ 25 bilhões (média de R\$ 10 por habitante/mês) em 2019, e por sua vez, ocasionados pelo impacto da pandemia, movimentaram em 2022 um valor de R\$ 31,1 bilhões, sendo 14,2% a mais do que o montante verificado em 2020 (ABRELPE, 2020, 2023).

Um outro desafio envolve o abandono de áreas, previamente selecionadas para abrigar aterros sanitários e que acabam tornando-se em lixões, devido à ausência de critérios metodológicos adequados, projetos ambientais e de infraestrutura, falta de monitoramento e incentivo financeiro (MELO, 2017). Desse modo, a destinação final de resíduos sólidos em vazadouros à céu aberto degrada o meio ambiente, colocando em risco os recursos naturais, gerando agravos que podem persistir durante muitos anos, mesmo após o seu encerramento. Dessa maneira, como consequência, tem-se a poluição dos corpos hídricos, solo e atmosfera, além de contribuir para o desconforto visual e proliferação de vetores associados à problemas de saúde pública (MARIANO NETO et al., 2021).

No entanto, percebe-se que o Brasil é um país muito carente de implantação de aterros sanitários, sendo uma importante área de trabalho para engenheiros geotécnicos (BOSCOV, 2008), apesar de, conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, impor a necessidade de os gestores públicos substituírem os lixões a céu aberto por aterros sanitários como medida de proteção ambiental (RAMOS, 2014).

A PNRS obrigou que todos os municípios que ainda dispunham seus resíduos de forma ambientalmente incorreta, deveriam acabar com esse passivo ambiental até agosto de 2014 (PwC & SELURB, 2019), porém as metas para a erradicação foram prorrogadas pelos legisladores, devido à falta de comprometimento dos gestores municipais com o gerenciamento dos RSU.

No ano de 2010 o Brasil possuía metade dos municípios (50,8%) depositando, irregularmente, seus resíduos em lixões, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2010) e aproveitava somente 4% dos resíduos passíveis de reciclagem, que utiliza como método de obtenção de dados o levantamento censitário. Quatro anos

depois, somente 0,4% das prefeituras passaram a dar uma destinação ambientalmente correta, não havendo aumento considerável no quantitativo de materiais reciclados.

Por outro lado, a ABRELPE, fazendo uso de uma abordagem metodológica via pesquisas diretas realizadas junto aos municípios com a aplicação de um questionário, constatou um cenário mais grave, onde 61% dos municípios brasileiros faziam uso de destinação inadequada de resíduos em 2010, encaminhando-os para lixões e aterros controlados, sendo que, em 2014, esse valor reduziu para 59,8%, equivalente a 3.334 municípios, destinando 81 mil toneladas diárias de RSU. (ABRELPE, 2010, p.44).

Diante da ausência de medidas para mudança do cenário, em julho de 2020, o Senado reforçou a necessidade de encerramento dos lixões através da aprovação do Novo Marco do Saneamento Básico, Lei 14.026/2020 com a previsão de extinguir os aterros irregulares até 2024. As novas regras instituídas envolviam metas que obrigavam todos os municípios a apresentar, até o último dia de 2020, um plano de recuperação de área degradada para remediar os lixões, bem como a sua fonte de financiamento.

Além disso, a Lei estabeleceu que em agosto de 2021, finalizaria o prazo de encerramento de lixões para todas as capitais e municípios que compõem regiões metropolitanas. No ano seguinte a data limite se restringiu para os municípios com mais de 100 mil habitantes. Em 2023, para os municípios com população entre 50 mil e 100 mil. Por fim, em 2024, para aqueles com menos de 50 mil habitantes.

Com isso, o Governo Federal, através do Ministério do Meio Ambiente, criou o Programa Nacional Lixão Zero com o objetivo de eliminar os lixões em atividade por meio de apoio aos municípios, adotando soluções mais coerentes de destinação final dos resíduos sólidos, bem como fortalecendo o incentivo para a formação de consórcios públicos. Assim, em 2022, dos 3.257 lixões existentes, 809 foram fechados, representando 25% do total.

Entretanto, muito ainda precisa ser feito para atingir as metas estabelecidas, tornando-se imprescindível realizar estudos ambientais das áreas que possuem disposição inadequada de resíduos, por meio de diagnósticos que possibilitem a realização de um plano de recuperação de área degradada (PRAD), visto que, segundo Boscov (2012), o processo de contaminação provoca enormes danos ao meio ambiente, à saúde das pessoas que margeiam a área e ao município como um todo.

Nesse sentido, é essencial aplicar as orientações presentes na legislação em vigor, quanto ao uso de técnicas de remediação para reduzir os impactos causados. Afinal, o lixo configura uma fonte primária de contaminação. Portanto, o grau de recuperação que se deseja obter, elaborado através de um PRAD, poderá envolver a reabilitação e/ou a remediação, destinando para o local uma função social, sendo que nos casos de remoção total da massa de resíduos, este nível poderá atingir o processo de restauração parcial e/ou total do ecossistema, assegurado por meio de um eficiente monitoramento e da proteção ambiental.

Barros (2011) afirma que muitos municípios são carentes de espaços públicos e de lazer. Diante disso as áreas degradadas por resíduos, quando encerradas e requalificadas, podem adquirir novas funções sociais, pois são, em sua maioria, extensas e situadas em zonas periféricas. Porém, Oliveira (2013) destaca que um dos entraves para promover uma restauração ecológica, por parte do executivo municipal, envolve a ausência de estudos relativos ao custo associado a essa atividade, tais como disponibilidade de materiais, equipamentos e mão de obra especializada.

Nesse sentido, estima-se que o impacto das falhas associadas à gestão de resíduos dos municípios, somados aos custos ambientais e climáticos da poluição com os respectivos danos à biodiversidade e à saúde humana, foi previsto em R\$ 97 bilhões em 2020, sendo que se o atual cenário se mantiver, em 2050 esses déficits da crise do lixo podem chegar a R\$ 135,9 bilhões (UNEP, 2024).

Diante dessa problemática que envolve lixões, gestores municipais e sociedade, o presente trabalho é proposto com o objetivo de realizar um estudo sobre áreas degradadas por resíduos, desde o seu diagnóstico ambiental, por meio de ferramentas de apoio decisório, até o impacto no orçamento anual dos municípios (LOA) de médio porte, estabelecendo relações existentes com os valores para o encerramento e recuperação.

1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está dividido em seis capítulos, contendo subdivisões em tópicos com maior grau de profundidade, a fim de explorar e aprofundar o tema estudado. Portanto, os capítulos foram divididos em: Introdução; Objetivos; Fundamentação Teórica; Metodologia; Resultados e Discussão e, por fim, Conclusões, Desafios e Recomendações.

O primeiro capítulo traz um panorama da situação dos lixões pelo país, bem como a readequação dos municípios com a legislação ambiental, com foco na região Nordeste, em especial o Estado da Bahia. Desse modo, buscou-se compreender as diversas problemáticas que envolvem essa temática de forma contextualizada, considerando os desafios impostos pela pandemia no processo de consumo e descarte de resíduos.

No segundo tem-se a definição do objetivo geral da pesquisa, assim como dos objetivos específicos que se pretendeu alcançar, elaborados de forma minuciosa para atingir resultados com precisão, além de garantir uma profundidade na discussão das ideias diante de um tema complexo.

O terceiro capítulo aborda a fundamentação teórica, etapa cerne da pesquisa, onde busca-se robustecer a compreensão dos temas que envolvem o presente estudo, através do mergulho na Literatura, a fim de garantir um maior embasamento ao desenvolvimento metodológico, bem como enfatizar as principais discussões que envolvem este trabalho, ressaltando a sua relevância.

O quarto capítulo apresenta as etapas metodológicas que foram empregadas para o alcance dos resultados, especificando os materiais e métodos necessários para a realização da fase 1: caracterização e detalhamento dos municípios de estudo Senhor do Bonfim, Valença e Itacaré, contando com a aplicação da ferramenta de apoio à decisão nas áreas degradadas por resíduos; fase 2: especificação do projeto conceitual de requalificação; fase 3: aplicação do método DEPRN para a obtenção do agravo ambiental e da ferramenta “Mapeamento da Plataforma de Conhecimento”, desenvolvida pela International Council on Mining & Metals (ICMM, 2008) para a definição da taxa de tolerância e a projeção dos custos da requalificação e dos seus impactos nas receitas dos municípios no exercício financeiro de 2024.

Cabe destacar que a metodologia utilizada nesse estudo poderá ser estendida a outros municípios e a outros estados; no entanto os resultados obtidos nessa pesquisa se limitam aos estudos dos três municípios analisados.

O capítulo cinco apresenta as análises dos resultados obtidos com metodologia empregada, refletindo e tecendo discussões que permeiam o objeto da pesquisa, contextualizando com a conjuntura do saneamento e dos resíduos sólidos a nível local e nacional.

Por fim, o capítulo seis sintetiza as considerações em torno da pesquisa, além de sugerir possíveis aprofundamentos que podem vir a ser estudados em trabalhos futuros.

2 OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Realizar um estudo sobre o encerramento de lixões em três municípios baianos de médio porte e o respectivo impacto econômico no exercício financeiro municipal de 2024.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Dentre as especificidades de interesse para esta dissertação, pode-se destacar:

- Caracterizar e diagnosticar a situação ambiental dos casos estudados através da aplicação da ferramenta de apoio à decisão (FAD) por meio do software ReLix (Programa para Remediação de Lixões de RSU);
- Desenvolver as etapas inerentes à requalificação de uma área degradada por resíduos;
- Estimar o valor e o impacto do agravo ambiental e da previsão dos custos relativos aos projetos de requalificação no exercício financeiro previsto na Lei Orçamentária Anual (LOA) de 2024.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para uma melhor compreensão da temática que esse estudo se propõe a discutir, neste capítulo será apresentada a fundamentação teórica, alicerçada na revisão de literatura, dos assuntos que robustecem este trabalho. Inicialmente são abordados os cenários da disposição final dos resíduos sólidos no Brasil, as áreas degradadas e o impacto ambiental provocado por lixões e aterros controlados. Em seguida, as definições e usos das ferramentas de apoio à decisão e, por fim, a valoração do agravo ambiental e a taxa de tolerância.

3.1. PANORAMA BRASILEIRO DA DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU

Quando a Política Nacional de Resíduos Sólidos foi instituída, em 2010, através da Lei nº12.305, o Brasil instituiu metas, diretrizes e objetivos relacionadas à gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, visando a adequação do país aos princípios da sustentabilidade e ao cumprimento das legislações ambientais, em especial acerca da destinação final dos materiais que eram coletados pelos serviços de limpeza urbana. Nesse período a geração per capita foi de, aproximadamente, 378 kg/hab/ano, totalizando uma massa de RSU equivalente a 61 milhões de toneladas, dos quais 42,4% (Figura 1) eram dispostas em lixões ou aterros controlados, trazendo consideráveis impactos ao meio ambiente (ABRELPE, 2010).

Figura 1: Percentual da destinação final de resíduos



Fonte: ABRELPE (2010)

Projeções internacionais indicavam que a geração diária de resíduos por habitante aumentaria em 121,88% até o ano de 2025 (HOORNWEG e BHADA-TATA, 2012). Diante desse cenário, tornou-se urgente que os gestores municipais investissem no setor de manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana, se adequando à legislação, a fim de cumprir as metas estabelecidas para a disposição final ambientalmente adequada.

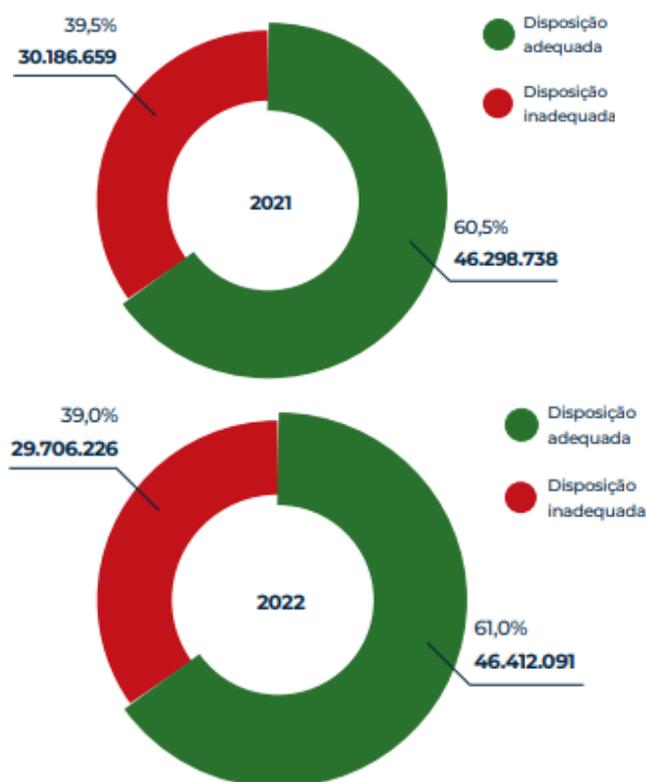
Entretanto, passados mais de uma década, o Brasil pouco evoluiu e, em contrapartida, viu o montante de RSU crescer, passando de 25,3 milhões de toneladas por ano em 2010 para 77,1 milhões de toneladas por ano em 2022, correspondendo a 380 kg/hab/ano (ABREMA, 2024, p.20), um aumento de 2 quilos em um intervalo de 12 anos, sendo que até 2050 a produção deverá crescer mais 46%, podendo alcançar 120 milhões

de toneladas por ano, segundo o relatório *Global Waste Management Outlook* (GWMO) (UNEP, 2024), com o agravante de que ainda existem cerca de 18,4 milhões de brasileiros sem acesso à coleta de lixo, conforme dados do Censo Demográfico de 2022 (IBGE, 2024).

Para Barros (2011) a geração de resíduos é uma atividade que está condicionada à vida em sociedade, dependendo apenas de três variáveis: geográficas, sociais e produtivas. No entanto, apesar dos distintos fatores, ainda é possível perceber um resultado em comum, pois os resíduos quando não manejados de forma adequada na etapa de destinação final, acarretam a formação predominante de vazadouros à céu aberto.

Apesar do Brasil ser o maior país da América Latina, em 2015, somente 58,7% dos RSU coletados foram dispostos em aterros sanitários (ALFAIA et al, 2017). Desde então o país caminha lentamente, pois em 2021 esse número subiu, para 60,5% e em 2022 para 61% (ABRELPE, 2022), conforme a Figura 2.

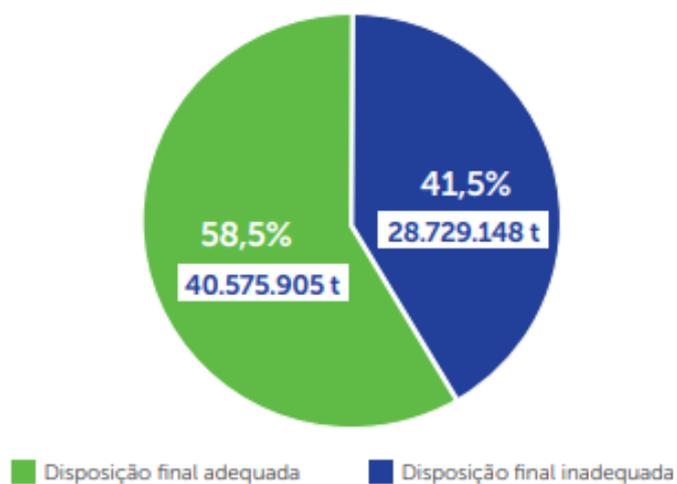
Figura 2: Percentual da destinação final de resíduos



Fonte: ABRELPE (2022)

Dados da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA, 2024) apontam um cenário ainda mais nebuloso, tendo em vista que no ano de 2023 o percentual de resíduos sólidos destinados de forma inadequada atingiu a marca de 41,5%, totalizando um quantitativo de 28.729.148 toneladas (Figura 3). Nesse fluxo, projeções apontam que, apesar dos esforços com o novo Marco do Saneamento e do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), somente em 2050 o Brasil deverá encerrar os todos os lixões.

Figura 3: Disposição final adequada x inadequada de RSU no Brasil em 2023



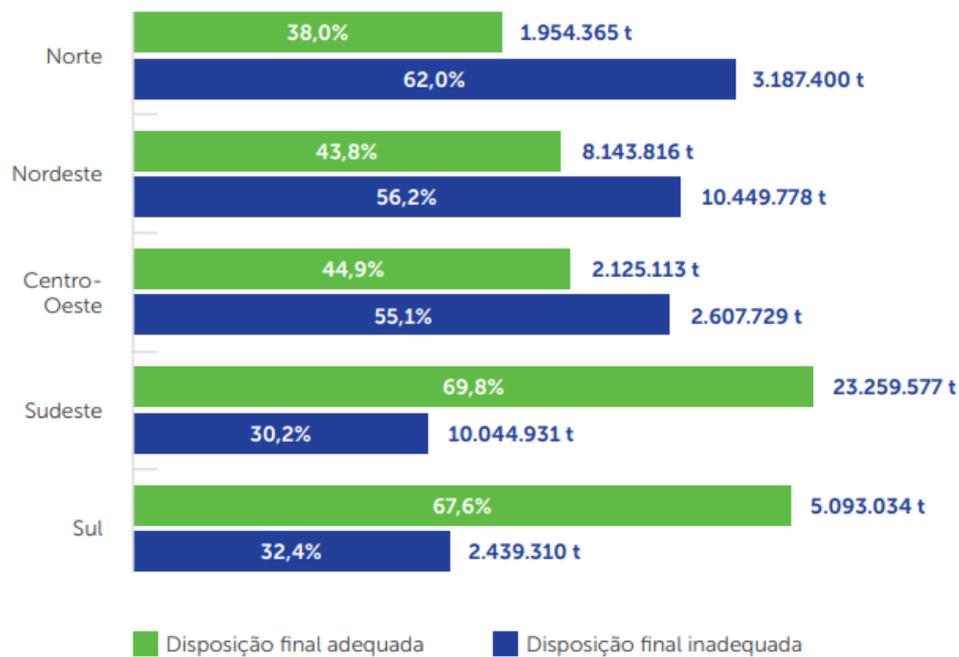
Fonte: ABREMA (2024)

Em relação a Região Nordeste, segunda região do país que mais aplica recursos nos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, mais de 70% dos municípios dispõem de forma inadequada seus resíduos (ABRELPE, 2022). Diante desse cenário, o Nordeste atinge a marca negativa de ser a segunda região do país com o maior percentual de resíduos sólidos sendo destinados em lixões ou aterros controlados, alcançando um índice de 56,2% (Figura 4) ou quase dez milhões e meio de toneladas no ano de 2023 (ABREMA, 2024).

Acerca do Estado da Bahia, dados de 2021 do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) apontam que 82,2% da população possui cobertura de coleta domiciliar de resíduos sólidos, sendo que os lixões ainda representam um grande problema, visto que estão ativos em 286 municípios, representando 65% do total de

idades (POLCRI, 2021), destes 24 são considerados de médio porte, com população entre 50 e 100 mil habitantes (IBGE, 2022).

Figura 4: Disposição final por regiões em 2023



Fonte: ABREMA (2024)

3.2. ÁREAS DEGRADADAS POR RESÍDUOS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 10.703 (ABNT, 1989), aponta que a degradação do solo acontece a partir de "alterações adversas das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto estabelecidos em planejamento quanto os potenciais". Diante disso, pode-se inferir que a área degradada por resíduos é aquela que, após o distúrbio provocado pela alocação dos resíduos, teve eliminado, juntamente com a vegetação, os seus meios de regeneração bióticos. Silva (2019) conceitua a área degradada da seguinte forma:

São áreas com algum tipo de desequilíbrio físicos e/ou químicos e/ou biológicos de um ou mais sistemas que compõem o meio ambiente, em consequência de fatores como a retirada de material geológico por meio de escavações e/ou erosões, acréscimo de material de aterro, disposição de resíduos e rejeitos, alteração da fertilidade e compactação do solo, declínio da biodiversidade, contaminação/poluição. Essas alterações

podem causar alteração da paisagem natural, bem como riscos à saúde e à segurança das pessoas em diferentes magnitudes e intensidades. (SILVA, 2019, p.29).

Apesar disso, esses locais são passíveis de recuperação quando medidas corretivas são tomadas, sendo que o primeiro passo envolve o processo de remoção total dos resíduos depositados, transportando-os para um aterro sanitário (ALBERTE et al., 2005). Porém, Silva (2019) destaca que enquanto existir materiais orgânicos em decomposição aterrados, a contaminação permanece.

Para Tavares (2008, p.2-3) o conceito de degradação possui como variável fundamental a atividade humana realizada na área, devido aos efeitos danosos que são produzidos. Entretanto, poucas vezes o termo se aplica às alterações decorrentes de fenômenos ou processos naturais. De modo geral a degradação ambiental provoca perda de funcionalidade do solo, ameaçando a fertilidade – em especial quando a resiliência de determinadas propriedades é muito lenta – e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

Por fim, a reabilitação de uma área degradada por resíduos tem como meta principal o desenvolvimento urbano sustentável e a reintegração desses locais impactados para a sociedade (SANTOS, 2020). Diante disso, a engenharia civil torna-se o eixo norteador para a condução desse processo, garantindo mudanças significativas a curto, médio e longo prazo.

3.3. LIXÕES OU ATERROS CONTROLADOS: IMPACTOS AMBIENTAIS

Lixões ou aterros controlados são métodos de descarte de RSU inadequados e que provocam diversos impactos ambientais. Entretanto, muitos municípios do Brasil fazem uso desses espaços por não se adequarem à legislação ambiental.

Na engenharia civil há um debate em que consideram semelhantes o aterro controlado e o lixão, tendo em vista que não há um controle do agente poluidor, nem métodos de redução do impacto ambiental sobre o que é depositado acima do solo, funcionando como lixão, por vezes, com algumas melhorias operacionais e ambientais e com acesso controlado de pessoas (TCERN, 2023, p.17). Entretanto, existem entes, tais como a Confederação Nacional de Municípios (CNM), que impõe diferenças entre ambos

os métodos, influenciando no processo de encerramento desses passivos ambientais, mais especificamente na tomada de decisão (DUARTE & SCHOENELL, 2024).

No lixão (Figura 5), ou vazadouro à céu aberto, é comum a presença de pessoas que utilizam desse espaço para adquirir alguma renda através da coleta do material reciclável, bem como a de animais que são atraídos pelo mau cheiro dos resíduos orgânicos, podendo ser vetores de doenças (SANTOS, 2018).

Figura 5: Impactos provocados por lixão



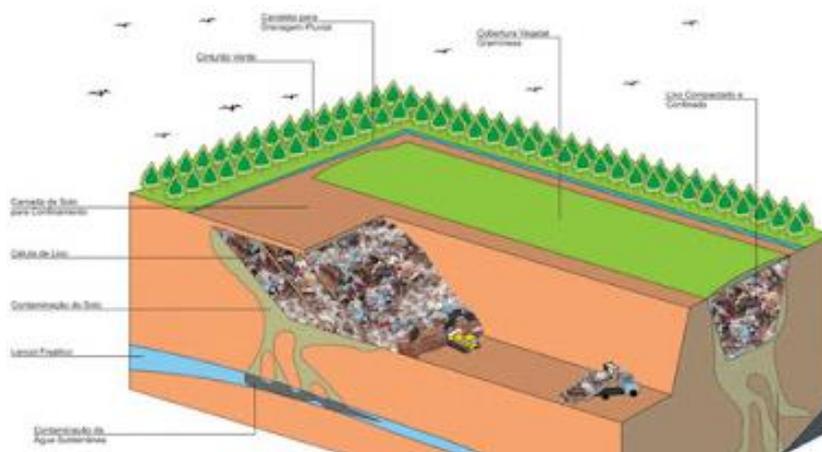
Fonte: FEAM (2010)

Nesse cenário, a disposição de resíduos é realizada diretamente no solo, sem nenhum cuidado técnico e operacional, assim como critério para escolha do local, estrutura de controle e proteção ambiental, resultando em diversos impactos socioambientais negativos, a citar: poluição de flora, fauna e demais ecossistemas (solo, do ar, das águas superficiais e subterrâneas); atração de vetores, disseminação de doenças e, como já exposto, presença de catadores em condições insalubres (DUARTE & SCHOENELL, 2024 p.14).

Por sua vez, o aterro controlado (Figura 6) ficou proibido a partir da promulgação da Lei 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, sendo

considerado um intermédio entre o lixão e o aterro sanitário, tendo em vista que os resíduos são aterrados cotidianamente para diminuir a presença de animais e evitar que os materiais leves voem para longe da área de deposição (NASCIMENTO et al., 2015).

Figura 6: Impactos provocados por aterro controlado



Fonte: Regional News (2015)

Duarte e Schoenell (2024) definem esse sistema como uma infraestrutura que não conta com todas as medidas de controle dos poluentes, apesar de possuir

alguns mecanismos de redução de impactos negativos, como a existência de cercamento e controle do acesso de veículos e pessoas ao depósito de resíduos, além de outras medidas, como a cobertura dos resíduos com camada de solo, drenagem e queima dos gases. Porém, nos aterros controlados, inexistem algumas medidas e cuidados fundamentais na disposição de resíduos no solo, em especial, a ausência da impermeabilização da base do aterro, o que acaba contaminando o solo e o lençol freático (DUARTE & SCHOENELL, 2024, p.15).

Dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABREMA, 2024) indicam que ainda se registra um considerável volume de resíduos encaminhados para unidades inadequadas, como valas, vazadouros ou enterramento de pequenas quantidades de RSU na propriedade de geração. De um total de 69,3 milhões de toneladas de RSU, o que corresponde a 85,6% dos resíduos gerados no ano, 41,5% foram destinadas para aterros controlados e para lixões. Desse modo, não se pode negar que esses locais provocam grandes impactos ao meio ambiente devido ao odor exalado oriundo do processo de

decomposição, além da poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas através da percolação do lixiviado, além de desvalorizar propriedades que estejam no entorno (MELO, 2017).

Mariano Neto et al., (2021) explicita que a destinação incorreta impacta toda comunidade que está ao redor, pois os resíduos alteram o meio físico e biológico, acarretando consequências que provocam a modificação de paisagens, comprometendo ecossistemas, além de causar transtornos à saúde pública.

Cabe salientar que em regiões de vulnerabilidade social os impactos são mais gritantes. Dutra e Lange (2021) afirmam que

A geração descontrolada de resíduos, somada à falta de um destino adequado para eles, são ainda mais acentuadas em áreas socialmente vulneráveis. A falta de coleta resíduos gerados e a consequente necessidade de convivência em um ambiente cercado de lixo afetam ainda mais a geração e o nível de escolaridade de quem vive ali [...] cujo impacto somado à condição social acabam tendo um efeito mais grave. (DUTRA & LANGE, 2021, p.35).

Por fim, tanto os lixões quanto os aterros controlados configuram crimes ambientais, de acordo com o inciso V, do segundo parágrafo, do artigo 54 da Lei de Crimes Ambientais (nº 9.605/1998).

3.3.1. Roteiro de encerramento de área degradada por resíduos

O processo de encerramento prevê uma sequência de etapas que visam garantir uma gama de alternativas direcionadas a amenizar o dano provocado pelo passivo ambiental, de tal modo que viabiliza a implementação de uma gestão sustentável dos resíduos sólidos pelos gestores municipais.

Segundo o roteiro disponibilizado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) em 2021, os passos para o encerramento preveem a identificação e contratação de profissionais especializados que possam contribuir com um suporte técnico; Em seguida é essencial adotar estratégias para diagnosticar a situação, por meio de estudos, pesquisas e levantamentos; Construir o processo de forma coletiva, buscando apoio com órgãos ambientais; Envolver a participação social; Elaborar um plano de ação que

estabeleça um método de encerramento e recuperação do lixão mais adequado ao contexto; Identificar fatores que influenciam nos custos do encerramento; Implantar ações que garantam uma transição menos abrupta com os catadores; Destinar a massa de resíduos para um aterro sanitário e, por fim, monitorar e avaliar a área.

Ademais, o Caderno Técnico de Reabilitação de Áreas Degradadas por resíduos sólidos urbanos publicado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2010), estabelece técnicas de desativação que perpassam pelo levantamento de dados planialtimétricos do terreno, estudos de sondagem e caracterização geotécnica e análises de águas superficiais e subterrâneas. Assim, as possibilidades técnicas são:

- Remoção dos resíduos;
- Recuperação simples;
- Recuperação parcial;
- Adequação provisória como aterro controlado;
- Recuperação como aterro sanitário.

Portanto, o Plano de Reabilitação de Área Degradada por Lixão deverá contemplar todas as informações citadas.

3.4. FERRAMENTAS DE APOIO À DECISÃO (FAD)

A tomada de decisão na Engenharia Civil requer um processo minucioso de análise de dados, a fim de identificar com profundidade as necessidades que envolvem o local de estudo, avaliando cenários que melhor se adequem ao contexto e que estejam dentro das normativas legais.

Diante disso, Lima et, al (2014, p.34) afirmam que geralmente os problemas relacionados ao processo de decisão envolvem múltiplos objetivos e critérios, sendo que na contemporaneidade a problemática da tomada de decisão é especificada por um maior quantitativo de alternativas e critérios, posto que os decisores precisam selecionar, ordenar, classificar ou ainda realizar uma descrição com detalhes as alternativas tecnológicas disponíveis, considerando múltiplos critérios.

Segundo o Caderno Técnico de Reabilitação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos (FEAM, 2010), por diversas vezes os métodos para a desativação e encerramento

de áreas ocupadas por resíduos foi realizado sem estar ancorado em normas e critérios técnicos, resultando somente no encerramento da disposição de resíduos no local, fechamento e abandono da área.

Nesse sentido, as ferramentas de apoio à decisão proporcionam uma maior assertividade na definição e conclusão de um processo decisório, especialmente quando envolve estudos *in situ*, visto que elas fornecem um panorama geral de uma determinada situação, baseado em um diagnóstico que deve ser alimentado por dados e fontes fidedignas.

Diante disso, é essencial recorrer a mecanismos que auxiliem o diagnóstico, oferecendo cenários de atuação para realizar intervenções contextualizadas à realidade do local investigado, estabelecendo prioridades de remediação, afinal grande parte dos municípios, sejam eles de pequeno ou médio porte não possuem ou possuem uma restrita equipe técnica para diagnosticar suas áreas degradadas por resíduos (RAMOS, et al. 2017).

Morrissey e Browne (2004) afirmam que existe uma grande miscelânea de Ferramentas de Apoio à Decisão voltadas para a gestão de resíduos urbanos, que utilizam metodologias distintas, tais como avaliação de riscos, avaliação de impacto ambiental, análise de custo-benefício, tomada de decisão multicritério, dentre outros, sendo que o tipo de ferramenta a ser selecionada depende da capacidade técnica de quem está atuando com a ferramenta.

3.5. MÉTODO DEPRN PARA VALORAÇÃO AMBIENTAL

O Método DEPRN foi elaborado pelo Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo para valorar os custos do agravo ambiental oriundo da deposição irregular de resíduos sólidos. A metodologia de aplicação não é complexa e consiste em realizar uma análise qualitativa dos impactos causados ao meio ambiente, com o intuito de definir o valor da indenização equivalente ao agravo ambiental (TÜV SÜD Bureau, 2018).

Segundo a norma NBR 14653-6:2009 (Recursos Naturais e Ambientais), este método de valoração se enquadra como o “Métodos Indiretos”, já que não prioriza a

disposição dos indivíduos em pagar ou receber pelo recurso a ser valorado, tendo a sua estimativa identificada a partir de parâmetros obtidos *in loco* para identificar o valor do dano ambiental (MATOS, 2109. p.15).

Valorar o impacto ambiental através de uma análise qualitativa é essencial para poder alcançar um valor indenizatório que possibilite reparar os danos associados ao agente poluidor. Nesse sentido, a Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981), define “poluidor” como a “a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental”, impondo ao agente poluidor a obrigação de, “independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade”.

Para realizar o cálculo do fator de multiplicação o Método DEPRN propõe a aplicação correlacionada de um conjunto de critérios para valorar o agravo. A Tabela 1, onde são classificados os critérios de avaliação do dano, apresenta o intervalo do índice de qualificação dos agravos, classificando o ambiente em seis importantes aspectos ambientais (ar, água, solo e subsolo, fauna, flora e paisagem).

Tabela 1: Critérios de avaliação do dano – DEPRN

Aspectos Ambientais	Intervalo do índice de qualificação dos agravos				
	Ar	≤ 6,8	≤ 13,6	≤ 20,4	≤ 27,2
Água	≤ 7,2	≤ 14,4	≤ 21,6	≤ 28,8	≤ 36,0
Solo/subsolo	≤ 7,5	≤ 15,0	≤ 22,5	≤ 30,0	≤ 37,5
Fauna	≤ 6,4	≤ 12,7	≤ 19,2	≤ 25,6	≤ 32,0
Flora	≤ 6,6	≤ 13,2	≤ 19,8	≤ 26,4	≤ 33,0
Paisagem	≤ 8,0	≤ 16,8	≤ 24,0	≤ 32,0	≤ 40,0
Fator multiplicador	1,6	3,2	6,4	12,8	25,6

Fonte: Adaptado de Cotrim (2012) *apud* Kaskantzis Neto (2005)

Para cada aspecto ambiental, o Quadro 1 classifica e define dois tipos de danos, sendo que, para cada dano, aplica-se critérios de qualificação dos agravos, de forma distinta, para cada um, qualificando os agravos.

Destaca-se que para essa avaliação os respectivos agravos possuem graus de impacto que vai de 1 a 3, sendo 1 para suposto dano; 2 para fortes indícios; 3 para dano comprovado. Em seguida adota-se pontuações e fatores multiplicadores para o cálculo do agravo ambiental. A aplicação do método exige a presença de um especialista *in loco* além de análises ambientais secundárias, para que o preenchimento da tabela e a seleção de quais agravos se enquadram para cada situação seja o mais realista possível.

O custo do agravo ambiental é calculado a partir do produto de um fator de multiplicação, que considera a somatória da qualificação dos agravos decorrentes em cada aspecto ambiental, pelo valor de exploração do imóvel em questão, ou seja, o valor de mercado dos bens que foram apropriados e/ou lesionados na área, segundo a equação 1 (GALLI, 1996):

$$\text{CUSTO AGRAVO} = \sum (\text{FATOR DE MULTIPLICAÇÃO}) \times \text{VALOR DE EXPLORAÇÃO} \quad (1)$$

O valor de exploração equivale ao preço de mercado (COTRIM, 2012, p.70), estando relacionado com o produto do valor da terra nua (VTN) com o tamanho da área que se pretende recuperar. Assim, fica a critério do técnico-avaliador estudar e indicar qual o método de recuperação mais adequado para a situação analisada e, a partir disso, estimar o custo do agravo (CORDIOLI, 2013, p.69).

Quadro 1: Aspectos ambientais tipologia do dano e critérios de qualificação dos agravos (Continua)

Aspecto	Tipo de dano	Descrição e qualificação dos agravos							
Ar	Impacto causado pela emissão de gases, partículas, agente biológicos ou energia.	Toxicidade da emissão	proximidade de centros urbanos	Localização em relação a área protegida	Comprometimento do aquífero	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Dano ao patrimônio e/ou monumento natural	
	Impactos na dinâmica atmosférica (x 1,5)	Morte ou dano a Fauna	Morte ou dano à flora	Alteração da qualidade do ar	Previsão de reequilíbrio				
Água	Impacto causado por compostos químicos, físicos, biológicos ou energia.	Toxicidade da emissão	Comprometimento do aquífero	Localização em relação a área protegida	Dano ao solo e/ou subsolo	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Dano ao patrimônio e/ou monumento natural	

	Impactos na hidrodinâmica (x 1,5)	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Alteração na classe do corpo hídrico	Alteração na vazão/volume de água	Previsão de reequilíbrio			
Solo e Subsolo	Impacto causado por compostos químicos, físicos, biológicos ou energia.	Toxicidade da emissão	Comprometimento do aquífero	Localização em relação a área protegida	Assoreamento de corpos hídricos	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Dano ao patrimônio e/ou monumento natural	Objetivando a comercialização
	Impactos na dinâmica do solo/subsolo (x 1,5)	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Alteração na capacidade de uso da terra	Danos ao relevo	Previsão de reequilíbrio			
Fauna	Danos aos indivíduos	Localização em relação a área protegida	Ocorrências de espécies ameaçadas de extinção	Ocorrências de espécies endêmicas	Ocorrências de fêmeas	Objetivando comercialização			
	Impactos na dinâmica da comunidade (x 1,5)	Importância relativa da espécie	Morte ou dano à flora	Alteração dos nichos ecológicos	Previsão de reequilíbrio				

Flora	Danos aos indivíduos	Localização em relação a área protegida	Ocorrências de espécies ameaçadas de extinção	Ocorrências de espécies endêmicas	Favorecimento à erosão	Dano ao patrimônio e/ou monumento natural	Objetivando comercialização		
	Impactos na dinâmica da comunidade (x 1,5)	Morte ou dano à fauna	Importância da área	Alteração dos nichos ecológicos	Previsão de reequilíbrio				
Paisagem	Dano à paisagem	Localização em relação a área e/ou municípios protegidos	Proximidade de centros urbanos	Reversão do dano	Comprometimento do aquífero	Comprometimento do Solo ou subsolo	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Dano ao patrimônio e/ou monumento natural
	Dano ao patrimônio cultural, histórico, turístico, arquitetônico e artístico (x 1,5)	Proximidade de centros urbanos	Reversão do dano	Comprometimento do aquífero	Comprometimento do complexo solo/subsolo	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora		

Fonte: Adaptado de Cotrim (2012) *apud* Kaskantzis Neto (2005)

3.6 MAPEAMENTO DA PLATAFORMA DE CONHECIMENTO

Essa ferramenta foi desenvolvida pela International Council on Mining & Metals – Conselho Internacional de Mineração e Metais – (ICMM, 2008) para contribuir na redução dos riscos relativos à tomada de decisão envolvendo encerramento de área degradada, à medida que atua no refinamento da acurácia da estimativa dos custos do agravo ambiental e dos valores da recuperação da área degradada. Ou seja, é feito o reconhecimento da validade dos dados levantados.

A ICMM é uma associação setorial e foi fundada no ano de 2001 com a finalidade de promover o desenvolvimento sustentável na indústria de mineração e metais, especialmente através de estudos e publicações de manuais que mitiguem impactos socioambientais (GRIMBERG, 2016).

Neri (2013) detalha que esse modelo possui sete plataformas de conhecimento caracterizadas pela disponibilidade de informação, que permitem a tomada de decisões sobre os objetivos que envolvem o fechamento da área degradada, devendo ter a noção da profundidade dos dados que está utilizando, o técnico responsável pela aplicação da ferramenta.

A classificação das plataformas de conhecimento, pontuada de 0 a 100, define a qualidade da informação no momento do cálculo, indicando a tolerância aplicável aos custos estimados do agravo ambiental e da recuperação da área degradada, ou seja, garante a robustez da informação que está sendo utilizada para os planos de encerramento.

A Tabela 2 apresenta as plataformas adaptadas pela TÜV SÜD Bureau e as respectivas classificação e descrição voltadas para áreas degradadas por resíduos.

Tabela 2: Plataforma de Conhecimento

Plataforma	Descrição	Classificação
Baixo nível de conhecimento	Decisões são baseadas em dados em evolução, sem previsão da configuração final.	0
Conhecimento comum	Decisões são baseadas em informações históricas passadas, em locais similares, dados sobre a experiência de outros e a própria experiência da empresa.	20
Dados gerais	Decisões são baseadas em informações de base específicas do local, incluindo dados dos meios social, ambiental e econômico específicos, coletados em áreas e quantidades representativas.	30
Dados focados	Decisões são baseadas em informações de boa qualidade, específicas do local, coletadas de cada	40

	local/aspecto específico relevante à área degradada que pode ser afetado por consequências moderadas ou piores.	
Análise geral	Decisões são baseadas em estudos completos, processos teóricos ou diálogo em áreas representativas de interesse.	60
Análise focada	Decisões são baseadas em estudos completos, processos teóricos ou diálogos em cada local/ aspecto específico relevante à área degradada que podem ser afetados por consequências moderadas ou piores.	70
Prova geral	Decisões são baseadas em experimentos completos, físicos e de logística, sobre processos ou certos modelos rastreados que fornecem informações reais que suportam a probabilidade de sucesso em áreas representativas de interesse.	80
Prova focada	Decisões são baseadas em experimentos completos, físicos e de logística, sobre processos ou certos modelos rastreados que fornecem informações reais que suportam a probabilidade de sucesso em cada local/aspecto específico relevante à área degradada que pode ser afetado pro consequências moderadas ou piores	100

Fonte: TÜV SÜD Bureau (2018)

Nesse sentido, a precisão para a elaboração do custo relativo a um determinado elemento que deve ser fechado vai depender do quanto é conhecido a plataforma de conhecimento, a fim de aprovisionar as verbas necessárias para que o objetivo seja atingido com sucesso (ICMM, 2008).

Assim, o mapeamento da plataforma de conhecimento demonstra que para aumentar o nível de confiança do processo de tomada de decisão, faz-se necessário gerar conhecimento por meio de estudos, coleta de informações e experimentos completos da área degradada (NERI, 2013. p.182).

3.7 CUSTOS ASSOCIADOS AO ENCERRAMENTO DE LIXÕES

A literatura é escassa de produções técnicas e acadêmicas que abordem os custos envolvidos no encerramento e requalificação de áreas degradadas por resíduos. No entanto, algumas instituições do setor ambiental já realizaram estimativas visando encontrar valores relacionados aos custos dos impactos ambientais provocados pela não destinação correta dos resíduos sólidos, frutos da inoperância dos gestores públicos.

Segundo cálculo realizado pelo Departamento de Economia do Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana (SELURB¹) o Brasil acumulou uma dívida na última década equivalente a R\$ 730.000.000.000,00 (setecentos e trinta bilhões de reais) devido à falta de eficiência no combate à destinação irregular de resíduos, sendo essa então a quantia necessária para erradicar e remediar a poluição gerada pelas áreas degradadas por resíduos, considerando apenas os custos envolvidos na remoção da massa de lixo, descontaminação do solo e remanejamento do material para um aterro sanitário.

Ainda segundo o estudo, o preço para recuperar uma área que se tornou depósito irregular de lixo custa cerca de R\$ 2.520,00 (dois mil quinhentos e vinte reais) por tonelada de resíduo. Em contrapartida, o valor para destinar de forma ambientalmente correta em aterro sanitário varia entre R\$ 62,90 (sessenta e dois reais e noventa centavos) e R\$ 269,89 (duzentos e sessenta e nove reais e oitenta e nove centavos) por tonelada de resíduo.

Para o Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana no Estado de São Paulo (SELUR), baseado em dados do Aspectos Técnicos / Econômico-Financeiros da Implantação, Manutenção, Operação e Encerramento de Aterros Sanitários, realizado pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), o custo per capita para erradicar de forma definitiva os lixões no país equivale ao valor de R\$ 2,60 por mês (SELUR, 2017).

De modo geral, dados da ABREMA (2024) estimam que as despesas com os serviços de gerenciamento de RSU dos municípios brasileiros, em 2023, giraram em torno de R\$ 34,7 bilhões, ou seja, em termos de custos per capita, a média nacional é de R\$13,66 hab/mês, com a região Nordeste sendo responsável por 20,8% desse total.

4 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi fragmentada em etapas, sendo que a primeira compreendeu o detalhamento dos municípios baianos Senhor do Bonfim, Valença e Itacaré e a caracterização dos seus lixões (locais onde foram desenvolvidos os estudos de caso), através do diagnóstico, por meio de ensaios, e avaliação da situação ambiental,

¹ GERAQUE, Eduardo. O Brasil perde R\$ 3 bilhões por ano por deixar de reciclar. Disponível em: <http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2018/posts/brasil-perde-r-3-bilhoes-ao-ano-por-deixar-de>
Acesso em: 02/11/2024

utilizando a ferramenta de apoio à decisão ReLix, a fim de ampliar as possibilidades de cenários para a requalificação das áreas, tendo em vista que esse processo de investigação é essencial na elaboração da pesquisa científica, pois permite conhecer melhor o fenômeno em estudo (SOUSA et al., 2021).

A segunda etapa foi voltada para a formulação dos projetos de requalificação das áreas degradadas por resíduos, alimentado pelos dados obtidos com a etapa anterior, de modo que buscou-se implementar medidas relacionadas à limpeza e remoção das áreas, à drenagem das águas superficiais e do lixiviado e drenagem dos gases.

A última etapa envolveu a obtenção dos custos associados ao processo de requalificação. Desse modo, realizou-se a aplicação do método DEPRN para a estimar o agravo ambiental, tendo em vista a sua objetividade, ausência de complexidade, e aplicabilidade, demonstrada no capítulo anterior. Bem como da ferramenta “Mapeamento da Plataforma de Conhecimento”, desenvolvida pelo ICMM (2008) para a definição da taxa de tolerância (margem de erro) relativo ao valor do agravo.

Além disso, foi analisado os editais de licitação e relatórios técnicos para levantamento da previsão dos custos envolvidos com os projetos de requalificação. Por fim, os orçamentos anuais relativos aos anos de 2023 e 2024 foram examinados, sendo determinado o impacto da requalificação na Lei Orçamentária Anual (LOA), referente ao exercício financeiro de 2024.

4.1. ETAPA 01 – DESCRIÇÃO DOS MUNICÍPIOS DE ESTUDO, CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DOS LIXÕES

Inicialmente, buscou-se informações geográficas e sociais sobre os municípios de Senhor do Bonfim, Valença e Itacaré, fornecidas por dados disponibilizados pela *World Wide Web* e/ou órgãos municipais. Concomitante, realizou-se a caracterização, diagnóstico e avaliação *in loco* das áreas degradadas por resíduos dos respectivos municípios, aplicando a metodologia da Ferramenta de Apoio à Decisão (FAD) implementada por Gomes (2022), por meio do Software ReLix, que define o desenvolvimento do programa como “de fácil uso e compreensão, tendo uma curva de aprendizagem rápida”. Diante disso, optou-se por utilizá-la por adequar-se diretamente

com os objetivos de auxiliar no processo de diagnosticar e remediar lixões. Desse modo, para tal, cumpriu-se os seguintes passos:

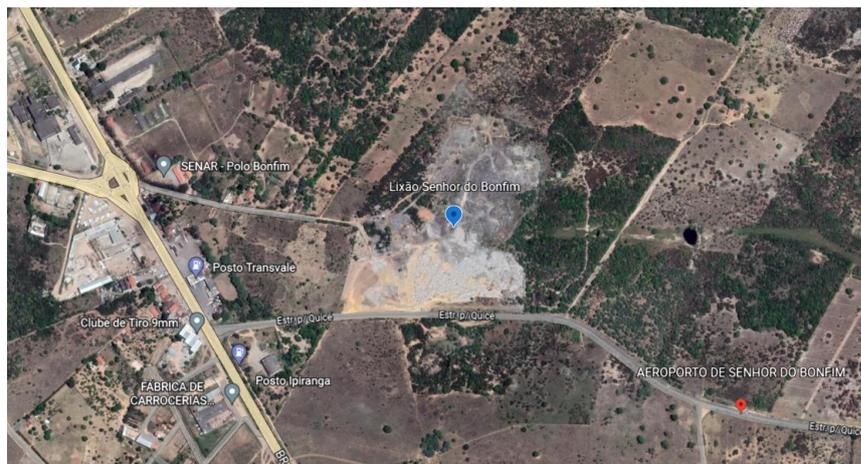
- Impressão e preenchimento do questionário de campo;
- Inserção do cadastro dos lixões municipais estudados no programa;
- Inserção dos dados obtidos com o questionário de campo sobre a caracterização, solo e águas subterrâneas, águas superficiais, meio social, meio natural e paisagens e, por fim, meio atmosférico, com o intuito de obter o diagnóstico ambiental;
- Interpretação dos resultados obtidos pela pontuação do nível de impacto fornecida pelo ReLix com os direcionamentos dos cenários e técnicas de remediação.

4.1.1. Senhor do Bonfim – BA

O município de Senhor do Bonfim está situado no centro norte da Bahia, ocupando uma área de 789.361 Km² e uma população estimada de 79.813 habitantes. A cidade fica distante 384,5 km da capital Salvador (IBGE, 2023) e está situada na zona climática caracterizada pelo clima semiárido na sua parte leste, e subúmido na área oeste, onde é atravessado pela Serra de Jacobina (Superintendência de Meio Ambiente, 2020). A temperatura média é de 23,3°C, oscilando entre a máxima de 28,3°C e a mínima de 19,2°C.

A totalidade do território do município está inserido no polígono das secas e o nível de precipitação pluviométrica varia de 550 a 800 mm ao ano, conforme Machado (2007, p. 206). A área do lixão encontra-se na estrada para Quicé (Km 2) na área urbana do município de Senhor do Bonfim, com CEP 48970-000, conforme a Figura 7, possuindo 11,1ha com recebimento diário de, aproximadamente, 81 toneladas de resíduos sólidos.

Figura 7: Localização do Lixão de Senhor do Bonfim, Bahia



Fonte: Google Earth (2024)

Os ensaios realizados para a investigação geoambiental foram a sondagem SPT, a planialtimetria e coleta e análise de lixiviado.

4.1.1.1 Topografia

O levantamento topográfico e planialtimétrico (Figura 8) ocorreu com o objetivo de determinar a área de abrangência do Lixão, identificando os locais de deposição dos resíduos sólidos. Para tal fez-se uso das ferramentas GPS Geodésico de precisão Promark 100/200 L1 L2 e Drone DJI Mavic 2 Pro.

Figura 8: Realização do levantamento planialtimétrico



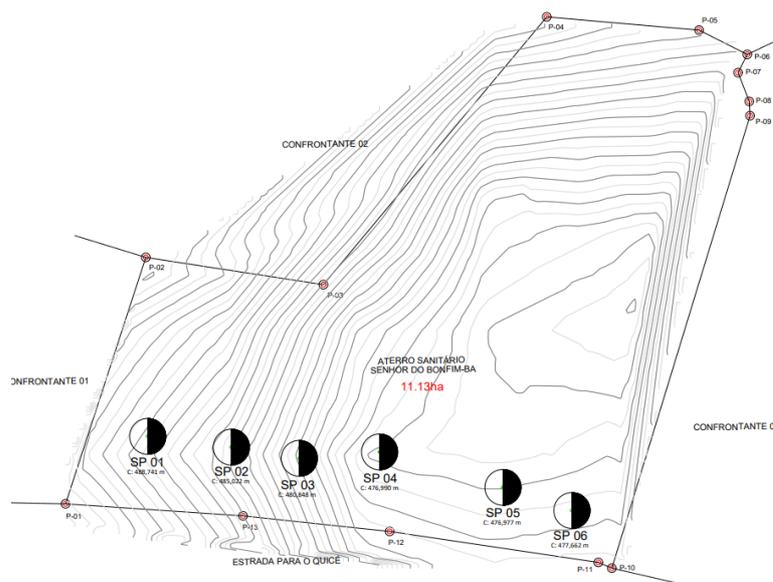
Fonte: O Autor (2024)

4.1.1.2 Sondagem

A sondagem geotécnica de simples reconhecimento com SPT foi executada em seis pontos distintos com profundidade máxima de 8,45 metros. O ensaio seguiu as normas NBR 6484/2020 – Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio (ABNT, 2020).

Através do ensaio foi possível determinar a espessura da camada de resíduos, avaliar a resistência da massa aterrada e identificar o perfil e a qualidade do subsolo, imediatamente, abaixo dos resíduos. As Figuras 9 e 10 apresentam a localização dos pontos de sondagem e a execução.

Figura 9: Planta de Localização dos pontos de sondagem



Fonte: Infratech (2024)

Figura 10: Execução da sondagem no local



Fonte: O Autor (2024)

4.1.1.3 Coleta de lixiviado

Foi realizado a coleta em local previamente selecionado onde havia deposição e acúmulo do lixiviado (Figura 11). Desse modo, coletou-se 4,5 litros de material em garrafas PET de 2 litros, previamente esterilizadas, estando o recipiente adequado para o armazenamento, conforme a norma NBR 10005/2004 - Procedimento (ABNT, 2004) para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos e efetuou-se o transporte em caixa térmica até o município de Petrolina – PE para ser analisado pelo Laboratório do SENAI (LABMA), obedecendo os requisitos impostos pela Resolução CONAMA 430/2011 que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores.

Figura 11: Coleta e armazenamento do lixiviado



Fonte: O Autor (2024)

4.1.2. Valença – BA

O município de Valença está situado no litoral do estado da Bahia, ocupando uma área de 1.123,975 km², correspondendo a um percentual de 0,20% da área total do Estado da Bahia. Com uma população estimada em 97.873 habitantes, a cidade fica distante 123,0 km da capital Salvador (IBGE, 2023). Além disso, está situado no ecossistema de Mata Atlântica e restingas, com predomínio do clima tropical, temperatura média de 24,6°C (CRUZ et al., 2020).

A cidade está localizada a 2 metros de altitude e possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 13° 22' 26" Sul; Longitude: 39° 4' 3" Oeste. Segundo o INEMA (2022) e o INMET (2022), a região possui uma pluviosidade média anual de aproximadamente 1733 mm, bem distribuídos ao longo do ano, com leve aumento no mês de janeiro. A área em estudo está localizada na Estrada do Orobó (nomenclatura que também denomina o lixão), S/N, Zona Rural, conforme a Figura 12 e possui 4,33ha com recebimento diário de, aproximadamente, 75 toneladas de resíduos sólidos.

Figura 12: Localização do Lixão de Valença, Bahia



Fonte: Google Earth (2024)

Os ensaios realizados foram a sondagem SPT, levantamento planialtimétrico, a investigação geofísica por eletrorresistividade e análise Físico-Química da água do Rio Pitanguinha, conforme a resolução do CONAMA 357/2005.

4.1.2.1 Topografia

O levantamento topográfico e planialtimétrico foi executado com o auxílio de Drone DJI Mavic 2 Pro contribuindo na determinação da área de abrangência do Lixão, em especial dos pontos onde houve ocorrência de escorregamento da massa de lixo.

4.1.2.2 Sondagem

As sondagens (Figura 13) foram executadas em quatro pontos distintos para obter a caracterização geotécnica do solo e da resistência do material. Devido à proximidade com a margem do Rio Pitanguinha optou-se por verificar a permeabilidade do solo, por meio dos ensaios de absorção nos próprios furos de sondagem. Ademais o ensaio obedeceu às normas NBR 6484/2020 – Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio (ABNT, 2020).

Figura 13: Execução da sondagem



Fonte: O Autor (2024)

4.1.2.3 Investigação Geofísica

O ensaio (Figura 14) foi realizado pelo método da eletroresistividade, que se alicerça no critério de que distintos materiais, sejam eles geológicos ou não, apresentam diferentes valores de resistividade elétrica (BORTOLIN & MALAGUTTI FILHO, 2010) relacionados ao fluxo de corrente elétrica. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) a resistividade é a propriedade elétrica mais significativa dos materiais constituintes do subsolo (ANA, 2017).

Diante disso o parâmetro ρ é calculado através da equação 2 (CAMARERO, 2022)

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

ρ = resistividade elétrica do material ($\Omega \cdot m$)

K = coeficiente geométrico (m)

ΔV = diferença de potencial (mV)

I = intensidade da corrente (mA)

Figura 14: Implantação de eletrodos no Lixão de Valença



Fonte: O Autor (2024)

4.1.2.4 Análise físico-química da água do Rio Pitanguinha

Foi realizado a coleta da água na calha do Rio onde foi possível identificar materiais provenientes dos resíduos do Lixão. Assim, foi solicitada uma análise físico-química para verificar o grau de contaminação de acordo com os parâmetros estabelecidos pela resolução do CONAMA 357/2005. Os parâmetros solicitados foram os seguintes: Coliformes termotolerantes; Clorofila a; Salinidade; Condutividade; Sólidos suspensos totais; Turbidez; Temperatura; Transparência da água; Sólidos totais; Nitrogênio total, Nitrato; pH; DBO; DQO; Oxigênio dissolvido; Alcalinidade total e Cloretos.

4.1.3. Itacaré – BA

O município de Itacaré está situado no litoral sul da Bahia, ocupando uma área de 726.265 Km², correspondendo a um percentual de 0,13% da área total do Estado da Bahia. A cidade fica situada a 16 metros de altitude e possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 14° 16' 36 " Sul; Longitude: 38° 59' 56" Oeste. Segundo o INEMA (2022), a região possui uma pluviosidade média anual de aproximadamente 2000 mm, bem distribuídos ao longo do ano. A área em estudo está localizada no Km 4 da

Rodovia Ilhéus-Itacaré (BA 001), conforme Figura 15 e possui 1,89ha com recebimento diário de, aproximadamente, 30 toneladas de resíduos sólidos

Figura 15: Localização do Lixão de Itacaré



Fonte: Google Earth (2024)

Os ensaios realizados envolveram o levantamento planialtimétrico da topografia, a sondagem SPT e análise físico-química de água e solo.

4.1.3.1 Topografia

De modo similar ao realizado no Lixão de Valença, a planialtimetria do lixão de Itacaré foi executada com GPS Geodésico de precisão Promark 100/200 L1 L2 e auxílio de Drone DJI Mavic 2 Pro, sendo possível captar a área de escorregamento da massa de lixo (Figura 16).

Figura 16: Escorregamento da massa de lixo



Fonte: O Autor (2024)

4.1.3.2 Sondagem

A sondagem geotécnica de simples reconhecimento com SPT com tubos de revestimento de 63,5 mm ocorreu em quatro pontos distintos da área do lixão atingindo profundidade limite em 10 metros, tendo a sua localização georreferenciada no mapa planialtimétrico. Ademais o ensaio obedeceu às normas NBR 6484/2020 – Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio (ABNT, 2020).

4.1.3.3 Análise físico-química da água do Rio Canoeiro

De forma similar ao realizado no Lixão de Valença a análise da água foi realizada devido à proximidade da massa de lixo com o Rio Canoeiro. Foi retirada uma amostra para cada local de coleta do rio adjacente, totalizando 3 amostras coletadas. A determinação dos parâmetros analisados se deu conforme a resolução do CONAMA 357/2005. Os parâmetros solicitados foram: Coliformes termotolerantes; Clorofila a; Salinidade; Condutividade; sólidos suspensos totais; Turbidez; Temperatura; Transparência da água; Sólidos totais; Nitrogênio total, Nitrato; pH; DBO; DQO; Oxigênio dissolvido; Alcalinidade total e Cloretos.

4.1.3.4 Análise físico-química do solo

A análise foi realizada nos quatro pontos de execução da sondagem do solo, a partir das amostras recolhidas no ensaio, imediatamente abaixo da camada de resíduos e uma amostra nos dois metros posteriores, com a finalidade de identificar possíveis contaminantes. nos furos 1, 2, 3 e 4 coletou-se 3, 4, 5 e 4 amostras respectivamente, totalizando 16 amostras coletadas. Assim, para a análise do solo, foram observados os teores de alumínio, manganês e ferro sugeridos pelo CONAMA 420 (2009) no Anexo I, para valores de referência.

4.2. ETAPA 02 – SEQUÊNCIAS DO ENCERRAMENTO

O procedimento metodológico desta etapa da pesquisa iniciou-se com a formulação dos projetos de requalificação, a partir da obtenção dos dados relativos aos ensaios realizados, de modo que houvesse a possibilidade de estabelecer um conjunto de informações robustas que permitisse uma análise macro do processo de intervenção necessária nos lixões.

Para tal dividiu-se a concepção dos projetos nas seguintes etapas: limpeza, remoção e confinamento dos resíduos; drenagem de águas superficiais e lixiviado; drenagem de gases; forma final do lixão.

Ademais, para o lixão do município de Senhor do Bonfim fez-se uso de dados complementares obtidas através do Plano de Recuperação de Área Degradada (Superintendência de Meio Ambiente, 2020), do Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PIGIRS – CDSTIPNI, 2022) e do Estudos de Concepção para Projetos de Engenharia de Obras e Serviços de Infraestrutura de Sistemas Integrados de Resíduos Sólidos Urbanos com Foco em Coleta Seletiva, Tratamento e Destinação Final – UGR Piemonte Norte do Itapicuru/Ba (CONDER, 2016). Posteriormente, foi dimensionado a Estação de Transbordo, conforme o manual da United States Environmental Protection Agency (EPA), Waste Transfer Stations: A Manual for Decision-Making (2002).

Para o Lixão de Valença e de Itacaré as informações adicionais envolveram a análise de dados censitários, informações geográficas e climatológicas, obtidos pelo

IBGE, INEMA e dados fornecidos pelo poder municipal de Valença e de Itacaré, respectivamente.

4.2.1 Limpeza, remoção e confinamento dos resíduos

Através da inspeção visual *in loco* foi possível determinar os locais em que a massa de resíduos deveria ser realocada e concentrada em áreas específicas, visto que o remanejamento é fundamental para obter um projeto econômico, já que o quantitativo de solo para compactar o material se reduz.

Para o Lixão de Senhor do Bonfim identificou-se duas grandes áreas afastadas que poderiam ser removidas. Já para os Lixões de Valença e Itacaré o remanejamento foi planejado para os locais onde houve escorregamento, retirando do declive para áreas mais planas.

4.2.2 Sistemas de Drenagem de Águas Superficiais e de Lixiviado

Para a concepção da rede de drenagem dos lixões fez-se uso da Equação de Chuva Modificada de Otto Pfafstetter (1989) para os municípios de Valença e Itacaré. Entretanto, diante da ausência de registros na Literatura acerca dos parâmetros, optou-se por adotar para esses dados, localidades com características geográficas similares. Segundo Silva et al, (2002) a alternativa para suprir a grande carência de informações relativas às equações de chuvas intensas para grande parte dos municípios do Estado da Bahia é fazer uso de dados dos postos pluviográficos mais próximos da localidade na qual o projeto é realizado.

No entanto, a diferença nos dados, ainda que pequena, pode resultar em um dimensionamento de infraestruturas de obras hidráulicas sub ou superestimado, tendo em vista que existe uma grande variabilidade espacial dos dados de precipitação pluvial (SILVA et al, 2002).

Assim, para o município de Valença – BA fez-se uso dos parâmetros referentes a Salvador – BA, visto que é um município litorâneo, relativamente próximo e com extensa faixa costeira. Baseado na Coletânea das Equações de Chuva Do Brasil (FESTI, 2007). Já para Itacaré utilizou-se os dados relativos ao município de Ilhéus, obtido através do

trabalho Equações de Chuvas Intensas para a Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira - Sul do Estado da Bahia – Brasil.

Para o Lixão Municipal de Senhor do Bonfim, os parâmetros “K”, “a”, “b” e “c” adotados foram baseados nos Estudos de Concepção para Projetos de Engenharia de Obras e Serviços de Infraestrutura de Sistemas Integrados de Resíduos Sólidos Urbanos – UGR Piemonte Norte do Itapicuru/Ba Volume I (CONDER, 2018).

Além disso, considerou-se para os três lixões um período de retorno equivalente a 25 anos, visto que se recomenda que a drenagem seja dimensionada para escoar uma vazão de projeto para tempos de retorno que variam de 25 a 100 anos (SUDERHSA, 2002). Ademais, adotou-se a duração de chuva de, aproximadamente, 5 minutos.

4.2.3 Sistemas de Drenagem de Gases

A metodologia para o cálculo da drenagem de biogás gerado nas células dos três lixões de estudo seguiu o estudo de Rees (1980), aliado aos dados de produção diária de resíduos obtidos em levantamentos anteriores. Desse modo, aproximadamente 1 kg de resíduos aterrado gera uma taxa equivalente a 0,4 m³ de biogás.

4.2.4 Forma final do Lixão requalificado

O layout final dos lixões foi realizado através da utilização de softwares da área da construção civil, como Autocad® e Revit®. Ademais, houve encontros presenciais e virtuais com as equipes da gestão municipal dos locais de estudo, contando com a participação de apoiadores e coordenadores do BID e do MDR para discussão, aprimoramento e ajuste da produção das plantas da forma final dos projetos de requalificação das áreas degradadas por resíduos.

4.3. ETAPA 03 – VALORAÇÃO DO AGRAVO AMBIENTAL, PREVISÃO DOS CUSTOS DOS PROJETOS DE REQUALIFICAÇÃO E SEUS IMPACTOS NA LOA

A aplicação da Qualificação de Agravos do DEPRN, no sentido de realizar a valoração do agravo ambiental, se deu após a análise qualitativa dos danos causados ao

meio ambiente pela disposição irregular de resíduos sólidos no Lixão, fornecendo uma estimativa do valor de indenização equivalente ao agravo ambiental provocado pelo agente poluidor.

Diante disso iniciou-se o método DEPRN analisando o aspecto Ar, observando o tipo de dano e a descrição do agravo. Na sequência e, de igual modo, trabalhou-se com os aspectos água, solo e subsolo, fauna, flora e paisagem. Por fim, obteve-se o somatório das pontuações atingidas, conforme a qualificação dos agravos, identificando o seu respectivo fator de multiplicação.

Para obter o preço da terra nua dos municípios de estudo fez-se uso da Planilha de Preços Referenciais – PPR, referente ao preço médio do ano de 2020, que compõe o Relatório de Análise de Mercado de Terras – RAMT produzido pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).

A PPR é um instrumento de diagnóstico, estudo, análise e se configura como uma importante ferramenta para o entendimento do comportamento dos mercados de terras e pode ser utilizada para qualificar e aumentar o caráter técnico na tomada de decisões no processo de obtenção, tanto na gestão, no caso de seu uso como critério de definição de alçadas decisórias, quanto na ação dos técnicos, como “balizador” no procedimento de avaliações de imóveis (INCRA, 2020).

Para o município de Senhor do Bonfim o VTN/ha foi de R\$1.156,96 (um mil cento e cinquenta e seis reais e noventa e seis centavos), para Valença foi de R\$3.538,25 (três mil quinhentos e trinta e oito reais e vinte e cinco centavos) e para Itacaré foi R\$4.507,52 (quatro mil quinhentos e sete reais e cinquenta e dois centavos).

Em seguida fez-se uso da ferramenta Mapeamento da Plataforma de Conhecimento, desenvolvida pela International Council on Mining & Metals (ICMM, 2008), no cálculo da Taxa de Tolerância, com a finalidade de corroborar o reconhecimento e apurar a acurácia da validade dos dados obtidos para a estimativa dos custos dos agravos ambientais, reduzindo os riscos relativos à tomada de decisão envolvendo o encerramento de área degradada

Assim, observou-se as descrições das sete plataformas de conhecimento, conforme as informações que se tinham disponíveis no processo de estudo. Para o Lixão de Senhor do Bonfim, algumas informações foram obtidas com a Secretaria de Meio Ambiente e com o Consorcio Intermunicipal do Piemonte Norte Itapicuru. Para o Lixão de Valença e de Itacaré foram utilizadas informações disponibilizadas pelo responsável pela pasta de Meio Ambiente.

Por fim, aguardou-se a publicação em editais de licitação e/ou relatórios técnicos dos valores referentes à concepção dos projetos de requalificação para realizar as análises do impacto com a previsão desse custo na Lei Orçamentária Anual do exercício financeiro de 2024.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão abordados os resultados obtidos em cada etapa metodológica, discutindo com profundidade e extensa referência os dados relativos aos três municípios de estudo. Portanto, este capítulo vai tratar inicialmente do diagnóstico das áreas degradadas por resíduos realizado através de uma avaliação simplificada com o software Relix (etapa 01 da metodologia), seguido dos processos relativos ao encerramento, desde a limpeza da área, os sistemas de drenagem, até a forma final (etapa 02) e, por fim, do impacto dos custos associados ao encerramento no orçamento municipal, incluindo a valoração do agravo ambiental (etapa 03). Cabe destacar que os lixões estarão apresentados e serão discutidos na seguinte sequência: Valença, Senhor do Bonfim e Itacaré.

5.1 DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO SIMPLIFICADA DE IMPACTO AMBIENTAL DOS LIXÕES

Os resultados nesta etapa são oriundos das análises dos ensaios realizados e do diagnóstico do ReLix, obtendo a pontuação que indica o grau de impacto, o cenário de remediação e, conseqüentemente, as técnicas de requalificação recomendadas, visto que o software analisa a relevância de cada contexto, retratando uma situação mais próxima da realidade possível (GOMES, 2019, p.93).

5.1.1 Características Gerais

As situações abordadas no Quadro 2 envolvem um diagnóstico geral das áreas degradadas por resíduos, tendo em vista que nesse processo inicial de caracterização é possível identificar situações que afetam de forma direta o grau de impacto do lixão, seja por infringir a legislação, ou comprometer o uso do solo, águas superficiais e subterrâneas, ou por manter relação de proximidade com área industrial.

Quadro 2: Situações apontadas pelo ReLix

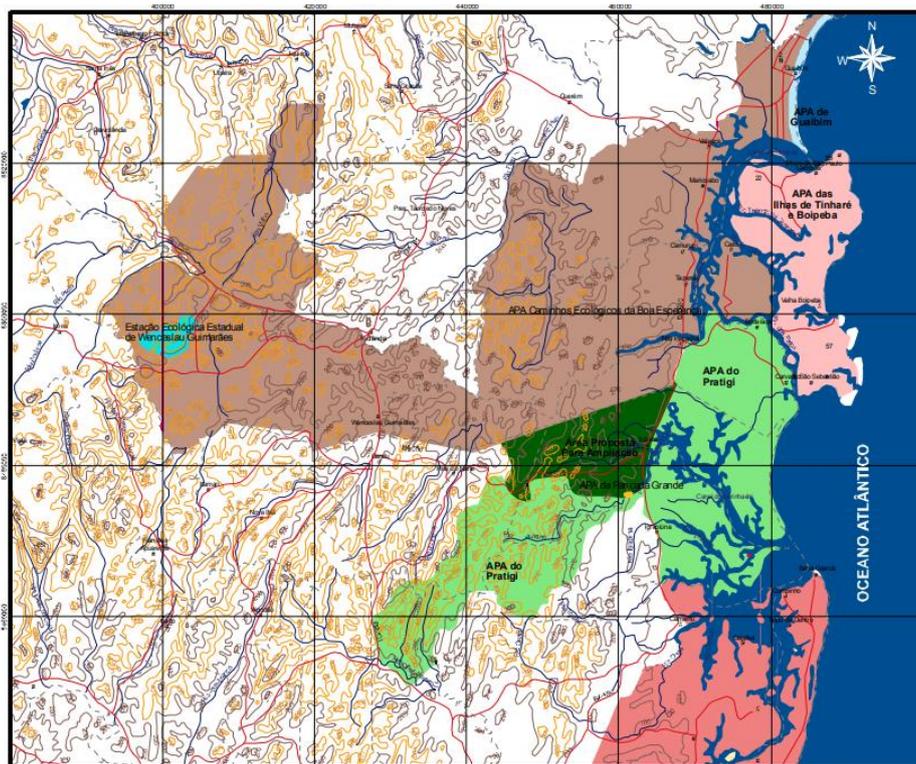
Situação	Lixão de SBF	Lixão de Valença	Lixão de Itacaré
Ocorre em local com restrição conforme a legislação?	Não	Sim	Sim
Área urbana ou rural?	Urbana	Rural	Rural
Ocorre em talvegue que poderia abrigar curso d'água intermitente?	Não	Sim	Sim
Região de várzea, pântano ou mangue?	Não	Não	Não
Quantidade de corpos hídricos na área do lixão até um raio de 200m?	Nenhum	1	1
Ocorre em área industrial?	Não	Não	Não

Legenda: SBF = Senhor do Bonfim

Fonte: Adaptado do ReLix (2024)

O Lixão de Valença encontra-se dentro da Área de Preservação Ambiental (APA) Caminhos Ecológicos da Boa Esperança (Figura 17), instituída via Decreto Estadual de nº 8.552 de 05 de junho de 2003, que engloba áreas dos municípios de Ubaíra, Jiquiriça, Teolândia, Wenceslau Guimarães, Taperoá, Nilo Peçanha, Cairú e Valença, perfazendo uma área estimada de 230.296 ha. Além disso, está próximo de outros dois patrimônios ambientais, a APA Candengo, criada por meio de Decreto Municipal na década de 90, possuindo 7.000 ha e a Reserva Particular do Patrimônio Natural Candengo (RPPN CANDENGO) que possui 30,63 ha, sendo administrado pela Companhia Valença Industrial (CUNHA, 2010, p28).

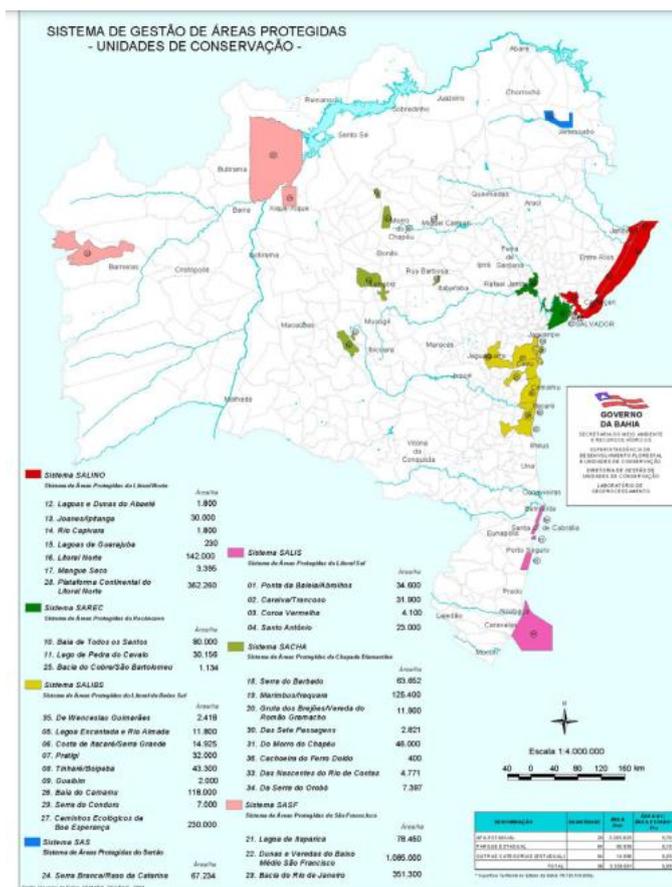
Figura 17: Áreas de proteção ambiental



Fonte: ICMBio (2018)

O Lixão de Itacaré encontra-se dentro do espaço da APA Costa de Itacaré/Serra Grande, segundo o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), localizada ao Norte da Costa do Cacaú, ocupando uma faixa litorânea de 28 km de extensão, com área total de 62.960 ha, ampliada através do Decreto Estadual nº 8.649/2003, abrangendo os municípios de Ilhéus, Uruçuca e Itacaré (Figura 18).

Figura 18: Unidades de conservação no Brasil



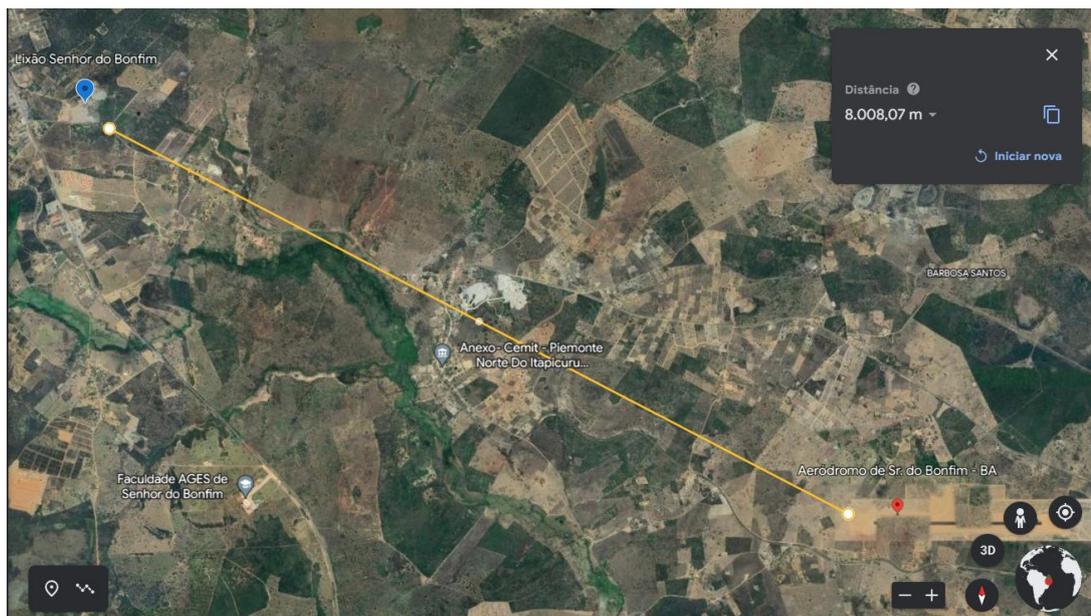
Fonte: SEMARH (2004)

Destaca-se o fato de ambos os lixões (Valença e Itacaré) desrespeitarem a legislação ambiental presente no Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), visto que estão inseridos em uma Área de Preservação Ambiental, provocando impactos imensuráveis para a fauna e flora, ressoando também nas atividades econômicas do setor hoteleiro e turístico.

Nesse sentido, Almeida e Cunha (2012, p.27) ao analisarem as principais ações impactantes ocorridas pela disposição inadequada de resíduos sólidos na APA Lagoas de Guarajuba, localizada no município de Camaçari – BA, constataram a presença de desmatamento da vegetação, queima de resíduos e, por conseguinte, a disseminação do material particulado, destruição da fauna e flora local por ação antrópica, desfiguração da paisagem natural da área de preservação ambiental e a proliferação de vetores *in loco* e em todo entorno, especialmente de moscas varejeiras, indicadoras de interferências humanas nos ambientes naturais e de presença de matéria orgânica em putrefação (RIBEIRO, et al., 2015, p.93).

Por fim, ressalta-se que o Lixão Municipal de Senhor do Bonfim é o único que se encontra dentro da área urbana da cidade, provocando inúmeras consequências, dentre elas de aspecto visual, sanitário e de mobilidade, já que os resíduos alcançam a rodovia BA 373, estando próximo do aeródromo do município (Figura 19).

Figura 19: Distância do Lixão para o aeródromo



Fonte: Google Earth (2024)

5.1.2 Caracterização dos Lixões

O diagnóstico gerado pelo ReLix acerca da caracterização dos lixões (Quadro 3) pontua conforme o nível de impacto, variando de 1 a 6, sendo que quanto maior o número, mais impactado está a situação analisada. Desse modo, em ordem decrescente de impacto, o Lixão de Valença obteve 84 pontos, o Lixão de Senhor do Bonfim totalizou 75 pontos e o de Itacaré 68.

Quadro 3: Pontuações obtidas da caracterização dos lixões

Situação	Lixão de SBF	Lixão de Valença	Lixão de Itacaré
Adensamento dos resíduos no lixão	3	3	3
Área do lixão	4,5	3	3

Atendimento à resolução CONAMA 404/2008 e NBR 13896/97	3	6	6
Atividade do Lixão	6	6	4,5
Declividade do terreno natural	1	4	4
Deslizamento no Lixão	3	6	6
Erosão no lixão	3	6	3
Espessura da camada de resíduos	3	3	3
Evidência de hotspots	6	6	3
Hotposts representam algum tipo de ameaça	6	6	0
Impermeabilização superior	6	6	4
Outros acidentes ou eventos no lixão	6	3	3
Pluviometria	1,5	3	4,5
Presença de resíduos Classe IIA	6	6	6
Presença de resíduos Classe IIB	6	6	6
Presença de resíduos perigosos	0	0	0
Resíduos de construção civil	3	3	3
Resíduos estabilizados	6	6	6
Volume dos hotposts	2	2	0
TOTAL	75	84	68

Legenda: SBF = Senhor do Bonfim

Fonte: Adaptado do ReLix (2024)

5.1.2.1 Lixão de Valença

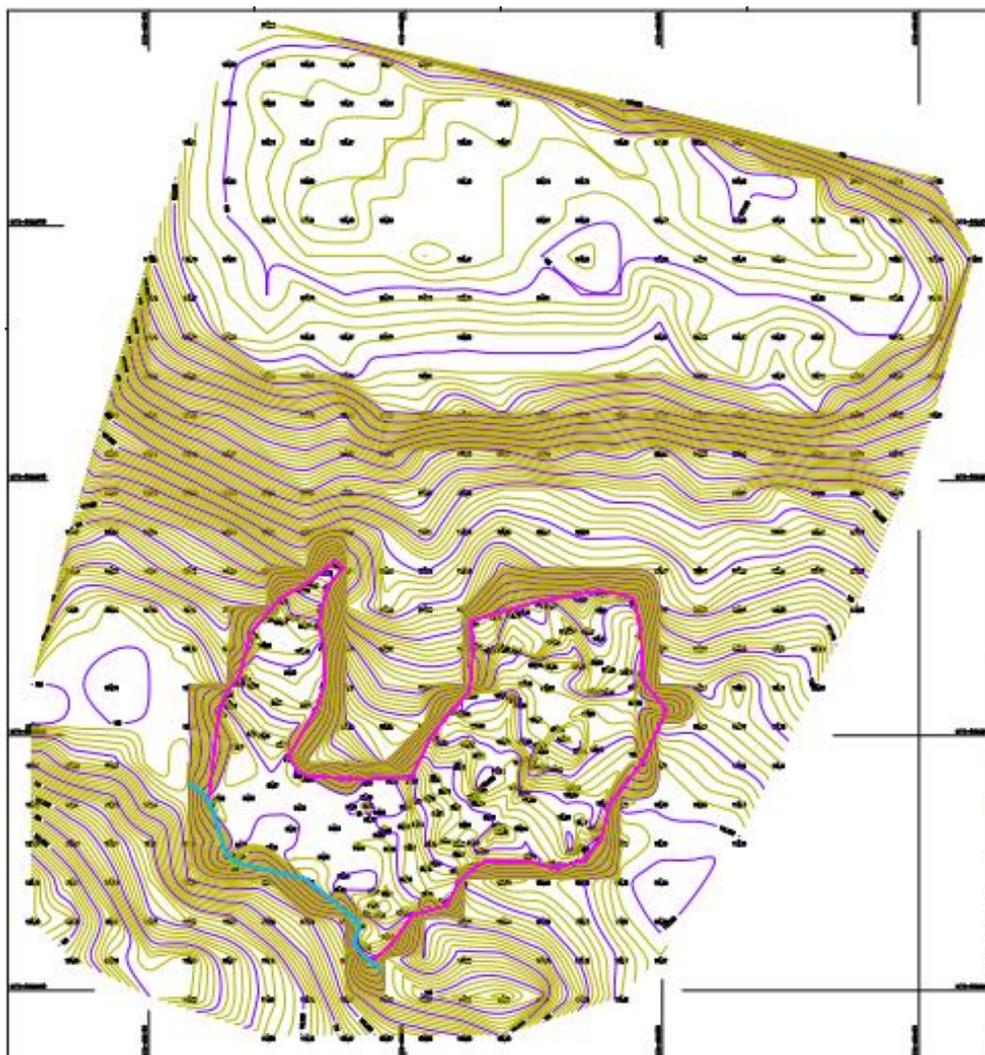
Foi possível constatar que o vazadouro a céu aberto do município de Valença, se destaca entre os demais, devido ao fato de o local onde está inserido, não atender nenhum critério para implantação de aterro sanitário de pequeno porte por um período acima de 15 anos, conforme as resoluções do CONAMA 404/2008 e NBR 13.896/1997 (GOMES, 2022, p.109), visto que a área se encontra dentro de uma APA, sendo concedido pelo sistema a maior pontuação nesse critério. Além disso, o terreno possui uma declividade considerável, possuindo alguns pontos escarpados, favorecendo o aumento da erosão do

solo, sendo que já houve o escorregamento de resíduos em direção à margem do Rio Pitanguinha.

A análise desse cenário, conforme pontuação estabelecida para esses critérios do terreno, evidencia a vulnerabilidade que o solo do Lixão de Valença está submetido, especialmente pelo fato dos resíduos não estarem estabilizados, tendo em vista que até o dia da visita *in loco* ocorria a deposição de material por caminhões.

A investigação geoambiental realizada através de estudo topográfico, geofísico e sondagem à percussão permitiu detalhar o efeito do passivo ambiental no solo. Assim, o levantamento planialtimétrico (Figura 20) reforça o que foi constatado na análise visual, tendo em vista que a área delimitada pela linha na cor rosa representa a massa de resíduos que sofreu o escorregamento, abrangendo uma área de aproximadamente 1,40 ha e a linha na cor azul claro representa o leito do rio Pitanguinha.

Figura 20: Levantamento planialtimétrico do Lixão de Valença



Fonte: O Autor (2024)

Realizando uma sobreposição da imagem obtida com o levantamento planialtimétrico com uma imagem aérea da região foi possível mensurar com mais precisão a área de 4,33 ha, bem como o modo como a massa de lixo está ocupando o terreno e como influencia o seu entorno.

Por meio da sondagem foi possível constatar a espessura da camada de resíduos, sendo que nos 4 pontos perfurados não foi detectado a presença de água. A massa de lixo variou entre a superfície e a profundidade de 6,36 metros, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Descrição dos furos de sondagem do lixão de Valença

Furo	Profundidade (m)	Espessura da camada de resíduos (m)	Nível d'água (m)
SP 01	6,78	6,36	Não Encontrado
SP 02	6,48	1,62	Não Encontrado
SP 03	6,00	0	Não Encontrado
SP 04	5,32	5,32	Não Encontrado

Fonte: O Autor (2024)

Desse modo, mediante os valores das áreas de deposição dos resíduos sólidos (Figura 21) estimou-se o volume total de lixo presente no Lixão de Valença em, aproximadamente, 168 mil metros cúbicos, destacando que uma quantidade considerável deslizou através do talude.

Figura 21: Áreas de deposição de lixo



Fonte: O Autor (2024)

5.1.2.2 Lixão de Senhor do Bonfim

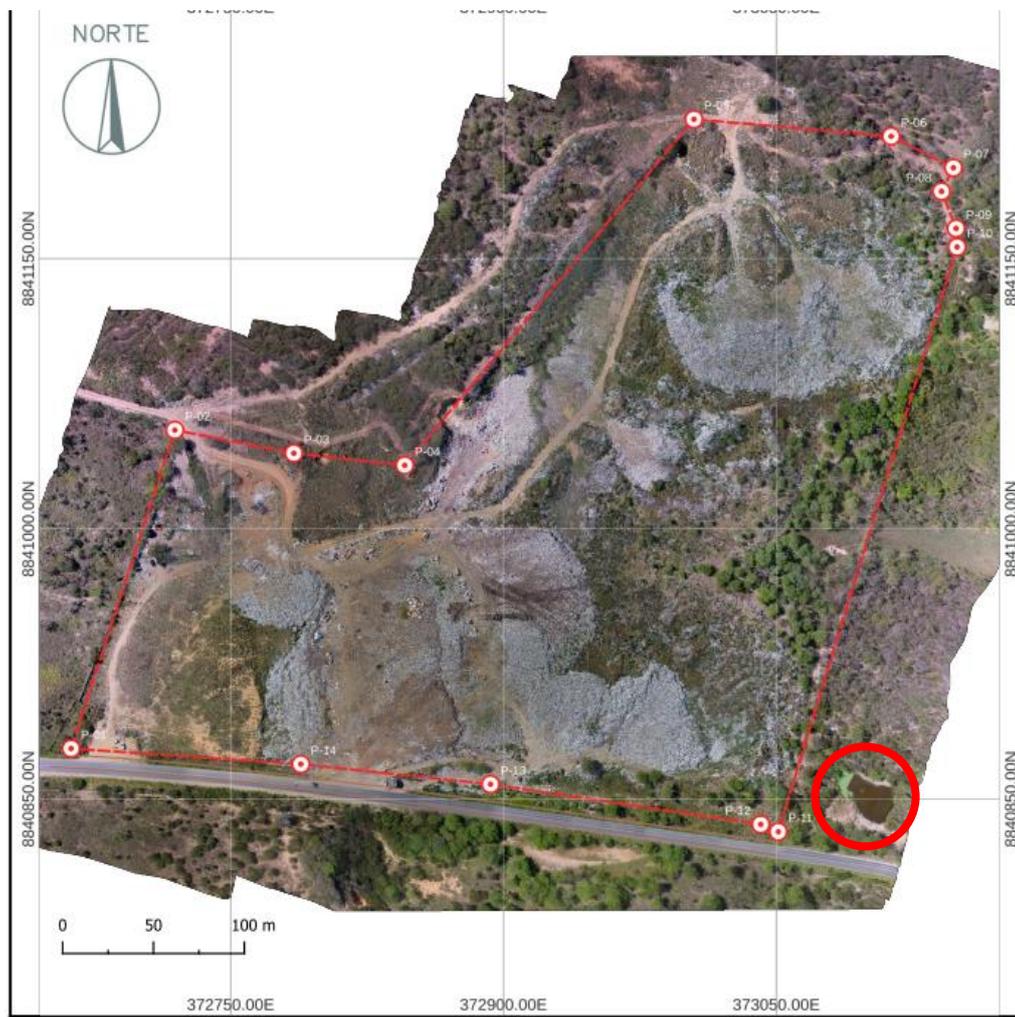
Acerca da pontuação do Lixão de Senhor do Bonfim enfatiza-se a presença de pontos consideráveis de contaminação por lixiviado no nível mais baixo da área, destacado por um círculo em vermelho (Figura 22). Entretanto, esses hotspots somente surgem no período chuvoso, visto que devido ao município estar inserido no Sertão baiano, possui mais evapotranspiração do que chuvas. Ainda assim, em se tratando de lixões, o hotspot deve ser tratado como um espaço único dentro do lixão, priorizando a sua identificação e confinamento (GOMES, 2019, p.54).

Outro aspecto a ser considerado envolve eventos que costumam ocorrer na área, como a queima de resíduos, ocasionando incêndios e possíveis explosões, consequentemente, afetando a saúde respiratória da população, já que o lixão está inserido na região urbana.

Ademais, destacam-se também quesitos como a área, atividade do lixão, a espessura da camada de resíduos, ausência de impermeabilização superior, tornando o Lixão de Senhor do Bonfim como o segundo mais impactado dentre os avaliados com 75 pontos.

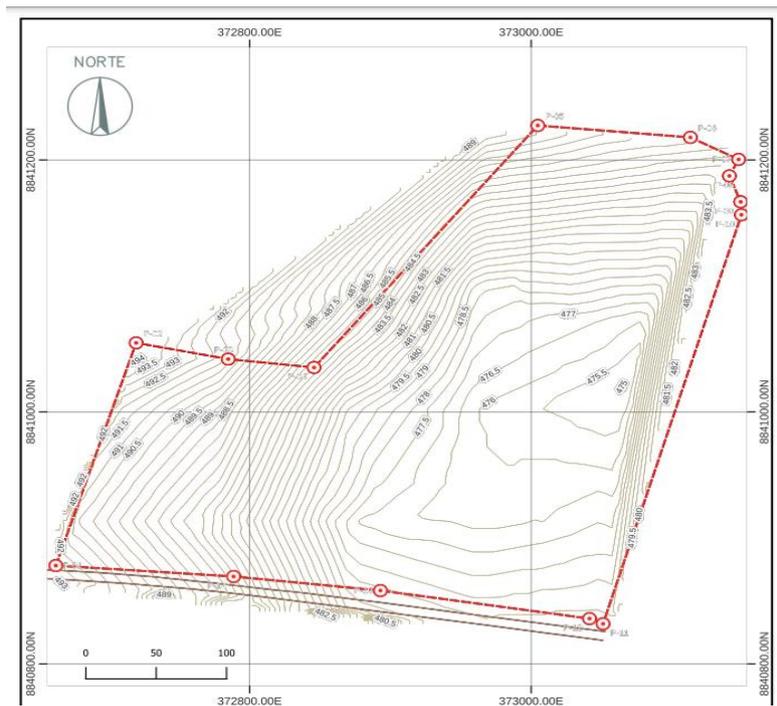
Conforme o levantamento planialtimétrico, esse vazadouro é o que possui maior área dentre os analisados, totalizando 11,11 ha e perímetro igual a 1.489 km (Figura 22). As curvas de nível (Figura 23) demonstram que o local é plano, contribuindo para que a ocorrência de erosão no solo seja reduzida, já que devido à ausência de inclinação, o escoamento das águas e o transporte de sedimentos são mínimos (SANTOS & SANTOS, 2021, p.11).

Figura 22: Delimitação da área do Lixão Municipal de Senhor do Bonfim



Fonte: BAHIAMAP (2024)

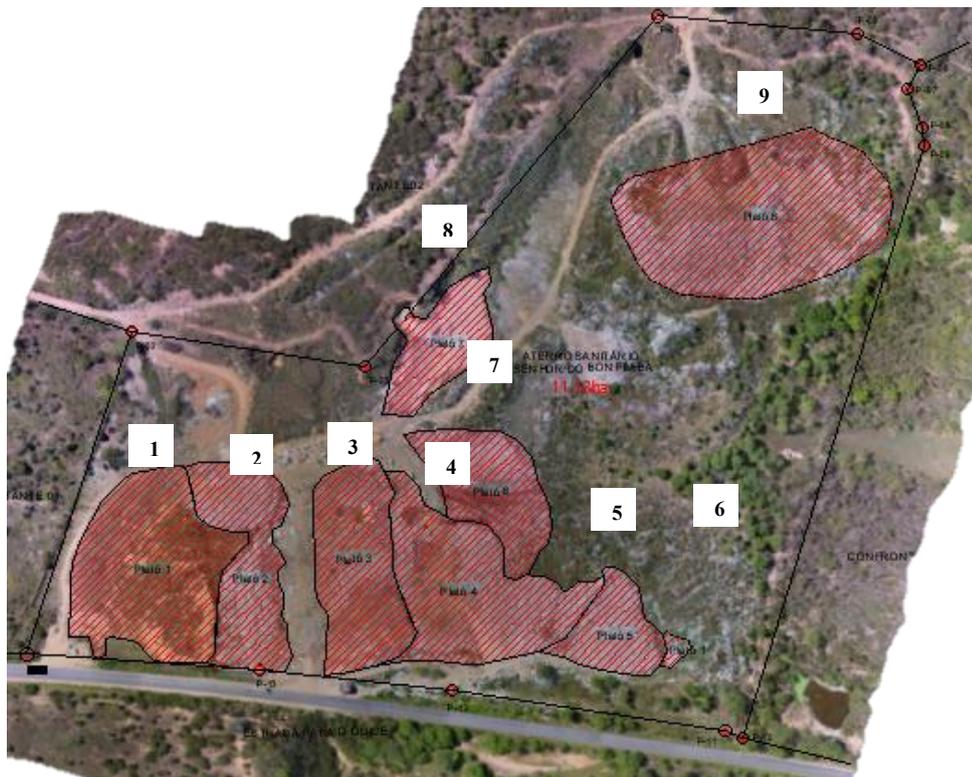
Figura 23: Curvas de Nível do Lixão de Senhor do Bonfim



Fonte: BAHIAMAP (2024)

Por meio da Figura 24 percebe-se que os resíduos estão espalhados por boa parte da área, porém mais concentrados na porção sul, abarcando os pontos 1 a 6. Desse modo, avaliou-se que, para o processo de requalificação, deve-se confinar a massa de lixo em uma área menor, realocando os resíduos dos pontos 7, 8 e 9 para as demais. Além disso, através da visita técnica constatou-se que os resíduos localizados nas áreas 8 e 9 são constituídos de materiais recicláveis que foram dispostos pelos catadores (Figura 25), preservando o solo de possíveis contaminantes e, reduzindo também, a necessidade de investigação por sondagem geotécnica.

Figura 24: Áreas de deposição de lixo



Fonte: O Autor (2024)

Figura 25: Depósito de recicláveis na área 8



Fonte: O Autor (2024)

No total, foram realizadas 6 sondagens e cada perfuração alcançou a profundidade de 8,45m, ultrapassando a camada de lixo, sendo que não foi encontrado presença de

água. A espessura das camadas de resíduos, descritos na Tabela 4, varia a partir da superfície do solo e alcançam uma profundidade de 7,85m do subsolo. Ademais, o perfil do solo, imediatamente abaixo da massa de lixo, está suscetível à infiltração e percolação do lixiviado, visto que ele pode ser classificação como um solo arenoso siltoso, com presença de siltes e com a granulometria variando entre grossa e média. Para Silva et al. (2017) a permeabilidade desse solo é média, da ordem de 25mm/h^{-1} , com infiltração rápida.

Tabela 4 Descrição dos furos de sondagem do Lixão de Senhor do Bonfim

Furo	Coordenadas		Cota (m)	Profundidade (m)	Espessura da camada de resíduos (m)	Nível d'água (m)
	Norte	Este				
SP 01	8840926,448	372720,826	488,741	8,45	6,00	Não Encontrado
SP 02	8840918,742	372780,323	485,022	8,45	5,40	Não Encontrado
SP 03	8840910,626	372828,695	480,848	8,45	7,85	Não Encontrado
SP 04	8840915,260	372885,775	476,990	8,45	0,74	Não Encontrado
SP 05	8840889,780	372973,613	476,977	8,45	5,62	Não Encontrado
SP 06	8840873,189	373022,746	477,662	8,45	2,55	Não Encontrado

Fonte: O Autor (2024)

A Tabela 5 traz a estimativa do volume de resíduos totalizando 154.730,728 metros cúbicos, com maior concentração nas áreas 1, 2 e 3.

Tabela 5 Volume estimado de resíduo para o Lixão de Senhor do Bonfim

Nº Região	Área (m ²)	Profundidade da camada de lixo (m)	Volume estimado (m ³)
1	7.089,834	6,000	42.539,004
2	4.222,346	5,400	22.800,668
3	4.770,728	7,850	37.450,215
4	6.436,786	0,740	4.763,222
5	2.089,323	5,620	11.741,995
6	190,799	2,550	486,537
7	3.517,059	0,740*	2.602,624
8	2.626,724	2,500*	6.566,810
9	1.0311,861	2,500*	25.779,653
Total:			154.730,728

*Estimado

Fonte: O Autor (2024)

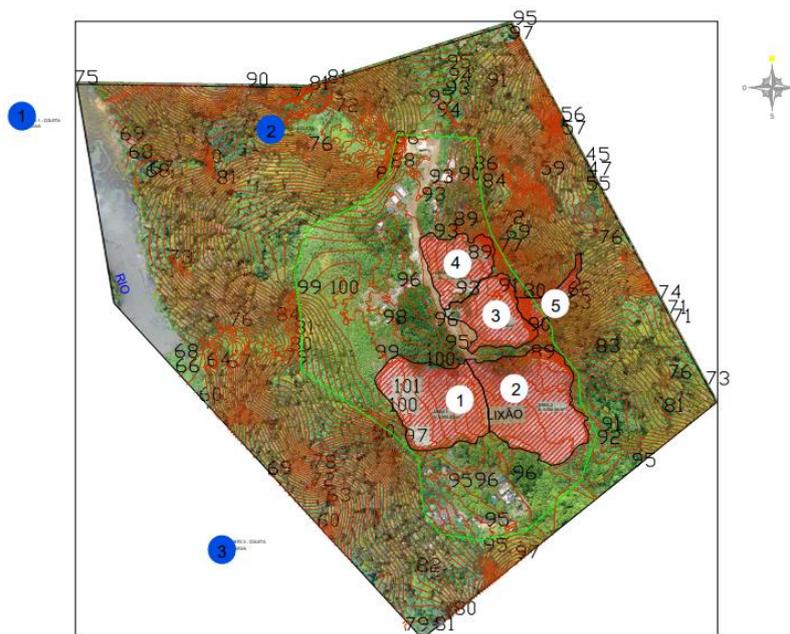
5.1.2.3 Lixão de Itacaré

O Lixão de Itacaré, segundo o ReLix, totalizou 68 pontos, destacando o fato de que, apesar de encontrar-se dentro de uma área de preservação ambiental, tal como o Lixão de Valença, já está desativado e em processo de encerramento, resultando em uma pontuação menor no quesito atividade do lixão. Além disso, já está em andamento a requalificação da infraestrutura superior, com a cobertura dos resíduos.

Por outro lado, aspectos topográficos como a declividade do terreno natural, que por sua vez, favorece o escorregamento da massa de lixo e a alta intensidade pluviométrica contribuem para que o sistema pontue com valores maiores esses critérios, imputando aspectos negativos referente ao modo como foi alocado esses resíduos na área.

Conforme resultado do levantamento planialtimétrico a área do lixão equivale a 5,34 hectares, possuindo 5 áreas bem definidas, identificadas pelos pontos na cor branca, onde há concentração dos resíduos, destacando o fato de ter havido deslizamento no ponto 5 encaminhando o material em direção a mata (Figura 26)

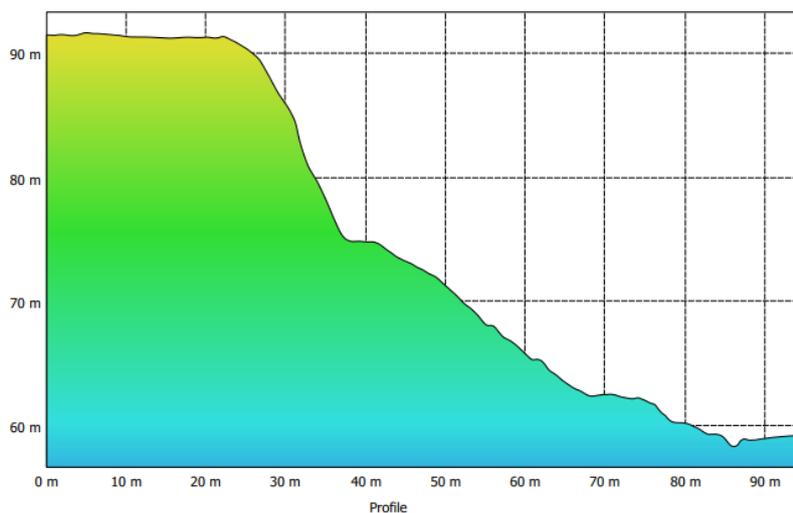
Figura 26: Levantamento planialtimétrico, áreas de deposição de resíduos e pontos de coleta de água



Fonte: O Autor (2024)

Neste ponto o desnível alcança uma amplitude de, aproximadamente, 30 metros (Figura 27). Os pontos na cor azul demarcam os locais onde houve a coleta da água do Rio Canoeiro.

Figura 27: Desnível da área 5



Fonte: O Autor (2024)

Por meio da sondagem geotécnica foi possível identificar que a camada de resíduos variou entre a superfície e uma profundidade de 7 metros, não encontrando presença de lençol freático, devendo estar abaixo 10 metros, limite alcançado em cada furo. De modo geral, os perfis dos solos investigados variaram entre argila siltosa, argila arenosa e areia argilosa, conforme as Figuras 28 a 31 destacando que a espessura da camada de resíduos no ponto 1, no ponto 2 e no ponto 3 estão alocados logo abaixo da superfície, enquanto no ponto 4 o lixo se mistura com o solo de caráter argiloso, de baixa resistência devido a sua consistência ser muito mole. Não foi possível executar a sondagem no ponto 5 devido ao terreno ser escarpado. Desse modo, para a estimativa do volume nesse ponto considerou-se uma espessura igual a meio metro. Assim, o volume total estimado encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6: Volume de lixo estimado da área

Local	1	2	3	4	5	Total
Área (m ²)	5.555,8	6.584,8	2.913,0	2.751,6	1.104,8	18.910,1
Profundidade de Lixo (m)	2,0	3,25	3,60	7,0	0,50*	-
Volume estimado (m ³)	11.111,6	21.400,7	10.486,9	19.261,2	552,4	62.812,9

Fonte: O Autor (2024)

Figura 28: Perfil Individual de Sondagem 01

Cota em relação ao R.N.	Amostra	Ensaio SPT		Números de golpes (30 cm iniciais)	Números de golpes (30 cm finais)	Resistência a Penetração					Profundidade da camada	Revestimento :		Nível da Água
						Amostrador tipo TERZAGHI & PECK						Amostrador: {	Interno : 34,9mm Externo : 50,8mm Peso : 65Kg / Altura da queda : 75cm	
						Nº de golpes								
					10	20	30	40	50	60	Classificação da Camada			
1		2	3	3	05	07						2,00	CAMADA DE LIXO.	
2		2	2	2	04	04								
3		1	1	1	02	02						4,50	ARGILA ARENOSA - SILTOSA, DE CONSISTÊNCIA MUITO MOLE A RÍJA E COR MARROM.	
4		3	4	5	07	09								
5		3	4	4	07	08						6,20	AREIA ARGILOSA DE COMPACIDADE POUCO COMPACTA E COR MARROM.	
6		4	4	5	08	09								
7		4	5	5	09	10						10,00	AREIA ARGILOSA - SILTOSA DE COMPACIDADE POUCO COMPACTA A MÉDIA E COR MARROM.	
8		4	6	8	10	14								
9		5	4	3	09	07								
10		4	4	4	08	08								

Fonte: Sondasolo (2024)

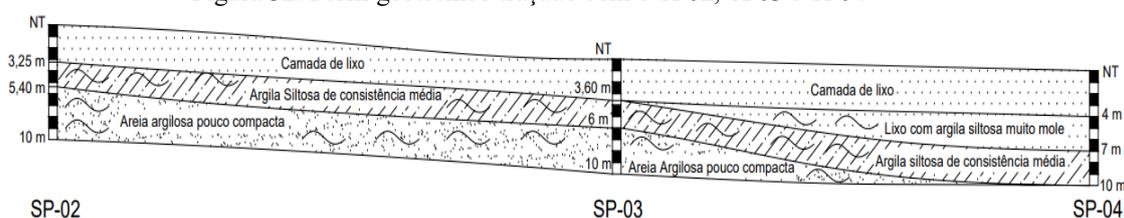
Figura 29: Perfil Individual de Sondagem 02

Cota em relação ao R.N.	Amostra	Ensaio SPT		Números de golpes (30 cm iniciais)	Números de golpes (30 cm finais)	Resistência a Penetração					Profundidade da camada	Revestimento :		Nível da Água
						Amostrador tipo TERZAGHI & PECK						Amostrador: {	Interno : 34,9mm Externo : 50,8mm Peso : 65Kg / Altura da queda : 75cm	
						Nº de golpes								
					10	20	30	40	50	60	Classificação da Camada			
1		2	4	5	06	09						3,25	CAMADA DE LIXO.	
2		3	4	8	07	12								
3		1	1	1	02	02						5,40	ARGILA SILTOSA - ARENOSA, DE CONSISTÊNCIA MÉDIA E COR MARROM.	
4		2	1	2	03	03								
5		2	2	2	04	04						10,00	AREIA ARGILOSA DE COMPACIDADE POUCO COMPACTA E COR MARROM.	
6		3	4	4	07	08								
7		4	4	3	08	07								
8		3	4	4	07	08								
9		3	4	4	07	08								
10		4	4	5	08	09								

Fonte: Sondasolo (2024)

O alinhamento entre as sondagens dos pontos 2, 3 e 4 permitiu construir o perfil geotécnico do terreno (Figura 32), evidenciando a mudança da consistência da argila siltosa de média para muito mole, bem como demonstrando que entre os pontos 3 e 4 houve maior concentração de resíduos no terreno, atingindo a profundidade de 7 metros no subsolo. Abreu (2015, p.133) ao investigar resíduos de distintas idades no aterro sanitário de São Carlos – SP encontrou material de consistência mole a muito mole quando a sondagem alcançou profundidades abaixo de 7 metros e idade de aterramento de 8 anos.

Figura 32: Perfil geotécnico traçado com o SP02, SP03 e SP04



Fonte: O Autor (2024)

5.1.3 Solo e Águas Subterrâneas

A pontuação da categoria solo e águas subterrâneas está descrita no Quadro 4.

Quadro 4: Pontuações obtidas da análise do solo e águas subterrâneas dos lixões

Situação	Lixão de SBF	Lixão de Valença	Lixão de Itacaré
Coleta de lixiviados	6	6	6
Contaminação das águas subterrâneas	6	6	4
Contaminação do solo	6	2	2
Descontinuidades do terreno sobre o qual está o lixão	2	4	4
Distância de um ponto de alimentação de água para abastecimento público	2	4,5	2
Distância de um ponto de alimentação de água potável de uso doméstico.	1,5	4,5	1,5

Distância entre os resíduos e água subterrânea inferior a 1,5m	0	2	0
Impermeabilização inferior	4,5	4,5	4,5
Material disponível na região para ser usado como cobertura	3	3	3
Natureza do solo sob o lixão	4	2	2
Nível piezométrico abaixo dos resíduos	2	2	2
Permeabilidade do solo onde está localizado o lixão	2	2	2
Presença de lixiviado nos taludes, aterros e entornos	4	2	2
Tratamento de lixiviados	6	6	6
Uso preponderante da água subterrânea da área ou entorno diretamente afetado pelo lixão	2	6	2
Volume do contaminante	3	3	3
TOTAL	54	61	46

Legenda: SBF = Senhor do Bonfim

Fonte: Adaptado do ReLix (2024)

5.1.3.1 Lixão de Valença

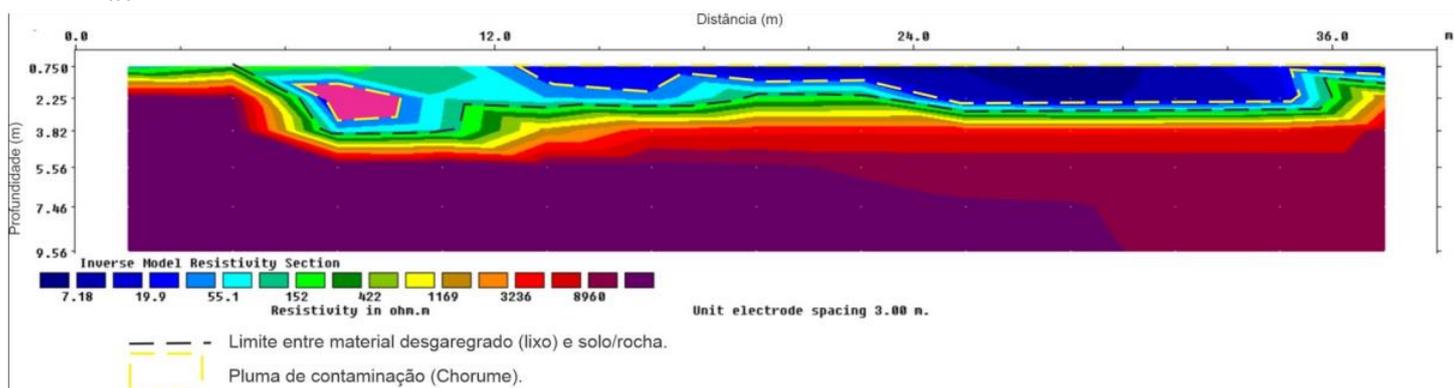
Dentre os critérios expostos no Quadro 4 percebe-se que os impactos ambientais mais agudos envolvem o lixiviado e as águas subterrâneas, tendo vista que por se tratar de um vazadouro a céu aberto não existe impermeabilização inferior. Ademais, não existe no lixão alguma ação para a coleta e tratamento, depreendendo-se que toda a área está sujeita a contaminação por percolação, podendo alcançar algum lençol freático, apesar de não ter sido encontrado a presença de água subterrânea nas perfurações das sondagens.

Outro fator que contribui para que se reduza, significativamente, a possibilidade de contaminação por lixiviado é que o terreno do Lixão de Valença possui atributos físicos que dificultam a infiltração desses materiais contaminantes oriundos dos resíduos,

pois o ensaio de permeabilidade do solo indicou um coeficiente da ordem de 10^{-7} m/s. O valor se adequa aos parâmetros estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas presentes na NBR 13.896/1997, que considera desejável para a implantação de um aterro um subsolo com coeficiente de permeabilidade inferior a 5×10^{-5} cm/s.

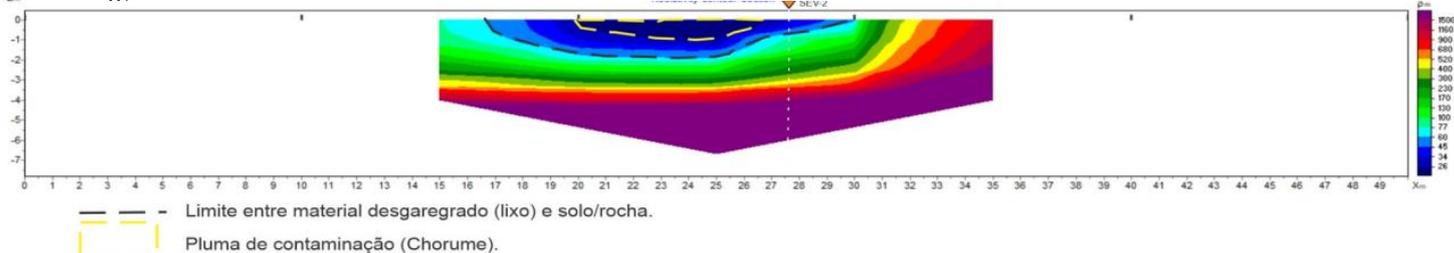
De certo modo, isso favorece para que haja o represamento do líquido contaminante no interior do subsolo, formando uma pluma de contaminação, que pôde ser identificada através da investigação geofísica fazendo uso do método da eletrorresistividade. Segundo Bortolin e Malagutti Filho (2010, p.368) valores de resistividade abaixo de $20 \Omega.m$ e valores de condutividade maiores que 40 mS.m^{-1} , indicam contaminação por chorume. Assim, o modelo geológico aplicado no Lixão de Valença indicou anomalias que apresentaram baixa resistividade elétrica, com valores abaixo de $19,9 \Omega.m$, até uma profundidade de 2,90 metros (Figuras 33 e 34).

Figura 33: Modelo geológico representativo da área do Lixão de Valença, obtido pelo caminhamento elétrico $\Omega 1$



Fonte: O Autor (2024)

Figura 34: Modelo geológico representativo da área do Lixão de Valença, obtido pelo caminhamento elétrico $\Omega 2$



Fonte: O Autor (2024)

Para Santos Filho et al., (2017, p.38), o monitoramento da pluma de contaminação é de fácil identificação, pois há um grande contraste elétrico entre o solo original e o resíduo sólido em pouca profundidade, o que facilitou o monitoramento do Vazadouro Municipal de Tatuí, localizado no estado de São Paulo, que recebia diariamente cerca de 40 toneladas de lixo. De modo geral, áreas com grau de contaminação elevado apresentam resistividade inferior a $30 \Omega.m$, já as áreas suspeitas de contaminação marcam valores que variam entre 30 a $40 \Omega.m$ e, acima desse intervalo, infere-se que o local investigado está livre de contaminação (FACHIN et al., 2006, p.133).

O despejo de resíduos próximo ao local onde há descontinuidade no terreno atinge tanto o solo, como também possíveis pontos de alimentação de água potável, pois a calha do rio foi afetada pelo processo de deslizamento dos resíduos, proporcionando que ocorra o transporte de poluente e o represamento das águas, conforme pode ser visto na Figura 35

Figura 35: Delimitação da área de escorregamento dos resíduos



Fonte: O Autor (2024)

O impacto ambiental em todo ecossistema reverbera ainda mais por se tratar de uma área de preservação ambiental. Nesse sentido, Nascimento e Kniess (2016, p.1) constataram que a presença dos resíduos no maciço do lixão desativado do município de

Itapecerica da Serra – SP levou a ocorrência de uma ruptura de grandes proporções, estimando um escorregamento da ordem de 155.000 m³ de resíduos à jusante, alcançando uma distância aproximada de 500 metros, provocando um dano ao corpo hídrico devido ao soterramento de duas nascentes, bem como a contaminação superficial do solo e do lençol freático.

5.1.3.2 Lixão de Senhor do Bonfim

A ausência de coleta e tratamento do lixiviado associado ao fluxo que se forma no entorno do lixão, principalmente após forte chuva (Figura 36), justifica o fato do software atribuir a maior pontuação nesses quesitos, afinal o impacto ambiental decorrente dessa contaminação é alto, pois carrega substâncias com elevados teores e íons de propriedades tóxicas formando compostos perigosos e nocivos ao solo e subsolo (ALMEIDA & CUNHA, 2012, p.31).

De modo geral, o volume do lixiviado pode ser considerado baixo, sendo que a relação evapotranspiração/pluviosidade, contribui para que o lixiviado acumulado desapareça após um período de estiagem, pois segundo Paiva et al., (2007, p.4133) o município está inserido no polígono das secas, região que apresenta valores de evapotranspiração potencial relativamente maiores do que a precipitação, afetando o balanço hídrico. Assim, Santos et al., (2016, p.180) constataram em seus estudos da série temporal entre 1973 e 2013, que a média anual é de 766mm de precipitação para 1262,98mm de evapotranspiração potencial, classificando a região como área de suscetibilidade moderada à desertificação.

Figura 36: Acúmulo de Lixiviado



Fonte: O Autor (2024)

Como não foi detectado lençol freático durante a investigação por sondagem, não foi possível mensurar o impacto sobre ela, pois caso exista, a água subterrânea está em profundidade maior do que a alcançada nas perfurações. Entretanto, certamente esse passivo ambiental impacta o solo, visto que a qualidade do solo é diretamente afetada em vazadouros à céu aberto por não haver implementação de proteções de fundação como as geomembranas e drenos de captação do lixiviado, sendo afetados em sua maioria por elevadas concentrações de metais, especialmente zinco, chumbo, cobre, cromo e cádmio (AQUINO et al., 2022, p. 127 e 132).

Outro critério a se destacar é que os pontos de captação de água utilizados pela companhia de abastecimento local para uso público estão a uma distância maior do que 200 metros da área de influência do lixão. Além disso, não foi constatado presença de pontos de alimentação de água potável utilizados por pessoas para uso doméstico.

Por fim, próximo do lixão há material disponível para ser utilizado como solo de cobertura dos resíduos, otimizando o processo de redução do impacto ambiental, assim como os custos oriundos da logística envolvida com os maquinários.

5.1.3.3 Lixão de Itacaré

Segundo o resultado obtido com o software, o Lixão de Itacaré foi o menos impactado ambientalmente, visto que não foi constatado, visualmente, a presença de lixiviados nos taludes, no trecho plano e no entorno, apesar da alta pluviosidade do município e de não haver nenhum processo de coleta e tratamento do líquido por parte da gestão municipal.

A análise físico-química do solo (Tabela 7) colhido durante as perfurações da sondagem indicou que não há contaminação por metais. Já o teor de ferro, apesar de não haver um limite máximo pelo CONAMA 420/2009, pode ser associado às características do solo da própria região de Itacaré, visto que o latossolo vermelho-amarelo distroférico típico de textura argilosa (Figura 37) é predominante, com forte coloração avermelhada devido ao teor de contém teores elevados de óxido férrico (MOREAU, 2003, p. 43 e 45).

Tabela 7: Análise das amostras de solo

Local da amostra	Profundidade	Parâmetros (mg/dm ³)		
		Ferro Total	Manganês Total	Alumínio Total
SP-01	2,00 m	30,1	0,20	1,60
	3,00 m	28,9	0,25	1,63
	4,00 m	23,3	0,21	1,04
SP-02	3,25 m	24,5	0,20	0,90
	4,00 m	21,1	0,20	1,11
	5,00 m	24,2	0,25	0,85
	7,00 m	26,8	0,25	0,87
SP-03	3,60 m	15,9	0,28	0,95
	4,50 m	25,7	0,33	0,93
	4,60 m	25,9	0,24	1,02
	5,60 m	33,3	0,22	1,04

	6,00 m	30,1	0,33	1,10
SP-04	7,00 m	31,2	0,36	1,60
	8,00 m	30,0	0,41	1,42
	9,00 m	30,3	0,41	1,32
	Mudança de camada de 9 m para 10 m	36,5	0,45	1,44

Fonte: Bahia Analítica (2024)

Figura 37: Solo de Itacaré



Fonte: O Autor (2024)

Cabe salientar que pelo caráter argiloso do solo, a gestão municipal já iniciou o processo de cobertura dos resíduos com esse material, obtido em jazidas próximas, pois a sua permeabilidade é inferior a 10^{-5} cm/s. Ademais, apesar da presença do Rio Pitanguinha, não foi encontrado ponto de alimentação de água potável e/ou para abastecimento público nas proximidades do lixão.

5.1.4 Águas Superficiais

Segundo o ReLix, o Lixão de Valença é o que possui maior impacto ambiental referente às águas superficiais, com uma pontuação de 34,4. Em seguida tem-se o lixão de Senhor do Bonfim e o Lixão de Itacaré com 21,1 e 18,7 pontos, respectivamente.

Quadro 5: Pontuações obtidas da análise das águas superficiais dos lixões

Situação	Lixão de SBF	Lixão de Valença	Lixão de Itacaré
Distância da zona balneável mais próxima	2	2	2
Distância de nascente d'água mais próxima	2	6	2
Distância de um ponto de alimentação de água para abastecimento público	2	2	2
Distância de um ponto de alimentação de água potável de uso doméstico	1,5	6	1,5
Distância entre o lixão e a borda do corpo hídrico mais próximo	2	6	2
Poluição das águas constatada por análises	6	6	6
Uso preponderante da água de superfície	2	2	2
Utilização das águas	3,59	4,79	1,2
TOTAL	21,1	34,8	18,7

Legenda: SBF = Senhor do Bonfim

Fonte: Adaptado do ReLix (2024)

5.1.4.1 Lixão de Valença

A análise desse cenário evidencia o quanto as águas superficiais do Lixão de Valença estão vulneráveis à contaminação dos resíduos sólidos, especialmente pelo fato do relevo escarpado em alguns locais encaminhar a massa de lixo, não estabilizada, em direção ao Rio Pitanguinha, com o progressivo aumento da erosão do solo, gerando um acúmulo de resíduos na calha (Figura 38).

Figura 38: Presença de resíduos na calha do rio Pitanguinha



Fonte: <https://cledsonbio.blogspot.com/2012/01/crise-ecologica-um-raio-x-de-valenca-ba.html>

Acesso em: 14/11/2023

Assim como o observado por Silva et al., (2011) o plástico foi o material que mais se destacava dentre os demais, sendo que a sua ocorrência gera obstáculos ao fluxo de água e, em pontos de captação para abastecimento, pode obstruir as estruturas de drenagem. Além disso, conduz a uma poluição visual e um aspecto desagradável ao local

5.1.4.2 Lixão de Senhor do Bonfim

As águas superficiais encontradas no nível mais baixo da área do Lixão, por vezes, são utilizadas por animais que pastam no local. Entretanto, a presença do lixiviado provocou alterações físico-químicas, conforme resultados expressos na Tabela 8.

Tabela 8: Resultados da análise do lixiviado

ENSAIO	VALOR MÁXIMO CONAMA 430 ou 357	VALOR OBTIDO
Arsênio total	0,5 mg/L As	< 0,001 mg/L
Bário total	5,0 mg/L Ba	0,225 mg/L
Boro total	5,0 mg/L B	2,961 mg/L

Cádmio total	0,2 mg/L Cd	<0,001 mg/L
Chumbo total	0,5 mg/L Pb	<0,010 mg/L
Cianeto total	1,0 mg/L CN	0,006 mg/L
Cianeto livre	0,2 mg/L CN	<0,005 mg/L
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu	0,081 mg/L
Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr+6	0,012 mg/L
Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr+3	<0,010 mg/L
Estanho total	4,0 mg/L Sn	<0,014 mg/L
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe	0,124 mg/L
Fluoreto total	10,0 mg/L F	<3,00 mg/L
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn	<0,010 mg/L
Mercúrio total	0,01 mg/L Hg	<0,0001 µg/L
Níquel total	2,0 mg/L Ni	0,038 mg/L
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N	22,07 mg/L
Prata total	0,1 mg/L Ag	< 0,010 mg/L
Selênio total	0,30 mg/L Se	<0,005 mg/L
Sulfeto	1,0 mg/L S	0,460 mg/L
Zinco total	5,0 mg/L Zn	< 0,060 mg/L
Benzeno	1,2 mg/L	< 2,00 µg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L	< 2,00 µg/L
Dicloroeteno (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2 trans)	1,0 mg/L	< 6,00 µg/L
Estireno	0,07 mg/L	< 2,00 µg/L
Etilbenzeno	0,84 mg/L	< 2,00 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH	<0,002 mg/L
Tetracloroeto de carbono	1,0 mg/L	< 2,00 µg/L
Tricloroeteno	1,0 mg/L	< 2,00 µg/L
Tolueno	1,2 mg/L	< 2,00 µg/L
Xileno	1,6 mg/L	< 2,00 µg/L
pH	5 a 9	8,85
Temperatura	22°C	Inferior a 40°C
DQO	-	1.150,98 mg/L O ₂
QBO	120 mg/L	92,00 mg/L O ₂
Sólidos Dissolvidos	500 mg/L	8.280,00 mg/L O ₂
Sólidos Suspensos	-	56,00 mg/L O ₂
Sólidos Totais	1.500 mg/L	13.202,00 mg/L
Sólidos Sedimentáveis	1,0 mg/L	1,40 mg/L O ₂
Óleos e Graxas totais	100 mg/L	< 10,00 mg/L
Óleos e Graxas Mineral	20 mg/L	< 10,00 mg/L
Óleos e Graxas Vegetais	50 mg/L	< 10,00 mg/L

Fonte: SENAI (2024)

Percebe-se que o valor referente ao nitrogênio amoniacal total (NAT) extrapolou o limite máximo estabelecido pela legislação, indicando que o corpo receptor está contaminado, devido ao aumento da toxicidade pela amônia, visto que, na superfície da água doce a concentração de amônia cresce à medida que ocorre o aumento do pH e da temperatura (CETESB, 2007). Com um intervalo de 22 meses de coleta, Shinzato et al., (2018) obteve valores de NAT iguais a 171 mg/L que foi reduzido para 45 mg/L, devido à fatores como a diluição do volume do lixiviado na água superficial e da exposição a céu aberto que acelerou a degradação das frações orgânicas, conduzindo a oxidação do composto nitrogenado.

A DBO encontra-se dentro dos parâmetros, entretanto a DQO, apesar de não haver um limite estabelecido na legislação, apresentou um valor muito alto, sendo que para Chapman & Kimstach (1996) a concentração em águas superficiais não poluídas não deve ultrapassar 20mg/l. Já Bragagnolo et al., (2018, p.10) encontraram para o aterro sanitário de Palmeira das Missões – RS um valor médio de DQO igual a 2233 mg/L, enquanto a DBO foi de 518 mg/L, indicando que a concentração de compostos recalcitrantes é maior do que das substâncias degradáveis biologicamente. A relação DBO/DQO resultou em 0,08, próximo aos valores obtidos por Ritter & Ferreira (2011, p. 12) na face sul do lixão de Marambaia – RJ.

Já a série de sólidos também extrapolou o limite estabelecido, sendo que os valores convergem com os de Ritter & Ferreira (2011, p. 13) onde os sólidos suspensos totais variaram de 56 a 313 mg/L e os sólidos dissolvidos totais de 3728 a 9252 mg/L.

5.1.4.3 Lixão de Itacaré

Os resultados das análises realizadas nos 3 pontos de coleta estão alocados na Tabela 9.

Tabela 9: Análise da água do Rio Canoeiro

ENSAIO	VALOR OBTIDO PONTO 1	VALOR OBTIDO PONTO 2	VALOR OBTIDO PONTO 3
Alcalinidade (mg/L)	15	60	< 10
Cloretos (Cl-) (mg/L)	82	173	37
Clorofila-a (µg/L)	< 0,80	< 0,80	< 0,80

Coliformes Termotolerantes (UFC/100 mL)	9	21	924
Condutividade $\mu\text{S/cm}$	155,2	903	64,6
DBO (mg/L)	15,40	2,03	15,40
DQO (mg/L)	36,96	3,80	33
Nitrato (mg/L)	0,75	0,21	0,68
Nitrogênio Total (mg/L)	1,64	0,31	2,94
Oxigênio dissolvido [OD] (mg/L)	2,4	6,0	2,0
pH	6,81	8,14	6,70
Salinidade (mg/L)	0,007	0,01	0,01
Sólidos suspensos totais (mg/L)	226	5	420
Sólidos Totais (mg/L)	408	58	705
Turbidez (NTU)	7,71	3,53	20,02

Fonte: Bahia Analítica (2024)

Os valores obtidos referentes aos ensaios de cloretos, clorofila-a, nitrato, pH, salinidade e turbidez estão dentro dos parâmetros exigidos pela legislação. Já a alcalinidade, condutividade, DQO e sólidos suspensos não possuem valores de referência com limite máximo pré-estabelecido.

O ponto 3, localizado à jusante da área de influência do lixão extrapolou o limite de coliformes termotolerantes estabelecido para as águas doces de classe 1, não podendo ser utilizada para consumo humano, mesmo após a realização de tratamento simplificado. Outro critério extrapolado foi a DBO, visto que para a classe 1, classe 2 e classe 3, os valores máximos são 3, 5 e 10 mg/L de oxigênio dissolvido respectivamente, restringindo, desse modo, o corpo hídrico para a classe 4, ou seja, podendo ser utilizada somente para à navegação e à harmonia paisagística. Além disso, o valor de 705 mg/L obtido para sólidos totais e o OD inferior a 2 mg/L reforçam a classificação na classe 4.

Os resultados obtidos para o ponto 1, localizado à montante, enquadra o corpo hídrico na classe 4, devido ao fato de a DBO ter valor superior a 10mg/L e o OD ser inferior a 4mg/L. Assim, é possível inferir que todo o trecho sob a influência do lixão municipal não deve ser destinado para o consumo humano, recreação, irrigação de culturas agrícolas, dessedentação dos animais e para atividades relacionadas à pesca.

Por fim, percebe-se que o ponto 2, referente à nascente do Rio Canoeiro, ainda está livre da contaminação dos resíduos sólidos, visto que todos os parâmetros estão dentro da normalidade estabelecida pela legislação, podendo ser enquadrado como água

doce de classe 1. Cabe destacar que catadores relataram que esse local era utilizado para o consumo pessoal.

5.1.5 Meio Social

Os resultados obtidos da análise do meio social indicam que o Lixão Municipal de Senhor do Bonfim é o que mais impacta dentre os outros analisados, tendo o dobro da pontuação recebida pelo Lixão de Itacaré, conforme Quadro 6.

Quadro 6: Pontuações obtidas da análise do meio social dos lixões

Situação	Lixão de SBF	Lixão de Valença	Lixão de Itacaré
Danos à saúde da população residente no lixão e/ou entrono	4,5	4,5	1,5
Danos materiais à população residente no lixão e/ou entorno	4,5	4,5	1,5
Densidade populacional dentro de um raio de 500m	6	2	2
Distância do núcleo populacional mais próximo	6	2	2
Existência de atividades agropecuárias na área ou no entorno	4	4	2
Existência de catadores	6	6	3
Presença de escorpiões no lixão	0	0	0
Presença de hospital, creche, escola ou asilo na área do lixão num raio de 500m	3	3	3
Presença de insetos no lixão	6	6	6
Presença de outras aves no lixão	6	0	0
Presença de outros animais no lixão	6	0	0
Presença de roedores no lixão	0	0	0
Presença de urubus no lixão	6	6	6

Utilização da área ou no entorno para atividades de lazer	2	2	2
Zona de isolamento físico do lixão	6	6	4
TOTAL	66	46	33

Legenda: SBF = Senhor do Bonfim

Fonte: Adaptado do ReLix (2024)

5.1.5.1 Lixão de Valença

No lixão foi constatado a presença de catadores pertencentes a comunidade do Orobó atuando na área, apesar de ser uma região localizada na zona rural com baixa densidade populacional, dentro de um raio de 500m. Devido a isso não foi encontrado nenhum estabelecimento comercial, bem como espaços voltados ao atendimento social da população que reside nas proximidades.

Outro aspecto relevante que gera prejuízo ao meio social é a presença de insetos e urubus, especialmente motivados pela quantidade de resíduos orgânicos expostos no terreno, aumentando o potencial de serem vetores de doenças para a população residente no lixão ou no seu entorno.

Por fim, cabe destacar que não foi visualizado barreiras que impeçam a entrada de pessoas não autorizadas no local.

5.1.5.2 Lixão de Senhor do Bonfim

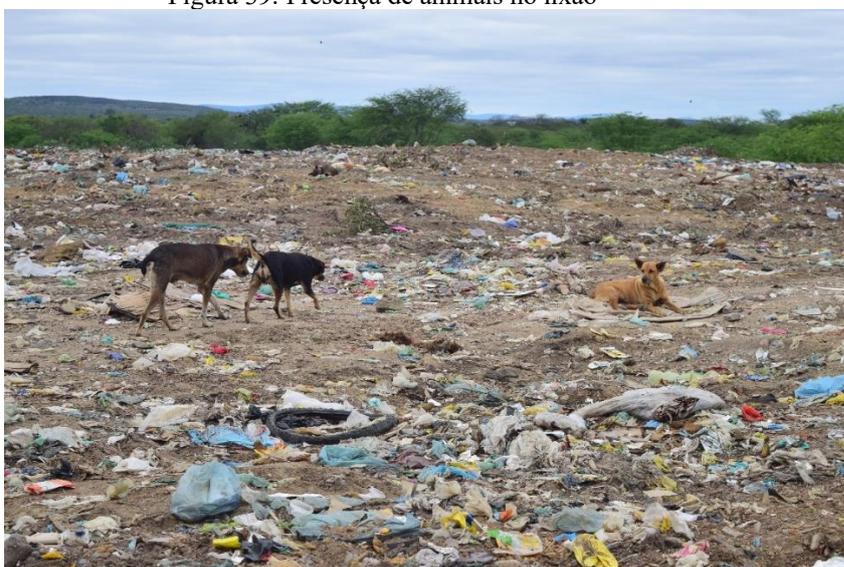
O lixão atingiu 66 pontos nesse cenário, tendo em vista que o vazadouro a céu aberto está localizado na área urbana do município, onde há mais de 100 imóveis dentro de um raio de 500m, especialmente voltados para o setor de comércio. Além disso, há aglomeração humana dentro do lixão, com catadores residindo na área, bem como imediatamente ao lado, pois há um grande posto de combustível.

Foi detectado somente uma barreira com portões no acesso mais próximo da BR 407, porém existem outros dois acessos, com espaçamento para entrada de veículos, que não possuem nenhuma barreira de isolamento físico para pessoas e animais. Vale salientar

que o quantitativo de pessoas atuando no lixão é muito grande, sendo constatado a presença de crianças e jovens.

Os animais encontrados na área do lixão foram insetos, especialmente mosca varejeira, urubus, carcarás, garças, cachorros e cavalos (Figura 39). Diante disso, é imprescindível mencionar a existência de um aeroporto para aviões de médio e pequeno porte, distante 5 quilômetros da área de influência do lixão, que levou investimentos da ordem de 20 milhões do Governo do Estado da Bahia, que não pôde ser inaugurado por conta da presença das aves (Figura 40).

Figura 39: Presença de animais no lixão



Fonte: O Autor (2024)

Figura 40: Presença de aves sobrevoando o lixão



Fonte: O Autor (2024)

Por fim, foi constatado por meio de relato de catadores e do presidente do CDSTIPNI que um dos maiores danos à saúde da população ocasionado pela presença do lixão na área urbana, envolve quantidade de fumaça gerada quando há queima dos resíduos. Segundo Brandão Júnior et al., (2018, p.606) a queima irregular dos resíduos produz partículas e gases nocivos, destacando-se o monóxido de carbono, metano benzeno, a depender da fonte, quantidades variáveis de metais, como chumbo (Pb) ou mercúrio.

5.1.5.3 Lixão de Itacaré

O lixão foi o menos impactado nesse critério, pois não foi encontrado catadores, nem residências na área de influência do lixão, devido à implementação de política pública de moradia pela gestão municipal destinado aos catadores que atuavam no lixão. Há uma barreira de proteção isolando a área, entretanto não é vigiada. Desse modo, o impacto provocado pela massa de lixo na saúde da população, ou a materiais é bem reduzido.

Em relação a presença de animais, constatou-se somente insetos e urubus. Ademais, não há a utilização da área e/ou o seu entorno para atividades de lazer, bem como para atividades agropecuárias.

5.1.6 Meio Natural e Paisagens

Os resultados sobre Meio Natural e Paisagens encontram-se no Quadro 7.

Quadro 7: Pontuações obtidas da análise do meio natural e paisagens dos lixões

Situação	Lixão de SBF	Lixão de Valença	Lixão de Itacaré
A região tem mais evapotranspiração do que chuvas	3	6	6
Danos aos animais domésticos e/ou selvagens	4	4	4
Dispersão de resíduos no entorno	6	6	6
Distância de um elemento cultural, turístico,	1,5	1,5	1,5

arqueológico ou ambiental importante			
Existência de desatamento e/ou redução de biodiversidade em razão da presença do lixão	4	4	4
Largura da barreira vegetal (cerca viva) do lixão	6	2	2
O clima da região é árido ou semiárido	3	6	6
Possibilidade das águas subterrâneas ou superficiais contaminadas se dirigirem a um mangue ou pântano	1,5	1,5	3
TOTAL	29	31	32,5

Legenda: SBF = Senhor do Bonfim

Fonte: Adaptado do ReLix (2024)

5.1.6.1 Lixão de Valença

Pelo fato de o lixão estar localizado dentro de uma área de Mata Atlântica e de preservação ambiental existe uma cerca viva natural, apesar da quantidade de vegetação suprimida para a deposição dos resíduos, que conduz a uma gradativa redução da biodiversidade, na área de influência do lixão, afetando a fauna e a flora.

Outro aspecto negativo relevante que afeta o meio natural e as paisagens é a dispersão dos resíduos no entorno, reforçando a menção sobre os escorregamentos que conduziram a massa de lixo para a calha do Rio Pitanguinha. Desse modo, o software atribuiu a esse critério a pontuação com o valor máximo.

Ademais, o Lixão de Valença pertence a uma região do estado da Bahia onde o clima não é semiárido ou árido e a pluviosidade é relativamente elevada, quando comparada ao processo de evapotranspiração. Essas condições contribuem para o aumento no balanço hídrico e, por conseguinte, reflete na possibilidade de percolação do lixiviado, visto que durante o processo de infiltração, o volume percolado acumula no solo fino, reduzindo a sucção devido ao aumento da umidade, promovendo a penetração na camada de entulho, com o peso da coluna de água (CATAPRETA, 2008, p.196).

5.1.6.2 Lixão de Senhor do Bonfim

Os principais problemas encontrados no lixão envolveram a ausência de barreira vegetal em todo o entorno da área impactada, como também a quantidade de cortes no terreno para ampliação dos locais de deposição dos resíduos sólidos, suprimindo a biodiversidade e impactando a fauna e flora, especialmente os animais selvagens como os carcarás. (Figura 41). Além disso há uma quantidade considerável de resíduos dispersados na rodovia, podendo ocasionar transtornos e acidentes para motoristas

Figura 41: Flora impactada pelo lixão



Fonte: O Autor (2024)

Em contrapartida, o lixão está localizado na região do semiárido baiano, onde os valores de evapotranspiração são maiores do que a pluviosidade, reduzindo a possibilidade de percolação do lixiviado. Segundo Gomes et al., (2021, p.220) não foi possível observar fluxo de lixiviado no Lixão Municipal de Juazeiro do Norte – CE, por conta da baixa umidade dos resíduos, das reduzidas precipitações e dos altos índices de evapotranspiração, temperatura e insolação.

Nesses locais, caso exista solo com baixo coeficiente de permeabilidade para ser utilizado no processo de cobertura dos resíduos, a tendência é que ocorra um melhor de camadas evapotranspirativas sobre a cobertura resistiva convencional, devido à baixa condutividade hidráulica não saturada dos solos de cobertura. (MCCARTNEY & ZORNBERG, 2004, p.922).

5.1.6.3 Lixão de Itacaré

Os resultados obtidos pelo ReLix se assemelham muito com o do lixão de Valença, visto que o município de Itacaré e Valença estão inseridos no Sul do Estado da Bahia, contemplados pela Mata Atlântica e as áreas degradadas por resíduos ocupam regiões pertencentes a APA.

Nesse sentido, foi constatado a presença de barreira vegetal com mais de 10m de largura, apesar da existência de desmatamento e redução da biodiversidade provocado pela presença da massa de lixo, causando danos para as plantas e os animais selvagens que habitam a área.

Um outro aspecto negativo é o fato de não pertencer a região árida. Assim há mais chuva do que evapotranspiração, podendo influenciar na quantidade de água que infiltra e percola o solo. Além disso, o município está localizado em região litorânea. Desse modo, existe a possibilidade de o Rio Canoeiro conduzir contaminantes para áreas de mangue.

5.1.7 Meio Atmosférico

Os resultados referentes aos critérios relacionados ao Meio Atmosférico encontram-se no Quadro 8.

Quadro 8: Pontuações obtidas da análise do meio atmosférico dos lixões

Situação	Lixão de SBF	Lixão de Valença	Lixão de Itacaré
Coleta de gás	4,5	4,5	4,5
Ocorrência de explosões recentes	6	1,5	1,5
Possibilidade de bolsões de gás e/ou	2	2	2

de migração de biogás			
Presença de odores no lixão e/ou entorno	6	6	6
Queima de resíduos	6	4	2
Tratamento de gás	6	6	6
TOTAL	30,5	24	22

Legenda: SBF = Senhor do Bonfim

Fonte: Adaptado do ReLix (2024)

5.1.7.1 Lixão de Valença

Em relação aos aspectos do meio atmosférico, o Lixão de Valença recebeu 24 pontos, sendo que as maiores pontuações atribuídas pelo software foram nos critérios envolvendo a emissão de fortes odores oriundos da degradação dos resíduos expostos no lixão e ao tratamento do gás.

Por ser um lixão com um tempo considerável de atividade há uma geração de biogás que é emitido direto para a atmosfera, haja vista que a produção pode alcançar até 30 anos para então iniciar o seu decaimento (REGATTIERI, 2008, p.52). Entretanto, não existe coleta do gás, nem tratamento.

Não foi possível obter informações acerca do item “possibilidade de bolsões de gás e/ou de migração de biogás”, pois necessitaria de equipamentos e empresa especializada para a obtenção de resultados precisos sobre isso. Por fim, foi relatado que nunca houve explosão proveniente do biogás retido, porém que às vezes ocorre a queima de resíduos.

5.1.7.2 Lixão de Senhor do Bonfim

Dentre os lixões analisados, o de Senhor do Bonfim foi o que recebeu a maior pontuação no quesito Meio Atmosférico, pois se destaca, negativamente, nos itens queima de resíduos e ocorrência de explosões recentes, recebendo pontuação máxima, apesar de existir a incerteza acerca das explosões, pelo fato da não disponibilidade de obtenção desse dado.

Segundo informações obtidas com o presidente da associação de catadores do município de Senhor do Bonfim e corroboradas por residentes que vivem na área de

influência do lixão, existe uma constância na queima dos resíduos, por vezes praticados pelos próprios catadores, especialmente no espaço destinado para materiais recicláveis, ou decorrentes dos períodos de grande estiagem e seca, onde o mato está propício para iniciar focos de incêndio.

Ademais, não existe, por parte da gestão municipal, nenhuma atividade de coleta, controle e tratamento do gás que é emitido pelos resíduos. Não foi possível obter informação sobre a migração e/ou formação de bolsões de biogás.

5.1.7.3 Lixão de Itacaré

O lixão de Itacaré recebeu a menor pontuação dentre os demais, pois não foi constatado a queima de resíduos, até pelo controle existente na área. Assim, como os demais, não foi possível constatar se há migração ou formação de bolsões de gás.

Além disso, apesar de estar em processo de encerramento, não há coleta e tratamento do gás gerado pelos resíduos. Por fim, foi possível perceber a presença de odores derivados da massa de lixo.

5.1.8 Pontuação, Nível de Impacto e Cenários de Remediação

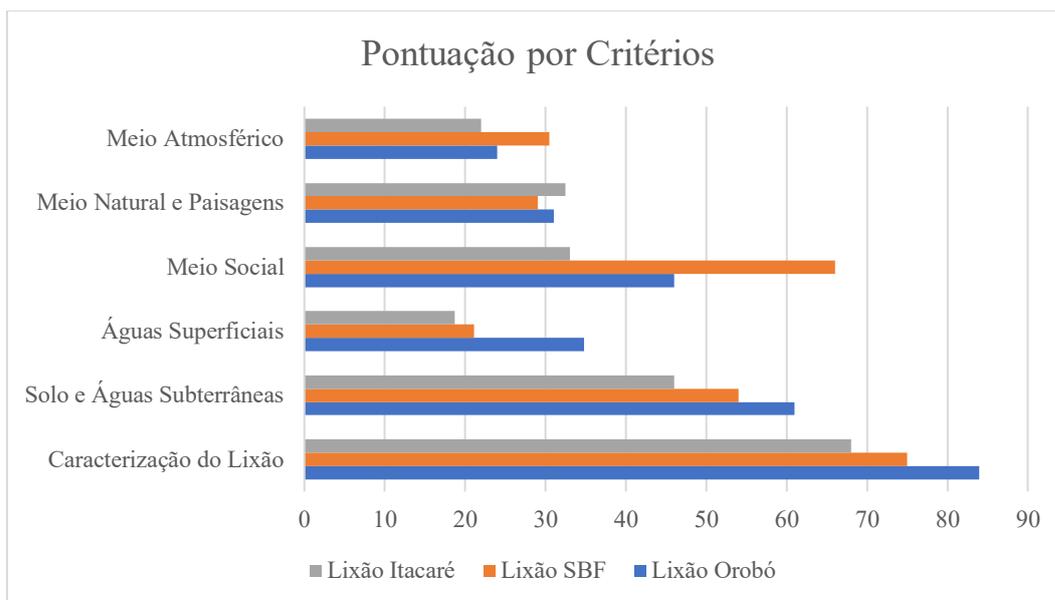
A partir dos resultados do diagnóstico exposto na Figura 42 o Lixão de Valença superou os demais em 3 critérios analisados: Caracterização do Lixão; Solo e Águas Subterrâneas e Águas Superficiais, demonstrando que o impacto ambiental analisado nesse vazadouro à céu aberto está relacionado de forma direta com o uso e ocupação do terreno, visto que os problemas vinculados às áreas de disposição de resíduos sólidos envolvem principalmente a contaminação do solo e, por sua vez, torna-o a principal fonte condutora de contaminação das águas subterrâneas e superficiais (LAGO; ELIS; GIACHETI, 2006, p.358; RODRIGUES, 2019, p.19).

O Lixão de Senhor do Bonfim ficou à frente nos critérios relacionados ao meio social e meio atmosférico, pois é de grande relevância o fato de a área degradada estar inserida na área urbana do município, afetando a saúde da população, especialmente pelo ar, durante as ocorrências de incêndio no lixão.

O Lixão de Itacaré teve relevância no critério Meio Natural e Paisagens, tendo em vista que os contaminantes podem atingir todo o ecossistema de manguezal localizado

próximo do Rio Canoeiro, apesar de estar desativado para o recebimento de resíduos sólidos. Segundo Fagundes (2010, p.96) o antigo lixão do Roger, apesar de estar inativo há anos, permanece como uma ameaça contínua de contaminação para a região estuarina, especialmente para a biota do mangue em que está localizado.

Figura 42: Pontuação dos lixões conforme o critério



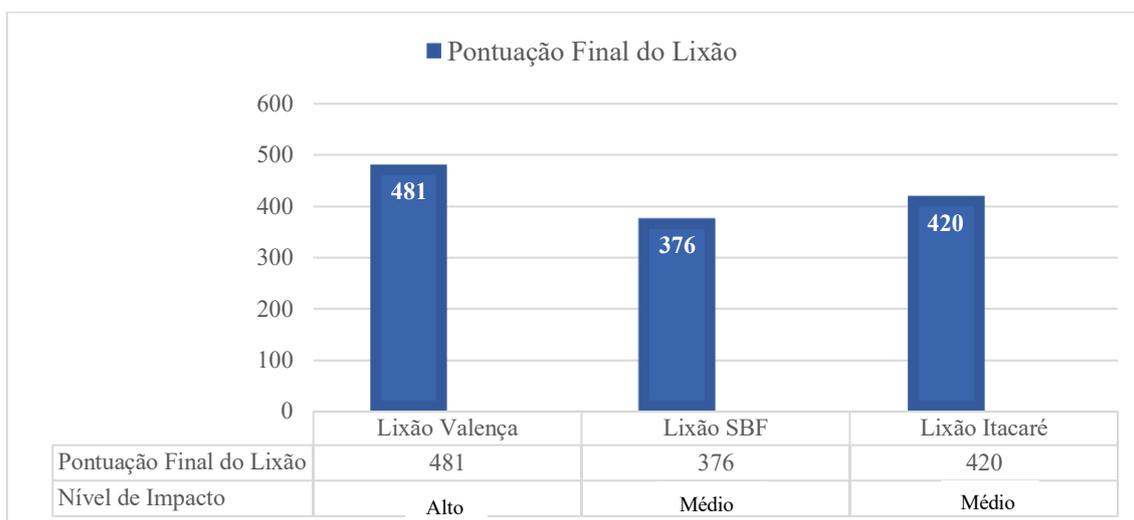
Fonte: O Autor (2024)

A pontuação final determinada pelo ReLix para os lixões estabeleceu um valor de 481 pontos para o Lixão de Valença, 420 pontos para o Lixão de Itacaré e 376 pontos para o Lixão de Senhor do Bonfim (Figura 43), sendo que houve atribuição de 200 pontos extras para os lixões localizados em região de APA, sendo 100 pontos referentes a ocorrência de estar localizado em área com restrição pela legislação ambiental e 100 pontos referentes à ocorrência em região com proximidade de corpos hídricos num raio de 200m.

Já o Lixão de Senhor do Bonfim, recebeu 100 pontos extras por estar instalado em uma área urbana, onde existem mais de 100 imóveis residenciais e comerciais, incluindo posto de gasolina e um espaço destinado para a polícia civil, havendo também a aglomeração de pessoas na parte interna do lixão e no seu entorno.

Desse modo, o ReLix concluiu que o nível de impacto ocasionado pela destinação inadequada dos resíduos sólidos é alto para o Lixão de Valença e média para o de Senhor do Bonfim e de Itacaré.

Figura 43: Pontuação final dos lixões



Fonte: O Autor (2024)

Diante disso, o programa estabeleceu cenários para o processo de remediação e requalificação da área degradada por resíduos, sendo que para o Lixão de Valença (Figura 44) a tomada de decisão prioritária envolve a retirada dos resíduos, devendo ser conduzido para uma disposição ambientalmente adequada, ou seja, removido para um aterro sanitário.

Além disso, o software indica algumas ações que considera essenciais e que devem ser utilizadas como técnicas de remediação para o cenário de maior pontuação. Assim, é prioritário realizar a coleta do lixiviado que foi encontrado na pluma de contaminação, através do ensaio geofísico, bem como fazer o controle da área, a fim de restringir o acesso de pessoas não autorizadas e de animais. Ademais, é importante executar um sistema de captação dos gases emitidos pelo lixão.

Figura 44: Cenário e técnicas de remediação indicadas pelo ReLix para o lixão de Valença

Cenário(s) de remediação para o lixão: Lixão do Orobó

Cenário	Pontuação
Retirada dos resíduos	11
Confinamento dos resíduos	5
Conversão em aterro sanitário	3,3334

Técnica(s) de remediação indicada(s) para o cenário selecionado:

Técnica	Pontuação
Remoção direta para aterro sanitário	5
Coleta de lixiviado / água contaminada através do sistema de bombeamento pressurizado	5
Controle da água subterrânea com poços de extração e drenagens de subsuperfície com paredes de suspensão degradáveis ou paredes de tratamento	5
Controle da área	5
Sistema ativo de coleta de gases	5
Tratamento físico, químico ou biológico da água contaminada / lixiviado	5
Ventilação passiva dos gases	3,3334
Remoção dos resíduos por mineração com tratamento térmico por gasificação	2,5

Valor total do cenário: R\$ 0,00

Cenário indicado: Retirada dos resíduos, porque o lixão está em local com restrição conforme a legislação.

Preenchimento obrigatório para fins de cadastro do lixão.

Fonte: O Autor (2024)

Para o Lixão de Senhor do Bonfim (Figura 45), o programa considerou que o mais apropriado é a conversão em aterro sanitário, tendo em vista que o atende critérios estabelecidos pela NBR 13.896/97 e CONAMA 404/2008. Entretanto, ao aprofundar nas legislações percebe-se a inviabilidade de adotar o cenário indicado, visto que a norma que trata sobre os critérios para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos estabelece que a distância mínima a núcleos populacionais que deve ser respeitada é de 500m. Valor que inconsistente com a realidade do atual do vazadouro à céu aberto.

A norma também impõe que o critério para a localização do aterro deve estar de acordo com o zoneamento da região. Porém, consultando a Lei Orgânica do Município de Senhor do Bonfim, aprovada em 1990, encontra-se no inciso cinco do artigo 227 a vedação para a instalação de aterro sanitário, usina de reaproveitamento e depósito de lixo a menos de cinco quilômetros do perímetro urbano, de núcleos residenciais, dos rios e seus afluentes. Entretanto, esse critério pode ser alterado a qualquer momento, bastando apenas que a proposta seja discutida e votada em 2 turnos, considerando-se aprovada quando obtiver, em ambas as votações, o voto favorável de dois terços dos membros da Câmara Municipal.

Além disso, a CONAMA 404/2008 estabelece no parágrafo primeiro do artigo primeiro que devem ser considerados aterros sanitários de pequeno porte “aqueles com disposição diária de até 20t (vinte toneladas) de resíduos sólidos urbanos” (BRASIL, 2008). Porém, o município de Senhor do Bonfim destina diariamente um quantitativo aproximado de 81 toneladas.

Nesse sentido, infere-se que é importante que o ReLix leve em consideração contextos como a quantidade diária de resíduos depositados na área degradada, bem como reajuste seus processos de pontuação de atendimento a NBR 13.896/1997, quando o lixão estiver a uma distância menor do que 500m de uma zona urbana.

Figura 45: Cenário e técnicas de remediação indicadas pelo ReLix para o lixão de Senhor do Bonfim

Cenário(s) de remediação para o lixão: Lixão Municipal de Senhor do Bonfim

Cenário	Pontuação
Conversão em aterro sanitário	9
Confinamento dos resíduos	5
Retirada dos resíduos	2,5

Técnica(s) de remediação indicada(s) para o cenário selecionado:

Técnica	Pontuação
Instalação de aterro sanitário	5
Remoção do lixão por mineração com tratamento térmico por gaseificação	5
Coleta de lixiviado / água contaminada através do sistema de bombeamento pressurizado	5
Controle da água subterrânea com poços de extração e drenagens de subsuperfície com paredes de suspensão degradáveis ou paredes de tratamento	5
Sistema ativo de coleta de gases	5
Tratamento físico, químico ou biológico da água contaminada / lixiviado	5
Controle da área	3,75
Ventilação passiva dos gases	3,3334

Valor total do cenário: R\$ 0,00

Cenário indicado: Conversão em aterro sanitário, porque o lixão não está em local com restrição conforme a legislação, e a área do lixão atende os critérios da NBR 13896:1997 e da resolução CONAMA 404/2008, possibilitando a operação de um aterro sanitário no local por período superior a 15 anos.

*Preenchimento obrigatório para fins de cadastro do lixão.

Salvar Cancelar

Fonte: O Autor (2024)

O diagnóstico do ReLix sobre o Lixão de Itacaré (Figura 46) se assemelha com o de Valença (Figura 45), visto que o cenário de remediação para a área degradada por resíduos estabeleceu como prioridade que seja realizada a retirada da massa de lixo. A segunda opção, com 4 pontos, é o confinamento desse material. O último cenário não pode ser adotado, visto que contraria a legislação ambiental.

Já as técnicas de remediação indicadas envolvem a remoção dos resíduos para um aterro sanitário, a coleta e tratamento do lixiviado por meio de sistema de bombeamento

pressurizado, controle da água subterrânea por meio de poços, implantação de sistema para coleta do biogás e fiscalização da área.

Figura 46: Cenário e técnicas de remediação indicadas pelo ReLix para o Lixão de Itacaré

Cenário(s) de remediação para o lixão: Lixão Municipal de Itacaré	
Cenário	Pontuação
Retirada dos resíduos	11
Confinamento dos resíduos	4
Conversão em aterro sanitário	3,3334

Técnica(s) de remediação indicada(s) para o cenário selecionado:	
Técnica	Pontuação
Remoção direta para aterro sanitário	5
Coleta de lixiviado / água contaminada através do sistema de bombeamento pressurizado	5
Controle da água subterrânea com poços de extração e drenagens de subsuperfície com paredes de suspensão degradáveis ou paredes de tratamento	5
Sistema ativo de coleta de gases	5
Tratamento físico, químico ou biológico da água contaminada / lixiviado	5
Controle da área	3,75
Ventilação passiva dos gases	3,3334
Remoção dos resíduos por mineração com tratamento térmico por gaseificação	2,5

Valor total do cenário: R\$ 0,00

Cenário indicado: Retirada dos resíduos, porque o lixão está em local com restrição conforme a legislação.

* Preenchimento obrigatório para fins de cadastro do lixão.

Fonte: O Autor (2024)

5.2 ETAPAS DO PROJETO DE REQUALIFICAÇÃO

A partir dos resultados obtidos com o ReLix sobre os cenários e técnicas de remediação foi idealizado projetos para a requalificação dos lixões, levando em consideração as particularidades de cada local, visto que para cada ação de recuperação definida na etapa anterior, um conjunto de distintas intervenções tecnológicas e construtivas podem ser aplicadas (RAMOS, 2016, p. 138).

5.2.1 Limpeza, remoção e confinamento dos resíduos

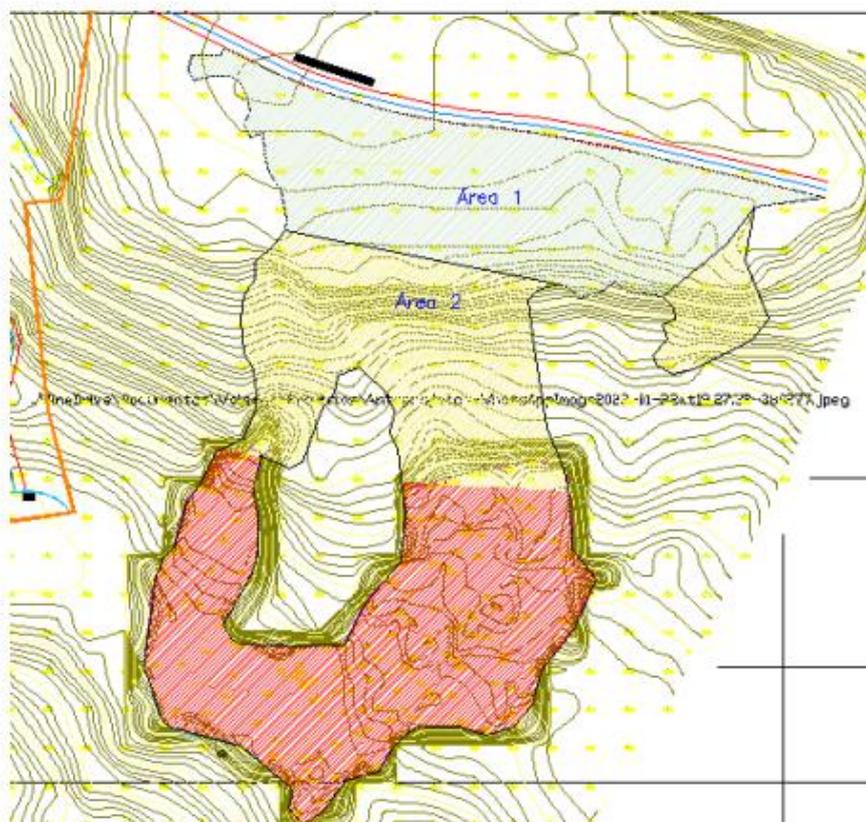
O Lixão de Valença e o Lixão de Itacaré apresentam o cenário mais preocupante em relação ao modo como os resíduos foram depositados na área, aumentando a instabilidade dos maciços, ocasionando escorregamentos. Nesse sentido, a primeira ação a ser realizada é a imediata retirada dos resíduos que estão localizados no trecho do talude que sofreu

escorregamento em direção à calha do rio, encaminhando-os para uma destinação final ambientalmente adequada.

A área em vermelho do Lixão de Valença, em destaque na Figura 47, constata os resíduos dispostos no talude que sofreram escorregamento e que devem ser removidos. De igual modo, na Figura 48 mostra a área que precisa passar pelo mesmo procedimento no Lixão de Itacaré, conforme a viabilidade de execução por parte da gestão municipal de ambas as cidades.

Cabe salientar que a área 2 do Lixão de Valença (Figura 47) precisa passar por um processo de readequação do terreno, através de uma suavização dos taludes, de preferência com uma relação vertical/horizontal de 1:3, garantindo uma estabilidade do maciço. Entretanto, urge destacar que áreas retaludadas, de modo geral, ficam frágeis em virtude da exposição de novas áreas cortadas, razão pelo qual torna-se indispensável proteger o talude alterado por meio de revestimentos naturais ou artificiais, associado a um sistema de drenagem adequado ao terreno (ALHEIROS, 2003, p.151).

Figura 47: Readequação das áreas do Lixão de Valença



Fonte: O Autor (2024)

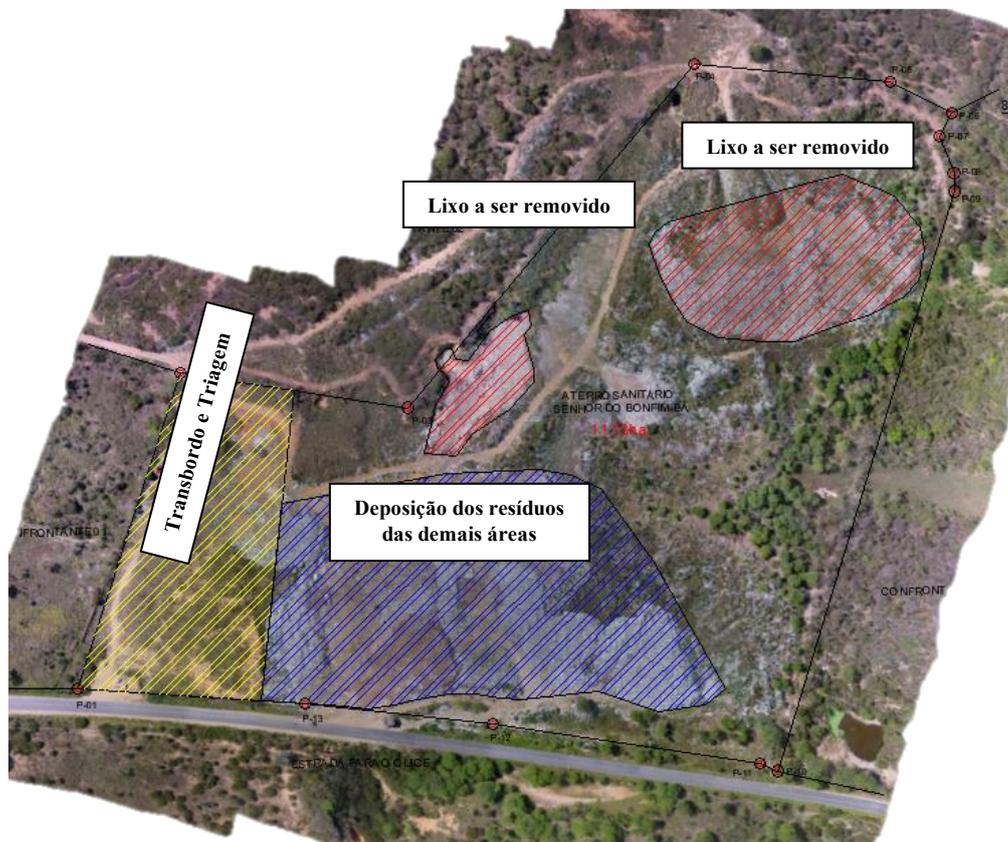
Figura 48: Readequação das áreas do Lixão de Itacaré



Fonte: O Autor (2024)

A intervenção inicial no Lixão de Senhor do Bonfim deve ocorrer através da realocação dos resíduos que estão mais afastados, concentrando-os em um único local, a fim de otimizar e economizar o processo de confinamento. Desse modo, a massa de lixo presente nas áreas de cor vermelha hachurada deverão ser retirados, depositado e compactados na área em azul. O espaço do terreno identificado pela cor amarela também deve ser limpo e destinado à instalação da estação de transbordo e triagem (Figura 49).

Figura 49: Definição das áreas do Lixão de Senhor do Bonfim



Fonte: O Autor (2024)

Ademais, em todos os três lixões, a cobertura com solo deve atingir espessura de 60cm, sendo que o confinamento dos resíduos que estão expostos na superfície do terreno (Figura 50) devem ser realizados com solo que possua em suas propriedades físicas coeficiente de permeabilidade menor que 10^6 , a fim impedir infiltração por água da chuva maior que 10%.

Considera-se importante a inclusão de composto orgânico estabilizado para a implementação de camada de cobertura oxidativa, a fim de oxidar o metano e reduzir a emissão de gases que provocam o efeito estufa. Segundo Almeida et al (2019), é possível atingir uma magnitude de 10^{-8} a 10^{-9} m/s para a permeabilidade ao ar e a água, ao misturar o solo com o composto numa proporção de 2:1, assegurando uma baixa infiltração de água e de emissão de gases.

Figura 50: Resíduos expostos na superfície do terreno (Senhor do Bonfim, Valença e Itacaré)



Fonte: O Autor (2024)

Sobre o processo de transporte, em Valença, os resíduos sólidos devem ser encaminhados para o aterro sanitário mais próximo, que fica localizado no município de Santo Antônio de Jesus, distante a 76 km. Em Itacaré os resíduos são destinados para o Centro de Valorização de Resíduos Costa do Cacau, às margens da Rodovia Jorge Amado (trecho Ilhéus-Itabuna), com distância de 90 km. Para o Lixão de Senhor do Bonfim recomenda-se encaminhar os caminhões de coleta para o aterro sanitário localizado na cidade de Itiúba, com uma distância de 60 km.

Segundo Moraes et al, (2019, p. 969) em seu estudo sobre as rotas de destinação final ambientalmente adequada realizado no Estado de São Paulo, 24% dos municípios ficavam distantes até 3 km do aterro sanitário. Por outro lado, 67 cidades estão localizadas em uma distância superior a 50 km.

Os gestores públicos devem dar ao fator distância uma atenção considerável, tendo em vista que trechos mais curtos entre a coleta e a destinação final em aterro sanitário, apesar de trazer relativa economia financeira, pode provocar um impacto visual e ambiental para os munícipes. Em contrapartida, grandes distâncias provocam um gasto excessivo com o transporte, especialmente quando há ausência de estação de transbordo.

5.2.2 Sistemas de Drenagem de Águas Superficiais e de Lixiviado

Os valores obtidos de intensidade máxima de chuva para os lixões estão dispostos na Tabela 10.

Tabela 10: Dimensionamento da intensidade máxima da chuva

Lixão	K	T (anos)	t (minutos)	a	b	c	I_{máx} (mm/h)
Valença	1065,66	25	5	0,163	24	0,743	147,54
Itacaré	773,338	25	5	0,201	9,255	0,708	225,08
SBF	5594,046	25	5	0,242	40,052	1,093	189,90

Fonte: O Autor (2024)

Desse modo, o Lixão de Itacaré apresentou maior intensidade, perante as demais localidades de estudo. O Sul da Bahia, por ser uma região densamente florestada com espécies nativas da Mata Atlântica, possui uma intensa pluviosidade. Nesse sentido, acerca da região do Sul da Bahia, Ferraz et al, (2020, p. 92) chegaram a um maior valor de intensidade de precipitação de 265,62 mm/h para o município de Itabuna – BA, constatando que a intensidade de precipitação aumenta proporcionalmente ao tempo de retorno e de forma inversa à duração das chuvas.

De posse dos valores de intensidade máxima de chuva, o processo de dimensionamento da seção de vazão das obras de drenagem superficial seguiu com a determinação da vazão de pico, tendo adotado um Coeficiente de Runoff igual a 0,3 (superfícies urbanas onde contém grama em solo argiloso), bem como da fórmula de Manning, com um coeficiente de rugosidade igual a 0,015 (superfície revestida de concreto). Assim, os valores de vazão máxima de escoamento e da seção da canaleta com inclinação de 1%, para os lixões estão dispostos na Tabela 11.

Tabela 11: Dimensionamento do diâmetro dos drenos

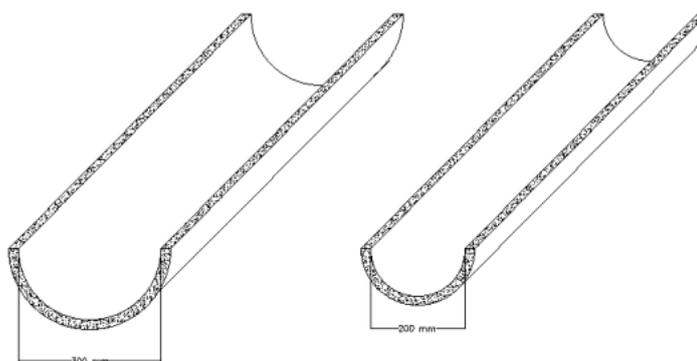
Lixão	I_{máx} (mm/h)	C	A (ha)	n	I (m/m)	Q_{máx} (m³/s)	D (mm)	D_{adotado} (mm)
Valença	147,54	0,3	3,1	0,015	1%	0,381	56,6	200
Itacaré	225,08	0,3	5,3	0,015	1%	0,995	237	300
SBF	189,90	0,3	2,2	0,015	1%	0,348	49	200

Fonte: O Autor (2024)

Os canais devem ser executados com diâmetro de 200mm para os lixões de Senhor do Bonfim e de Valença. A medida foi adotada devido à disponibilidade do tipo de

canaleta meia cana no mercado. Já o de Itacaré, com maior volume pluviométrico, deve ser com 300mm, conforme Figura 51.

Figura 51: Dreno meia calha



Fonte: O Autor (2024)

Em relação ao lixiviado, o processo de dimensionamento da vazão mensurada e do diâmetro dos drenos de captação envolveu a utilização dos parâmetros com valores expostos na Tabela 12. Cabe destacar que, adotou-se para o coeficiente que estipula o grau de compactação dos resíduos sólidos (K) o valor de 0,5, representando uma compactação fraca, a fim de obter um valor final mais conservador.

Além disso foi adotado como valor da base do dreno cego retangular o valor de 100 centímetros, visto que essa é a medida que corresponde com o equipamento local utilizado para abrir as valas. Já a permeabilidade hidráulica (k) definida foi de 0,25m/s para brita do tipo 2. A base do dreno cego retangular adotado é de 0,4 metro, e, utilizando a área encontrada, é possível calcular a altura do dreno, que também corresponde à altura máxima da lâmina de lixiviados

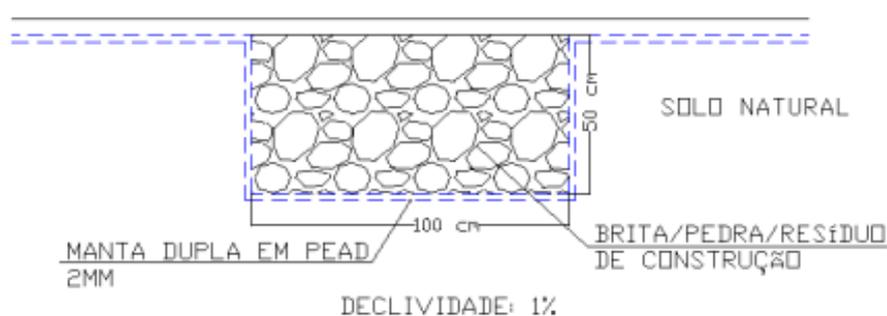
Tabela 12: Dimensionamento da altura máxima do dreno

Lixão	P (mm)	K	k (m/s)	I (m/m)	A (m ²)	T (s)	Q _{med} (l/s)	B (cm)	H (cm)	H _{adotado} (cm)
Valença	1733	0,5	0,25	1%	31145,31	31557600	0,855	100	36	50
Itacaré	2000	0,5	0,25	1%	12864,19	31557600	0,407	100	16,28	50
SBF	766	0,5	0,25	1%	22000	31557600	0,267	100	10,68	50

Fonte: O Autor (2024)

Com a medida da base é possível encontrar a altura do dreno, correspondendo ao valor máximo da lâmina do lixiviado. Desse modo, adotou-se o valor de 50 centímetros para todos os lixões, conforme o desenho esquemático da seção transversal que pode ser visualizado na Figura 52.

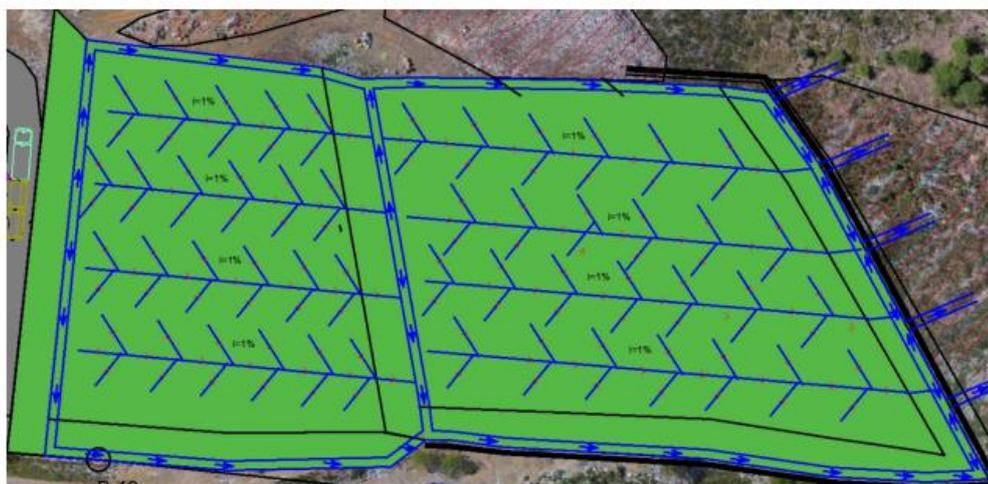
Figura 52: Esquema construtivo do dreno



Fonte: O Autor (2024)

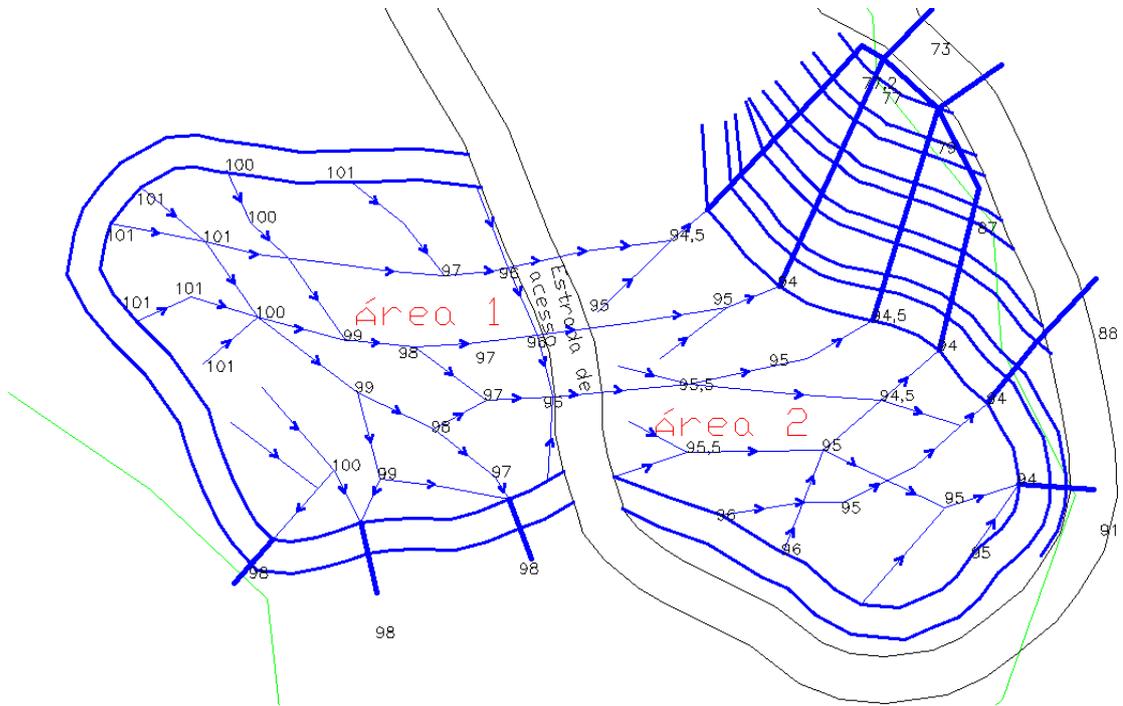
As Figuras 53, 54 e 55 demonstram o esquema definido para os sistemas de drenagem dos lixões baseado no modelo espinha de peixe.

Figura 53: Esquema do sistema de drenagem das células do Lixão de Senhor do Bonfim



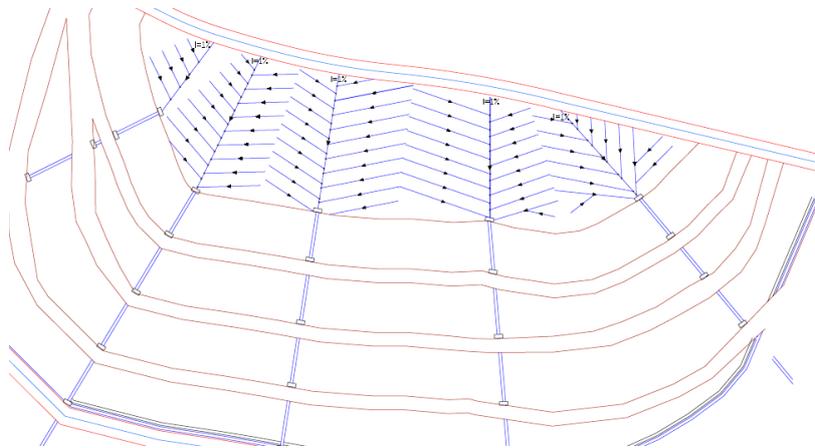
Fonte: O Autor (2024)

Figura 54: Esquema do sistema de drenagem das células do Lixão de Itacaré



Fonte: O Autor (2024)

Figura 55: Esquema do sistema de drenagem das células do Lixão de Valença



Fonte: O Autor (2024)

Para todos os lixões idealizou-se a implantação de uma lagoa de retenção de lixiviado, a fim de evitar uma continuidade na contaminação do terreno, bem como para evitar qualquer possibilidade de atingir algum nível de água superficial e/ou subterrânea, apesar de não ter sido detectado presença de lençol freático durante a execução das sondagens. O percolado resultante do sistema de drenagem destinado para a lagoa deverá, posteriormente, ser bombeado e transportado para uma Estação de Tratamento de Esgoto para o seu devido tratamento.

Assim, a Tabela 13 traz os valores estabelecidos no dimensionamento.

Tabela 13: Dimensionamento da lagoa de retenção de lixiviado

Lixão	P_m (m/mês)	A (m²)	V (m³)	I (%)	V_{perc} (m³)	V_{adotado} (m³)	Qtd_{lagoa}	Larg (m)	Comp (m)	Prof (m)
SBF	0,065	24500	1430	20	286	300	1	10	20	1,5
Valença	0,144	31145,31	4497,9	16	719,7	750	1	10	25	3
Itacaré	0,167	12864,19	2148,3	16	343,7	400	1	10	20	2

Fonte: O Autor (2024)

O percentual da taxa de infiltração foi mais conservador para o lixão de Senhor do Bonfim, devido as características do solo do terreno com aspecto mais granular que, por sua vez, acaba por favorecer o processo de entrada da água da chuva na camada de cobertura e de percolação do lixiviado. Entretanto, nem todos os municípios dispõem de jazidas com solo de baixa condutividade hidráulica, visto que em projetos de aterros sanitários recomenda-se dimensionar a camada de cobertura das células com solo de pequena granulometria, a fim de favorecer a evapotranspiração, reduzindo a quantidade de água infiltrada e de lixiviado gerado (TOZETTO, 2008).

Além disso, em termos de geometria, considera-se importante adotar um rebaixo de meio metro para acúmulo de lodo, com profundidade variando entre 1,5 e 3,0 metros e a relação comprimento/largura entre 2 e 4 (VON SPERLING, 2002), conforme disponibilidade na área de implantação da lagoa.

5.2.3 Sistemas de Drenagem de Gases

A partir dos estudos de Rees (1980), chegou-se a um quantitativo de geração de biogás estimado em 32.400 m³, 30.000m³ e 12.000m³ para os lixões dos municípios de Senhor do Bonfim, Valença e Itacaré, respectivamente. Como Bacghi (1994), recomenda que seja instalado um dreno vertical de captação para cada 7.500 m³ de biogás gerado, a Tabela 14 apresenta os resultados da quantidade de dreno obtido e do valor que foi adotado para cobrir a área do lixão.

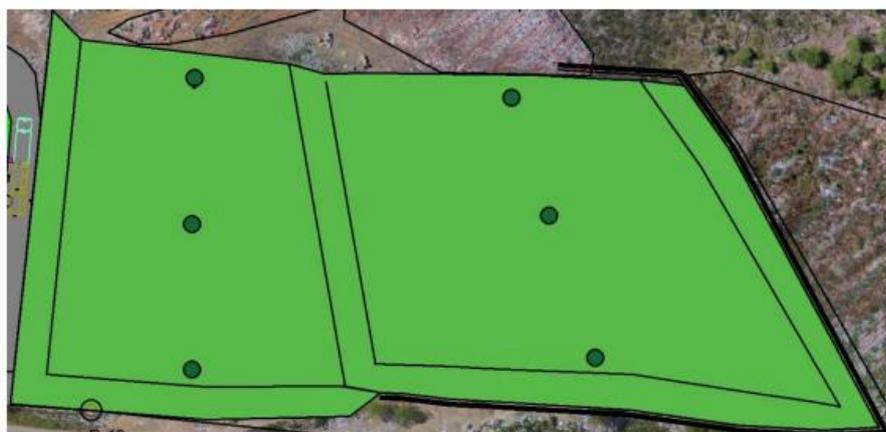
Tabela 14: Dimensionamento do sistema de drenagem de gases

Lixão	R (t.dia)	V_{biogás} (m³)	Qtd_{dreno}	Qtd_{adotado}
SBF	81	32400	4,32	6
Valença	75	30000	4,0	7
Itacaré	30	12000	1,6	3

Fonte: O Autor (2024)

Assim, para o sistema de drenagem de gases do Lixão de Senhor do Bonfim o dimensionamento prevê 4,32 drenos. Entretanto, recomenda-se para fins de melhor precisão na captação do biogás, que no processo executivo seja implantado 6 drenos, sendo 3 em cada célula, conforme a Figura 56.

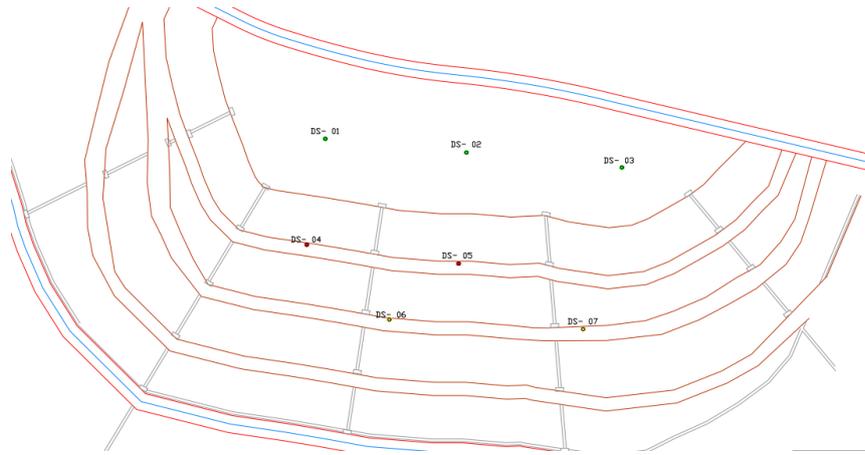
Figura 56: Esquema do sistema de drenagem de gases do Lixão de Senhor do Bonfim



Fonte: O Autor (2024)

Para o Lixão de Valença a quantidade de drenos adotado totaliza 7 pontos, sendo 3 no ponto mais alto, seguido de 2 na primeira berma e, por fim, 2 na segunda berma, conforme a Figura 57.

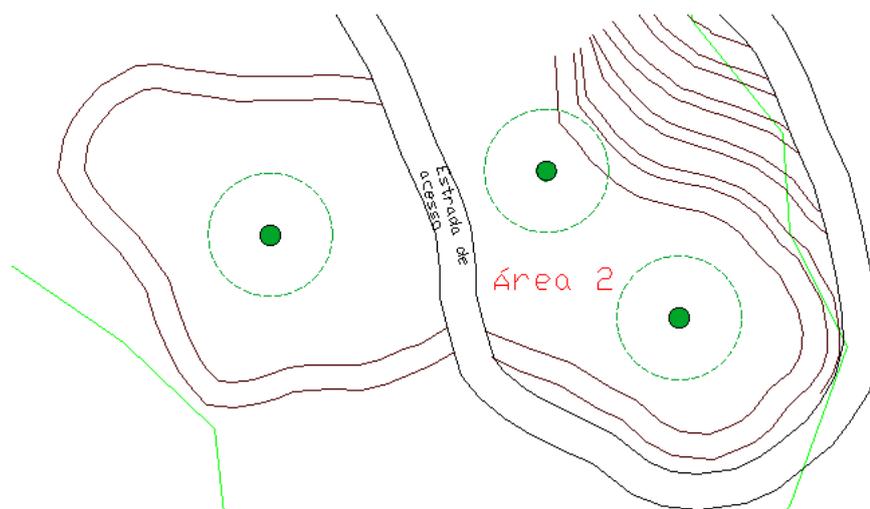
Figura 57: Esquema do sistema de drenagem de gases do Lixão de Valença



Fonte: O Autor (2024)

Em Itacaré o quantitativo dimensionado para o sistema de drenagem foi de 3 drenos, sendo 2 localizados na área 2 e 1 na porção esquerda da estrada de acesso, conforme esquema da Figura 58.

Figura 58: Esquema do sistema de drenagem de gases do Lixão de Itacaré



Fonte: O Autor (2024)

5.2.4 Forma final do Lixão requalificado

A proposta de requalificação das áreas degradadas por resíduos perpassa pela elaboração e implantação de estruturas configuradas para manter o espaço ativo, a fim de evitar que, após o encerramento, não ocorra um processo de abandono do local, visto que se trata de passivos ambientais. Nesse sentido, Barros (2011, p.150 e 171) recomenda que seja realizado a revegetação, ou a transformação em parques, ou em edificações vinculados ao processo de urbanização estabelecido pelo código de uso e ocupação do solo do município.

Além disso, diante do déficit habitacional, a ausência de gestão e/ou atividade em lixões desativados pode ocasionar em uma possível apropriação irregular por pessoas que buscam novos espaços para moradia, desencadeando riscos à população. A cidade do Rio de Janeiro, por exemplo, apresenta situações de territorialização por pessoas nas áreas degradadas por resíduos, reflexo de um processo inexistente de gestão para o encerramento e requalificação, visto que, depois de mais de 40 anos da desativação do Aterro do Caju e de 12 anos do fechamento do Jardim Gramacho, ainda persistem problemas socioambientais que afetam a qualidade de vida de pessoas de baixa renda que residem nas proximidades (MACHADO, 2013).

Assim, o projeto final de requalificação para o Lixão de Senhor do Bonfim prevê a implantação de uma Estação de Transbordo, com guarita de acesso, cercamento e pátio de manobra pavimentado (Figura 59). O modelo adotado para o recebimento dos resíduos coletados é o de rampa com baias para depósito em containers, sendo que uma vez preenchidas, as mesmas devem ser içadas para o carregamento em veículos específicos

do tipo caminhões Roll on Roll off, a fim de conduzir até a destinação final ambientalmente adequada, em aterros sanitários licenciados.

Ademais, foi idealizado um espaço contendo um galpão de triagem com acesso por uma rampa destinado aos materiais com potencial reciclável oriundos de programas voltados à coleta seletiva.

Figura 59: Projeto conceitual da estação de transbordo e da unidade de triagem do Lixão de Senhor do Bonfim



Fonte: O Autor (2024)

Por fim, a Figura 60 apresenta a versão final do projeto com as duas células construídas para a realocação e armazenamento dos resíduos sólidos que estavam dispersos no lixão.

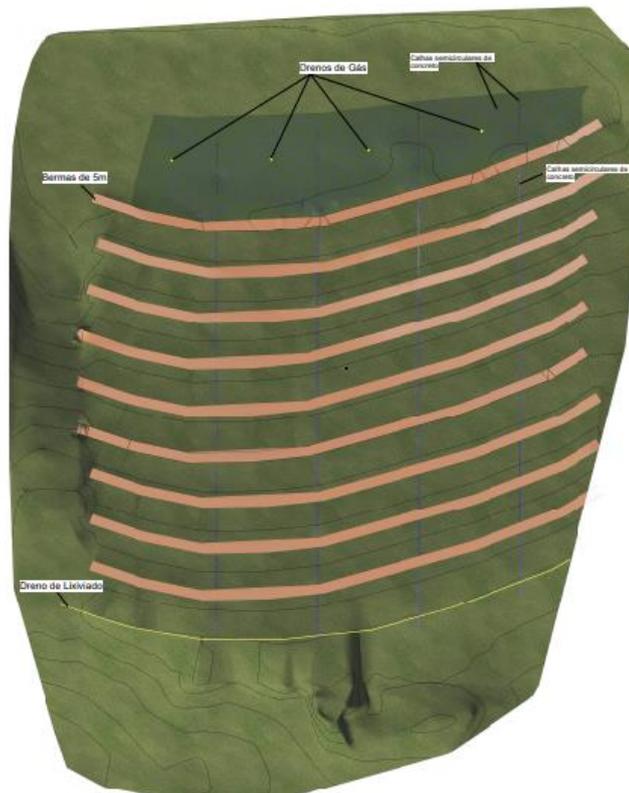
Figura 60: Forma final do Lixão de Senhor do Bonfim



Fonte: O Autor (2024)

Para o Lixão de Valença o projeto conceitual da célula que vai comportar os resíduos envolve o retaludamento com formação de bermas com 5 metros de largura, a fim de suavizar o declive do terreno, reduzindo as possibilidades de que haja um assoreamento e um escorregamento da massa de lixo (Figura 61). Além disso, projetou-se o reflorestamento com árvores nativas, já que se trata de uma área de preservação permanente.

Figura 61: Forma final do Lixão de Valença



Fonte: O Autor (2024)

Em Itacaré a versão final do projeto prevê a geometrização dos taludes, a fim de evitar possíveis escorregamentos, além da criação de duas células, que abrigarão os resíduos pós-remanejamento, com infraestrutura para a captação e coleta de líquidos e gases (Figura 62). Ambas as células precisam receber a aplicação da camada de cobertura oriunda de solo argiloso e bem compactado.

Por fim, toda a área deve ser monitorada e revitalizada com árvores nativas da Mata Atlântica, tal como o Lixão de Valença, já que ambos estão inseridos em áreas de preservação permanente.

Figura 62: Forma final do Lixão de Itacaré



Fonte: O Autor (2024)

5.3 VALORAÇÃO DO AGRAVO AMBIENTAL, ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA, PREVISÃO DOS CUSTOS DA REQUALIFICAÇÃO E IMPACTOS LOA 2024

5.3.1 Resultados do Método DEPRN para o aspecto “AR”

Os resultados obtidos com a valoração econômica dos danos ambientais promovidos por cada lixão, baseados nos critérios para qualificação dos tipos de agravos estão expostos nos quadros a seguir por categoria. Assim, em relação ao ar (Quadro 9), o somatório das pontuações foi igual a 13,5, 10 e 10,5 para o Lixão de Valença, de Senhor do Bonfim e de Itacaré, respectivamente, definindo o fator multiplicador igual a 3,2 para todos.

Em relação ao impacto ambiental causado pela emissão de gases, partículas, agente biológicos ou energia, optou-se por supor que em todos os lixões há uma toxicidade na emissão, mesmo que pequeno. Além disso, ambos lixões – Valença e Itacaré – estão dentro de área de preservação ambiental, tendo o ecossistema afetado pelo biogás oriundo da degradação dos resíduos.

Para os danos causados pelos impactos na dinâmica atmosférica, levou-se em consideração na constatação dos agravos, o fato de que a emissão de gases de efeito estufa

promove o aquecimento do planeta, visto que esses, em contato com a atmosfera, geram instabilidade climática, afetando consideravelmente a fauna e a flora de algumas regiões, bem como na produção alimentar e na saúde da população (LINS et al., 2022, p. 1279).

Nesse sentido, os lixões que possuem a massa de lixo exposta, dispersam uma quantidade maior de metano, visto que não há camada de cobertura para dificultar esse processo. Assim, pontou-se o Lixão de Valença e de Senhor do Bonfim com o valor máximo e o de Itacaré com o menor valor, pois parte área do lixão já foi coberta com solo de baixa permeabilidade.

Acerca da previsão de reequilíbrio, definiu-se que, diante de todos os critérios observados em relação ao ar, julga-se que para ocorrer um retorno a sua condição ambiental desejável, os lixões de Valença e de Itacaré, requisitam um alto custo e que demanda um longo prazo, visto que estão em uma área de proteção ambiental, coberta de mata e com relevo escarpado em alguns pontos. Já para o Lixão de Senhor do Bonfim, considerou-se um médio prazo para o reestabelecimento da normalidade.

5.3.2 Resultados do Método DEPRN para o aspecto “ÁGUA”

Sobre o impacto causado por compostos químicos, físicos, biológicos e energia expostos no Quadro 10, qualificou-se os agravos como fato comprovado a toxicidade da emissão e o dano ao patrimônio e/ou monumento natural, visto que através das análises físico-químicas realizadas foi possível comprovar que as águas superficiais dos três lixões estão contaminadas, ressaltando que no caso do Valença e de Itacaré os rios foram impactados diante do escorregamento dos resíduos, ocorrendo alteração na classificação das águas, afetando o patrimônio natural do planeta, pois segundo Capellari e Capellari

A Declaração Universal dos Direitos da Água, redigida pela Organização das Nações Unidas (ONU), em 1992, preconiza que o futuro da humanidade depende da preservação da natureza e dos recursos naturais, sendo a água um dos elementos primordiais e indispensáveis à manutenção e sobrevivência da vida na Terra, seja animal, vegetal ou humana. É um patrimônio natural disponível no ambiente, que exerce influência na atmosfera, no clima, na vegetação, na cultura e na agricultura (CAPELLARI & CAPELLARI, 2018, p. 1).

Além disso, optou-se por considerar um suposto dano à fauna nesses ambientes, ocasionado tanto pelos impactos dos compostos, como também pelos impactos na hidrodinâmica, tendo em vista a existência da comunidade aquática em ambos os rios. Por fim, a previsão de reequilíbrio considerada foi de longa para os Lixões de Valença e de Itacaré e média para o Lixão de Senhor do Bonfim.

Portanto, a pontuação nesse critério foi de 19,5 para o Lixão de Valença e de Itacaré, com fator multiplicador de 6,4 e de 6 pontos para o Lixão de Senhor do Bonfim, com fator multiplicador de 1,6.

5.3.3 Resultados do Método DEPRN para o aspecto “SOLO E SUBSOLO”

Sobre o impacto causado por compostos químicos, físicos, biológicos e energia (Quadro 11), considerou-se que a toxicidade da emissão foi devidamente comprovada pelo ensaio de eletrorresistividade realizado no Lixão de Valença, já que foi encontrado uma pluma de contaminação abaixo da superfície do solo. Já para o Lixão de Senhor do Bonfim e o de Itacaré foi considerado que a presença dos resíduos sólidos pode agravar a situação do solo e/ou subsolo. Diante disso, optou-se por considerar que todo o processo de contaminação em Valença afeta, comprovadamente, a fauna e a flora. Para os demais, apenas definiu-se pela suposição.

Além disso, sabe-se que os lixões de Valença e de Itacaré estão inseridos dentro de uma APA, sendo que a massa de lixo alocada nas encostas, associada à supressão da mata contribuiu para o processo de erosão e escorregamento do material, assoreando a margem do rio com solo e com resíduos.

Em relação aos impactos na dinâmica do solo/subsolo dos lixões localizados no Sul da Bahia destaca-se a ocorrência de danos provocados ao relevo. Já para o de Senhor do Bonfim, o dano foi de pequeno risco, já que a área é plana, com baixa declividade.

Por fim, a previsão de reequilíbrio do solo/subsolo foi considerada como de longo prazo e alto custo para os lixões estudados, tendo em vista que será necessário realizar uma mobilização considerável para recuperar o solo, especialmente nos trechos onde houve erosão e deslizamentos. Além disso, sabe-se que a massa de lixo que ficará abaixo do solo de cobertura continuará em processo de decomposição.

Desse modo, a pontuação nesse critério foi de 23 para o Lixão de Valença, com fator multiplicador de 12,8, de 9 pontos para o Lixão de Senhor do Bonfim, com fator multiplicador de 3,2 e de 19 para o Lixão de Itacaré, com fator de pontuação igual a 6,4.

5.3.4 Resultados do Método DEPRN para o aspecto “FAUNA”

No aspecto fauna (Quadro 12) o Lixão de Itacaré superou os demais na pontuação final e no fator multiplicador, tendo em vista que na descrição dos agravos “Ocorrências de espécies endêmicas”, “Ocorrências de espécies ameaçadas de extinção” e “Importância relativa da espécie” qualificou-se como “comprovada”, “comprovada” e “que não se reproduz em cativeiro”, respectivamente. Segundo V&S Engenheiros Consultores (1996, p.32 e seg) foi registrado a ocorrência de 211 espécies de vertebrados, com destaque para alguns animais devido a sua condição de endemismo e raridade, como a presença da *B. pirajai* (Jararaca-tapete), restrita ao Sul da Bahia, e o *Leontopithecus chrysomelas* (Mico-leão-de-cara-dourada), espécie ameaçada de extinção, com ocorrência desde o Rio de Contas até o Rio Jequitinhonha.

No lixão de Senhor do Bonfim notou-se a presença de carcarás (Figura 63) entre as garças e os urubus, ave característica do bioma Caatinga, sendo que entre as matas secas, matas de cipó e as florestas estacionais, pelo menos 23 espécies de aves podem ser consideradas endêmicas (OLMOS et, al, 2005, p. 180). Já Souza & Severiano (2019, p.166) destacou o *Caracara Plancus* entre 10 espécies de aves endêmicas da Caatinga.

Figura 63: Presença de aves silvestres no lixão



Fonte: O Autor (2024)

Para os Lixões de Valença e de Itacaré, quanto ao impacto na dinâmica da comunidade, levou em consideração a possibilidade, com fortes indícios, de morte ou dano à flora, já que ações antrópicas refletidas no descarte irregular dos resíduos e na supressão da mata atinge diretamente agentes polinizadores, como aves, abelhas e primatas, destacando que muitas espécies de plantas, endêmicas em sua maior parte, se encontram sob algum grau de ameaça na Região do Sul da Bahia e são dependentes da fauna para sua reprodução (LINS et al., 2022, p.2). Diante disso, optou-se por considerar a alteração dos nichos ecológicos, sendo que, esse critério foi descartado para o Lixão de Senhor do Bonfim, já que ele se encontra na área urbana, sob grandes efeitos da ação humana.

Por fim, a previsão de reequilíbrio considerada foi de longo prazo para os lixões inseridos na Mata Atlântica e de curto prazo para o de Senhor do Bonfim. As pontuações nesse aspecto foram de 15,5 para o Lixão de Valença, com fator multiplicador de 6,4; de 6 pontos para o Lixão de Senhor do Bonfim, com fator multiplicador de 1,6 e de 21,5 para o lixão de Itacaré com fator multiplicador no valor de 12,8.

5.3.5 Resultados do Método DEPRN para o aspecto “FLORA”

O Quadro 13 expressa que as pontuações obtidas foram iguais a 26 para os lixões localizados em Itacaré e Valença e de 5 para o lixão de Senhor do Bonfim. Com isso, o fator multiplicador ficou em 12,8 para o lixão de Itacaré e Valença e em 1,6 para o de Senhor do Bonfim. Essa diferença se deve ao fato deste lixão estar localizado na área urbana, onde já houve uma intensa interação da ação humana no ambiente natural.

Sobre os danos aos indivíduos foi considerado a existência de espécies da vegetação exclusivas dos biomas Mata Atlântica e Caatinga. Lins et al (2022, p2), afirmam que sendo que a região do Sul da Bahia abriga mais de 540 espécies endêmicas e que se encontram dentro das famílias de angiospermas, com grande quantidade de espécies frutíferas. No mesmo caminho, a Caatinga, apesar de estar em um grau de alteração elevado, contém uma grande variedade de tipos vegetacionais, com elevado número de espécies e que incluem um percentual expressivo de táxons raros e endêmicos (GIULIETTI et al, 2004, p. 48).

Do mesmo modo que na análise do aspecto “Fauna” foi considerado a possibilidade de morte ou dano à flora, o contrário também foi validado, tendo em vista que é real o impacto negativo que a supressão da flora provoca nos seres vivos. Além disso, é sabido que esse processo favorece à erosão, diante da ausência da mata que cobre e protege os taludes escarpados dos lixões de Valença e de Itacaré, tendo sido constatado visualmente.

Nesses locais, a área da APA Serra Grande/Itacaré e a APA Caminhos Ecológicos da Boa Esperança possuem um tamanho com mais de 30 vezes a área degradada pelos resíduos sólidos, onde é possível depreender que houve alteração dos nichos ecológicos e que a previsão de reequilíbrio é longa, tendo em vista o estágio avançado do impacto na comunidade caatingueira.

5.3.6 Resultados do Método DEPRN para o aspecto “PAISAGEM”

Em relação ao aspecto “Paisagem” (Quadro 14) o tipo de dano divide-se entre “Dano à paisagem” e “Dano ao patrimônio cultural, histórico, turístico, arquitetônico e artístico”. Sobre o primeiro, destacam-se os agravos provocados pelos Lixões de Valença e de Itacaré, relacionados à localização em área protegida, sendo que os custos associados à reversão dos impactos desses locais tendem a ser consideravelmente elevados, tendo em vista o comprometimento do complexo solo/subsolo, bem como dos efeitos negativos na fauna e na flora.

Sobre o segundo tipo de dano, discute-se acerca das consequências provocadas pelos resíduos sólidos, associadas ao potencial ecoturístico das cidades da região do Sul da Bahia, tendo em vista que, tanto Itacaré quanto Valença estão margeadas por uma extensa faixa litorânea e possuem belos rios e cachoeiras (Figura 64), sendo que as biodiversidades desses espaços estão em constante ameaça, haja vista o impacto da poluição das águas e do desmatamento da Mata Atlântica.

Figura 64: Cachoeira em Itacaré



Fonte: Itacaré.com.br acesso em 10/11/2024

Oliveira (2007, p. 198) afirma que a degradação dos atrativos naturais, que representam o próprio produto turístico, pode comprometer o futuro da atividade local dos municípios que vivem do fomento desses espaços ecológicos. É evidente que o lançamento de resíduos em áreas de proteção ambiental não é apenas uma questão estética, pois o lixo ameaça os ecossistemas, suprimindo-os, podendo ocasionar a morte de tartarugas, aves e peixes no processo de ingestão do plástico, ao ser confundido com alimento (LATUF et al, 2020, p.2).

Diante disso, o município de Valença firmou acordo através de um termo de cooperação com o Ministério do Desenvolvimento Regional, a fim de proceder com o encerramento de seu lixão, adequando-se as obrigações impostas pelo Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020), espelhando-se no pioneirismo do município Itacaré.

Para o município de Senhor do Bonfim os critérios considerados envolvem a reversão do dano ambiental a um médio custo e que os impactos na flora e na fauna catingueira não está diretamente relacionado ao “Dano ao patrimônio cultural, histórico, turístico, arquitetônico e artístico”, já que o vazadouro à céu aberto encontra-se na área urbana com nenhuma finalidade voltada para esses setores.

A pontuação final para esse aspecto foi de 19 pontos para os Lixões de Valença e de Itacaré, com fator multiplicador de 6,4 e de 5 pontos para o Lixão de Senhor do Bonfim, com fator multiplicador de 1,6.

Quadro 9: Determinação do fator multiplicador relacionado ao aspecto ar

Aspecto	Tipo de Dano	Fator	Descrição dos Agravos	Qualificação dos agravos		Lixão de SBF	Lixão de Valença	Lixão de Itacaré
A R	Impacto causado pela emissão de gases, partículas, agente biológicos ou energia.	1,0	Toxicidade da emissão	Comprovada	3			
				Fortes indícios	2			
				Suposta	1	1	1	1
			Proximidade de centros urbanos	≥ 60.000 hab, distante até 10km	2			
				≥ 60.000 hab, distante até 25km	1			
			Localização em relação a área protegida	Dentro da área	2		2	2
				Sob influência	1			
			Comprometimento do aquífero	Comprovado	2			
				Suposto	1			
			Morte ou dano à fauna	Comprovado	2			
				Suposto	1			
			Morte ou dano à flora	Comprovado	2			
				Suposto	1			
			Dano ao patrimônio e/ou monumento natural	Comprovado	2			
	Suposto	1						
	Impactos na dinâmica atmosférica	1,5	Morte ou dano à fauna	Comprovado	2	2	2	
				Suposto	1			1
		Morte ou dano à flora	Comprovado	2	2	2		
			Suposto	1			1	
		Alteração da qualidade do ar	Emergência	3				
Alerta			2					
Atenção			1					
Previsão de reequilíbrio		Longo prazo/Alto custo	3		3	3		
	Médio prazo/Médio custo	2	2					

				Curto prazo/Baixo custo	1			
					Σar	10	13,5	10,5
					Fator Multiplicador	3,2	3,2	3,2

Fonte: O Autor (2024)

Quadro 10: Determinação do fator multiplicador relacionado ao aspecto água

Aspecto	Tipo de Dano	Fator	Descrição dos Agravos	Qualificação dos agravos		Lixão de SBF	Lixão de Valença	Lixão de Itacaré
Á G U A	Impacto causado por compostos químicos, físicos, biológicos ou energia.	1,0	Toxicidade da emissão	Comprovada	3	3	3	3
				Fortes indícios	2			
				Suposta	1			
			Comprometimento do aquífero	Comprovado	3			
				Fortes indícios	2			
				Suposto	1			
			Localização em relação a área protegida	Dentro da área	3		3	3
				Na mesma bacia à montante	2			
				Na mesma bacia à jusante	1			
			Dano ao solo e/ou subsolo	Comprovada	3			
				Fortes indícios	2			
				Suposta	1			
			Morte ou dano à fauna	Comprovado	2			
				Suposto	1		1	1
			Morte ou dano à flora	Comprovado	2			
				Suposto	1			
				Comprovado	2		2	2

		Dano ao patrimônio e/ou monumento natural	Suposto	1				
Impactos na hidrodinâmica	1,5	Morte ou dano à fauna	Comprovado	2				
			Suposto	1		1	1	
		Morte ou dano à flora	Comprovado	2				
			Suposto	1				
		Alteração na classe do corpo hídrico	Comprovado	3		3	3	
		Alteração na vazão/volume de água	Significativa	2				
			Não significativa	1				
		Previsão de reequilíbrio	Longo prazo/Alto custo	3		3	3	
			Médio prazo/Médio custo	2	2			
			Curto prazo/Baixo custo	1				
				Σágua	6	19,5	19,5	
				Fator Multiplicador	1,6	6,4	6,4	

Fonte: O Autor (2024)

Quadro 11: Determinação do fator multiplicador relacionado ao aspecto solo e subsolo

Aspecto	Tipo de Dano	Fator	Descrição dos Agravos	Qualificação dos agravos		Lixão de SBF	Lixão de Valença	Lixão de Itacaré
S O L O E	Impacto causado por compostos químicos, físicos, biológicos ou energia.	1,0	Toxicidade da emissão	Comprovada	3		3	
				Fortes indícios	2			
				Suposta	1	1		1
			Comprometimento do aquífero	Comprovado	3			
				Fortes indícios	2			
				Suposto	1			

S U B S O L O		Localização em relação a área protegida	Totalmente inserido	2		2	2	
			Parcialmente inserido	1				
		Assoreamento de corpos hídricos	Grande intensidade	3				
			Média intensidade	2		2	2	
			Baixa intensidade	1				
		Morte ou dano à fauna	Comprovado	2		2		
			Suposto	1	1		1	
		Morte ou dano à flora	Comprovado	2		2		
			Suposto	1	1		1	
		Dano ao patrimônio e/ou monumento natural	Comprovado	2				
			Suposto	1				
	Objetivando a comercialização	Atividade principal ou secundária	1					
	Impactos na dinâmica do solo/subsolo	1,5	Morte ou dano à fauna	Comprovado	2			
				Suposto	1		1	1
			Morte ou dano à flora	Comprovado	2			
				Suposto	1		1	1
			Alteração na capacidade de uso da terra	Em mais de uma classe	3			
				Em uma classe	2			
				Na mesma classe de uso	1			
Danos ao relevo			Ocorrido	3		3	3	
			Grande risco	2				
			Pequeno risco	1	1			
Previsão de reequilíbrio			Longo prazo/Alto custo	3	3	3	3	
			Médio prazo/Médio custo	2				
	Curto prazo/Baixo custo	1						
				Σsolo	9	23	19	

Fator Multiplicador	12,8	3,2	3,2
----------------------------	-------------	------------	------------

Fonte: O Autor (2024)

Quadro 12: Determinação do fator multiplicador relacionado ao aspecto fauna

Aspecto	Tipo de Dano	Fator	Descrição dos Agravos	Qualificação dos agravos		Lixão de SBF	Lixão de Valença	Lixão de Itacaré
F A U N A	Danos aos indivíduos	1,0	Localização em relação a área protegida	Dentro da área	3		3	3
				No raio de ação do animal	2			
			Ocorrências de espécies ameaçadas de extinção	Comprovada	2			2
				Suposta	1			
			Ocorrências de espécies endêmicas	Comprovada	2	2		2
				Suposta	1		1	
			Ocorrências de fêmeas	Prenhas ou ovadas	3			
				Comprovada	2			
				Suposta	1	1	1	1
	Objetivando comercialização	Atividade principal	3					
		Atividade secundária	2					
	Impactos na dinâmica da comunidade	1,5	Importância relativa da espécie	Não se reproduz em cativeiro	3			2
				Se reproduz em cativeiro	2	1		
				Criada comercialmente	1			
		Morte ou dano à flora	Comprovada	3				
			Fortes indícios	2		2	2	
			Suposta	1				
Alteração dos nichos ecológicos		Comprovada	3					
	Fortes indícios	2		2	2			
	Suposta	1						

			Previsão de reequilíbrio	Longo prazo/Alto custo	3		3	3
				Médio prazo/Médio custo	2			
				Curto prazo/Baixo custo	1	1		
				Σfauna	6		15,5	21,5
				Fator Multiplicador	1,6		6,4	12,8

Fonte: O Autor (2024)

Quadro 13: Determinação do fator multiplicador relacionado ao aspecto flora

Aspecto	Tipo de Dano	Fator	Descrição dos Agravos	Qualificação dos agravos		Lixão de SBF	Lixão de Valença	Lixão de Itacaré
F L O R A	Danos aos indivíduos	1,0	Localização em relação a área protegida	Totalmente inserido	3		3	3
				Parcialmente inserido	2			
			Ocorrências de espécies ameaçadas de extinção	Comprovada	3		3	3
				Suposta	2			
			Ocorrências de espécies endêmicas	Comprovada	2	2	2	2
				Suposta	1			
			Favorecimento à erosão	Comprovado	3		3	3
				Fortes indícios	2			
				Suposto	1			
			Dano ao patrimônio e/ou monumento natural	Comprovado	2			
				Suposto	1			
			Objetivando comercialização	Atividade principal	2			
				Atividade secundária	1			

Impactos na dinâmica da comunidade	1,5	Morte ou dano à fauna	Comprovada	3					
			Fortes indícios	2					
			Suposta	1	1	1	1		
		Importância da área	Área > 30x que a área degradada	3		3	3		
			Área entre 10 e 30x a área degradada	2					
			Área até 10x > que a área degradada	1					
		Alteração dos nichos ecológicos	Comprovada	3		3	3		
			Fortes indícios	2					
			Suposta	1					
		Previsão de reequilíbrio	Longo prazo/Estágio avançado	3		3	3		
			Médio prazo/Estágio médio	2					
			Curto prazo/Estágio inicial	1	1				
						Σflora	5	26	26
						Fator Multiplicador	1,6	12,8	12,8

Fonte: O Autor (2024)

Quadro 14: Determinação do fator multiplicador relacionado ao aspecto paisagem

Aspecto	Tipo de Dano	Fator	Descrição dos Agravos	Qualificação dos agravos		Lixão de SBF	Lixão de Valença	Lixão de Itacaré
P A	Dano à paisagem	1,0	Localização em relação a área e/ou municípios protegidos	Dentro	3	3		3

		Proximidade de centros urbanos	≥ 60.000 hab, distante até 10km	3					
			≥ 60.000 hab, distante até 25km	2					
			≥ 60.000 hab, distante até 50km	1					
		Reversão do dano	Alto custo	3		3	3		
			Médio custo	2	2				
			Baixo custo	1					
		Comprometimento do aquífero	Diretamente relacionado	2					
			Não diretamente relacionado	1					
		Comprometimento do complexo solo/subsolo	Diretamente relacionado	2		2	2		
			Não diretamente relacionado	1					
		Morte ou dano à fauna	Diretamente relacionado	2		2	2		
			Não diretamente relacionado	1					
		Morte ou dano à flora	Diretamente relacionado	2		2	2		
			Não diretamente relacionado	1					
		Dano ao patrimônio e/ou monumento natural	Tombado pelo IPHAM	2					
			Não tombado	1		1	1		
		Dano ao patrimônio cultural, histórico, turístico, arquitetônico e artístico	1,5	Proximidade de centros urbanos	≥ 60.000 hab, distante até 10km	3			
					≥ 60.000 hab, distante até 25km	2			
≥ 60.000 hab, distante até 50km	1								
Reversão do dano	Alto custo			3					
	Médio custo			2					
	Baixo custo			1					
Comprometimento do aquífero	Diretamente relacionado			2					
	Não diretamente relacionado			1					

		Comprometimento do complexo solo/subsolo	Diretamente relacionado	2				
			Não diretamente relacionado	1				
		Morte ou dano à fauna	Diretamente relacionado	2		2	2	
			Não diretamente relacionado	1	1			
		Morte ou dano à flora	Diretamente relacionado	2				
			Não diretamente relacionado	1		2	2	
		Dano ao patrimônio e/ou monumento natural	Tombado pelo IPHAM	2	1			
			Não tombado	1				
					Σpaisagem	5	19	19
					Fator Multiplicador	1,6	6,4	6,4

Fonte: O Autor (2024)

5.3.7 Valor do Agravo Ambiental

A valoração econômica do dano envolvendo a área degradada por resíduos de cada município, levando em consideração a pontuação obtida com o somatório de cada fator de multiplicação, compilados através da Tabela 15, foi obtida através da fórmula do agravo ambiental.

Tabela 15: Somatório das pontuações dos lixões por aspecto

<i>LOCAL</i>	<i>AR</i>	<i>ÁGUA</i>	<i>SOLO/SUBSOLO</i>	<i>FAUNA</i>	<i>FLORA</i>	<i>PAISAGEM</i>	Σ <i>Fator Multiplicação</i>
<i>LIXÃO SBF</i>	3,2	1,6	3,2	1,6	1,6	1,6	12,8
<i>LIXÃO VALENÇA</i>	3,2	6,4	12,8	6,4	12,8	6,4	48
<i>LIXÃO ITACARÉ</i>	3,2	6,4	6,4	12,8	12,8	6,4	48

Fonte: O Autor (2024)

Assim, segundo o método DEPRN, os custos do dano (Tabela 16) calculado para os lixões, conforme as equações 3, 4 e 5 foram:

- Lixão de Senhor do Bonfim

$$AA = \Sigma (\text{Fator de multiplicação}) \times VTN \times \text{Área} \quad (3)$$

$$AA = 12,8 \times 1.156,96 \times 11,11$$

$$AA = 164.528,97$$

- Lixão de Valença

$$AA = \Sigma (\text{Fator de multiplicação}) \times VTN \times \text{Área} \quad (4)$$

$$AA = 48 \times 3.538,25 \times 4,33$$

$$AA = 735.389,88$$

- Lixão de Itacaré

$$AA = \Sigma (\text{Fator de multiplicação}) \times VTN \times \text{Área} \quad (5)$$

$$AA = 48 \times 4.507,52 \times 1,89$$

$$AA = 408.922,21$$

Tabela 16: Valor do agravo ambiental por lixão

<i>LOCAL</i>	<i>Custo Agravo Ambiental</i>
<i>LIXÃO SBF</i>	R\$ 164.528,97
<i>LIXÃO VALENÇA</i>	R\$ 735.389,88
<i>LIXÃO ITACARÉ</i>	R\$ 408.922,21

Fonte: O Autor (2024)

Desse modo, o valor do agravo foi mais elevado para os lixões de Valença e Itacaré, que estão localizados em área de preservação ambiental. Análises realizadas em área de proteção permanente, com dimensão acima de 1 hectare, estimaram o agravo ambiental com valor entre R\$ 205.305,92 e 5.684.210,58 (CORDIOLI, 2013; MONTEIRO, 2021). Segundo dados compilados pela TÜV SÜD Bureau (2018) para municípios de médio porte do Estado do Ceará o valor do agravo variou entre R\$ 103.174,00 (município de Acaraú) a R\$ 2.099.363,84 (município de Pacatuba).

É imprescindível evidenciar que a distinção nos valores encontrados na literatura para projetos de recuperação de áreas degradadas utilizando o método DEPRN está na diversidade de causas e consequências que podem afetar o local de estudo analisado, sendo que há também uma variação regional muito grande sobre o valor de mercado da terra nua.

Além disso, o somatório resultante do fator de multiplicação reverbera a influência dos agravos ambientais, potencializando o custo associado à remediação do impacto. Em relação ao Lixão de Senhor do Bonfim, fatores como a “proximidade do lixão de centros urbanos” eleva o custo do agravo, visto que gera um grande dano devido à pressão populacional que está no seu entorno, em especial aos catadores que necessitam de um

olhar social pelo poder público. Já para o Lixão de Itacaré e Valença, o aspecto “água” e “solo e subsolo” sobressaíram, pois a presença dos rios e de mananciais, em contato com os resíduos, eleva o potencial poluidor

Por fim, o tamanho da área do lixão impacta diretamente na valoração do agravo ambiental, tendo em vista que demanda maior recurso para remediar o passivo, bem como para realizar o controle e monitoramento.

5.3.8 Taxa de Tolerância

As taxas de tolerância admitida para os lixões estão expostas na Tabela 17. Cabe salientar que devido ao Lixão de Senhor do Bonfim estar ativo, todas os parâmetros estudados podem sofrer variação, como o volume de resíduos depositado, grau de contaminação do solo e das águas superficiais, presença de animais e catadores, impacto na fauna e flora, dentro outros. Diante desse cenário, a pode-se inferir que a estimativa de custos é baseada na plataforma de baixo nível de conhecimento, já que os dados obtidos estão em constante transformação. Portanto, como a classificação da plataforma de conhecimento foi igual a 0 pontos, a taxa de tolerância admitida para os custos do agravo e para o projeto de requalificação é de 100%.

Já para os lixões de Itacaré e de Valença, ambos em estado de desativação, considera-se que o levantamento dos custos é fundamentado na plataforma de análise focada, já que houve um estudo bem completo envolvendo os distintos aspectos ambientais, além de que algumas informações foram complementadas com o responsável pela pasta de meio ambiente. Entretanto, a ausência de um constante monitoramento e o fato de não ter acontecido um reordenamento dos resíduos que escorregaram talude abaixo, alguns fatores podem vir a variar, como a contaminação da margem dos Rios Pitanguinha e Canoeiro.

Ademais, cabe salientar que o alcance de uma plataforma de prova focada depende da obtenção de fatores extras e mais precisos na área de influência direta do lixão, como análise da qualidade do ar, identificação e contagem de toda fauna e flora, remoção total dos resíduos, etc. Assim, uma vez que a plataforma de conhecimento recebeu a classificação 70 pontos, a taxa de tolerância admitida foi de 30%.

Tabela 17: Classificação da plataforma de conhecimento e da taxa de tolerância dos custos

Lixão	Plataforma	Descrição	Classificação	Taxa de Tolerância
SBF	Baixo nível conhecimento	Decisões são baseadas em dados em evolução, sem previsão da configuração final	0	100%
Valença	Análise focada	Decisões são baseadas em estudos completos, processos teóricos ou diálogo em cada local/aspecto específico relevante à área degradada que podem ser afetados por consequências moderadas ou piores.	70	30%
Itacaré	Análise focada	Decisões são baseadas em estudos completos, processos teóricos ou diálogo em cada local/aspecto específico relevante à área degradada que podem ser afetados por consequências moderadas ou piores.	70	30%

Fonte: O Autor (2024)

5.3.9 Análise Orçamentária, Previsão dos Custos e Impacto na LOA

Ao analisar a Lei Orçamentária Anual prevista para o ano de 2024 no município de Valença, constata-se que a programação dos gastos governamentais, ou seja, a despesa total, foi fixada em de R\$ 381.720.000,00 (trezentos e oitenta e um milhões setecentos e vinte mil reais), um aumento de 24,98% em relação ao ano de 2023, sendo que desse valor, a dotação orçamentária destinada para a Secretaria Municipal da Infraestrutura e Urbanismo foi de R\$ 31.042.500,00. Já para a Secretária Municipal de Meio Ambiente e para o Serviço Autônomo de Água e Esgoto foram de R\$ 1.262.000,00 e R\$ 31.518.000,00, respectivamente (Tabela 18).

Tabela 18: Orçamento fiscal das Secretarias de Valença com ações na área de saneamento

Secretaria	Orçamento Fiscal	Em relação a 2023	Despesa de capital	Em relação a 2023
Secretaria Municipal da Infraestrutura e	R\$ 31.042.500,00	+66,72%	R\$ 7.422.000,00	+49,36%

Urbanismo (SEMIU)				
Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMA)	R\$ 1.262.000,00	+42,51	R\$ 33.000,00	+263,65%
Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE)	R\$ 31.518.000,00	+5,01%	R\$ 18.999.000,00	+770,19%

Fonte: O Autor (2024)

Os custos envolvendo as áreas de saneamento e gestão ambiental que estão vinculadas em projetos que envolvem as três Secretarias tiveram crescimento (Tabela 19). Entretanto, os valores gastos com novos investimentos e/ou melhorias das diretrizes do saneamento são pequenos, visto que apesar da previsão para o setor de resíduos sólidos ser de R\$ 7.372.000,00, somente R\$ 24.000,00 está destinado para investimentos em um aterro sanitário, unidade de compostagem e coleta seletiva. A maior parte do recurso é direcionada para o pagamento de empresa privada que atua na limpeza pública.

Para os setores de abastecimento de água e esgotamento sanitário as despesas de capital com novos investimentos em melhorias, reestruturação e ampliação da rede não ultrapassaram 5% e 11%, respectivamente. Por fim, o recurso para construção e implantação de rede de drenagem pluvial urbana foi de R\$ 20.000,00.

Tabela 19: Comparativo do exercício fiscal por função da cidade de Valença

Função	2023	2024
	Exercício Fiscal	Exercício Fiscal
Saneamento	R\$ 24.000.519,13	R\$ 26.671.000,00
Gestão Ambiental	R\$ 958.029,37	R\$ 1.262.000,00

Fonte: O Autor (2024)

A diferença entre o exercício fiscal da LOA do ano de 2023 e 2024 no município de Itacaré foi de um ganho de 4,44%, sendo que, ao analisar as despesas por funções de governo, constatou-se que houve um aumento financeiro na área de gestão ambiental, ao tempo que foi reduzido o orçamento para saneamento (Tabela 21). Essa redução refletiu nos cortes de despesa de capital nas Secretarias de Desenvolvimento Urbano e na de Meio

Ambiente, com queda de 21,66% e 25,44%, sendo que para a última pasta, o ganho orçamentário fiscal se deve ao aumento das despesas correntes envolvendo pessoal e encargos sociais (Tabela 20).

Tabela 20: Orçamento fiscal das Secretarias de Itacaré com ações na área de saneamento

Secretaria	Orçamento Fiscal	Em relação a 2023	Despesa de capital	Em relação a 2023
Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SEDUR)	R\$ 20.649.761,92	-10,31%	R\$ 2.089.383,62	-21,66%
Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMA)	R\$ 1.343.527,67	+24,40	R\$ 11.930,26	-25,44%

Fonte: O Autor (2024)

Nesse cenário, os investimentos em saneamento e gestão ambiental realizados pela gestão municipal derivam exclusivamente da pasta de Desenvolvimento Urbano, já que o orçamento da SEMA está atrelado ao custeio da manutenção das ações administrativas. Diante disso, o percentual de investimento na área de resíduos sólidos para o ano é de 1,23%, equivalendo a R\$ 254.110,94, referente a projetos como a construção do centro de processamento de resíduos sólidos e a infraestrutura do aterro sanitário. Cabe destacar que a gestão gasta R\$ 701.877,94 com as ações de limpeza urbana realizado por empresa privada.

Tabela 21: Comparativo do exercício fiscal por função da cidade de Itacaré

Função	2023	2024
	Exercício Fiscal	Exercício Fiscal
Saneamento	R\$ 480.656,00	R\$ 166.376,08
Gestão Ambiental	R\$ 1.467.084,75	R\$ 1.597.638,61

Fonte: O Autor (2024)

No município de Senhor do Bonfim a LOA do ano corrente cresceu 25,12% em relação ao anterior, refletindo de igual modo na única pasta que administra as questões ambientais, onde houve um aumento financeiro considerável, de aproximadamente 100%, em relação ao orçamento de 2023, exposto na Tabela 22. Nesse cenário, o ganho se deu na despesa de capital, tendo em vista que o valor para gastos com obras novas e /ou investimentos em melhorias/expansão dos equipamentos cresceu.

Entretanto, uma considerável quantia dos valores investidos foi programada para projetos envolvendo as áreas do centro administrativo, pavimentação e iluminação pública, atreladas mais ao setor de urbanismo do que de meio ambiente. Em contrapartida, a Tabela 23 demonstra que os valores direcionados para funções voltadas ao Saneamento e a Gestão Ambiental tiveram aumento de 30,24% e uma redução de 7,34% respectivamente.

Tabela 22: Orçamento fiscal da Secretaria de Senhor do Bonfim com ações na área de saneamento

Secretaria	Orçamento Fiscal	Em relação a 2023	Despesa de capital	Em relação a 2023
Secretaria Municipal de Infraestrutura e Meio Ambiente	R\$ 46.188.607,00	+97,08%	R\$ 22.326.674,00	+418,77%

Fonte: O Autor (2024)

No setor de Saneamento o pilar que teve mais acréscimo orçamentário para melhorias e expansão da rede foi o esgotamento sanitário, já que a despesa de capital subiu de R\$ 656.000,00 na LOA de 2023 para R\$ 1.070.000,00 na LOA de 2024. Já o setor de resíduos sólidos teve uma queda considerável ou então se manteve, para a execução de projetos específicos, visto que o valor para requalificação do lixão reduziu de R\$ 200.000,00 para R\$ 100.000,00 e o custo para implantação da coleta seletiva estabilizou em R\$ 20.000,00.

Cabe destacar que houve crescimento de despesa corrente com pessoal na área da limpeza urbana, subindo de R\$ 2.410.000,00 para 2.966.204,00, equivalente a 23,08%. Tal cenário demonstra que há um custo excessivo direcionado para a empresa que realiza

o manejo da limpeza urbana, enquanto o lixão não recebe os investimentos necessários para o seu encerramento e requalificação, permanecendo o passivo ambiental.

Tabela 23: Comparativo do exercício fiscal por função da cidade de Senhor do Bonfim

Função	2023	2024
	Exercício Fiscal	Exercício Fiscal
Saneamento	R\$ 3.390.000,00	R\$ 4.415.204,00
Gestão Ambiental	R\$ 1.258.623,00	R\$ 1.166.190,00

Fonte: O Autor (2024)

De modo geral, para os três municípios de estudo, percebe-se que, por 2024 ser um ano eleitoral, o orçamento anual teve crescimento com variações de 4% a 25%. Entretanto, grande parcela foi alocada para cobrir despesas correntes, bem como em áreas que não privilegiam a melhoria e/ou expansão do saneamento básico, especialmente do setor de resíduos sólidos e manejo da limpeza urbana, restringindo-se às obras que garante maior visibilidade, como a pavimentação. Tal constatação converge com os estudos de Munhoz Junior et al (2022)., que analisaram os reflexos do ano eleitoral sobre os gastos públicos dos municípios do Paraná, constatando que as despesas com investimentos entre o ano de 2017 – pré-eleitoral – e de 2018, resultaram em um ganho na ordem de 81,28% no ano das eleições.

Apesar desse comportamento realizado pelos gestores públicos dos municípios de estudo, faz-se necessário ressaltar que Itacaré e Valença já lançaram editais de requalificação dos seus lixões, distinguindo-se de Senhor do Bonfim que, apesar de integrar o Consórcio Público de Desenvolvimento Sustentável do Piemonte Norte do Itapicuru, ainda não se mobilizou para o encerramento do seu lixão, contrariando as legislações ambientais.

No município de Valença, licitou-se um valor de R\$ 4.138.254,02 (quatro milhões cento e trinta e oito mil duzentos e cinquenta e quatro reais e dois centavos), desconsiderando o BDI, conforme o Edital de Licitação 001/2023 na modalidade concorrência, tipo menor preço, para contratação de empresa especializada para execução do Plano de Requalificação do Lixão de Valença. Além disso, a gestão municipal lançou o Edital de licitação Nº 027/2023, na modalidade pregão eletrônico, para destinar os

resíduos sólidos para um aterro sanitário, com custo previsto em R\$ 6.731.838,33 (seis milhões setecentos e trinta e um mil oitocentos e trinta e oito reais e trinta e três centavos).

Em Itacaré, apesar do lixão ter sido desativado no segundo semestre de 2022, ele ainda está passando por um processo moroso de requalificação, já que somente foi finalizada a execução da estação de transbordo. Diante disso, ressalta-se que o valor gasto com a manutenção da infraestrutura desse espaço, bem como com o custeio do transporte dos resíduos para o aterro sanitário da CVR, localizada no município de Ilhéus, extrapola em mais de três vezes o valor de investimento destinado para a requalificação total da área degradada por resíduos.

Segundo o edital de licitação N° 032/2024, na modalidade Pregão Eletrônico, a estimativa da contratação para a prestação dos serviços de operacionalização da estação de transbordo e transporte dos resíduos sólidos domiciliares urbanos produzidos e coletados pelo município de Itacaré até aterro sanitário devidamente licenciado é de R\$ 3.416.233,51 (três milhões quatrocentos e dezesseis mil duzentos e trinta e três reais e cinquenta e um centavos).

Já para Senhor do Bonfim destaca-se a ausência de efetividade do poder público em cumprir a legislação vigente, já que a PNRS obriga a erradicação dos lixões nos municípios até o final do ano de 2024, com a devida alocação dos resíduos em aterro sanitário que possua o licenciamento ambiental devidamente legalizado. Ademais, Senhor do Bonfim integra uma extensa lista de municípios que não institucionalizaram uma cobrança de taxa específica para a coleta, ou cobra por meio de uma taxa associada ao IPTU que, por sua vez, não pode ter sua receita vinculada à uma despesa pré-determinada. Assim, muitos gestores públicos alegam não possuir recursos necessários para implementar uma política pública de fechamento e requalificação da área degradada por resíduos, bem como custear a sua destinação.

Apesar disso, conforme o relatório técnico “Produto 4 – Ante-Projeto de Requalificação para o Lixão de Senhor do Bonfim – BA (Jucá et, al. 2023) o projeto de requalificação do lixão de Senhor do Bonfim foi orçado em R\$ 2.117.584,99. Entretanto, o gestor do município alegou não ter dinheiro em caixa para iniciar o processo de encerramento.

A partir dos cenários analisados em relação aos recursos orçamentários, o Quadro 15 traz o compilado de informações envolvendo o custo no processo de encerramento e

requalificação dos lixões, bem como o impacto na LOA de 2024, tanto para a execução da obra de recuperação da área degradada, quanto do valor investido no transporte dos resíduos coletados para uma destinação final ambientalmente adequado.

Percebe-se, de modo geral, que o valor para requalificar um lixão cabe dentro do orçamento dos municípios, não provocando um impacto nas suas receitas, afinal os percentuais variaram de 0,74% a 1,08%. Cabe salientar que um fator em comum observado na análise dos custos é que lixões localizados em áreas de preservação ambiental, ou com o relevo escarpado, ou próximos a leito de rio são mais custosos para requalificar. Entretanto, pode-se inferir que os municípios de estudo, excetuando-se Senhor do Bonfim, gastam muito mais para destinar os seus resíduos em um aterro sanitário privado.

Ao acrescentar o valor gasto com a destinação final na análise do impacto na Lei Orçamentária Anual, juntamente com a despesa da requalificação para o município de Valença, o percentual subiu de 1,08 para 2,85, equivalendo a um aumento de 163,98%. Em Itacaré o impacto foi ainda maior, tendo em vista que o crescimento percentual saltou de 0,67 para 2,71, resultando em uma elevação de 304,48%. Senhor do Bonfim foi o único local de estudo onde não houve a possibilidade de analisar a influência do custo de destinação, tendo em vista que seu lixão continua ativo. Desse modo, o impacto referente à requalificação é de 0,74%.

A ausência de uma cobrança fixa no serviço de coleta que possibilite a arrecadação de receita para investimentos no setor de resíduos sólidos contribui para a ausência de políticas públicas. Segundo Dutra e Lange (2021 p. 35), no ano de 2019, as prefeituras gastaram aproximadamente R\$ 24 bilhões de reais para custear o serviço de manejo de resíduos sólidos, ou seja, R\$ 137,70 (centro e trinta e sete reais e setenta centavos) por habitante, sendo que apenas 44,8% dos municípios cobravam pelos serviços e o valor arrecadado cobria somente 57,2% dos custos.

Quadro 15: Compilado de informações dos custos e impactos da requalificação e destinação dos resíduos

	LOCALIDADE DO LIXÃO		
	Senhor do Bonfim	Valença	Itacaré
Habitantes	79.813	97.873	28.214
Porte demográfico	Médio	Médio	Médio
Área do lixão (ha)	12	4,33	1,89
Volume de resíduos (m³)	154.731	167.590	63.434
Quantidade de resíduos (t/dia)	81	75	30
Pontuação do ReLix	376	481	420
Cenário indicado pelo ReLix	Conversão em aterro sanitário	Retirada dos resíduos	Retirada dos resíduos
Cenário adotado	Conversão em transbordo	Retirada dos resíduos	Retirada dos resíduos
Custos do agravo ambiental	R\$ 164.528,97	R\$ 490.259,92	R\$ 354.399,25
Custos recuperação	R\$ 2.117.584,99	R\$ 4.138.254,02	R\$ 1.125.021,24
LOA (2024)	R\$ 287.163.228,00	R\$ 381.720.000,00	R\$ 167.597.233,75
Impacto na receita	0,74%	1,08%	0,67%
Requalificação em andamento ou finalizada	Não	Sim	Sim
Ano de início	-	2023	2023
Destinação	Lixão	Aterro Sanitário	Aterro Sanitário
Valor por tonelada	-	R\$ 111,31	R\$ 173,63
Nome da empresa	-	COPA Engenharia Ambiental	CRV Costa do Cacau
Custos com destinação ambientalmente adequada	-	R\$ 6.731.838,33	R\$ 3.416.233,51
Impacto na receita com a destinação		2,85%	2,71%

Fonte: O Autor (2024)

De modo geral, o direcionamento de recursos para a requalificação do lixão favorece a sociedade e o meio ambiente, trazendo benefícios a curto, médio e longo prazo, já que a revitalização de áreas degradadas por resíduos minimiza os impactos do passivo ambiental, ao tempo que contribui na recuperação das funções do solo e das águas subterrâneas, bem como oferece novas perspectivas de função social para o espaço, seja com a implantação de parques, praças ou habitação (MARKER, 2013 p.17).

Nesse sentido, o Estado de São Paulo pode ser considerado pioneiro no processo de mapeamento e intervenção de áreas degradadas, já que, de acordo com Santos (2020, p.147), do total de áreas contaminadas até dezembro de 2019, 50% se encontravam em condições seguras e em conformidade para receber novos usos e funções, abrindo possibilidades também para atrair o mercado imobiliário.

Uma outra perspectiva que deve ser analisada pelos gestores públicos ao investir no encerramento e requalificação de lixões, bem como no saneamento básico de forma global, envolve o retorno financeiro em áreas essenciais para a sociedade, como o setor da saúde, reduzindo desigualdades, ao tempo que possibilita crescimento econômico. A Organização Mundial da Saúde (OMS) constatou em um estudo que visa atingir a meta da universalização do saneamento, relativo aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, que ao empregar US\$ 11,3 bilhões por ano há um retorno de US\$ 84 bilhões (PRÜSS-ÜSTÜN et al., p.21, 2008).

A nível de Brasil, cada R\$ 1,00 investido em saneamento gera um retorno de R\$ 29,19 em resultados sociais para a população, quando aplicados em regiões de alta vulnerabilidade social e ambiental, contribuindo com a saúde, cidadania e dignidade das pessoas (DUTRA & LANGE, p. 90, 2021).

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas as conclusões referentes aos resultados mais relevantes desta pesquisa, contemplando também as sugestões de abordagens, a partir dos dados expostos, que podem ser desenvolvidas com esta temática em trabalhos futuros.

6.1 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma análise global para o encerramento e requalificação de lixão, enfocando no impacto que esse processo decisório gera aos cofres públicos dos municípios que foram casos de estudo, considerando as particularidades de cada local, sejam elas geográficas, ambientais e/ou sociais, fazendo uso do software ReLix, desenvolvido para garantir um pleno diagnóstico da área degradada por resíduos, assim como a técnica mais adequada para implementar a remediação.

Entretanto, faz-se necessário, inicialmente, evidenciar a escassez de pesquisas que tratam da temática em questão, observado no processo de mergulho na literatura para a fundamentar o presente trabalho, especialmente no que concerne aos aspectos financeiros envolvidos no encerramento de um lixão para a gestão de um município.

O uso de uma ferramenta de apoio à decisão como o ReLix contribui para que o diagnóstico seja realizado de forma hierarquizada, demonstrando quais são os critérios mais impactados pelo descarte irregular de resíduos sólidos, garantindo uma visão macro e micro da situação. Baseado nessa conjuntura, percebe-se o potencial poluidor do Lixão de Valença e de Itacaré, já que ambos estão localizados numa área de proteção ambiental, margeado por rios (Pitanguinha e Canoeiro), inseridos em um ecossistema do manguezal, promovendo mais danos ao Meio Ambiente, já que obtiveram as maiores pontuações, atingindo 481 e 420 pontos, respectivamente.

Por sua vez, o Lixão de Senhor do Bonfim se destacou negativamente nos critérios relacionados ao meio social e meio atmosférico, já que está alocado dentro do eixo urbano da cidade, próximo de casas residenciais e comerciais, obtendo 376 pontos na avaliação do ReLix.

Ainda nesta análise, conclui-se que a ferramenta é apropriada para auxiliar o tomador de decisão no processo de escolha do cenário e da técnica de remediação mais adequada para o encerramento da área degradada por resíduos, facilitando a etapa de concepção do

projeto de requalificação. Para o Lixão de Valença e de Itacaré o software estabeleceu como prioritário o cenário de remediação que garanta a retirada dos resíduos, adotando como técnica a remoção direta para um aterro sanitário. Já para o Lixão de Senhor do Bonfim envolveu a conversão da área em um aterro sanitário.

Entretanto, apesar do ReLix ser um programa exitoso, necessita de uma avaliação mais contextualizada por parte de quem aplica-o, requerendo uma expertise no assunto, já que o programa não considera legislações locais, como o zoneamento, bem como a quantidade diária de resíduos depositados na área degradada e a proximidade de aterros sanitários.

Acerca dos projetos de requalificação conclui-se que em áreas marcadas por alto grau de declive e/ou escorregamento de resíduos, se faz necessário realizar a readequação do relevo, tornando menos acentuado com a implantação de bermas que suavizem o talude, a fim de garantir uma maior estabilidade do maciço, com as devidas camadas de cobertura.

Sobre a aplicação do Método DEPRN no estabelecimento dos agravos ambientais, infere-se que além de ser um instrumento de fácil aplicação, leva em consideração as particularidades de cada local analisado, refletindo no valor final. Desse modo, apesar do Lixão de Valença e de Itacaré possuírem semelhanças, o custo foi de R\$ 735.389,88 e R\$ 408.922,20, respectivamente, pois o tamanho da área degradada tem grande influência. Portanto, é possível concluir que o método pode ser aplicado na valoração de áreas contaminadas resíduos sólidos, se constituindo como uma ferramenta de gestão financeira para ser aplicada pelos entes governamentais e/ou técnicos do setor privado.

Acerca da análise do impacto nas receitas dos municípios pode-se concluir que em Senhor do Bonfim houve o maior aumento no exercício financeiro entre os anos de 2023 e 2024, com um aumento de 25,12%, repercutindo no orçamento da pasta de Infraestrutura e Meio Ambiente, com crescimento de 97,08% no orçamento fiscal e 418,77% na despesa de capital para novos investimentos. Entretanto, o município investiu um valor irrisório na pauta voltada para a requalificação do lixão, já que houve um corte de 50%, indo na contramão das pautas ambientais.

Nesse sentido, os custos dos projetos de requalificação foram estimados em valores que variam de R\$ 1.125.021,24 a R\$ 4.138.254,02. Portanto, conclui-se que o valor para requalificar um lixão pode ser acomodado dentro do orçamento dos municípios, não

provocando um grande e forte impacto nas suas receitas, visto que os percentuais variaram de 0,74% a 1,08%.

Cabe salientar que existe uma parcela considerável do orçamento voltada para custear um valor muito maior para destinar os resíduos a um aterro sanitário ambientalmente adequado, ao invés de haver políticas e programas voltados para a implementação de projetos de encerramento e requalificação da área degradada por resíduos. Ao acrescentar o valor gasto com a destinação final, o impacto na Lei Orçamentária Anual cresce para 2,71% em Itacaré e 2,85% em Valença.

Dentre os municípios que esta pesquisa se deu, Senhor do Bonfim é o único caso de estudo onde o lixão continua ativo não cumprindo com a meta estipulada pelo Novo Marco Legal do Saneamento, apesar de existir um projeto para a requalificação.

Por fim, é de suma importância que os gestores avaliem a criação de uma taxa ou tarifa para os resíduos sólidos, a fim de servir como fonte de receita para a implementação de programas que visem erradicar e requalificar lixões, bem como possa investir em um gerenciamento ambientalmente correto, implantação de coleta seletiva e potencialização da reciclagem.

6.2 RECOMENDAÇÕES

As recomendações para a realização de novas pesquisas que possam dar continuidade ao presente trabalho, seja incluindo novos dados de forma complementar, ou seja para corroborar os resultados obtidos neste estudo são apresentadas a seguir, em forma de lista com marcadores.

- Buscar outras metodologias de cálculo do agravo ambiental ocasionado pela contaminação de resíduos sólidos;
- Realizar uma busca a fim de identificar quais municípios brasileiros ainda não realizaram o encerramento dos lixões, bem como identificar os que já se adequaram a Lei nº 14.026/2020, focando na existência de projetos de requalificação da área degradada por resíduos;
- Aumentar o banco de dados de municípios com lixões ativos ou que não passaram por requalificação, trazendo informação como idade dos lixões para

robustecer estudos envolvendo o impacto na LOA com projetos de encerramento e requalificação;

- Fazer uso da estatística para identificar correlações envolvendo a quantidade de habitantes, idade do lixão, IDH, LOA, área do lixão, volume de resíduos, quantidade de toneladas diárias, custo do agravo e custo da requalificação a fim de identificar possíveis intervalos máximos e mínimos referentes ao impacto na receita do município, independentemente do porte populacional;

- Associar projetos de encerramento e requalificação de lixões executados com a existência de políticas socioambientais envolvendo catadores de material reciclável e o bioma local.

7 REFERÊNCIAS

ABETRE. **Atlas Brasil da Destinação Final de Resíduos**. Disponível em: acesso <https://atlas.abetre.org.br/public/atlas> Acesso em: 20 de jul. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Estudos hidrogeológicos e de vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucua e proposição de modelo de gestão integrada compartilhada: investigação geofísica na região dos Sistemas Aquíferos Urucua (SAU) e Areado (SAA): relatório técnico temática**. 94 p. Brasília. 2017.

ALBERTE, E. P. V.; CARNEIRO, A. P.; KAN, L. **Recuperação de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos urbanos**. IN: Diálogos & Ciências – Revista eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana. Ano II, n. 5, jun. 2005.

ALFAIA, R.; CAMPOS, G. S. M.; CARBONELLI, A. M. C. J. **Municipal solid waste in Brazil: A review**. Waste Management & Research, Vol. 35. P. 1195 – 1209. 2017.

ALHEIROS, M. **Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife. Programa Viva o Morro**. FIDEM: Recife. 2003.

ALMEIDA, A. J. G. A.; LIRA, B. S.; GOMES, G. J. C.; OLIVEIRA JUNIOR, A. I.; TAVARES, C. M.; MARIANO, M. O. H.; JUCÁ, J. F. T. **Permeabilidade ao ar e a água de misturas de solo e composto orgânico para camadas de cobertura oxidativas**. n: Helenton Carlos da Silva. (Org.). Engenharia hidráulica e sanitária. 1ed. Ponta Grossa: Atena Editora, v. 1, p. 131-138. 2019.

AQUINO, L. F.; CRUZ, I. A. S.; LOPES, G. T.; MANNARINO, C. F.; RITTER, E. (). **Presença de poluentes de lixiviado no solo e águas subterrâneas em locais de disposição inadequada de resíduos sólidos no Brasil: revisão da literatura**. *Revista Eletrônica De Gestão E Tecnologias Ambientais*, 10(1), 126–140. 2022.

ARTUSO, A.; COSSU, E.; HE, L.; SHE, Q. **Rehabilitation of landfills. New functions and new shapes for the landfill of Guiyang, China**. v.11 – p.57–67. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE, **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/download-panorama-2010/>>. Acesso em abr. 2023.

_____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/download-panorama-2014/>>. Acesso em abr. 2023.

_____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/download-panorama-2020/>>. Acesso em abr. 2023.

_____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/download-panorama-2021/>>. Acesso em abr. 2023.

_____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>>. Acesso em abr. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, **NBR 6484: Solo – sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**, Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, **NBR 10005: Lixiviação de Resíduos – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, **NBR 10703: Degradação do solo**. São Paulo, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, **NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14653-6: Avaliação de bens – Parte 6: Recursos Naturais e Ambientais**. Rio de Janeiro. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE – ABREMA. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2023**. 2023. Disponível em: <https://www.abrema.org.br>. Acesso em: 12 abr. 2024.

BAHIA. **Decreto nº 8.649 de 22 de setembro de 2003**. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/unidades-de-conservacao/apa/apa-costa-de-itacare-serra-grande>. Acesso 29/07/2023

BARROS, L. H. S. **Requalificação dos aterros desativados (brownfields) no município de São Paulo: Parques (greenfields) Raposo Tavares e Jardim Primavera**. Tese de doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. 403 p. São Paulo. 2011.

BORTOLIN, J. R. M.; MALAGUTTI FILHO, W. **Método da eletrorresistividade aplicado no monitoramento temporal da pluma de contaminação em área de disposição de resíduos sólidos urbanos**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 15, p. 367-374, 2010.

BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia Ambiental**. Oficina de Textos. v.1. São Paulo. 2008

BRAGAGNOLO, L.; FERRAZZO, S. T. ; BRUM, F. G. M. ; KORF, E. P. ; MOSSI, A. J. **Qualidade do lixiviado e sua interferência na água subterrânea adjacente ao aterro sanitário de Palmeira das Missões (RS)**. REGA - Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 15, p. 8-8, 2018.

BRANDÃO JÚNIOR, E. L.; BERNARDO, G. P.; BERNARDO, L. P.; NASCIMENTO, S. I. B.; LIMA, B. F. R.; SILVA, K. V. C. C.; CAVALCANTE, G. M. E.; RULIM, A. L. L.; DUARTE, J. O. **Queima Inadequada de Resíduos Sólidos Domésticos, Principais Gases Tóxicos e Manifestações Clínicas: Uma Revisão de Literatura**. Rev. Mult. Psic. v.12, n.42, p.602-612. 2018.

BRASIL. 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, Brasil, 13 fev. 1998. Seção 1, p. 1.

BRASIL, Lei nº 12.305, de 2 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, 3 ago. 2010. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em 25 Outubro 2022.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Novo Marco Legal do Saneamento Básico**. Brasil, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: 20 agosto 2022.

CAMARERO, P. L. **Estudo integrado de geofísica e geologia estrutural na identificação de drenagem ácida em mina de urânio**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista (Unesp). Rio Claro, 139 p. 2022.

CAPELLARI, A.; CAPELLARI, M. B. **A água como bem jurídico, econômico e social**. Cidades [Online], 36 | 2018, Disponível em: <http://journals.openedition.org/cidades/657> Acesso em: 17 nov. 2023.

CASTRO, A. R.; MOREIRA, A. P.; PROENÇA, B. TIBAU, R. L.; SOARES, C. S. L.; MAGALHÃES, V. A. **Influência de depósito de lixo em califorídeos (Diptera: Calliphoridae) de uma Área de Preservação Ambiental (APA) no município de Rio Bonito, Rio de Janeiro, Brasil**. Entomotropica 30(10): 92-104. 2015.

CHAPMAN, D. AND KIMSTACH, V. **Selection of Water Quality Variables. Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environment Monitoring**, Chapman Edition, 2nd Edition, London, 59-126. 1996.

CIDADES. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Roteiro para encerramento de lixões. Apoio para tomada de decisões**. Brasília, DF, 45 p. 2021.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 357. **Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Brasília: CONAMA, 2005.

_____. Resolução CONAMA nº 396. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília: CONAMA, 2008.

_____. Resolução CONAMA nº 404. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Brasília: CONAMA, 2008.

_____. Resolução CONAMA. **Resolução nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 17 de março de 2005.

CORDIOLI, M. L. A. **Aplicação de diferentes métodos de valoração econômica do dano ambiental em um estudo de caso da perícia criminal do estado de Santa Catarina**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais. Universidade Federal de Santa Catarina. 2013.

CRUZ, I. S.; SILVA, A. F.; REIS, E. O.; SANTOS, D. D.; GARCIA, E. O. **Estudo comparativo das condições de saneamento rural em municípios do Norte e Nordeste brasileiro**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 8, p.54988-54006. 2020.

CUNHA, E. J. R. **Intervenções no espaço urbano: um desafio à paisagem. O estudo de Valença [Bahia], Brasil**. Labor & Engenho, Campinas [Brasil], v. 4, n. 2, p. 17-33, 2010.

DANTAS, G. A. **O Impacto dos Créditos de Carbono na Rentabilidade da CoGeração Sucroalcooleira Brasileira**. Dissertação de Mestrado. ISEG/Universidade Técnica de Lisboa, 2008.

DAVID L. JAROS, CERCLA **landfill closures: Construction considerations, Geotextiles and Geomembranes**, Volume 10, Issues 5–6, Pages 393-402, 1991.

DE ALMEIDA, F. R.; CUNHA, R. R. R. S. B. **Análise dos aspectos diagnósticos do passivo ambiental – lixão, localizado na APA – Lagoas de Guarajuba, município de Camaçari – Estado da Bahia**. Revista Internacional de Ciências, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 18-43. 2012.

DUARTE, P. A; SCHOENELL, E. K. **Encerramento de lixão e aterro controlado**. CNM, 82 p. Brasília. 2024.

FACHIN, S. J. S.; HUBER, F.; SHIRAIWA, S.; BORGES, W. R.; MIGLIORINI, R. B. **Aplicação de métodos geofísicos para identificar áreas contaminadas por resíduos de um curtume**. Revista Brasileira De Geofísica, v.24 n.1, p.129–138. 2006.

FAGUNDES, G. S. **Influência do antigo lixão do Roger, João Pessoa, nas águas subterrâneas locais.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Universidade Federal da Paraíba, 117 f. João Pessoa, 2010.

FERRAZ, L. L.; NEVES, J. R. D.; GONÇALVES, L. J.; SOUSA, L. F.; OLIVEIRA, L. B. **Determinação da equação intensidade-duração-frequência da precipitação para a cidade de Itabuna, Bahia (Brasil).** Revista Brasileira de Meio Ambiente, v.8, n.2. p. 87-98, 2020.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos.** Fundação Israel Pinheiro. Belo Horizonte. 36 p. 2010.

GALLI, L.F. **Valoração de Danos Ambientais Subsídio para a Ação Civil.** CESP. São Paulo. 1996.

GIULIETTI, A. M.; BOCAGE NETA, A. L.; CASTRO, A. A. J. F.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGINIO, J.; QUEIROZ, L. P.; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V.; HARLEY, R. M. **Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga.** In: J.M.C.da Silva; M.Tabarelli; M.T.da Fonseca; L.V.Lins. (Org.). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. v. 1, p. 47-90. 2004.

GRIMBERG, P. **Empresas e territórios: interações para o bem-estar - condições para que grandes investimentos contribuam para o desenvolvimento de territórios anfitriões de suas operações e para seus próprios objetivos de negócio.** Dissertação de mestrado. Pós-Graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2016.

GOMES, E.; ALCANTARA, P.; MOREIRA, F. SALES, J. **Influência de condições climáticas na composição do biogás gerado no lixão municipal de Juazeiro do Norte – CE.** Revista DAE. v70. n.237 p. 210-228. 2022.

GOMES, J. C.; CASTILHOS JUNIOR, A. B. **Ferramenta de apoio à decisão para auxiliar a remediação de lixões de resíduos sólidos urbanos.** In: PEREIRA, C.; FRICKE, K. (coord.). Cooperação Intersetorial e Inovação: ferramentas para a gestão sustentável de resíduos sólidos. Braunschweig: Technische Universität Braunschweig, 2022.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. **What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management**. Urban development series. World Bank, Washington, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. 431 p. Rio de Janeiro 2010. Disponível em: <https://observatoriopnrs.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/12/pnsb_ibge-2008-2010.pdf> Acesso em: 13 de ago. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo demográfico 2022: características dos domicílios : resultados do universo**, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=73106>>. Acesso em: 02 nov. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama Bahia**. 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/panorama>> Acesso em: 18 de out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama Senhor do Bonfim**. 2023. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/senhor-do-bonfim/panorama>> Acesso em: 19 de out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama Valença**. 2023. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/valenca/panorama>> Acesso em: 20 de out. 2023.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – INEMA. **Decreto 8.552/2003 Institui a APA Caminhos Ecológicos da Boa Esperança**. 2003. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/09/DECRETO-N%C2%BA-8.552-DE-05-DE-JUNHO-DE-2003-APA-Caminhos-Ecol%C3%B3gicos-da-Boa-Esperan%C3%A7a.pdf>.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET **Dados históricos anuais**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acesso em: 05 set 2022.

INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING AND METALS – ICMM. **Planning for Integrated Mine Closure: Toolkit**, London. 2008.

JUCÁ, J. F. T.; RODRIGUES, H. S.; SANTOS, M. M. B. **Produto 4 – Ante-Projeto de Requalificação para o Lixão de Senhor do Bonfim – BA.** Senhor do Bonfim. GRS, 2023.

LAGO, A. L.; ELIS, V. R.; GIACHETI, H. L. **Aplicação integrada de métodos geofísicos em uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos em Bauru-SP.** Revista Brasileira de Geofísica, v. 24, n. 3, p. 357–374, jul. 2006.

LATUF, M. D. C. L.; MARTINS, G. A.; TRIGO, A.; TRIGO, J. A.; MARUYAMA, U. **Turismo e meio ambiente: impactos ambientais causados pelo lixo na cidade do Rio de Janeiro.** In: XVII CONVIBRA. Congresso Virtual de Administração. São Paulo. Instituto Pantex de Pesquisa Ltda, 2020.

LIMA, J. D.; JUCÁ, J. F. T.; REICHERT, G. A.; FIRMO, A. L. B. **Uso de modelos de apoio à decisão para análise de alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na Região Sul do Brasil.** Engenharia Sanitária e Ambiental. v.19. n.1. 33-42. 2014.

LINS, B. A.; GONÇALVES, R. M.; MAGNAGO, L. F. S. **A importância das interações entre plantas e animais para a manutenção das espécies arbóreas ameaçadas no sul da Bahia.** Paubrasília, Porto Seguro, v. 5, e. 102, 2022.

LINS, L. P.; PADILHA, J. C.; FURTADO, A. C.; MITO, J. Y. L. **O aproveitamento energético do biogás como ferramenta para os objetivos do desenvolvimento sustentável.** Interações (Campo Grande), [S. l.], v. 23, n. 4, p. 1275–1286, 2022.

MACHADO, G. C. A. **Da Ilha de Sapucaia ao Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho: a criação de territórios do lixo da cidade do Rio de Janeiro como expressão de segregação espacial.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Geografia. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 140f. 2012.

MARIANO NETO, M; GONCALVES, G. L.; MENDONÇA, S. S. C. **Proposta para Recuperação de Lixão Situado na Porção Semiárida do Brasil – Município de Paulista, Paraíba.** Espaço aberto, v. 11, p. 9-23, 2021.

MARKER, A. **Manual: Revitalização de áreas degradadas e contaminadas (brownfields) na América Latina.** ICLEI-Brasil. Departamento de Proteção Ambiental da Cidade de Stuttgart, Alemanha. 1º ed. São Paulo, 2013.

MASSUGA, F.; LARSON, M. A.; KUASOSKI, M.; OLIVEIRA, S. L. **Resíduos Plásticos E Sustentabilidade: Reflexos e Impactos da Pandemia de Covid-19 no Contexto Sociocultural E Ambiental.** Revista Gestão SocioAmbiental. São Paulo. 2022.

MATOS, D. P. **Valoração da Contaminação de Água e Solo em Postos de Combustíveis no Estado do Rio de Janeiro: Estudos de Caso com o Uso do Método DEPRN.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017

MCCARTNEY, J.; ZORNBERG, J. G. **Use of moisture profiles and lysimetry to assess evapotranspirative cover performance.** In: International PhD Symposium in Civil Engineering, 5. London, UK, Proceeding. London: Taylor & Francis Group, 2004.

MELO, D. A. **Proposta de processo decisório para reabilitação das áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Goiania.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2019.

MORAIS, L. A.; NASCIMENTO, V. F.; LAURINDO, A. G.; OMETTO, J. P. H. B. **Estimativas das Distâncias para Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de São Paulo** Rev. Bras. Cartogr., vol. 71, n. 4. p.960-982. 2019

MOREAU, MAURICIO SANTANA, 1968- **M837p Planejamento do uso da terra na zona tampão do Parque 2003 Estadual da Serra do Conduru no Litoral Sul da Bahia.** Universidade Federal de Viçosa. 89p. 2003.

MORRISSEY, A. J; BROWNE, J. **Waste management models and their application to sustainable waste management.** Waste Management, v.24. n.3. p. 297-308. ISSN: 0956-053X. 2004.

MUNHOZ JUNIOR, J. DALAZEN, L.; SILVA, L.; FARIA, R.; SILVA, B. KACZAM, F. **O efeito do ano eleitoral sobre os gastos públicos dos municípios do Paraná.** Brazilian Journal of Development. 8. 2022.

NASCIMENTO, V. F.; SOBRAL, V. F.; ANDRADE, P. R.; OMETTO, J. P. H. B. **Development and challenges in Brazilian municipal solid waste management.** Revista Ambiente & Água, v. 10, n. 4, p. 889–902, dez. 2015.

NASCIMENTO, W. M.; KNISS, C. T. **Remediação dos Resíduos Sólidos Domiciliares para Recuperação de Área Degradada em Unidade de Conservação no Município de Itapecerica da Serra - SP.** In: Simpósio Internacional em Gestão de Projetos, 2016, São Paulo. VSINGEP. São Paulo: UNINOVE, 2016. v. 5. p. 1-25.

NATAL. **Encerramento dos lixões: uma necessidade urgente (cartilha).** Tribunal de Contas do Estado do Rio Grande do Norte - TCERN. Inspeção de Controle Externo (ICE). 44 p. Natal. 2023.

NERI, A. C. **Tratamento de incertezas no planejamento do fechamento de mina.** Tese (doutorado). Universidade de São Paulo. 369 f. 2013.

OLIVEIRA, E. S. **Impactos socioambientais e econômicos do turismo e as suas repercussões no desenvolvimento local: o caso do Município de Itacaré - Bahia.** Interações (Campo Grande), v. 8, n. 2, p. 193–202, set 2007.

OLMOS, F.; SILVA, W. A. G. E. ; ALBANO, C. G. **Aves em oito áreas de Caatinga no Sul do Ceará e Oeste de Pernambuco, nordeste do Brasil: composição, riqueza e similaridade.** Papéis Avulsos de Zoologia, v. 45, n. 14, p. 179–199, 2005

PAIVA, Y. G.; SILVA, K. R. ; CECILIO, R.A. ; PEZZOPANE, J.E.M. ; MOREIRA, M. C. . **Uso de dados GTOPO 30 e Redes Neurais para espacialização de elementos climáticos. Parte II Evapotranspiração potencial para o Estado da Bahia.** In: XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis. Anais. 2007.

PRICEWATERHOUSECOOPERS – PWC; SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DE LIMPEZA URBANA – SELURB. **Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana.** 123p. São Paulo. 2019. Disponível em: <<https://selur.org.br/wp-content/uploads/2019/09/ISLU-2019-7.pdf>> Acesso em 17 jan. 2023.

PRÜSS-ÜSTÜN A.; BOS, R; GORE, F; BARTRAM, J. **Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health.** World Health Organization, Geneva, 2008.

RAMOS, N. F. **Proposição de metodologia para apoio à decisão para a recuperação de área degradada por disposição irregular de resíduos sólidos urbanos.** Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. 241 p. Florianópolis. 2016.

RAMOS, S. P. **A Lei da Política Nacional de resíduos sólidos e a meta de implantação de aterros sanitários no Brasil.** Âmbito Jurídico, v. XVII, p. 1-2, 2014.

REES, J. F.; **The Fate of Carbon Compounds in the Landfill Disposal of Organic Matter.** Journal of Chemical Technology and Biotechnology, vol. 30, n. 4, pg. 161-175, 1980.

REGATTIERI, C. R. **Quantificação da emissão de biogás em aterro sanitário: estudo de caso do aterro sanitário de São Carlos.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009. Acesso em: 2023-10-11. 2009.

RITTER, E.; FERREIRA, J. A. **Contaminação de solo por disposição de resíduos urbanos: estudo de casos.** Série Temática: Resíduos Sólidos e Geotecnia Ambiental - Volume 2. COAMB / FEN / UERJ. 70 p. Rio de Janeiro. 2011.

RODRIGUES, G. S. M. **Avaliação do perigo de contaminação do solo em função de sistema de disposição final de resíduos sólidos em valas.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade Estadual Paulista (Unesp). 133 f. Araraquara. 2019.

SANTOS FILHO, M. G.; HIRATA, R.; LUIZ, M. B.; CONICELLI, B. **Solo e águas subterrâneas contaminadas pela deposição de resíduos sólidos urbanos: o caso do Vazadouro de Tatuí (SP).** Revista do instituto geológico, v. 38, p. 31-47, 2017.

SANTOS, C. V. **Requalificação de área contaminada por resíduos: experiências internacionais e dois casos do município de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. doi:10.11606/D.6.2020.tde-23102020-103330. Acesso em: 23 de out. 2024

SANTOS, S. A.; SANTOS, A. M. **Panorama da susceptibilidade à erosão dos solos em municípios do semiárido de Pernambuco.** Revista Equador (UFPI), Vol. 10, Nº 3, Ano, 2021, p. 01 – 25.

SANTOS, S. M.; LEAL, B. G.; TAURA, T. A. **Determinação da suscetibilidade climática à desertificação para os municípios baianos de Juazeiro, Casa Nova, Sobradinho e Curaçá.** Okara: geografia em debate (UFPB), v. 10, p. 171-184, 2016

SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DA BAHIA – SEMA. **Plano de Manejo da APA do Pratigi.** Ituberá, 2004. Disponível em:

http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/09/PM_APA_Pratigi_Encarte-II.pdf. Acesso em: 29 de jul. de 2023.

SENTURK, D. E. **Planning for the closure of uncontrolled landfills in Turkey to reduce environmental impacts**. Waste Management & Research. v.34. n.11. p. 1173-1183. 2016.

SHINZATO, M. C; EZAKI, S.; SARAIVA, I. C. G.; GIRARDI, G. B. Métodos de remoção de íons fluoreto em água. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 39 (2), 71-89, 2018.

SILVA, A. S.; SILVEIRA, G. L.; WOLFF, D. B.; CRUZ, J. C. **Captura de Resíduos Sólidos Drenados em uma Bacia Hidrográfica Urbana**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos v.16. n.4. p.149-155. 2011.

SILVA, C. B. **Abordagem teórica do processo de geração de biometano a partir de resíduos agroindustriais**. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

SILVA, D. D.; GOMES FILHO, R. R.; PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F. **Chuvas intensas no Estado da Bahia**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, n. 2, p. 362–367, 2002

SILVA, F.; SCALIZE, P. S.; CRUVINEL, K. A. S.; ALBUQUERQUE, A. **Caracterização de solos residuais para infiltração de efluente de estação de tratamento de esgoto**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 22, n. 1, p. 95–102. 2017.

SOUSA, A. S.; OLIVEIRA, S. O.; ALVES, L H. **A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos**. Cadernos da Fucamp, v.20, n.43, p.64-83. 2021.

SOUZA, R. N. S.; SEVERIANO, J. S. **Construção do conhecimento sobre as aves da Caatinga através de atividades lúdicas no processo de ensino e aprendizagem**. Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, João Pessoa, n. 44, p. 163-175. 2019.

TARDIM, A. C. C.; ALMADA, E. V. C. **O impacto da pandemia de COVID-19 na geração de resíduos sólidos**. Meio Ambiente, v.4, n.2. 021-033, 2022

TAVARES, S. R. L. **Áreas degradadas: conceito e caracterização do problema**. In: Curso de Recuperação de Áreas Degradadas. Rio de Janeiro. 2008.

TAVARES, S. R. L. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação.** Embrapa Solos. Rio de Janeiro. 2008.

TOZETTO, C. M. **Modelagem matemática de aterros sanitários com a simulação hidrológica da geração de lixiviado: estudo de caso do aterro sanitário de Curitiba.** 154f. (Dissertação de mestrado) Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2008.

TÜV SÜD Bureau. **Relatório RC-SP-041/18-R1: Atividade 3 – produto 5c – Plano de recuperação da área degradada do Lixão desativado de Acaraú (Bacia do Acaraú).** Plano de Recuperação das Áreas Degradadas (PRAD) de 81 Lixões a Céu Aberto nos Municípios das Bacias Hidrográficas do Acaraú, Metropolitana e Salgado, no Estado do Ceará. Acaraú. 2018.

TÜV SÜD Bureau. **Relatório RC-SP-134/18-R1: Atividade 3 – produto 5b – Plano de transição para recuperação da área degradada do Lixão de Pacatuba (Bacia Metropolitana).** Plano de Recuperação das Áreas Degradadas (PRAD) de 81 Lixões a Céu Aberto nos Municípios das Bacias Hidrográficas do Acaraú, Metropolitana e Salgado, no Estado do Ceará. Pacatuba. 2018.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. **Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an age of waste – Turning rubbish into a resource.** Nairobi. 2024. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44939>. Acesso em: 02 de out. 2024.

V&S Engenheiros Consultores S/C. **Plano de Manejo Itacaré/ Serra Grande.** Governo do Estado da Bahia, Secretaria de Cultura e Turismo. 138p. Uruçuca. 1996. Disponível em <http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/unidades-de-conservacao/apa/apacosta-de-itacare-serra-grande/> Acesso em: 12 fev. 2024.

VELOSO E SILVA, C. A. B. **Limpeza e purificação de biogás.** 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Trás-os-Montes, 2009.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.

ZUQUETTE, L.V., PALMA, J.B. & PEJON, O.J. **Environmental assessment of an uncontrolled sanitary landfill, Pocos de Caldas, Brazil.** Bull Eng Geol Environ 64. p.257–271. 2005.