

Trabalho de Conclusão Curso

**PROPOSIÇÃO DE UM TERMO DE REFERÊNCIA PARA A  
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA  
DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
URBANOS**

**Ana Bárbara Zanella**



Universidade Federal de Santa Catarina  
Engenharia Sanitária e Ambiental



Ana Bárbara Zanella

**PROPOSIÇÃO DE UM TERMO DE REFERÊNCIA PARA A  
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA  
DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
URBANOS**

Trabalho apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina para a conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Dra. Naiara Francisca Ramos

Coorientador: Prof. Dr. Armando Borges de Castilhos Júnior

Florianópolis  
2017



Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Zanella, Ana Bárbara

Proposição de um termo de referência para a recuperação de áreas degradadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos / Ana Bárbara Zanella ; orientadora, Naiara Francisca Ramos, coorientador, Armando Borges de Castilhos Jr., 2017. 106 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Resíduos sólidos. 3. Lixões. 4. Recuperação de áreas degradadas. I. Ramos, Naiara Francisca. II. Castilhos Jr., Armando Borges de. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.



Ana Bárbara Zanella

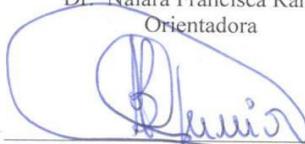
**PROPOSIÇÃO DE UM TERMO DE REFERÊNCIA PARA A  
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA  
DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
URBANOS**

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para a conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental – TCC II.

Florianópolis, 30 de Junho de 2017.

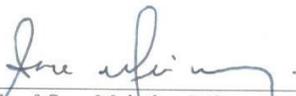


Dr.<sup>a</sup> Naiara Francisca Ramos  
Orientadora



Prof. Armando Borges de Castilhos Junior, Dr.  
Coordenador

**Banca Examinadora**



Eng.<sup>a</sup> Sara Meireles, MSc.  
Universidade Federal de Santa Catarina



Eng. André Renato Rotta  
Centro de Apoio Operacional Técnico/MPSC



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente e imensamente aos meus pais, pela oportunidade, pelo apoio, pelo amor incondicional que sempre me foi dado, por acreditarem em mim, pelas visitas feitas ao longo dessa trajetória de estudos, por tudo. Obrigada!

Ao meu irmão, André, pela paciência em aturar todos os meus humores nesses seis anos e meio de Florianópolis. Obrigada, irmão, por ter sido sempre compreensível e me ajudado desde as primeiras fases da faculdade a compreender essa complicada engenharia.

Aos amigos feitos na UFSC, que sempre estiveram presentes nos momentos de estudos ou festas, na alegria e na tristeza. Ica e Pri, sem vocês esses anos de universidade não teriam sido os mesmos. Bruno, obrigada pela companhia de todas as horas e todas as ajudas durante a graduação. E, Pri, que mesmo extremamente ocupada nesse último semestre fez-se presente nos momentos quando mais precisei de um ombro amigo, obrigada pela amizade sempre sincera e leve.

Aos amigos distantes e antigos, que nunca deixaram que a diferença de cidade atrapalhasse a amizade, obrigada a todos por fazerem parte da minha vida e proporcionarem momentos incríveis. Laura, agradeço pela amizade duradoura, forte e bonita que criamos nesses anos, e obrigada por, mesmo longe, ser tão presente na minha vida.

Aos amigos feitos no intercâmbio, obrigada por me proporcionar tanta alegria, não só em 2014/2015 mas até hoje, por torcerem por mim e fazerem parte deste momento marcante da vida.

Agradeço à minha orientadora Naiara, que fez todo esse trabalho ser possível, graças a sua competência, inteligência, alegria e fofura. Nai, sua amizade e orientação foram essenciais para este trabalho ser realizado.

A todos os outros amigos que tive a oportunidade de encontrar nessa caminhada, muito obrigada.



## RESUMO

A crescente produção de resíduos sólidos, bem como sua disposição final, tem gerado grandes discussões devido às proporções que tem alcançado em todo o mundo. Principalmente em países subdesenvolvidos, assim como no Brasil, um grande problema recorrente relacionado com esta temática é a disposição inadequada dos resíduos sólidos. Estes locais de disposição irregular, comumente conhecidos como lixões, acarretam em diversos problemas ambientais e sociais, e, conforme previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos, de 2010, estes locais deveriam ser encerrados e recuperados até quatro anos após a publicação desta lei. Desta maneira, este trabalho busca contribuir com a erradicação destas formas irregulares de disposição de resíduos sólidos urbanos, através da proposição de um termo de referência para a recuperação das áreas degradadas devido esta prática. Almeja-se atingir este objetivo através dos seguintes objetivos específicos: identificar os problemas decorrentes da disposição inadequada de resíduos sólidos em âmbito social e ambiental; desenvolver instrumento no qual constam ações mínimas a serem consideradas no processo de recuperação de lixões; desenvolver ferramenta para orientação e suporte na verificação de áreas já recuperadas. Os métodos utilizados para a realização destes objetivos foram pesquisa bibliográfica e documental, e aplicação de questionário de opiniões com especialistas da área. Através de consultas em materiais que abordam essa temática de recuperações de áreas degradadas por lixões, foram analisadas as opções mais adequadas para serem aplicadas de acordo com a realidade brasileira, e incorporadas no termo de referência. Através também da aplicação do questionário com profissionais da área, conforme os diferentes pontos de vistas destes, foi possível acrescentar e adequar o termo de referência proposto. Como resultado final obteve-se um documento denominado de termo de referência para recuperação de áreas degradadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, o qual contém sugestões quanto às investigações que devem ser feitas quando deseja-se recuperar um lixão, quanto às técnicas possíveis de serem utilizadas no processo de recuperação destes locais, e um checklist com a finalidade de verificação das áreas recuperadas.

**Palavras-chave:** Resíduos Sólidos Urbanos; Lixões; Recuperação de Áreas Degradadas.



## ABSTRACT

The increasing production of solid waste, as well as its final disposal, has caused a lot of discussions due to the proportions that these subjects have reached worldwide. Especially in underdeveloped countries, as well as in Brazil, a big and recurring problem related to this subject is the inadequate disposal of solid waste. These inappropriate disposal places, also commonly known as dumps, generate many environmental and social problems, and, according to the Nacional Policy of Solid Waste (Brazil), of 2010, these places should be ended and recovered until four years after the publication of this law. Therefore, this research paper intend to contribute with the eradication of these irregular sites of urban solid waste disposal, through the proposition of a reference term for the recovery of degraded areas by irregular disposal of urban solid waste. It is plan to achieve this main objective by developing these three specific objectives: Identify social and environmental problems that appear due to inadequate disposal of solid waste; develop an instrument that includes minimum actions to be considered in the process of recovering dumps; develop tool for guidance and support in checking areas which are already recovered. The methods used to achieve these objectives were bibliographic and documentary research, and the application of a questionnaire with specialists of this field. Through research in materials that approach the thematic about recovery of degraded areas by dumps, the options were analyzed and those considered more appropriate for the brazilian reality were incorporated into the term of reference. And, through application of questionnaire with professionals related with this theme, it was possible to improve and adjust the final result, due to different points of view of the specialists. As a final result of this project, it was obtained a reference term for the recovery of degraded areas by inadequate disposal of municipal solid waste, which contains suggestions about which investigations should be made when a dump recovery is being plan, which techniques are possible to be used in the recovery process of these sites, and a checklist with the purpose of verifying the recovered areas.

**Keywords:** Municipal Solid Waste; Dumps; Rehabilitation of Degraded Areas.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Formas de disposição de RSU - Aterro Sanitário.....	33
Figura 2 - Formas de disposição de RSU - Aterro Controlado. ....	34
Figura 3 - Formas de disposição de RSU – Lixão.....	35
Figura 4 - Principais impactos causados por lixões.....	38
Figura 5 - Etapas Metodologia .....	50
Figura 6 - Representação gráfica de algumas técnicas de recuperação. ....	84
Figura 7 - Fluxograma primeira etapa do termo de referência .....	87
Figura 8 - Fluxograma segunda etapa do termo de referência .....	88



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação entre aterro sanitário, aterro controlado e lixão .....	39
Quadro 2 - Especialistas que avaliaram o termo de referência.....	48
Quadro 3 - Respostas referentes à questão nº 1 do questionário .....	55
Quadro 4 - Respostas referentes à questão nº 2 do questionário .....	55
Quadro 5 - Respostas referentes à questão nº 3 do questionário .....	56
Quadro 6 - Respostas referentes à questão nº 4 do questionário .....	56
Quadro 7 - Respostas referentes à questão nº 5 do questionário .....	57
Quadro 8 - Respostas referentes à questão nº 6 do questionário .....	58
Quadro 9 - Respostas referentes à questão nº 7 do questionário .....	58
Quadro 10 - Respostas referentes à questão nº 8 do questionário .....	59
Quadro 11 - Respostas referentes à questão nº 9 do questionário .....	59
Quadro 12 - Respostas referentes à questão nº 10 do questionário .....	60
Quadro 13 - Respostas referentes à questão nº 11 do questionário .....	61
Quadro 14 - Respostas referentes à questão nº 12 do questionário .....	61
Quadro 15 - Respostas referentes à questão nº 13 do questionário .....	62
Quadro 16 - Respostas referentes à questão nº 14 do questionário .....	63
Quadro 17 - Respostas referentes à questão nº 15 do questionário .....	63
Quadro 18 - Respostas referentes à questão nº 16 do questionário .....	63
Quadro 19 - Respostas referentes à questão nº 17 do questionário .....	64
Quadro 20 - Respostas referentes à questão nº 18 do questionário .....	64
Quadro 21 - Respostas referentes à questão nº 19 do questionário .....	65
Quadro 22 - Respostas referentes à questão nº 20 do questionário .....	65
Quadro 23 - Elementos para serem abordados no diagnóstico de uma área degradada.....	68



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Evolução de alguns parâmetros dos lixiviados de acordo com a idade dos resíduos.....	30
Tabela 2 - Composição do Biogás.....	31



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CH <sub>4</sub>	Metano
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
FATMA	Fundação do Meio Ambiente
LARESO	Laboratório de Pesquisa em Resíduos Sólidos
MPSC	Ministério Público de Santa Catarina
NBR	Norma Técnica Brasileira
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
1.1	OBJETIVOS .....	26
1.1.1	Objetivo Geral.....	26
1.1.2	Objetivos Específicos .....	26
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>27</b>
2.1	RESÍDUOS SÓLIDOS .....	27
2.2	DEGRADAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA .....	28
2.2.1	Líquido Lixiviado .....	29
2.2.2	Biogás.....	30
2.3	DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS .....	31
2.3.1	Aterro Sanitário .....	31
2.3.1	Aterro Controlado .....	33
2.3.2	Lixão.....	34
2.4	RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA .....	40
2.4.1	Área Degradada .....	40
2.4.2	Recuperação, Remediação e Reabilitação de Áreas Degradadas ...	40
2.4.3	Plano de Recuperação .....	41
2.4.4	Técnicas de Recuperação .....	42
2.5	CONTEXTO NORMATIVO .....	43
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>45</b>
3.1	DESENVOLVIMENTO DO TERMO DE REFERÊNCIA .....	45
3.2	VALIDAÇÃO DO TERMO DE REFERÊNCIA PROPOSTO .....	47
3.2.1	Composição do Questionário .....	48
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>51</b>
4.1	IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DECORRENTES DA DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RSU .....	51
4.2	VALIDAÇÃO DO TERMO DE REFERÊNCIA .....	51
4.2.2	Respostas Obtidas.....	54
4.3	ELABORAÇÃO DO TERMO DE REFERÊNCIA .....	66

<b>4.3.1</b>	<b>Fatores para serem considerados quando um Plano de Recuperação de Área Degradada for elaborado</b> .....	<b>67</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Técnicas de Recuperação</b> .....	<b>69</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Checklist</b> .....	<b>74</b>
<b>4.4</b>	<b>VERSÃO FINAL DO TERMO DE REFERÊNCIA</b> .....	<b>75</b>
<b>4.5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>89</b>
<b>4.5.1</b>	<b>Remoção dos resíduos do local</b> .....	<b>89</b>
<b>4.5.2</b>	<b>Uso Futuro da Área</b> .....	<b>89</b>
<b>4.5.3</b>	<b>Monitoramento da Área</b> .....	<b>90</b>
<b>4.5.4</b>	<b>Aplicação do Termo de Referência</b> .....	<b>90</b>
<b>4.5.5</b>	<b>Presença de catadores em áreas com presença de lixões</b> .....	<b>91</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>93</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>95</b>
	<b>APÊNDICES</b> .....	<b>101</b>
	APÊNDICE A – Quadro sobre impactos causados por lixões.....	101
	APÊNDICE B – Questionário enviado aos especialistas.....	103

## 1 INTRODUÇÃO

A geração dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e a problemática que a compõe têm sido abordadas com maior frequência e detalhamento frente à crescente quantidade de resíduos gerada no mundo e aos grandes impactos provenientes do descaso e do incorreto manejo dos RSU. Conforme dados apresentados pelas Nações Unidas e Banco Mundial, são geradas cerca de 1,4 bilhões de toneladas por ano de resíduos sólidos urbanos no mundo (PNUMA, 2015).

No Brasil, segundo a Abrelpe (2016), em 2015 foram geradas aproximadamente 79,9 milhões de toneladas de RSU, e a taxa de geração de resíduos teve um aumento superior à taxa de crescimento da população. A geração de RSU aumentou 1,7% em relação ao ano anterior, enquanto a taxa de crescimento da população brasileira obteve um crescimento de 0,8% em relação ao ano de 2014.

Para destinação final dos resíduos sólidos urbanos hoje, no Brasil, existem três realidades usualmente encontradas, as quais se constituem em: **Aterro Sanitário**, que se apresentam como uma alternativa correta de destinação final de RSU; **Aterro Controlado**, os quais apresentam algumas medidas corretivas no que se refere à minimização de impactos, no entanto, tais medidas não são suficientes, fazendo com que estes sejam considerados locais de disposição inadequados de RSU; e **Lixão**, uma forma também considerada inadequada de destinação final de RSU por não possuir qualquer medida de contenção de impactos ambientais e sociais.

Segundo relatório apresentado pela Associação Internacional de Resíduos Sólidos (ISWA, 2015), os lixões recebem cerca de 40% dos resíduos do mundo todo, e ainda atendem cerca de 4 bilhões de pessoas. De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, de 2014, publicado pela Abrelpe (2016), só os lixões correspondem a 17,2% da destinação final para os resíduos sólidos urbanos. Cerca de 3.326 municípios, dos 5.570 existentes no Brasil, descartaram, em 2015, seus resíduos sólidos urbanos em locais inapropriados. Isso corresponde a mais de 82 mil toneladas de resíduos por dia destinados a locais como lixões ou aterros controlados.

Para reverter essa realidade brasileira, em 2010, foi aprovada a Lei N ° 12.305, denominada Política Nacional de Resíduos Sólidos. Nela constam instrumentos e metas que visam avanços e melhorias na realidade brasileira neste campo. Dentre essas metas, destaca-se a erradicação de formas inadequadas de disposição de resíduos sólidos urbanos. Em outras palavras, a legislação estabeleceu que até 4 anos

depois da publicação desta lei deveriam ser implementadas soluções ambientalmente adequadas no que se refere à disposição final dos RSU. Porém, em 2015 foi decidido que esse prazo poderia ser prorrogado para 2018, 2020 ou 2021, conforme a realidade de cada cidade e/ou região.

Dentro deste contexto, o presente trabalho de conclusão de curso, inserido nas linhas de pesquisa do Laboratório de Pesquisa em Resíduos Sólido Urbanos do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, surge com o intuito de contribuir com o processo de recuperação de áreas degradadas devido à disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos. Vale ressaltar que a expressão “disposição irregular de RSU”, no presente trabalho, também poderá ser substituída por “presença/existência de lixões”, visto a semelhança de significado que estas expressões possuem.

Para atingir o objetivo principal, então, foram elaboradas orientações para os projetos de recuperação destas áreas degradadas por lixões, e sugestões quanto à verificação destas áreas onde um projeto de recuperação já foi executado, na forma de um Termo de Referência. O termo tem a finalidade de proporcionar embasamento técnico neste assunto para os órgãos ou empresas responsáveis em restaurar estas áreas.

Desta maneira, espera-se que este trabalho auxilie órgãos ambientais e prefeituras, na recuperação destas áreas degradadas. Almeja-se, portanto, através do embasamento teórico oferecido pelo Termo de Referência proposto, contribuir com a temática de resíduos sólidos e seus locais de disposição final tanto no estado de Santa Catarina, quando no Brasil.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Propor um termo de referência para o processo de recuperação de áreas degradadas devido à disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar problemas decorrentes da disposição inadequada de resíduos sólidos, tanto em âmbito social, quanto ambiental;
- Desenvolver instrumento no qual constem ações mínimas a serem consideradas no processo de recuperação ambiental de lixões, a fim de mitigar os danos mais comumente encontrados;

- Desenvolver ferramenta para orientar e dar suporte na verificação das áreas onde o projeto de recuperação ambiental já foi concluído.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS**

São considerados resíduos sólidos os subprodutos de atividades humanas e/ou industriais, que perderam o valor que antes possuíam. A denominação “resíduo sólido” inclui as descargas de materiais sólidos provenientes das operações industriais, comerciais, agrícolas e da comunidade (FIORILLO, 2013).

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 10.004, a definição de resíduos sólidos é:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p.1).

Na Lei Federal 12.305/2010 também há uma definição para resíduos sólidos, sendo esta:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou

economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

## 2.2 DEGRADAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

O processo de degradação dos compostos orgânicos e inorgânicos é um fenômeno constituído essencialmente pela superposição de mecanismos biológicos e físico-químicos, catalisados pelo fator água, segundo Castilhos Jr. (2002).

Em relação aos mecanismos físico-químicos existe a dissolução de uma substância sólida como sendo um dos principais fenômenos de transferência dos elementos químicos de um mineral para uma solução aquosa. Já os mecanismos biológicos de degradação dos RSU em aterro sanitário são regidos pela presença de micro-organismos heterótrofos, que oxidam substratos orgânicos para suas necessidades energéticas, e os metabolismos predominantes são o aeróbio e o anaeróbio. Estes mecanismos podem provocar efeitos diretos, gerando produtos solúveis, produtos gasosos e biomassa em excesso e efeitos indiretos nas condições do meio (pH, óxido-redução, temperatura), e reações químicas e físico-químicas dos seus produtos com o resíduo ou seus produtos (CASTILHOS JR., 2002).

Segundo Pohlan e Harper (1985, *apud* Ramos, 2016), o processo de decomposição da matéria orgânica nos resíduos sólidos se divide em cinco fases:

- Fase I: predominância da degradação aeróbia devido à presença de quantidades suficientes de oxigênio. Os micro-organismos aeróbios transformam a fração orgânica dos resíduos em hidrocarbonetos, dióxidos de carbonos, água e calor;
- Fase II: há transição entre os processos aeróbios e anaeróbios, e os compostos orgânicos complexos como proteínas lipídeos e hidrocarbonetos são hidrolisados e fermentados para formar dióxido de carbono, hidrogênio e principalmente amônia e ácidos graxos. O pH encontra-se entre 5,5 e 6,5;
- Fase III: ocorre a transformação dos ácidos orgânicos, da fase anterior, para ácido acético, dióxido de carbono e hidrogênio;
- Fase IV: ocorre grande produção de metano e dióxido de carbono pelas bactérias metanogênicas a partir dos ácidos da fase anterior. Isso faz com que o pH aumente entre 7 e

8, e que ocorra a remoção de metais por complexação e precipitação. Além disso o potencial redox fica baixo e sulfatos e nitratos são reduzidos para sulfitos e nitrogênio gasoso. A fase IV pode durar de seis meses até alguns anos após a deposição de resíduos;

- Fase V: Nessa fase ocorre a diminuição de substratos e nutrientes disponíveis, e isso diminui a atividade biológica, a carga orgânica do lixiviado e a produção de gases. A degradação de matéria orgânica recalcitrante pode lentamente produzir moléculas de ácidos húmicos.

### **2.2.1 Líquido Lixiviado**

De acordo com Gomes (2009), os lixiviados são resultantes da interação entre a biodegradação da fração orgânica dos resíduos e a infiltração de águas pluviais que solubilizam componentes orgânicos e inorgânicos. A quantidade de lixiviado que é gerada é decorrente da quantidade de água pluvial que é infiltrada na camada de resíduos.

Além disso, Castilhos Jr (2003) ainda define que os lixiviados podem ser definidos como o líquido proveniente da unidade natural e da água de constituição presente na matéria orgânica dos resíduos, dos produtos da degradação biológica dos materiais orgânicos e da água que infiltra na camada de resíduos, juntamente com materiais dissolvidos ou suspensos presentes na massa de resíduos.

De acordo com Reichert (2007), os lixiviados inicialmente apresentam elevadas concentrações de poluentes, caracterizadas por elevadas DQO, DBO,  $\text{NH}_4^+$  e baixo pH, possuem grande variabilidade em seus constituintes no tempo e espaço. As características do lixiviado podem variar de acordo com a idade dos resíduos, como apresentado na Tabela 1. Ainda de acordo com Reichert (2007), o volume de lixiviado produzido em um local onde há disposição de RSU depende de:

- Clima local (regime de precipitações pluviométricas, temperatura, velocidade e direção dos ventos, umidade relativa do ar);
- Tipo de cobertura dos resíduos;
- Umidade dos resíduos quando foram aterrados;
- Grau de compactação dos resíduos;
- Capacidade dos resíduos em manter umidade;
- Infiltrações subterrâneas (caso não houver impermeabilização inferior).

**Tabela 1 - Evolução de alguns parâmetros dos lixiviados de acordo com a idade dos resíduos**

Parâmetro	Idade dos resíduos			
	0-5 anos	5-10 anos	10-20anos	>20 anos
DBO	10.000 – 25.000	1.000 – 4.000	50 – 1.000	<50
DQO	15.000 – 40.000	10.000 – 20.000	1.000 – 5.000	<1.000
NTK	1.000 – 3.000	400 - 600	75 - 300	<50
NH <sub>4</sub>	500 – 1.500	300 - 500	50 - 200	<30
pH	5 - 6	6 - 7	7 – 7,5	7,5
Ca	2.000 – 4.000	500 – 2.000	300 - 50	<300
K e Na	2.000 – 4.000	500 – 1.50	100 - 500	<100
Mg e Fe	500 – 1.500	500 – 1.500	100 - 500	<100
Zn e Al	100 - 200	50 - 100	10 - 50	<10
Cl	1.000 – 3.000	500 – 2.000	100 - 500	<100
SO <sub>4</sub>	500 – 2.000	200 – 1.000	50 - 200	<50
Ptot	100 - 300	10 - 100	<10	<10

Fonte: Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (2005, *apud* Ramos 2016).

### 2.2.2 Biogás

O biogás, segundo Ramos (2016), é uma mistura proveniente da matéria orgânica composta essencialmente de metano e gás carbônico, com quantidade variável em função de fatores diversos, tais como: a natureza e idade dos resíduos, o modo de operação, e as condições de oxigenação, umidade, estado físico (tamanho das partículas, pH, temperatura), nutrientes, capacidade-tampão e taxa de degradação.

Conforme Castilhos Jr. (2003), além do metano e dióxido de carbono, os gases que compõem o gás de aterro ou biogás são gás sulfídrico, oxigênio, hidrogênio, mercaptanas, propano, butano e outros compostos. Conforme Reichert (2007) são encontrados também, além do metano e dióxido de carbono, outros gases, em concentrações mais baixas, denominados de gases traços. A composição do biogás está apresentada na Tabela 2 a seguir.

**Tabela 2 - Composição do Biogás**

<b>Componente</b>	<b>Porcentagem (base volume seco)</b>
Metano (CH <sub>4</sub> )	45 - 60
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	40 - 60
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	2 - 5
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	0,1 - 1,0
Gases de enxofre, mercaptanas, etc.	0 - 1,0
Amônia (NH <sub>3</sub> )	0,1 - 1,0
Hidrogênio	0 - 0,2
Monóxido de carbono (CO)	0 - 0,2
Constituintes traços	0,01 - 0,6

Fonte: Reichert (2007 apud Tchobanoglous et al., 1993).

## 2.3 DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

### 2.3.1 Aterro Sanitário

Um aterro sanitário constitui um local de disposição final para resíduos sólidos no qual os impactos ambientais e sociais gerados são menores se comparado com as outras opções de disposição final comentadas no início do trabalho. Em um projeto de aterro sanitário são feitas considerações quanto à engenharia do local, e utilizadas técnicas que visam minimizar os impactos causados pela disposição de resíduos sólidos.

Esta forma de disposição se baseia em processos utilizados para dispor os resíduos sólidos no solo, particularmente o lixo domiciliar, fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permitindo a confinação segura, em termos de controle da poluição ambiental e padrões de segurança preestabelecidos em normas técnicas (POSSAMAI, COSTA E VIANA, s.d.).

De acordo com Loureiro (2005), aterro sanitário é uma forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, mediante confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas específicas, para evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais negativos.

Conforme consta a definição da NBR 8.419, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT,1992), o aterro sanitário consiste em:

Uma técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios da engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou intervalos menores se necessário. (ABNT, 1992, p.1).

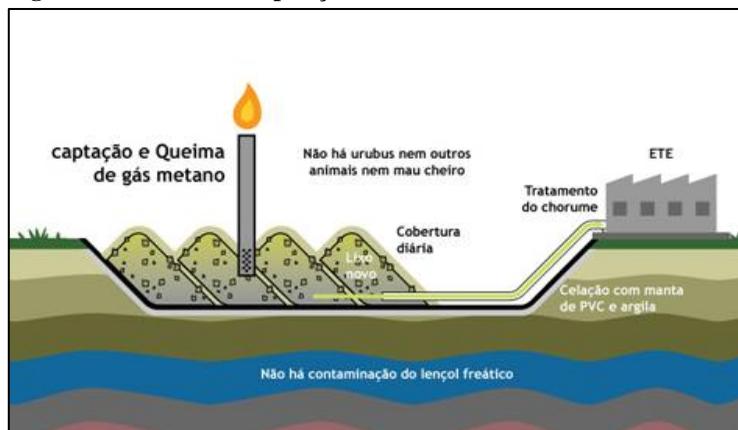
Um aterro sanitário, então, conta com tecnologias que visam diminuir os impactos que podem ser causados pelos RSU. De acordo com Ramos (2016) e a NBR 13.896 (ABNT, 1997), que propõe critérios para projeto, implantação e operação de aterros sanitários, essas tecnologias são:

- Sistema de impermeabilização: visa impedir que a camada de resíduos entre em contato com o solo, impedindo a percolação de lixiviados e biogás;
- Sistema de drenagem de lixiviados: esse sistema visa coletar e remover os lixiviados produzidos no aterro;
- Sistema de tratamento de lixiviados: Instalações destinadas ao tratamento dos líquidos lixiviados antes de descartá-los ao meio ambiente;
- Sistema de drenagem de gases: sistema que objetiva coletar os gases gerados na camada de resíduos, diminuindo assim os riscos de explosões nestes locais;
- Sistema de tratamento de gases: instalações destinadas ao fim adequado para estes gases. Pode ser a queima, que converte metano em gás carbônico, ou então aproveitamento energético;
- Sistema de drenagem de águas pluviais: visa captar e conduzir as águas de chuva precipitadas sobre a área do aterro;
- Sistema de cobertura: sistema que visa evitar a entrada de líquidos na camada de resíduos, o espalhamento de materiais pela ação do vento, a ação de catadores e animais e a proliferação de vetores;
- Sistema de monitoramento: estruturas e procedimentos que têm por objetivo a avaliação do comportamento dos

aterros, bem como sua influência nos recursos naturais existentes.

A Figura 1, a seguir, apresenta uma ilustração de um aterro sanitário:

**Figura 1 - Formas de disposição de RSU - Aterro Sanitário.**



Fonte: Agenda 21 – Comperj, 2013.

### 2.3.1 Aterro Controlado

Segundo Loureiro (2005), aterro controlado é uma técnica de disposição de resíduos sólidos municipais no solo que minimiza os impactos ambientais negativos. Esse método utiliza alguns princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho.

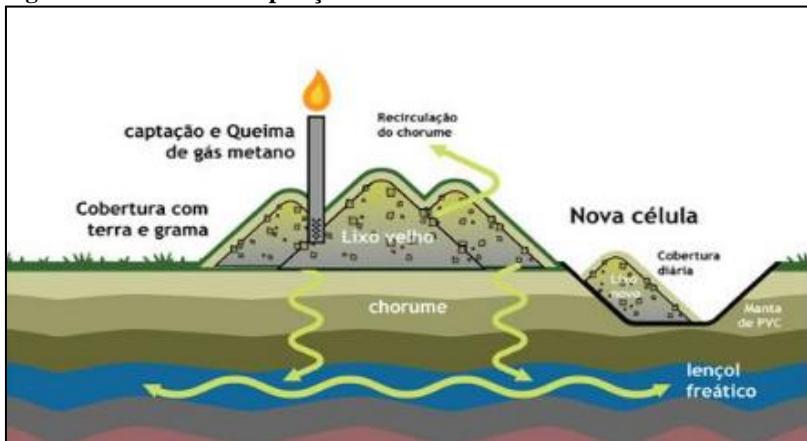
Para Possamai, Costa e Viana (s.d.), os aterros controlados consistem em uma variável da prática de lixões, em que o lixo recebe uma cobertura diária de material inerte, sendo realizada de forma aleatória, não resolvendo os mecanismos de formação de líquidos e gases produzidos pelos resíduos.

Joseph *et al.* (2004), afirma que o aterro controlado é uma forma de operação inaceitável por não cumprir com os princípios fundamentais dos aterros sanitário em relação a compactação e cobertura. Entretanto, ponderam que o mesmo possui algumas medidas de controle básico, que são: uma autoridade no local; controle do acesso dos veículos; controle

sobre os tipos de resíduos aterrados; área controlada; eliminação da queima descontrolada dos resíduos; retirada de animais.

A Figura 2, a seguir, apresenta uma ilustração de um aterro controlado:

**Figura 2 - Formas de disposição de RSU - Aterro Controlado.**



Fonte: Agenda 21 – Comperj, 2013.

### 2.3.2 Lixão

Os lixões são formas inapropriadas de se acondicionar os resíduos sólidos, pois não possuem as condições mínimas em sua estrutura para minimizar os impactos sociais e ambientais. Conforme Joseph et al. (2004), os lixões constituem o método mais comum de disposição de resíduos sólidos em países subdesenvolvidos. Não possuem design de engenharia e planejamento, não possuem proteção para as águas subterrâneas nem controle de drenagem, e não há controle na disposição dos resíduos sólidos, nem presença de autoridades no local.

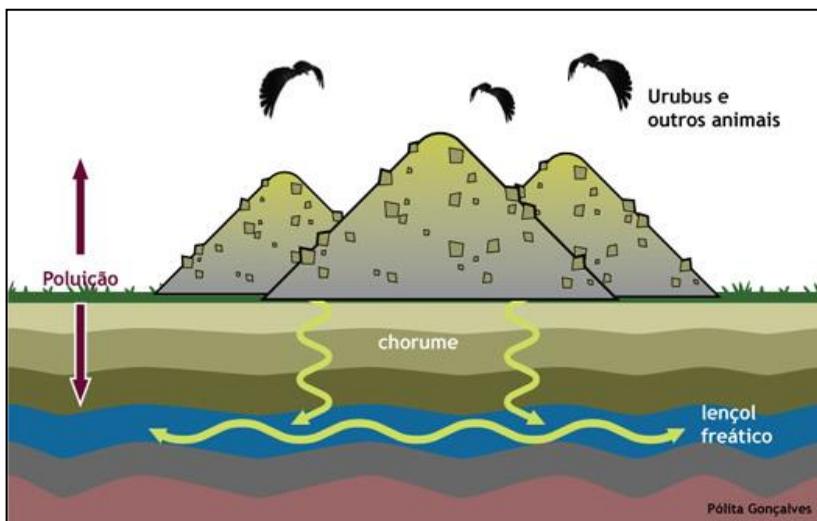
Da mesma forma, Castilhos Jr. *et al.* (2002), define os lixões como uma forma de deposição desordenada sem compactação ou cobertura dos resíduos, o que propicia a poluição do solo, ar e água, bem como a proliferação de vetores de doenças. Os lixões podem ser definidos livremente como a simples descarga de lixo sem qualquer tratamento sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde

pública, sendo utilizada na maioria dos municípios brasileiros (POSSAMAI, COSTA E VIANA, s.d.).

O lixo disposto a céu aberto gera uma ameaça constante de epidemias, pois fornece condições propícias para a proliferação de doenças (ROUQUAYROL E ALMEIDA FILHO, 1999). Trata-se, portanto, de ambientes que, além de proporcionarem grandes problemas ambientais, implicam em problemas sociais, uma vez que são considerados locais de trabalho para algumas pessoas, e apresentam um elevado risco de proliferação de doenças.

A Figura 3, a seguir, apresenta uma ilustração de um local de disposição final de RSU conhecido como lixão:

**Figura 3 - Formas de disposição de RSU – Lixão.**



Fonte: Agenda 21 – Comperj, 2013.

### 2.3.2.1 Impactos ambientais causados por lixões

Como citado anteriormente, os lixões constituem locais extremamente suscetíveis a problemas ambientais, sociais e econômicos. Quanto aos impactos ambientais, isso ocorre devido à falta de técnicas que visam frear as consequências da disposição irregular de resíduos sólidos em locais com ocorrência de lixões.

Segundo Joseph *et. al* (s.d) as situações de lixões apresentam-se quase sempre da mesma forma: montanhas de resíduos dispostos

irregularmente; combustão de resíduos a céu aberto; presença de locais com lixiviado; animais domésticos trafegando livremente pelo local; infestação de moscas e ratos; presença de famílias coletando materiais nos resíduos presentes no local.

Conforme a Resolução n °001/1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), um impacto ambiental é definido como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, biológicas, do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que afetem diretamente ou indiretamente:

- A saúde, a segurança, e o bem-estar da população;
- As atividades sociais e econômicas;
- A biota;
- As condições estéticas e sanitárias ambientais;
- A qualidade dos recursos ambientais

(CONAMA, 1986).

A disposição de resíduos em lixões acarreta problemas de saúde pública, como a proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos), geração de gases que causam odores desagradáveis e intensificação do efeito estufa. Além disso, devido à produção do lixiviado – líquido de coloração escura, malcheiroso e de elevado potencial poluidor, ocorre a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas (FEAM, 2010).

Segundo Castilhos Jr. *et al.* (2002), o biogás e o lixiviado são subprodutos decorrentes da degradação dos resíduos, denominados de vetores da poluição. Estes vetores são formados por fenômenos variados provenientes da mistura de grande variedade química, sob a influência de agentes naturais, que são a chuva e os microrganismos. Essa mistura, que é objeto de evoluções complexas constituídas por mecanismos físicos, químicos e biológicos, resulta na bioconversão da matéria orgânica responsável pela degradação dos resíduos.

Gomes *et al.* (2009) ainda ressalta que o líquido lixiviado é composto de substâncias tóxicas que podem causar danos ambientais caso atinjam o lençol freático, as águas superficiais, ou quando se tornam gases na atmosfera. Esses efeitos podem se estender à comunidade animal, vegetal e aos seres humanos

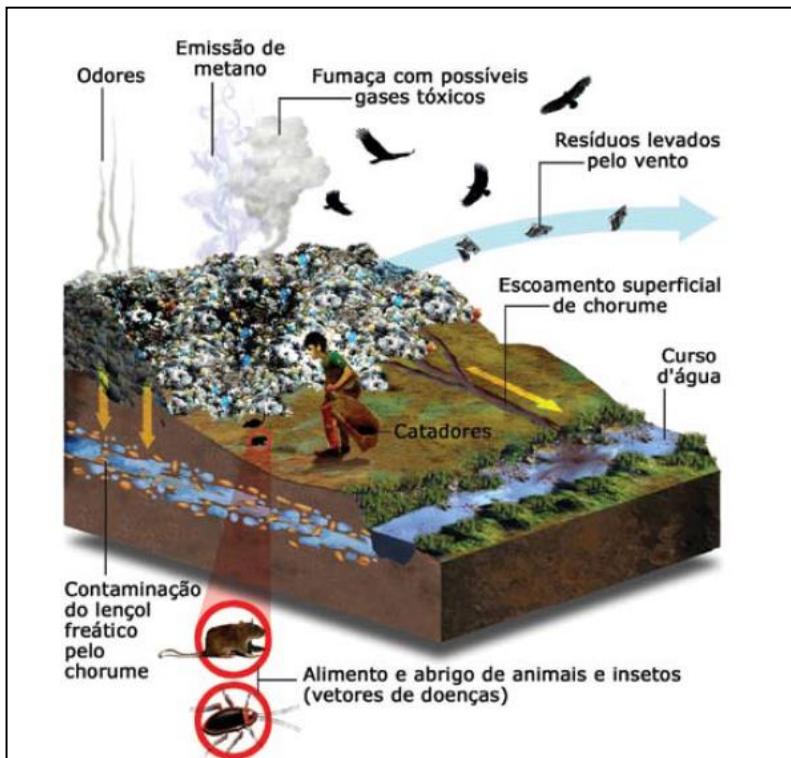
A fonte de contaminação propriamente dita, conforme Ramos (2016), é proveniente da disposição irregular dos resíduos que causam

degradação e alterações nos compartimentos ambientais. O solo, as águas e o ar são as vias de transmissão que irão ligar a fonte ao receptor final. Essa contaminação pode ocorrer devido à ingestão de alimentos provenientes da fauna da região afetada, devido ao contato e/ou ingestão da água contaminada, através de contato direto com o solo da região que se encontra poluída, ou pelo ar, através da respiração.

Bisordi et. al. (2004, *apud* Ramos, 2016) ressalta que os riscos apresentados pelos lixões devem ser monitorados durante e após o encerramento destes, visando neutralizar as vias de transmissão, através de mecanismos como sistema de drenagens, compactação, cobertura, impermeabilizações, etc.

Portanto, os impactos causados por lixões podem afetar diferentes compartimentos ambientais de uma região, visto que a produção de lixiviado e gases ocorre de forma descontrolada e sem qualquer mecanismo de remediação de impactos. Os impactos causados por lixões estão representados, de maneira gráfica, na Figura 4 a seguir:

**Figura 4 - Principais impactos causados por lixões.**



Fonte: FEAM (2010).

### 2.3.2.2 Impactos sociais e econômicos causados por lixões

Os impactos correspondentes à esfera social se dão devido à presença de populações aos arredores de um lixão. Segundo FEAM (2010), em termos sociais, os lixões interferem na estrutura local, pois se tornam áreas atraentes para populações de baixa renda, que buscam, através da separação e comercialização de materiais recicláveis, uma alternativa de trabalho, mesmo estes locais apresentando condições insalubres e sub-humanas para tais atividades.

A presença de catadores de materiais recicláveis nos locais conhecidos como lixões propicia a transmissão de doenças entre estas comunidades, e deixa-os suscetíveis aos mais variados tipos de contaminação, devido também à presença de resíduos de saúde dispostos nesses locais. Também, estes trabalhadores ficam expostos a diversos

riscos de acidentes de trabalho, uma vez que não possuem acesso a equipamentos de proteção individual, e locais como lixões apresentam elevados riscos de combustão (BISORDI *et. al.*, 2005 *apud* RAMOS, 2016).

Outra questão levantada em relação aos problemas sociais desencadeados pela existência de lixões, é que, ao se encerrar as atividades deste local, as comunidades que dependem financeiramente do trabalho realizado em um lixão podem ser prejudicadas. Em outras palavras, quando é feita a recuperação de uma área degradada pela disposição irregular de resíduos sólidos, deve-se englobar os aspectos sociais presentes nestes locais. Pois, ao se encerrar as atividades de um lixão, as famílias que ali tiravam seu sustento necessitarão de outra forma de renda. Segundo Silva e Luciano (s.d.), em alguns casos, essas comunidades podem se apresentar contrárias ao fechamento do lixão, justamente por não serem recompensadas de nenhuma maneira pelo encerramento das atividades de catação de material reciclável.

Em relação à problemática na questão econômica, deve-se considerar os custos envolvidos na universalização da destinação adequada de resíduos sólidos no Brasil, no que tange a determinação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (RAMOS, 2016).

Além disso, cabem aos municípios se adequarem à PNRS recuperando as áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos. O que implica na elaboração de projetos e investimentos econômicos em técnicas que visam amenizar e recuperar estas áreas degradadas. No entanto esse desprendimento financeiro muitas vezes não se enquadra nos orçamentos das prefeituras, acarretando assim em um problema econômico.

O Quadro 1, a seguir, apresenta uma comparação entre os três locais de destinação final para RSU citados anteriormente.

**Quadro 1 - Comparação entre aterro sanitário, aterro controlado e lixão**

<b>Tecnologias</b>	<b>Aterro Sanitário</b>	<b>Aterro Controlado</b>	<b>Lixão</b>
Impermeabilização do Solo	✓	Não possui	Não possui
Captação e tratamento dos líquidos lixiviados	✓	Não possui	Não possui
Captação de gases	✓	Não possui	Não possui
Drenagem Pluvial	✓	Não possui	Não possui
Cobertura da camada de resíduos	✓	✓	Não possui

Cercamento da área	✓	✓	Não possui
Controle de entrada de pessoas no local	✓	Não possui	Não possui
Controle na pesagem de resíduos que chegam no local	✓	Não possui	Não possui

Fonte: Autora (2017)

## 2.4 RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA

### 2.4.1 Área Degradada

Muitos conceitos quanto a uma área degradada têm sido relacionados ao efeito das atividades humanas, e pouco se cita alterações decorrentes de fenômenos naturais. Neste trabalho serão abordados problemáticas provenientes somente de atividades humanas.

Conforme Sánchez (2006), uma área degradada é um local onde os processos naturais se encontram em situação de desequilíbrio, impossibilitando seu uso sustentável. Uma área degradada compreende um local impossibilitado de retornar para uma trajetória natural, a um ecossistema que se assemelhe a um estado conhecido antes, ou para um outro estado que poderia ser esperado (IBAMA, 2011).

Uma área contaminada pode ser definida como área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria que contenha quantidades ou concentrações de substâncias químicas, comprovadas por estudos, que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger (FEAM, 2010). Para uma área ser considerada como degradada, deve haver um estudo sobre seu estado atual e suas características naturais originais.

### 2.4.2 Recuperação, Remediação e Reabilitação de Áreas Degradadas

Conforme o CONAMA (2009), em sua Resolução nº 420, o termo “reabilitação” engloba ações de intervenção em uma área degradada, a fim de atingir um risco tolerável para o uso declarado ou futuro da área. Também, reabilitação é definido por Majer (1989 *apud* Tavares *et al.*, 2008) como o retorno da área degradada a um estado biológico apropriado.

Já o termo recuperação, conforme definido pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2001), é o processo de aplicação

de medidas corretivas necessárias para isolar, conter, minimizar ou eliminar a contaminação, com a finalidade de utilizar essa área para um determinado uso.

Remediação significa ações de intervenção para reabilitar uma área contaminada, consistindo na aplicação de técnicas, visando a remoção, contenção ou redução de contaminantes (CONAMA, 2009). Segundo CETESB (2001), a remediação visa à eliminação ou redução dos níveis de contaminação a níveis aceitáveis ou previamente definidos, e a aplicabilidade de um método de remediação depende de fatores como as características da área degradada, dos contaminantes, do objetivo da remediação, localização da área, tempo e recursos disponíveis.

Neste trabalho será utilizado o termo recuperação. Desta maneira, entende-se que este termo, também utilizado na PNRS, engloba um conjunto de medidas que visam reduzir os riscos causados ao meio ambiente e à saúde pública.

### **2.4.3 Plano de Recuperação**

Conforme a resolução CONAMA nº 420/2009, as etapas componentes de um plano de recuperação de áreas degradadas são:

- Identificação: são identificadas áreas suspeitas de contaminação com base na avaliação preliminar, e, para aqueles em que houver indícios de contaminação, deve ser realizada uma investigação confirmatória;
- Diagnóstico: inclui a investigação detalhada e investigação de risco, com objetivo de subsidiar a etapa de intervenção, após a investigação confirmatória que tenha identificado substâncias químicas em concentrações acima do valor de investigação;
- Intervenção: execução de ações de controle para a eliminação do perigo ou dedução, a níveis toleráveis, dos riscos identificados na etapa de diagnóstico, considerando o uso atual e futuro da área;
- Monitoramento: acompanhamento e verificação da eficácia das ações executadas.

Planos de recuperação de áreas degradadas têm como objetivo principal a adoção de medidas corretivas nessas áreas que possibilitem recuperá-las para um uso compatível com as metas estabelecidas a serem atingidas após a intervenção, adotando-se dessa forma o princípio de “aptidão para o uso” (CETESB, 2001).

Segundo Silva (2010), planos de recuperação são importantes instrumentos de gestão ambiental para vários tipos de atividades antrópicas, sobretudo as que abrangem desmatamentos, terraplenagem, exploração de jazidas de empréstimos, bota-foras e deposição de RSU diretamente no solo.

#### 2.4.4 Técnicas de Recuperação

Quando uma área degradada pela presença de lixão irá ser recuperada existem, primeiramente, duas considerações a serem feitas quanto à maneira que a recuperação ocorrerá. A recuperação da área degradada pode ser executada *in situ*, quando as medidas mitigadoras são implementadas no próprio local, ou *ex situ*, quando os resíduos são removidos para serem tratados ou dispostos em outra área (RAMOS, 2016).

Segundo IBAM (2001), a maneira mais correta de se recuperar uma área degradada por lixão é retirar totalmente os resíduos ali depositados, e transferi-los para um aterro sanitário, recuperando a área escavada com solo natural da região. Entretanto os custos envolvidos com esse procedimento são extremamente elevados, o que acaba inviabilizando em muitos casos essa recuperação.

Em se tratando de recuperações *in situ*, ao se desativar uma área ocupada por lixão, normalmente não se utilizam técnicas mais elaboradas, e sim apenas o encerramento das atividades do local, fechamento e, então, o abandono da área (FEAM, 2010).

Caso a remediação ocorra de forma *in situ*, os mecanismos citados acima (encerramento das atividades e fechamento do local) não são suficientes para conter os impactos ambientais causados por essa irregularidade. São necessárias, portanto, de acordo com diferentes autores, como Beli (2005), Carvalho e Pfeiffer (2005), Fellner (2013), Alberte (2005) e Gill *et. al* (1999), diversas técnicas de engenharia que visam atenuar ou eliminar os impactos causados no meio ambiente devido à presença de lixões. Essas técnicas se concentram principalmente em:

- Cobertura da camada de resíduos;
- Cercamento do local;
- Drenagem e tratamento de lixiviados;
- Drenagem superficial;
- Drenagem de gases.

As decisões sobre as técnicas de remediações necessitam de um estudo acerca da área, o qual apresente um diagnóstico das condições físicas e químicas do local, e do comprometimento ambiental no qual esta área está inserida. Estas técnicas serão novamente apresentadas e discutidas com maiores detalhes na etapa da metodologia.

## 2.5 CONTEXTO NORMATIVO

No âmbito nacional têm-se na Constituição Federal do Brasil de 1988 os princípios da Política Nacional do Meio Ambiente. O artigo 225, no capítulo IV, cita:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988).

A resolução CONAMA nº 420/2009, estabelece critérios e valores para orientar quanto à presença de substâncias químicas no solo e fornece diretrizes e procedimentos para o gerenciamento de áreas contaminadas. Igualmente publicadas pelo CONAMA, as resoluções de nº 396, 334, 357, 05 e 02 também irão orientar e embasar o presente trabalho.

A Resolução de número 396 de 2008, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. A Resolução nº 334 de 2003, engloba procedimentos quanto ao licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados a receber embalagens vazias de agrotóxicos. A Resolução nº 357 de 2008 dispõe sobre classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Já a Resolução nº 05 de 1993 estabelece definições e classificações e procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários. E, por fim, a Resolução nº 02 de 1991 dispõe sobre a adoção de ações corretivas, de tratamento e de disposição finais de cargas deterioradas, contaminadas ou fora de especificações, ou abandonadas.

Outras leis que embasarão o presente trabalho são: A Lei nº 10.165, publicada em 2000, que altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e

mecanismos de formulação e aplicação; e a Lei nº 12.305, publicada em 2010, a qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Conforme Possamai (2005), na edição da Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, observa-se uma gama de condutas tipificadas como crimes ambientais, podendo reconhecer os crimes descritos nos artigos 54, 56 e 60, aplicáveis à disposição irregular de resíduos sólidos. O artigo 54 cita:

Art. 54. Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora:

§ 2º Se o crime:

V - ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos: Pena - reclusão, de um a cinco anos. (BRASIL, 1998).

No presente trabalho, serão levadas em conta também, para efeito de orientação, algumas normas publicadas pela ABNT. Conforme FIEMG (2011), as normas que podem orientar as primeiras etapas do gerenciamento de áreas contaminadas e de amostragem de solo e águas subterrâneas e que estabelecem medidas para correto manuseio, armazenamento e transporte de produtos e resíduos perigosos são:

- ABNT NBR 15.515-1: Passivo ambiental em solo e água subterrânea. A norma estabelece os procedimentos mínimos para avaliação preliminar de passivo ambiental visando à identificação de indícios de contaminação de solo e água subterrânea;
- ABNT NBR 15.495: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados. Norma que estabelece parâmetros para projetos e construção de poços de monitoramento de água subterrânea;
- ABNT NBR 15.847: Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga. A norma apresenta os métodos de purga com remoção de volume determinado, purga de baixa-vazão e métodos passivos de amostragem;

- ABNT NBR 10.004: Critérios de classificação e os ensaios para a identificação dos resíduos conforme suas características. A norma classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais para o meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente.

Além disso, as Normas 13.896/1997 e a 8.419/1992, relacionadas a projetos de aterro sanitário, serviram de embasamento para o estudo feito neste trabalho.

No estado de Santa Catarina a Lei nº 6.230/1983 e o Decreto nº 14.250/1981 citam sobre a disposição e controle dos resíduos sólidos, e quanto à proteção do solo e dos recursos hídricos.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

O trabalho adotou como metodologia para a elaboração do termo de referência a pesquisa bibliográfica e documental. Através de artigos, livros, estudos de casos de autores da área de resíduos sólidos urbanos e legislações também pertinentes a esta temática, foi possível a construção do termo de referência. Este documento está apresentado neste trabalho na parte referente aos resultados.

O presente trabalho foi realizado em Florianópolis, em conjunto com o Laboratório de Pesquisas em Resíduos Sólidos (LARESO) da Universidade Federal de Santa Catarina. A concepção inicial deste trabalho foi desenvolvida a partir da elaboração da tese de doutorado “Proposição De Metodologia Para Apoio à Decisão para a Recuperação de Área Degradada por Disposição Irregular de Resíduos Sólidos Urbanos”, da Doutora Naiara Francisca Ramos, também realizado no LARESO.

O Termo de Referência que foi desenvolvido através deste trabalho de conclusão de curso, portanto, tem como público alvo o corpo técnico de órgãos públicos ou empresas responsáveis em fiscalizar e recuperar áreas degradadas pela ocorrência de lixões.

#### **3.1 DESENVOLVIMENTO DO TERMO DE REFERÊNCIA**

Como fundamentação teórica para este trabalho, foram consultadas publicações como: Manual de Gerenciamento de Áreas contaminadas (CETESB, 2001); Termos de Referência para elaboração de projetos de engenharia e estudos ambientais de obras e serviços de infraestrutura de sistemas integrados de destinação final de resíduos sólidos urbanos (BAHIA, 2013); Gerenciamento de Áreas Contaminadas (FIEMG, 2011);

Gerenciamento de áreas contaminadas: conceitos e informações gerais (FIEMG, 2016); Dumpsite Rehabilitation and Landfill Mining (JOSEPH, 2004); Reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos (FEAM, 2010); Epidemiologia e Saúde Pública (ROUQUAYROL, 1999); Indicadores ambientais no monitoramento de processos de recuperação de áreas degradadas (OLIVEIRA e AZEVEDO, 2010), Projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários (REICHERT, 2007), Recuperação de áreas degradadas por disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (ALBERTE, 2005); Proposição de Metodologia para apoio à decisão para a recuperação de área degradada por disposição irregular de resíduos sólidos urbanos (RAMOS, 2016).

Além disso, buscou-se fundamentação técnica e legal para dar suporte e confiabilidade no produto final deste trabalho. Foram consultados os seguintes documentos: Lei nº 12.305/2010, Lei nº 12.651/2012, Lei nº 6.938/1981, Lei nº 9.605/1998, NBR 13.896/1997 (Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação), NBR 8.419/1992 (Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos), Resolução CONAMA nº 357/2005, Resolução CONAMA nº 396/2008, Resolução CONAMA nº 420/2009, Instrução Normativa Nº 16 (FATMA), Instrução Normativa nº 4 (IBAMA).

O primeiro passo para realização do Termo de Referência necessitou de um estudo quanto aos impactos gerados nas áreas onde há a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos. Por meio desse estudo se objetivou adquirir um maior conhecimento específico quanto a estes impactos, suas reais causas, abrangências, gravidade e maneiras de remediações. Através dessa pesquisa bibliográfica e estudos de casos, portanto, foi elaborado um quadro onde foi possível identificar a natureza das perturbações e relacioná-las tanto quanto sua origem, quanto aos impactos causados no ambiente. Este quadro apresenta-se em anexo neste trabalho como APÊNDICE A – Quadro sobre impactos causados por lixões.

Através de pesquisa bibliográfica, também, complementando o passo já citado, foram estudados casos a fim de identificar alguns padrões nas ocorrências dos impactos causados pela presença de lixões. Essa comparação serviu de base para a elaboração do Termo de Referência, uma vez que identificando certo padrão nos impactos, foi possível deduzir algumas ações corretivas.

Para compor o termo de referência, então, foi estipulado que este seria dividido nas seguintes categorias: objetivo, documentos complementares, definições, fatores para serem considerados quando um

plano de recuperação de área degradada for elaborado, técnicas de recuperação e apêndices.

Os apêndices serão compostos por um desenho, que objetivará facilitar a visualização das técnicas de recuperação citadas no termo de referência, e de um *checklist*. Este último visará auxiliar os processos de verificação quando uma área degradada se diz recuperada. Para a elaboração deste último item, também foi empregado o método da revisão bibliográfica e estudos de casos onde foram aplicadas tais medidas de correções. Através de consultas bibliográficas e leitura de estudos de casos foi verificado certo padrão nas ações corretivas propostas em projetos de recuperação de áreas degradadas pela disposição inadequada de RSU, e então elaborado o *checklist*. Esta etapa está intimamente ligada com as anteriores, portanto todo o conhecimento e os resultados obtidos dos passos anteriores serviram de embasamento para a elaboração deste último item.

### 3.2 VALIDAÇÃO DO TERMO DE REFERÊNCIA PROPOSTO

A fim de complementar o resultado final obtido por este trabalho, foi realizada uma pesquisa de opinião com profissionais que, de alguma forma, julgados pela autora, estão vinculados à temática de resíduos sólidos urbanos.

A pesquisa foi julgada necessária, pois os resultados obtidos através da metodologia de pesquisa bibliográfica são pertinentes a conhecimentos somente teóricos neste tema. Logo, através dessa pesquisa, buscou-se complementar o termo de referência proposto, com opiniões de especialistas da área, que possuem experiência teórica e prática em relação à disposição de resíduos sólidos urbanos.

Esta etapa constituiu-se, então, de aplicação de questionário para 11 profissionais selecionados, dos quais 6 o responderam. O questionário foi enviado por e-mail, duas vezes para os 11 profissionais. As perguntas foram referentes à estrutura do termo de referência (os itens abordados e a profundidade dos assuntos) e quanto à aplicabilidade do termo proposto. O questionário foi elaborado pela própria autora, constituindo-se de 20 questões, apresentadas no Apêndice B, e um espaço destinado a observações.

O Quadro 2 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta informações dos profissionais que enviaram suas respostas referentes ao questionário em questão.

**Quadro 2 - Especialistas que avaliaram o termo de referência**

<b>Especialista</b>	<b>Formação</b>	<b>Atual ocupação</b>
1	Engenheiro Civil / Especialidade em Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos.	Professor na área de Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade de Caxias do Sul.
2	Engenheiro com mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental, e pós-doutorado em resíduos sólidos urbanos.	Professor na área de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual do Rio de Janeiro.
3	Engenheiro Ambiental.	Trabalha em uma empresa de soluções ambientais.
4	Engenheiro Sanitarista e Ambiental.	Trabalha no Ministério Público de Santa Catarina.
5	Engenheiro Sanitarista e Ambiental.	Professor na área de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.
6	Engenheira Sanitarista e Ambiental	Engenheira Sanitarista e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

Fonte: A autora (2017).

Além destes seis profissionais, como foi citado anteriormente, os outros cinco profissionais que não responderam ao questionário também eram profissionais ligados à área de engenharia sanitária e ambiental e/ou RSU. Dois, dos cinco profissionais, estavam vinculados à Fundação do Meio Ambiente (FATMA), órgão estadual de Santa Catarina, o qual tem como uma de suas responsabilidades a fiscalização quanto à existência ou não de lixões no Estado.

### **3.2.1 Composição do Questionário**

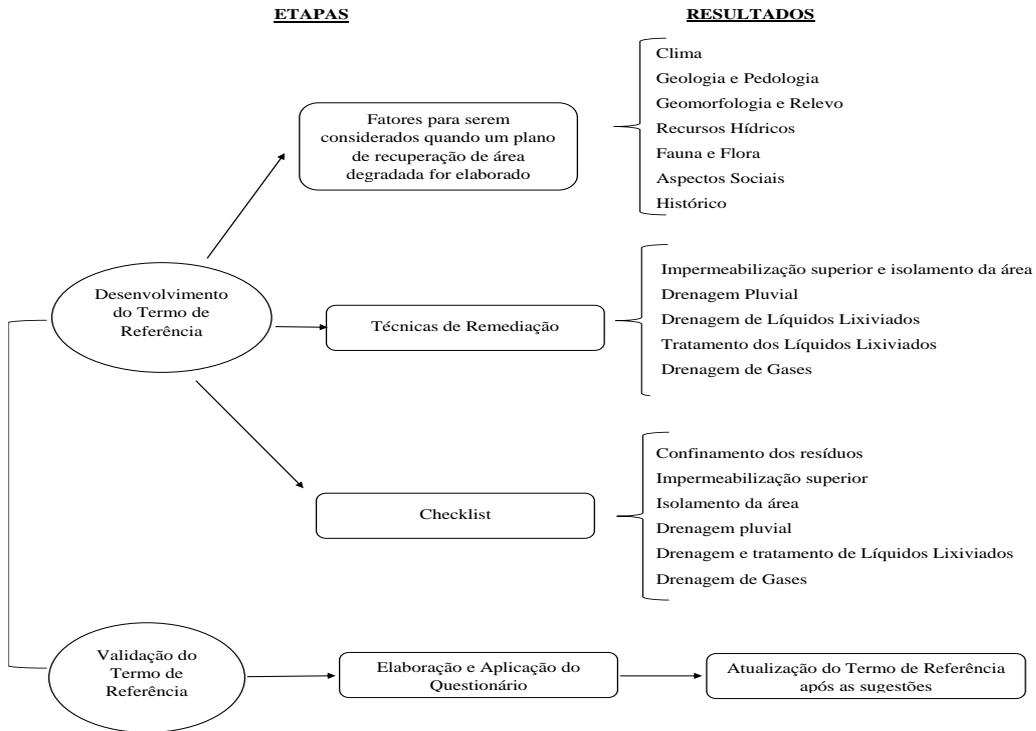
As questões componentes do questionário seguiram a ordem de organização que o termo de referência se encontra, sendo solicitadas informações como ausência de questionamento, em cada categoria, e se alguns quesitos abordados são considerados irrelevantes para a situação. Além disso, foi questionado quanto ao entendimento do termo de referência proposto, quanto à sua aplicabilidade nos processos de recuperações de áreas degradadas por lixões, e foram requisitadas sugestões para o termo de referência no geral.

As escolhas dos temas abordados para essa etapa tiveram, principalmente, como referências estudos de casos de recuperação de áreas degradadas pela presença de lixões, como Carvalho e Pfeiffer (2005), Beli (2005), Oliveira e Azevedo (2010), Possamai, Costa e Viana (s.d).

Após compiladas todas as respostas recebidas dos especialistas, foram analisadas as sugestões propostas e o termo de referência sofreu algumas alterações consideradas pertinentes pela autora, e sua versão final encontra-se disposta na etapa de resultados e discussão.

A Figura 5, a seguir, apresenta um resumo representando as etapas realizadas na metodologia.

**Figura 5 - Etapas Metodologia**



Fonte: A autora (2017).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para atingir o objetivo geral do trabalho, o qual é propor um termo de referência para o processo de recuperação de áreas degradadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, foram desenvolvidas quatro etapas principais, conforme descritas a seguir.

### 4.1 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DECORRENTES DA DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RSU

A primeira etapa desenvolvida foi a identificação de problemas decorrentes devido à presença de lixões<sup>1</sup>, tanto no âmbito social, quanto no ambiental. Como produto desta etapa, foi elaborado um quadro no qual constam informações sobre as perturbações normalmente encontradas onde há disposição irregular de RSU, as possíveis origens destas perturbações, e os impactos causados por elas. Esta etapa foi primordial para guiar o restante do trabalho, pois ao identificar os principais problemas encontrados, os tópicos que o termo de referência iria abordar ficaram demarcados. Este quadro encontra-se no presente trabalho como APÊNDICE 1.

### 4.2 VALIDAÇÃO DO TERMO DE REFERÊNCIA

A segunda e terceira etapa do trabalho, então, foram a elaboração da primeira versão do termo de referência e a validação deste. Após concluída a segunda etapa, foi elaborado e enviado um questionário para profissionais da área de resíduos sólidos, com a finalidade de avaliar e complementar o termo de referência conforme fossem feitas as sugestões destes profissionais.

#### 4.2.1.1 Questão 1 e 2 – Fatores para serem considerados quando um Plano de Recuperação de áreas Degradadas for elaborado

As questões 1 e 2 estão relacionadas com o diagnóstico da área degradada em questão. Conforme Alberte (2005), Gill *et al.* (1999) e Bahia (2013), o diagnóstico da área degradada é necessário para que os estudos das técnicas de remediações sejam mais direcionados, e com isso, as escolhas das tecnologias obtenham resultados mais precisos. Na

---

<sup>1</sup> Neste trabalho foi considerado que presença de lixões possui o mesmo significado que disposição irregular de RSU ou disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos.

questão um foi indagado se, além dos tópicos existentes (que serão listados a seguir), haveria a necessidade de abordar outros quesitos em relação ao diagnóstico da área degradada. E na questão seguinte, se algum dos itens descritos eram desnecessários para a elaboração de um projeto de remediação de área degradada por disposição inadequada de RSU.

Desejou-se então, com esta questão, verificar se havia necessidade de outros tópicos que pudessem ter sido negligenciados pela autora, e se alguns dos tópicos abordados não eram extremamente necessários para esta etapa.

#### 4.2.1.2 Questão 3 – Clima

Nos casos de recuperação de áreas ocupadas por lixões, o estudo do clima é importante, como já mencionado anteriormente, segundo Gill *et al.* (1999), pois está intimamente ligado com a quantidade de precipitação e evaporação da região, radiação solar, temperatura e ventos, o que afetam na escolha das camadas de cobertura de resíduos, por exemplo.

Nesta questão do questionário foi indagado se havia mais algum item que deveria ter sido abordado no diagnóstico da região em relação ao clima local, a fim de complementar esse item no termo de referência.

#### 4.2.1.3 Questão 4 – Geologia e Pedologia

Nesta seção procurou-se buscar a opinião dos especialistas da área em relação a quais os testes no solo são mais indicados quando se deseja diagnosticar uma área degradada. Pois foi identificada uma dificuldade em encontrar informações em relação a quais testes devem ser realizados quando se tem a suspeita que um solo está contaminado.

#### 4.2.1.4 Questões 5 e 6 – Geomorfologia e Relevo; Recursos Hídricos

As questões de número cinco e seis buscaram verificar se houve ausência no termo de referência proposto de questionamentos relacionados com os temas das questões. A primeira abordava aspectos quanto à geomorfologia e relevo, e a de número seis, abordava o assunto relacionado a recursos hídricos.

#### 4.2.1.5 Questões 7, 8 e 9 – Fauna e Flora; Aspectos Sociais; Histórico

Ainda seguindo a proposta das questões anteriores, nas questões sete e oito também foi indagado se os especialistas notaram a ausência de pontos a serem abordadas, em projetos de recuperação de áreas degradadas por RSU, nos assuntos relacionados a fauna e flora, aos aspectos sociais da região e ao histórico do lixo.

#### 4.2.1.6 Questões 10 e 11 – Técnicas de Remediação

As questões dez e onze abordam a última parte do termo de referência, a qual se refere às técnicas de remediação que irão ser aplicadas na área degradada em questão. Assim como as questões um e dois, estas duas perguntas indagam se houve ausência, no termo de referência, dos temas abordados na seção sobre as técnicas de remediações, e se algum dos itens colocados nesta etapa deveriam ser retirados do termo por serem considerados irrelevantes.

#### 4.2.1.7 Questão 12 e 13 – Confinamento dos resíduos, impermeabilização e isolamento da área; Drenagem Pluvial

Nesta etapa do questionário também foi requisitado para os especialistas se havia outras informações relevantes que deveriam ser adicionadas no termo de referência em relação às etapas de confinamento dos resíduos, impermeabilização e isolamento da área (questão doze), e drenagem pluvial (questão treze).

#### 4.2.1.8 Questão 14 e 15 – Drenagem de líquidos lixiviados; Drenagem de gases

Novamente, seguindo a proposta da maioria das questões anteriores, nestas perguntas foi indagado se os especialistas notaram a ausência de assuntos a serem abordadas, em projetos de recuperação de áreas degradadas, nos âmbitos de drenagem de líquidos lixiviados (questão quatorze), e drenagem de gases (questão quinze).

#### 4.2.1.9 Questão 16 – Aplicabilidade do Termo de Referência

Esta questão foi necessária para se ter conhecimento sobre a real aplicabilidade do termo de referência proposto. Como se deseja que o resultado deste trabalho possa ser útil em projetos de recuperação das áreas degradadas em questão, a opinião dos especialistas nesta parte foi

de extrema importância, uma vez que espera-se que o termo de referência esteja ajustado com a realidade dos projetos de recuperação destas áreas.

#### 4.2.1.10 Questão 17 – Coerência

Esta questão buscou a opinião dos especialistas em relação a coerência do conteúdo do termo de referência com o processo de recuperação de áreas degradadas pela inadequada disposição de RSU. Com essa questão desejou-se saber se existia clareza entre as soluções propostas com a real execução de projetos que visam recuperar essas áreas degradadas.

#### 4.2.1.11 Questão 18 – Clareza

Nesta etapa foi questionada a clareza do termo de referência proposto. Almejou-se saber, aqui, se todos os pontos abordados no termo de referência apresentam-se de maneira de fácil compreensão para a elaboração de projetos de recuperação de áreas degradadas por lixões.

#### 4.2.1.12 Questão 19 – *Checklist* de Verificação

A questão dezenove faz menção ao *checklist* apresentado no final do termo de referência. O *checklist* aborda o tema de verificação das áreas ditas recuperadas, e nesta questão questiona-se aos especialistas se há ausência de itens a serem abordados nesta etapa de verificação, com a finalidade de aprimorar o *checklist* já elaborado.

#### 4.2.1.13 Questão 20 – Sugestões

A parte final do questionário foi destinada a sugestões que os especialistas pudessem ter para que o termo de referência ficasse melhor moldado para o cumprimento de seu objetivo principal.

### 4.2.2 Respostas Obtidas

As respostas obtidas em relação ao questionário enviado para validação do termo de referência foram compiladas nos quadros a seguir.

**Quadro 3 - Respostas referentes à questão nº 1 do questionário**

Questão 1 - Em relação à categoria “Fatores para serem considerados quando um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas for elaborado” foi verificado a ausência de algum questionamento pertinente para o alcance do objetivo proposto?		Sugestão adicionada à última versão do termo de referência
Especialista	Resposta	
1	<b>Sim:</b> Informações sobre a vizinhança da área do lixão: tipo de uso do solo na vizinhança, se há moradias próximas	✓
2	<b>Sim:</b> Situação legal da área do lixão (propriedade, enquadramento ambiental, uso legal)	✓
3	<b>Sim:</b> Qual? Prever possibilidade de sondagem geofísica (sondagem não destrutiva), pois em alguns casos, não se recomenda a perfuração, pois esta prática poderá criar caminhos preferenciais para contaminação das águas subterrâneas	✓
4	<b>Sim.</b> O diagnóstico poderá ser complementado com informações de imagens aéreas históricas e outras bases de informação, como levantamentos topográficos, modelos digitais de terreno e superfície e mapas potenciométricos, quando disponíveis. Esses dados auxiliam no mapeamento de áreas mais impactadas pela disposição de resíduos	✓
5	<b>Não</b>	
6	<b>Sim:</b> Presença de APP, Reserva legal e Parques na área ou próximo a ela ou de núcleos habitacionais próximos	✓

**Quadro 4 - Respostas referentes à questão nº 2 do questionário**

Questão 2 - Algum questionamento da categoria “Fatores para serem considerados quando um PRAD for elaborado” é irrelevante para o trabalho proposto?
--

<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>
1	<b>Não</b>
2	<b>Não</b>
3	<b>Não</b>
4	<b>Não</b>
5	<b>Não</b>
6	<b>Não</b>

**Quadro 5 - Respostas referentes à questão nº 3 do questionário**

Questão 3 - Em relação à subcategoria “Clima”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?		<b>Sugestão adicionada à última versão do termo de referência</b>
<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>	
1	<b>Sim:</b> Você fala em temperatura média da região, mas mais importante do que isto são a precipitação média e as máximas para fins de quantificar geração de lixiviados	✓
2	<b>Sim:</b> Ventos predominantes	✓
3	<b>Sim:</b> O Clima é importante para a determinação do balanço hídrico, e a avaliação das potencialidades de recirculação de chorume, quando o balanço for negativo	
4	<b>Sim:</b> Informação sobre chuvas intensas, para a elaboração de sistemas de drenagem superficial após o enclausuramento da massa de resíduos e proteção de taludes e superfícies inclinadas	✓
5	<b>Não</b>	
6	<b>Não</b>	

**Quadro 6 - Respostas referentes à questão nº 4 do questionário**

Questão 4 - Em relação à subcategoria “Geologia e Pedologia” quais análises do solo você considera prioridade no momento em que será realizado o diagnóstico quanto à contaminação do solo em uma região onde há a presença de um lixão?	<b>Sugestão adicionada à última versão do</b>

<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>	<b>termo de referência</b>
1	NOx e condutividade elétrica (pois a condutividade indica presença de íons). Metais não é tão importante (a não ser que o lixão seja industrial), pois os solos são ricos em Fe Mn, não refletindo necessariamente a contaminação por lixiviado, e outros metais normalmente não são problema, pois ficam quelados na massa e resíduos dentro do aterro	✓
2	Cloreto, como indicação e Nitrogênio Amoniacal como indicativo de contaminação por chorume	✓
3	Resposta em branco	
4	Metais pesados e Os parâmetros listados na Resolução n. 420/2009 do CONAMA são todos relevantes a princípio, nas etapas de investigação preliminar e confirmatória de eventual contaminação do solo	✓
5	Metais pesados	
6	Metais pesados	

**Quadro 7 - Respostas referentes à questão nº 5 do questionário**

Questão 5 - Em relação à subcategoria “ <b>Geomorfologia e Relevo</b> ”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?		<b>Sugestão adicionada à última versão do termo de referência</b>
<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>	
1	<b>Não</b>	
2	<b>Não</b>	
3	<b>Não</b>	
4	<b>Sim:</b> Levantamentos topográficos e modelos digitais de terreno e superfície, conforme já comentado	✓
5	<b>Não</b>	
6	<b>Sim:</b> Ocorrência de movimentações de terras, deslizamentos e movimentação do maciço de resíduos	✓

**Quadro 8 - Respostas referentes à questão nº 6 do questionário**

Questão 6 - Em relação à subcategoria “ <b>Recursos Hídricos</b> ”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?		Sugestão adicionada à última versão do termo de referência
Especialista	Resposta	
1	<b>Sim:</b> Sentido do fluxo do lençol freático	✓
2	<b>Não</b>	
3	<b>Sim:</b> Valem as mesmas observações quanto à possibilidade de formação de caminhos preferenciais para contaminação pelos percolados. A perfuração de poços é recomendada somente para áreas contíguas à área de aterramento	
4	<b>Não</b>	
5	<b>Não</b>	
6	<b>Sim:</b> Realizar o enquadramento dos cursos d’água conforme Conama 357; e frisar que deve ser feita a análise da qualidade das águas conforme 357 e sua atualização, dada na 430, e que deve ser feita a montante e jusante, tanto para superficial quanto subterrânea. No caso das subterrâneas, verificar as NBR sobre poços de análise de águas em aterros.	✓

**Quadro 9 - Respostas referentes à questão nº 7 do questionário**

Questão 7 - Em relação à subcategoria “ <b>Fauna e Flora</b> ”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?		Sugestão adicionada à última versão do termo de referência
Especialista	Resposta	
1	<b>Não</b>	
2	<b>Não:</b> Obs - No Termo item 45 – A determinação se o lixão afetou a fauna e flora local – é difícil e cara (a menos da flora do entorno que pode estar destruída)	
3	<b>Sim:</b> Incluir preocupação com insetos. Moscas e mosquitos, que podem não estar	✓

	associados à transmissão de doenças somente, mas proporcionam incômodos à população vizinha	
4	<b>Não</b>	
5	<b>Não</b>	
6	<b>Sim:</b> Presença de APP, Reserva legal e Parques na área ou próximo a ela	✓

#### **Quadro 10 - Respostas referentes à questão nº 8 do questionário**

Questão 8 - Em relação à subcategoria “ <b>Aspectos Sociais</b> ”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?		<b>Sugestão adicionada à última versão do termo de referência</b>
<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>	
1	<b>Não.</b> Obs.: Questões sociais não deveriam se resumir somente a questão de catadores. Talvez mudar o nome desta subcategoria para “ <b>Presença de catadores</b> ”	✓
2	<b>Sim:</b> Presença de moradias nas proximidades do lixão; presença de biogás no entorno do lixão	✓
3	<b>Não</b>	
4	<b>Não</b>	
5	<b>Não</b>	
6	<b>Sim:</b> Presença de núcleos habitacionais próximos, comunidades isoladas, quilombolas ou indígenas (conforme o SNIS trabalha)	✓

#### **Quadro 11 - Respostas referentes à questão nº 9 do questionário**

Questão 9 - Em relação à subcategoria “ <b>Histórico</b> ”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?		<b>Sugestão adicionada à última versão do termo de referência</b>
<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>	
1	<b>Sim:</b> Profundidade do maciço de resíduos dispostos	✓
2	<b>Não</b>	

3	<b>Não</b>	
4	<b>Sim:</b> Imagens aéreas (levantamentos aerofotogramétricos e imagens de satélite) podem auxiliar a elaboração do diagnóstico da área	✓
5	<b>Não</b>	
6	<b>Sim:</b> Ocorrência de acidentes como deslizamentos/movimentação de terra e da massa de resíduos ou com explosões advindas dos gases. Sugerir também fazer uma caracterização da massa de resíduos também com base no histórico sobre quais tipos eram levados ao local (convencionais, perigosos químicos ou infectantes, de limpa fossas, etc.), a ser resgatado com técnicos do município ou em planos de saneamento ou resíduos	✓

#### Quadro 12 - Respostas referentes à questão nº 10 do questionário

Questão 10 - Em relação à categoria “Técnicas de Remediação” foi verificado a ausência de algum questionamento pertinente para o alcance do objetivo proposto?		Sugestão adicionada à última versão do termo de referência
Especialista	Resposta	
1	<b>Sim:</b> Sim. Qual? E se for impossível ou não recomendada a remediação <i>in situ</i> , por questões de proximidade de aquífero ou solo muito permeável? E se tiver que se pensar em remediação por remoção total dos resíduos?	✓
2	<b>Sim:</b> Necessidade de remoção de resíduos.	Adicionada ao trabalho
3	<b>Sim:</b> Recomento que no item de Conceitos, seja feito um melhor detalhamento dos termos: REMEDIAÇÃO E RECUPERAÇÃO, pois são conceitos diferentes. Recomendo-se também a revisão do texto quando utilizados estes conceitos.	Adicionada ao trabalho

4	<b>Sim:</b> Talvez esse ponto possa ser incorporado a outro item já descrito, mas creio que seja interessante indicar a necessidade de avaliação da possibilidade de remanejamento dos resíduos, de forma a concentrar a massa em áreas com menor risco. Nesse contexto, é importante lembrar que não raramente os depósitos irregulares de lixo são realizados em áreas de encostas ou próximos a cursos d'água. O transporte para aterros sanitários pode ser inviável, mas a adequação da área seria mais uma alternativa para mitigação de danos e otimização de processos de confinamento e recuperação da área em foco	Adicionada ao trabalho
5	<b>Não</b>	
6	<b>Sim:</b> Monitoramento da movimentação do maciço (através de marcos geológicos)	✓

#### **Quadro 13 - Respostas referentes à questão nº 11 do questionário**

Questão 11 - Algum questionamento da categoria “ <b>Técnicas de Remediação</b> ” é irrelevante para o trabalho proposto?	
<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>
1	<b>Não</b>
2	<b>Não</b>
3	<b>Sim:</b> Idem item acima
4	<b>Não</b>
5	<b>Não</b>
6	<b>Não</b>

#### **Quadro 14 - Respostas referentes à questão nº 12 do questionário**

Questão 12 - Em relação à subcategoria “ <b>Confinamento dos resíduos, impermeabilização e isolamento da área</b> ”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?		<b>Sugestão adicionada à última versão do termo de referência</b>
<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>	
1	<b>Sim:</b> Mesmo comentário feito no item 10	

2	<b>Sim:</b> Se o confinamento dos resíduos com uso de manta é realmente necessário (é caro) ou pode ser feito apenas com argila.	✓
3	<b>Sim:</b> Vale aqui mais uma observação importante. Em certas área degradadas, onde a vegetação já apresenta um estágio médio ou avançado de recuperação, a instalação de manta de PEAD pode ser mais prejudicial do que benéfica, pois incorrerá na obrigação de remoção de toda a cobertura vegetal, para esta operação. Portanto, em alguns casos, deve-se prever somente uma melhoria na cobertura com solo orgânico, de forma quase que “cirúrgica” a fim de evitar mais intervenção na área, a qual já apresenta certa estabilização.	✓
4	<b>Sim:</b> Acho que neste ponto se enquadra a resposta da pergunta n. 10.	
5	<b>Não</b>	
6	<b>Sim:</b> Deixar claro que o isolamento deve ser feito com cercas, placas de sinalização e monitorado por vigilância.	✓

#### Quadro 15 - Respostas referentes à questão nº 13 do questionário

Questão 13 - Em relação à subcategoria “ <b>Drenagem Pluvial</b> ”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?		<b>Sugestão adicionada à última versão do termo de referência</b>
<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>	
1	<b>Sim:</b> 10 anos é pouco. Recomendo 15 a 20	✓
2	<b>Não</b>	
3	<b>Não</b>	
4	<b>Não</b>	
5	<b>Não</b>	
6	<b>Sim:</b> É importante manter análises da qualidade da água pluvial também, para garantir que não estão contaminando o curso receptor.	

**Quadro 16 - Respostas referentes à questão nº 14 do questionário**

Questão 14 - Em relação à subcategoria “ <b>Drenagem de líquidos lixiviados</b> ”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?	
<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>
1	<b>Sim:</b> Para pequenos lixões o tubo é desnecessário. Recomendar somente “dreno cego” em brita graúda (brita 5)
2	<b>Não</b>
3	<b>Sim:</b> Sugiro alterar o nome para “Drenagem e Tratamento de líquidos lixiviados”. Admitir também a possibilidade de enquadramento a Resolução CONAMA 430/2011, art. 22 parágrafo 2.
4	<b>Não</b>
5	<b>Não</b>
6	<b>Não</b>

**Quadro 17 - Respostas referentes à questão nº 15 do questionário**

Questão 15 - Em relação à subcategoria “ <b>Drenagem de gases</b> ”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?	
<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>
1	<b>Não</b>
2	<b>Sim:</b> A descrição, no Termo de Referência, só é adequada para lixões de grande porte. Para os pequenos lixões – a maioria no país – a proposta não é viável pois os custos são muito elevados.
3	<b>Não</b>
4	<b>Não</b>
5	<b>Não</b>
6	<b>Sim:</b> Colocar a opção de queima dos gases, quando não for possível coletar para reaproveitamento, que já diminui muito o potencial de poluição do metano.

**Quadro 18 - Respostas referentes à questão nº 16 do questionário**

Questão 16 - O Termo de Referência mostra-se claramente aplicável em processos de recuperação de áreas degradadas pela disposição inadequada
--

de resíduos sólidos, considerando que este será utilizado por alguém com um prévio conhecimento na área?	
<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>
1	<b>Não:</b> Necessita melhorias. Na verdade, na forma como está, fica de difícil entendimento, em especial para pequenos municípios.
2	<b>Sim:</b> Em alguns pontos ela tem uma abordagem que não é viável para lixões menores.
3	<b>Sim</b>
4	<b>Sim</b>
5	<b>Sim</b>
6	<b>Sim</b>

#### **Quadro 19 - Respostas referentes à questão nº 17 do questionário**

Questão 17 - Com base em sua experiência, você acredita que as proposições feitas no Termo de referência são coerentes com o processo de recuperação de lixões?	
<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>
1	<b>Sim:</b> Com melhorias necessárias
2	<b>Sim</b>
3	<b>Sim</b>
4	<b>Sim</b>
5	<b>Sim</b>
6	<b>Sim</b>

#### **Quadro 20 - Respostas referentes à questão nº 18 do questionário**

Questão 18 - O Termo de Referência é de fácil entendimento sendo possível seu uso na atividade de recuperação de áreas degradadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos?	
<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>
1	<b>Não:</b> Veja obs. feita no item 16
2	<b>Sim</b>
3	Acho que poderia ser incluído como anexo, um fluxograma, com os passos da análise. Pode facilitar o uso da metodologia
4	<b>Sim</b>
5	<b>Sim</b>
6	<b>Sim</b>

**Quadro 21 - Respostas referentes à questão nº 19 do questionário**

Questão 19 - Em relação ao “Apêndice 2 – Checklist para Verificação de áreas degradadas que se encontram recuperadas”, há alguma sugestão ou comentário a ser feito?	
<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>
1	Falta algo sobre inspeção visual de vazamentos de lixiviados, pelos taludes e arredores da área remediada
2	Isolamento da área – trocar muro por cerca Drenagem pluvial – Por que enviar para sistema de tratamento?
3	Resposta em branco
4	Achei um pouco confuso identificar uma área como recuperada se ainda há necessidade de manutenção ou de elementos para minimização de danos. No meu entendimento, a área recuperada é aquela que não necessita de intervenções para o seu uso. Talvez esse checklist seja mais adequado para áreas que estão em estágios mais avançados nos processos de recuperação natural, não requerendo intervenções mais complexas em termos estruturais, embora necessitem o acompanhamento da sua evolução e monitoramento de indicadores
5	Resposta em branco
6	Poderia ter uma tabela de checklist detalhando mais a fundo os itens a serem verificados, de modo a padronizar o que será visto e a avaliação da área, para auxiliar na obtenção de propostas de ações de recuperação

**Quadro 22 - Respostas referentes à questão nº 20 do questionário**

Questão 20 - Quais sugestões você faria em relação ao Termo de Referência para que ele possa atingir seu objetivo principal?	
<b>Especialista</b>	<b>Resposta</b>
1	O TR atual está bastante pueril, necessitando ser aperfeiçoado tecnicamente
2	Lixão – sugestão: local onde são dispostos resíduos sólidos urbanos a céu aberto sem nenhum cuidado, sendo fonte de poluição do solo, da água e do ar e de riscos à saúde pública e à fauna e flora. Lixiviado- olhar a definição no livro do PROSAB 5 – V.3 Retirar a especificação geomembrana de PEAD (1mm)

3	No Apêndice 1, não concordo com a obrigação de ter isolamento em PEAD, pelos motivos já expostos.
4	A ideia central do documento é bastante útil, visto que torna mais prática a avaliação de áreas degradadas ou em processo de recuperação pela disposição inadequada de resíduos sólidos. Talvez algumas melhorias pontuais possam ser realizadas nos itens sugeridos, com o auxílio de profissionais com maior conhecimento e experiência em cada um dos aspectos que devem ser auxiliados. Por outro lado, é importante que o documento mantenha as características de objetividade e generalidade, pois a intenção é que seja aplicável no maior número de casos possíveis e cada área possui suas singularidades
5	Resposta em branco
6	Além das que foram feitas, também sugiro aliar o uso deste a um pequeno curso de capacitação direcionado aos agentes municipais responsáveis pela situação, de modo a envolver estes na ação, que deve ser constantemente monitorada, após as intervenções feitas para a recuperação. Também propor a parceria para uma ação conjunta entre município-agência reguladora de saneamento – órgãos municipais, estaduais e federais de meio ambiente, bem como MMA e MCidades, para que tenham sucesso as propostas deste trabalho

### 4.3 ELABORAÇÃO DO TERMO DE REFERÊNCIA

As ações propostas neste trabalho foram definidas como ações mínimas, para os casos aonde há a intenção de recuperar uma área degradada devido à inadequada disposição de resíduos sólidos urbanos. Portanto, criou-se uma listagem de ações mínimas de investigação, de possíveis problemas que podem ser encontrados em uma área degradada. Esta etapa constituiu na parte do Termo de Referência: Fatores para serem considerados quando um Plano de Recuperação de Área Degradada for Elaborado. Esta etapa tem função de investigação e diagnóstico da área que se deseja recuperar.

No segundo momento, foi elaborada, então, a etapa de recuperação, apresentada no Termo como Técnicas de Recuperação. Nela constam as ações de recuperação de alguns quesitos degradados da área em questão. Essas ações foram consideradas mínimas, pela autora, no sentido de serem fundamentais na maioria dos casos. Porém, apenas essas ações não necessariamente serão suficientes em alguns casos, pois podem

haver particularidades em algumas situações, as quais necessitarão de um número menor de técnicas de recuperação, ou então de técnicas a mais.

Como último produto foi elaborado um *checklist* com finalidade de verificação das áreas que são consideradas recuperadas. Este mecanismo de verificação consiste numa lista de ações, consideradas básicas pela autora, que devem ter sido corrigidas na área recuperada em questão, a fim de padronizar e auxiliar o trabalho dos responsáveis em averiguar tais situações.

#### 4.3.1 Fatores para serem considerados quando um Plano de Recuperação de Área Degradada for elaborado

Conforme sugerido por IBAMA (2011), o plano de recuperação de uma área degradada deve conter um diagnóstico da região, e nele deve haver informações em relação a algumas características físicas do local. Este estudo prévio da região tem a finalidade de auxiliar as decisões que irão ser tomadas no processo de recuperação. Conforme Gill *et al.* (1999), a caracterização do local irá fornecer informações efetivas nas quais todas as decisões do processo de recuperação irão se basear.

Segundo o Termo de Referência de Projeto Básico e Executivo para Recuperação de Lixão (BAHIA, 2013), o diagnóstico ambiental da área deve conter a caracterização descritiva do local em relação aos aspectos como: **meio físico**, destacando o solo e subsolo (constituição e estrutura geológica, geomorfologia, aspectos pedológicos); **recursos hídricos** (corpos d'água existentes na área em torno); **climatologia**; **fauna e flora**, como cobertura vegetal dominante e o meio antrópico com descrição das formas de uso e ocupação do solo da área e do entorno (conforme a legislação e normas ambientais em vigor no Estado e município em questão); **caracterização econômica e social da população** (catadores de materiais recicláveis) a ser removida destas áreas e alternativas que visem o amparo dessas populações.

Gill *et al.* (1999) também sugerem alguns aspectos que devem ser abordados na etapa de caracterização da área. Em relação à localização, é recomendado uma descrição do local e seus limites, bem como o acesso até essa área, descrição sobre características geográficas, topografia e recursos hídricos. Além disso, indica apresentar no projeto o uso atual da área e o que se planeja construir nela, e o histórico de operação.

Quanto ao último item, histórico de operação, são necessárias informações sobre qual período aquele local funcionou, e quais tipo de resíduos ele recebeu (urbano, perigoso, radioativo ou misto). Há também

a recomendação de reunir dados sobre o clima da região. Informações quanto à precipitação (chuva e neve), radiação solar, temperatura e vento irão afetar na escolha da camada superficial, por exemplo.

O Quadro 23 apresenta, em tópicos, elementos para serem abordados quando o diagnóstico de uma área degradada pela disposição irregular resíduos sólidos urbanos for elaborado.

**Quadro 23 - Elementos para serem abordados no diagnóstico de uma área degradada**

Tópicos	
<p><b>Histórico do Local</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Histórico de operação do local</li> <li>• Período em que houve disposição de RSU</li> <li>• Tipos de resíduos, fontes e quantidades</li> </ul> <p><b>Área e Região</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Topografia da área</li> <li>• Áreas residenciais, comerciais e industriais próximas</li> <li>• Mecanismos de drenagem de águas superficiais</li> <li>• Nascentes e infiltrações</li> <li>• Poços e captação de água próximos</li> <li>• Habitats de animais</li> </ul> <p><b>Clima</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidade dos ventos</li> <li>• Temperatura e radiação solar</li> <li>• Precipitação</li> <li>• Taxa de evapotranspiração</li> </ul> <p><b>Condições do Local</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Condições gerais do lixão</li> <li>• Declives</li> <li>• Superfície do solo</li> <li>• Estabilidade dos taludes</li> <li>• Vegetação do local</li> </ul> <p><b>Depósito de Resíduos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume e tamanho dos resíduos</li> <li>• Idade e composição dos resíduos</li> </ul>	<p><b>Hidrogeologia e hidrologia de águas Superficiais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas de recarga e descarga de águas subterrâneas</li> <li>• Canais de irrigação</li> <li>• Locais de corpos de águas superficiais</li> <li>• Medições de nível de água superficial</li> <li>• Cheias sazonais de águas superficiais</li> <li>• Aquíferos subterrâneos</li> <li>• Elevação e profundidade do lençol freático</li> <li>• Gradiente de direção da água subterrânea</li> <li>• Direção da água subterrânea através dos resíduos</li> <li>• Condutividade hidráulica do aquífero superficial</li> </ul> <p><b>Contaminantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pontos de emissões dos gases produzidos no lixão</li> <li>• Locais com focos de líquido lixiviado</li> </ul> <p><b>Amostras e Análises</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amostra da água subterrânea <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gas: Composição dos gases; temperatura;</li> </ul> </li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umidade e espessura da camada de resíduos</li> <li>• Taxa de decomposição da camada de RSU</li> <li>• Espessura da camada de resíduos abaixo do lençol freático</li> </ul> <p><b>Geologia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Principais unidades geológicas regionais</li> <li>• Profundidade até a base rochosa</li> <li>• Litologia do solo</li> <li>• Camadas do solo natural</li> <li>• pH do solo</li> <li>• Taxa de erosão do solo</li> <li>• Permeabilidade do solo</li> </ul> <p><b>Gas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxa de produção de gás</li> <li>• Quantidade de gas presente na área</li> <li>• Comportamento do gás em relação a camada de resíduos e fora da área do lixão</li> </ul>	<p>concentração dos gases no perímetro do lixão</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• líquido lixiviado: pH; sólidos totais; fósforo e nitrogênio óleo e graxa;</li> </ul> <p><b>Camada De Cobertura Existente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Condições físicas da camada de cobertura existente</li> <li>• Habilidade da camada de conter erosões</li> <li>• Habilidade da camada de prevenir infiltração</li> <li>• Habilidade da camada de reduzir as emissões de gases e odores</li> </ul> <p><b>Plano de uso da área</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plano de uso ou reuso da área</li> </ul>
--	--

Fonte: Autora, com base em Gill *et al.* (1999).

Considerando então as referências citadas neste item, bem como os estudos de casos envolvendo recuperação de áreas degradadas que apresentassem um diagnóstico da região, foram escolhidos os seguintes itens para compor o termo de referência, pois se mostraram pontos mais pertinentes e recorrentes durante a pesquisa: clima; geologia e pedologia; geomorfologia e relevo; recursos hídricos; fauna e flora; aspectos sociais; histórico.

### 4.3.2 Técnicas de Recuperação

#### 4.3.2.1 Confinamento dos resíduos, impermeabilização superior e isolamento da área

Camadas de superfície são necessárias para controlar odores, prevenir o movimento dos resíduos pela ação do vento, e manter roedores, pássaros e insetos longe da camada de resíduos (GILL *et al.*, 1999). O confinamento dos RSU juntamente com o isolamento da área, onde há a disposição inadequada dos resíduos sólidos, são necessários para evitar o

acesso de pessoas e animais naquele local, e o contato destes com a camada de resíduos. Isso é fundamental uma vez que não é seguro que hajam pessoas trabalhando em um local insalubre como este, nem morando, pois, estes locais podem apresentar elevados riscos de contaminação, e presença de vetores de doenças.

A primeira camada a ser construída após o depósito de resíduos no processo de recuperação desta área degradada será a camada de impermeabilização superior. Essa camada tem como objetivo impedir que os líquidos percolem na camada de resíduos sólidos, diminuindo assim a produção de lixiviado.

Bahia (2013) cita que essa camada de impermeabilização superficial poderá ser composta de solo argiloso de baixa permeabilidade, e conter uma camada de 70 cm de espessura de solo local para o plantio de gramíneas.

FEAM (2010), em sua cartilha de Reabilitação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos, sugere três diferentes formas de impermeabilização. A primeira, mais simples, refere-se à camada selante sendo argila compactada, sem controle tecnológico, com espessura de 80 cm nas plataformas e bermas e 50 cm na superfície dos taludes.

A segunda alternativa recomenda uma camada impermeabilizante de argila compactada, com controle técnico criterioso das camadas compactadas, tendo espessura de 60 cm nas plataformas e bermas, e 40 cm nas superfícies dos taludes.

A última alternativa proposta pela cartilha, e a que foi escolhida para compor a primeira versão do termo de referência, indica geomembrana de PEAD (espessura de 1 mm) para compor a camada selante, sobre a qual deverão estar presentes as camadas de proteção (argila moderadamente compactada com 40 cm de espessura, aproximadamente), drenagem e uma camada que dê suporte para a cobertura vegetal.

Além da camada impermeabilizante artificial é previsto, então, que haja a camada de substrato orgânico para tornar possível o plantio de algumas vegetações nesta região. Segundo Gill *et al.* (1999), esse solo deve conter adequadas propriedades físicas e químicas para ser capaz de prover água e nutrientes suficientes para o crescimento destas plantas. E, quanto à vegetação, ela deve ser natural de cada local e diversificada, tanto para fins estéticos, quanto para controlar a erosão do solo.

A camada de geomembrana PEAD foi escolhida para compor o termo de referência, a princípio, por representar maior garantia de eficiência, uma vez que, como definida por FEAM (2010), essa técnica

está incluída na alternativa de recuperação de lixão de concepção técnica mais rigorosa e de expectativa de melhores resultados.

#### 4.3.2.2 Drenagem Pluvial

O sistema de drenagem pluvial terá a função de coletar e encaminhar a água proveniente da chuva para os sistemas naturais hídricos ou galerias pluviais (BAHIA, 2013). Além disso, segundo Gill *et al.* (1999), a drenagem aprimora a estabilidade dos taludes, pois reduz a pressão da água, e, além disso, provê aeração para o crescimento das plantas na camada de cobertura. E os materiais mais utilizados para a camada de drenagem são areia, cascalho e materiais geocinéticos.

Para compor o termo de referência na categoria tangente à drenagem pluvial, foi optado pela definição que aparece em Bahia (2013), por ser considerado, pela autora, uma solução cabível para tais projetos. O sistema de drenagem pluvial sugerido engloba canais escavados no solo, canaletas de concreto, tubulações de concreto ou PVC, galerias, bueiros e dissipadores de energia. E, para o dimensionamento, é sugerido que seja utilizado uma chuva de projeto com um tempo de retorno de 15 anos.

#### 4.3.2.3 Drenagem de Líquidos Lixiviados

O sistema capaz de coletar os líquidos lixiviados da camada de resíduos devem ser bastante analisados quando implementados. Por talvez se tratar de áreas antigas que já não estão em operação há um certo período, ou que iniciaram suas atividades há muitos anos, é possível que seja complexo e custoso diagnosticar a quantidade e a localidade desse lixiviado, e, portanto, coletá-lo também será um trabalho metucioso.

Segundo Gill *et al.* (1999), se o local não apresenta sistema de drenagem de lixiviados, podem ser instalados drenos subterrâneos ou então uma série de poços de extração para coletar este líquido lixiviado. FEAM (2010) sugere que a drenagem do percolado seja constituída por uma linha de drenos estabelecida no perímetro da plataforma de base do terreno onde há a disposição inadequada de resíduos, e este líquido deve desaguar, por gravidade, na parte mais baixa do terreno. Além disso, para complementar este último sistema também é sugerida a utilização de bombas de sucção, que serviriam para aprimorar o processo de retirada dos líquidos e o encaminhamento para a estação de tratamento.

Para a construção do termo de referência foi utilizada a sugestão presente em FEAM (2010), e ainda acrescentada a sugestão de material

proposto por Bahia (2013), que foi brita ou rachão, excluindo o uso de material geotêxtil, devido a possibilidade de ocorrer colmatação biológica neste material em se tratando de lixiviados.

#### 4.3.2.4 Tratamento dos Líquidos Lixiviados

Além do sistema de drenagem de lixiviados também é necessário prever um sistema que irá tratar esses líquidos, uma vez que, como eles irão ser descartados corretamente no meio ambiente, devem obedecer às legislações referentes ao descarte, necessitando, portanto, de um tratamento. Esse sistema poderá ser construído no local em que o lixão se encontra, ou também, segundo Bahia (2013) o sistema pode ser ajustado a um sistema de tratamento de esgoto já existente no município.

Porém, essa prática, segundo Gomes *et al* (2009), deve ser muito bem analisada, pois o lixiviado não se comporta como esgoto sanitário. Além disso, Gomes *et al* (2009) também defende que é muito importante o estudo sobre as características e composição do lixiviado para evitar que sejam construídos sistemas sub ou superestimados, mas que sejam aplicados tratamentos que estejam adequados à realidade brasileira. AINA (2006 *apud* RAMOS, 2016) também sugere que sejam realizados testes de tratabilidade do líquido lixiviado, a fim de orientar a melhor escolha do tipo de tratamento destes líquidos.

O tratamento de líquidos lixiviados pode incluir tratamento biológico para reduzir DBO e DQO, e tratamento químico para remoção de metais (GILL *et al.*, 1999). O sistema de tratamento de lixiviados deve ser planejado considerando os aspectos característicos de lançamento, capacidade e tipos de utilização do corpo receptor, com indicação da vazão, das características do efluente bruto quanto ao pH, Temperatura (°C), DQO (mgO<sub>2</sub>/L), DBO<sub>5</sub> (mgO<sub>2</sub>/L), Fósforo total (mg P/L), Nitrogênio Total (mg N/L), Nitrogênio amoniacal (mg N/L) e metais pesados (BAHIA, 2013).

Segundo Reichert (2007) e CETESB (2001), alguns tratamentos para lixiviados podem ser: Lodos ativados; Lagoas de estabilização; Lagoas aeradas; Lagoas anaeróbias; Tratamento físico-químicos (evaporação natural, floculação e sedimentação, filtração e osmose reversa, ultrafiltração, coagulação e precipitação, carvão ativado); Aplicação no solo; Recirculação.

Como já citado anteriormente, caso esse líquido tratado seja lançado em um corpo hídrico, ele deve atender às legislações vigentes. Atualmente, no âmbito nacional, deve-se obedecer à Resolução

CONAMA nº 357/2005, que estabelece os padrões de lançamento de efluentes.

Na concepção do termo de referência foi utilizada como base a definição contida em Bahia (2013), pois foi considerada a opção mais coerente com a realidade encontrada no cenário estadual.

#### 4.3.2.5 Drenagem de Gases

Segundo Ramos (2016), os gases provenientes de locais com disposição de resíduos sólidos são provenientes da matéria orgânica composta essencialmente de metano e de gás carbônico. Sua quantidade depende de fatores diversos, como a natureza, a idade, o modo de operação, e as condições de oxigenação, umidade, estado físico, pH, temperatura, nutrientes, capacidade-tampão e taxa de degradação dos resíduos.

Conforme Bisordi et al. (2004, apud Ramos, 2016), em áreas afetadas pela presença de resíduos sólidos, a drenagem de gases deve ocorrer em células onde o projeto indicar a presença de bolsões, através de escavações com a máxima profundidade com o objetivo de eliminá-los. Portanto, para instalar este sistema responsável em coletar os gases oriundos de lixões, deve-se efetuar um estudo geotécnico prévio na região.

Esse estudo visa obter conhecimento em relação à geração e ao comportamento destes gases, pois, devido sua facilidade de combustão, é extremamente delicado perfurar a camada de resíduos sem ter conhecimento da quantidade de gás a qual é gerada ali.

Esse sistema, conforme Gill *et al.* (1999), poderá ser constituído por vias horizontais preenchidas com areia ou outros materiais permeáveis antes de se efetuar a cobertura da camada de resíduos. Caso a cobertura já tenha sido executada, o sistema de drenagem de gases poderá ser estabelecido através de drenos verticais perfurados na camada de resíduos. Além disso, Gill *et al.* (1999) também citam que estes sistemas de coleta de gases podem ser complementados por bombas, para auxiliar o transporte dos gases até a superfície da camada de cobertura do lixão.

FEAM (2010) sugere um sistema com drenos, construídos com equipamentos destinados a escavação de estacas de fundações, com diâmetro de 40 cm, e preenchidos por brita nº 4, sendo complementado por um tubo de concreto destinado à queima dos gases.

O sistema destinado à captação dos gases provenientes de lixões pode ser composto por tubos de drenagem com diâmetros superiores a 200 mm envoltos por material drenante como brita (nº 4) ou rachão.

Sugere-se que estes drenos atendem um raio de até 25 m, e que sejam projetados queimadores metálicos de gases (BAHIA, 2013).

Outro item relacionado com a geração de gases em locais com disposição de resíduos sólidos urbanos é a geração de energia. Existe a possibilidade de aproveitamento energético em lixões onde há grande volume de matéria orgânica aterrada recentemente. Segundo Castilhos Jr. *et al.* (2002), as diferentes utilizações possíveis para o biogás dependem da vazão, pressão, PCI, regularidade e as condições impostas pelo utilitário desses gases. E, dependendo do caso, a utilização desse gás pode vir a ser combustível térmico, ou fonte de produção de energia mecânica, ou então na composição de eletricidade, por exemplo.

No entanto, a quantidade de gás gerada nesses locais pode variar ao longo do tempo, pois quanto mais degradada estiver a matéria orgânica, menos geração de gás irá ocorrer. A taxa de decomposição, medida pela geração de gás, atinge um pico nos primeiros dois anos, e ao longo do tempo diminui gradativamente (Reichert (2007). Desse modo, é necessário um estudo de viabilidade a fim de verificar se os gases gerados ali seriam suficientes para a construção de um sistema de aproveitamento energético.

No que se refere ao termo de referência, em relação à etapa de drenagem de gases, foi utilizado como embasamento as sugestões apresentadas acima por Bahia (2013) e FEAM (2010), por serem consideradas semelhantes e, aparentemente, possíveis de aplicação.

### **4.3.3 Checklist**

Conforme Alberte (2005), quando se trata de recuperação de áreas degradadas pela disposição de RSU, os aspectos ambientais são tratados através de ações como: drenagem das águas superficiais, drenagem, coleta e tratamento de gases e chorume; cuidados para evitar ou minimizar a contaminação do lençol freático e arborização do entorno da área.

Fellner (2013) sugere as seguintes recomendações no processo de recuperação de uma área degradada pela disposição de RSU: instalação de uma camada de cobertura; encapsulamento vertical do local; poços de remediação para os líquidos; instalação de coletores de gás.

Também foram utilizados como embasamento para esta etapa do trabalho alguns estudos de casos, como Beli (2005) e Carvalho e Pfeiffer (2005), nos quais constam algumas medidas que deveriam ser tomadas em relação àquelas áreas degradadas por RSU. São elas: instalação de um sistema de drenagem superficial periférica, específico para a coleta de águas pluviais; Ligação do dreno de coleta de percolado, já existente, ao

sistema de tratamento do Aterro sanitário; Sistema de drenagem de águas pluviais e líquidos percolados; sistema de tratamento de líquidos percolados; Instalação de dreno de gás perfurados na massa de resíduos; reconformação do material de cobertura para permitir o escoamento das águas pluviais; Determinação das quantidades de resíduos atualmente depositados na área; Plano de monitoramento.

Dessa forma, baseando-se nas referências citadas acima, e às citadas ao longo do trabalho, o resultado final abordou questões julgadas mais pertinentes para o caso de uma área degradada. Confinamento dos resíduos, impermeabilização superior, isolamento da área, drenagem pluvial, de líquidos lixiviados e gases, e tratamento dos lixiviados, foram os itens abordados nesta etapa. O resultado final deste checklist está apresentado como parte do termo de referência, o qual está disposto na etapa de resultados.

#### 4.4 VERSÃO FINAL DO TERMO DE REFERÊNCIA

A última etapa deste trabalho, então, se deu na construção da versão final do termo de referência. Como explicado anteriormente, após concluída a primeira versão do termo, foi enviado o questionário para os especialistas responderem e agregarem observações que achassem necessárias na complementação deste.

Após obtidas as respostas, e feitas algumas alterações, a última versão do termo de referência para o processo de recuperação de áreas degradadas devido à disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos foi elaborada, e segue apresentada abaixo:

### 1. OBJETIVO

Este termo de referência tem como objetivo propor ações mínimas que devem ser consideradas quando for elaborado um projeto de recuperação de uma área degradada pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, também conhecidos como lixões. O presente documento apresenta sugestões de algumas ações corretivas para essas áreas degradadas e algumas tecnologias que podem ser aplicadas nesse ramo.

O Termo também objetiva auxiliar em circunstâncias em que estas áreas são consideradas recuperadas. Para isto, foi elaborado um checklist de verificação destas áreas, que irão dar suporte para as equipes

responsáveis em fiscalizar lixões que são considerados recuperados. O documento para este fim está disposto neste Termo de Referência como Apêndice 1.

## **2. DOCUMENTOS COMPLEMENTARES**

Este documento utilizou como embasamento principalmente as seguintes legislações e normas brasileiras:

- NBR 13.896 - Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação;
- NBR 8.419 – Apresentação de projetos de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos;
- CONAMA 357/2005 – Classificação dos corpos de água e Padrões de lançamento de efluentes;
- CONAMA 396/2008 – Classificação e enquadramento das águas subterrâneas;
- CONAMA 420/2009 – Dispõe sobre critério e valores quanto à qualidade do solo;

## **3. DEFINIÇÕES**

### **3.1 Resíduos Sólidos Urbanos**

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 10.004, a definição de resíduos sólidos é:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

### **3.2 Lixão**

Forma inadequada de destinação para os resíduos sólidos urbanos. Um lixão não possui tecnologias de engenharia que protegem o meio ambiente ou a saúde pública.

### 3.3 Área degradada

Para uma área ser considerada degradada devem ter ocorrido transformações negativas em seu ambiente. A desestabilização da fauna e/ou da flora dessa região, contaminação do solo e/ou dos recursos hídricos, e perdas de algumas capacidades físicas de seus componentes são alguns exemplos que podem caracterizar uma área degradada.

### 3.4 Plano de Recuperação

Adoção de medidas que visem recuperar a área degradada, através da remoção ou contenção dos contaminantes ali presentes, de forma a reduzir ou cessar danos ao ambiente e a saúde pública.

### 3.5 Impermeabilização

Deposição de camadas naturais e/ou artificiais que visam impedir totalmente ou quase a entrada e percolação de líquidos na camada de resíduos.

### 3.6 Drenagem Superficial

Sistema que visa a captação e o desvio dos líquidos do escoamento superficial do local.

### 3.7 Lixiviado

Líquido proveniente da decomposição de substâncias presentes nos resíduos sólidos. Possui cor escura, odor e elevada DBO (demanda bioquímica de oxigênio).

### 3.8 Gases Provenientes dos Lixões

Gases produzidos devido à decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos, e possui composição variável em função das condições onde estão dispostos estes resíduos. Os gases mais comumente

encontrados em locais onde há disposição de resíduos sólidos urbanos são metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

### 3.9 Espécie Endêmica

Espécie endêmica é aquela espécie animal ou vegetal que ocorre em uma determinada área ou região geográfica, e não acontece naturalmente em outras partes do mundo.

## **4. FATORES PARA SEREM CONSIDERADOS QUANDO UM PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA FOR ELABORADO**

O presente termo de referência serve para dar suporte aos projetos de recuperação de áreas onde há inadequada disposição de resíduos sólidos urbanos. Portanto, é necessário um diagnóstico deste local, levando em consideração os aspectos apresentados a seguir.

### 4.1 Clima

O conhecimento sobre o clima da região é de grande importância, pois dá condições para gerar uma estimativa do lixiviado que supostamente é produzido conforme o comportamento hidrológico da região, portanto, informações sobre temperaturas e precipitação médias são relevantes. Além disso, o diagnóstico do clima pode conter informações sobre os ventos predominantes e informações quanto às chuvas intensas que ocorrem no local.

### 4.2 Geologia e Pedologia

A caracterização do solo servirá para se obter conhecimento quanto a compactabilidade dele e sua vulnerabilidade erosiva. Análises para saber se há contaminação do solo são necessárias aqui, bem como investigações para se ter conhecimento da altura da camada de resíduos que ali foi depositada.

Para o diagnóstico quanto à contaminação do solo podem ser solicitadas análises em relação à NO<sub>x</sub> e condutividade elétrons, a fim de verificar a presença de íons, cloreto, nitrogênio amoniacal. Além disso, sugere-se, aqui, a Resolução Nº 420/2009 (CONAMA), que sugere análises em relação a contaminação de solos.

### 4.3 Geomorfologia e relevo

Através da investigação sobre o relevo da região será possível obter conhecimento nos aspectos genéticos, cronológicos, morfológicos, morfométricos e dinâmicos do solo. Aqui podem-se reunir arquivos como levantamentos topográficos, modelos digitais de terreno e superfície, e mapas potenciométricos, além de informações quanto a movimentações de terras, deslizamentos e movimentação do maciço de resíduos.

### 4.5 Recursos Hídricos

Para se obter um primeiro diagnóstico dos impactos que podem ter sido causados ou não à hidrografia da região, são importantes as informações relacionadas à localização dos recursos hídricos e sobre a bacia hidrográfica na qual o lixão está inserido. Também são necessárias análises relativas à qualidade da água (tanto para águas subterrâneas, quanto superficiais, e nos locais montante e jusante dos corpos hídricos), para verificar se há contaminação dos recursos hídricos próximos à área degradada. Além das análises, os corpos hídricos em questão devem ser enquadrados de acordo com a Resolução do CONAMA de N° 357/2005.

Através de análises, almeja-se nesta seção obter conhecimento em relação à profundidade dos recursos hídricos desse local, e o sentido do fluxo do lençol freático. Quanto à contaminação das águas subterrâneas e/ou superficiais, análises quanto ao pH, fósforo, nitrogênio, sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, oxigênio dissolvido, DQO, DBO, cloretos e coliformes são necessárias para saber se há necessidade de descontaminação e tratamento desse corpo hídrico. Os valores que devem servir como parâmetro estão encontrados nas resoluções do CONAMA N° 357/2005, 396/2008 e 430/2011 dispostas neste trabalho como Anexo I, Anexo II e Anexo III.

### 4.6 Fauna e Flora

Uma investigação quanto à formação vegetal do local é necessária, bem como se há presença ou não de animais nessa região, e se, em algum dos casos, há perigo de extinção de alguma espécie. Além disso, é importante verificar a presença de espécies endêmicas e/ou vetores de doenças nessas regiões, e também quanto à presença de mosquitos e moscar que causam incômodo para as populações vizinhas. E ainda, se a presença do lixão afetou de alguma forma na redução tanto de espécies

vegetais quanto animais, e se nas proximidades do local há presença de parques, reservas legais, ou áreas de preservação permanente.

#### 4.7 Presença de Catadores

Em uma região onde o depósito de resíduos sólidos urbanos ainda está ativo, pode haver a presença de catadores que obtém seu sustento por meio da retirada de alguns materiais recicláveis que ali são depositados. Essa prática, porém, apresenta muitos riscos para a vida desses trabalhadores devido às condições em que os resíduos estão dispostos, ao grande esforço exigido na atividade da catação e às condições de trabalho na qual se encontram.

Os lixões apresentam elevados riscos de incêndios devido às altas concentrações de gás metano que produzem, e não possuem nenhuma estrutura que ofereça condições para que os catadores realizem seu trabalho de maneira segura. Além disso, esses trabalhadores dificilmente têm acesso a equipamentos de proteção individual, e estão constantemente expostos aos vetores de doenças normalmente encontrados em regiões de descarte de resíduos sólidos (ratos e mosquitos, por exemplo).

Os catadores de materiais recicláveis muitas vezes se instalam permanentemente nas regiões próximas dos lixões, e passam a usufruir daquela região como um todo, seja para trabalho, lazer ou necessidades básicas. Portanto, eles acabam suscetíveis também a outros riscos que estas áreas oferecem, incluindo a contaminação de um corpo hídrico, devido a presença de um lixão, que pode ser utilizado para consumo por esse grupo de trabalhadores.

Portanto, é muito importante que um projeto de recuperação de um lixão considere a presença deste grupo de trabalhadores e preveja sua inserção nas atividades da coleta seletiva das áreas próximas a esta região.

#### 4.8 Histórico

São necessárias informações quanto ao período de funcionamento do lixão, para então estimar o volume de resíduos que estão dispostos na área em questão, a maneira como foram encerradas as atividades, quais os tipos de resíduos que costumavam ser depositados nesses locais, qual a delimitação que a área do lixão chegou a alcançar, e por fim, qual a quantidade destes resíduos que precisa ser tratada.

## 4.9 Área

Também é necessário reunir informações em relação à área que o lixão está contido, como por exemplo quanto a situação legal dela, quanto à vizinhança (se possui moradias, comunidades isoladas, quilombolas ou indígenas). Além disso, para fins visuais podem ser reunidas imagens aéreas históricas do local para fins informativos.

Também deve ser analisado se existe a presença de gases provenientes da decomposição dos resíduos sólidos, e se há ocorrência de explosões advindas destes gases. Essa informação é muito importante, visto que esses gases apresentam alto risco de combustão, o que torna a presença de pessoas próximas àquele local extremamente perigoso.

## 5. TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO<sup>2</sup>

### 5.1 Confinamento dos resíduos, impermeabilização superior e isolamento da área

O isolamento da área deve ser feito para evitar o acesso de pessoas e animais na região em questão. O confinamento é necessário para evitar a dispersão dos resíduos além daquele local, a dispersão de odores e impermeabilizar a camada de resíduos. Este isolamento pode ser constituído por cercas e placas de sinalização, e possuir um acompanhamento por vigilância, para evitar a entrada de pessoas e animais no local.

A impermeabilização superior tem como finalidade impedir que a água proveniente da chuva infiltre na camada de resíduos e conseqüentemente diminua a geração do líquido percolado, o lixiviado. Portanto, para esse fim aconselha-se o uso de uma camada selante formada por argila, sobre a qual estarão as camadas de proteção (argila compactada com espessura de 40 cm), a camada de drenagem de gases e o solo que dará suporte a cobertura vegetal. Complementando essa camada de impermeabilização, também deve haver um sistema de drenagem das águas pluviais, que será descrito a seguir.

A camada superficial, que é a última camada, cobrirá o maciço de resíduos sólidos e dará suporte para o plantio de gramíneas. Para esta camada é sugerida uma espessura de 40 cm de solo ou composto orgânico,

---

<sup>2</sup> Para a utilização deste termo de referência, bem como das técnicas de recuperação apresentadas neste título, supõe-se que o usuário já tenha descartado a possibilidade de remoção dos resíduos sólidos do local a ser recuperado. Optando-se portanto, por uma recuperação, desta área degradada, realizada no mesmo local onde ela se encontra.

porém essa espessura varia de acordo com o tipo de planta que será escolhido, devido ao tamanho das raízes.

## 5.2 Drenagem Pluvial

Para a drenagem proveniente da água da chuva, deve haver um sistema que conduzirá as águas pluviais até os sistemas naturais hídricos ou então até as galerias pluviais.

Este mecanismo poderá ser composto por canais escavados no solo, tubulações de concreto ou PVC, galerias, bueiros e dissipadores de energia. Para o dimensionamento desse sistema pode ser utilizado o método racional, utilizando um tempo de retorno, para a chuva, de 15 anos.

## 5.3 Drenagem de líquidos lixiviados

Esse sistema deverá ser construído em torno da plataforma de base do lixão em seu ponto mais baixo, para que a drenagem dos líquidos lixiviados ocorra por gravidade. Além disso, a presença de uma bomba de sucção auxiliaria na coleta destes lixiviados para encaminhá-los até um sistema de tratamento de efluentes.

O material aconselhável para este tipo de sistema são tubos de drenagem envoltos com material drenante do tipo brita ou rachão. O uso de material geotêxtil não é aconselhável pois pode ocorrer a colmatação biológica em se tratando de lixiviados.

## 5.4 Tratamento dos líquidos lixiviados

Relacionado com o sistema de drenagem dos líquidos lixiviados provenientes do lixão, deve estar vinculado um sistema de tratamento para estes. Este sistema deve levar em consideração as características de lançamento do corpo receptor, como pH, Temperatura (°C), DQO (mgO<sub>2</sub>/L), DBO<sub>5</sub> (mgO<sub>2</sub>/L), Fósforo total (mg P/L), Nitrogênio Total (mg N/L), Nitrogênio amoniacal (mg N/L) e metais pesados. Portanto, o sistema de tratamento de percolados deve prever o atendimento destes requisitos, de acordo com a resolução do CONAMA nº 357/2005, disposta neste documento como Anexo I, que limita os padrões de lançamento de efluentes conforme a classificação do corpo receptor.

## 5.5 Drenagem de gases

Para que um sistema de drenagem de gases possa ser construído, é necessário um estudo geotécnico prévio a fim de verificar a existência de bolsões de gases nas camadas de resíduos sólidos, o que inviabilizaria a construção desse sistema, ou demandaria um maior cuidado na hora da execução deste projeto. Sendo possível a construção deste, o sistema deve ser projetado para conduzir os gases gerados no lixão para a superfície da camada de resíduos, e na extremidade superior devem ser previstos queimadores metálicos de gases para transformar o gás metano em gás carbônico, pois este não oferece grande risco de explosões como o metano.

Este sistema poderá ser constituído por tubos de drenagem com diâmetros superiores a 200 mm envoltos por material drenante como brita (nº 4) ou rachão. Estes drenos devem ser dimensionados para atender um raio de no máximo 25 m, e pode ser executado interligando-se com o sistema de drenagem de líquidos.

Além disso, existe a possibilidade de aproveitamento energético em lixões onde há grande volume de matéria orgânica aterrada recentemente. Para isso um estudo de viabilidade deve ser realizado para verificar se a geração de gases naquele local seria suficiente para a construção de um sistema para transformar o gás proveniente da decomposição dos resíduos sólidos urbanos em uma forma de energia útil.

## APÊNDICES DO TERMO DE REFERÊNCIA

### APÊNDICE 1 – Representação Gráfica de algumas técnicas de recuperação

**Figura 6 - Representação gráfica de algumas técnicas de recuperação.**



APÊNDICE 2 – Checklist para verificação de áreas degradadas que se encontram recuperadas

<b>Confinamento dos Resíduos (camada de cobertura)</b>			
Há algum sistema que vise confinar os resíduos, a fim de não haver a dispersão pelo vento e a exposição deles?	Sim	Não	Observações:
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Impermeabilização Superior</b>			
Caso haja a camada de cobertura, ela é composta por algum material impermeabilizante (natural ou sintético) que, de alguma forma, impeça a entrada da água na camada de resíduos?	Sim	Não	Observações:
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Isolamento da Área</b>			
O local está isolado de alguma maneira (cerca, portões...) que impeçam o acesso de pessoas não autorizadas no local?	Sim	Não	Observações:
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Drenagem Pluvial</b>			
Na área considerada recuperada, há algum sistema voltado para conduzir as águas provenientes da chuva para uma destinação adequada, como os corpos hídricos mais próximos?	Sim	Não	Observações:
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Drenagem de Líquidos Lixiviados</b>			
Existe algum sistema que vise coletar os líquidos lixiviados que são produzidos no local?	Sim	Não	Observações:
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Tratamento de Líquidos Lixiviados</b>			
O local conta com alguma forma de tratamento de lixiviados <sup>3</sup> ?	Sim	Não	Observações:

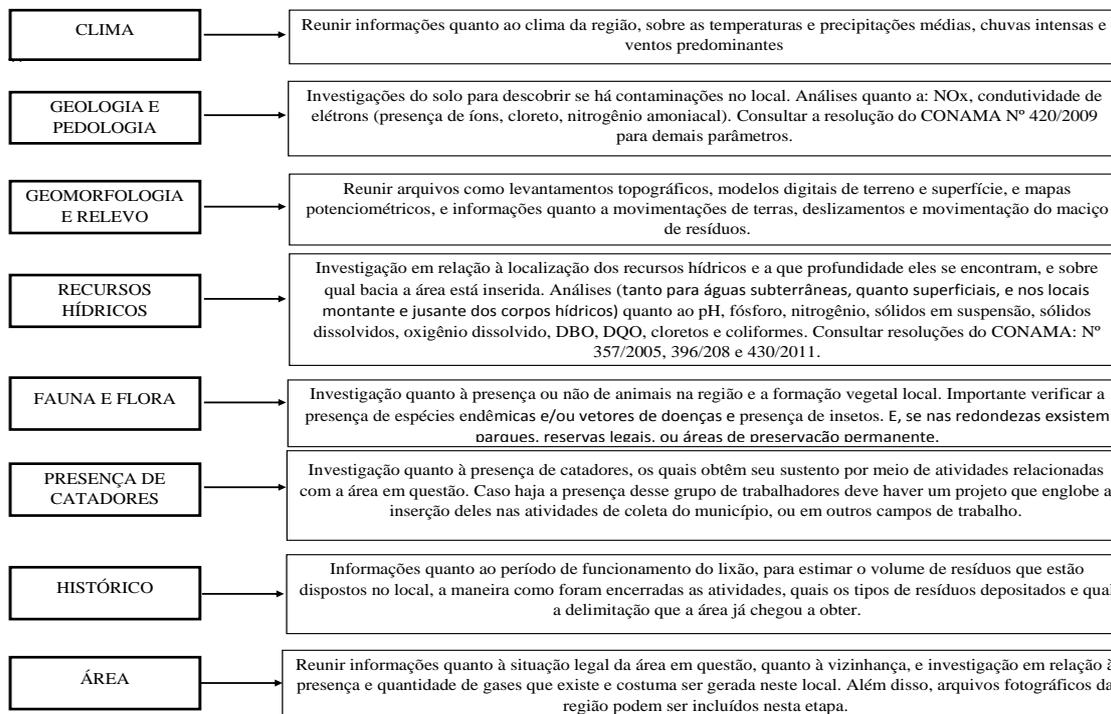
<sup>3</sup> Alguns exemplos de tratamentos comuns para lixiviados são: Lodos ativados; Lagoas de estabilização; Lagoas aeradas; Tratamento físico-químicos (evaporação natural, floculação e sedimentação, filtração e osmose reversa, ultrafiltração, coagulação e precipitação, carvão ativado); Aplicação no solo; Recirculação.

<b>Drenagem de Gases</b>			
Foi realizado um estudo geotécnico para saber se: ainda há uma considerável geração de gases nesse local?	Sim	Não	Observações:
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Caso haja a presença de bolsões de gases na camada de resíduos, foi elaborado algum sistema de captação destes gases?	Sim	Não	Observações:
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

## APÊNDICE 3 – Fluxograma da Etapa 1

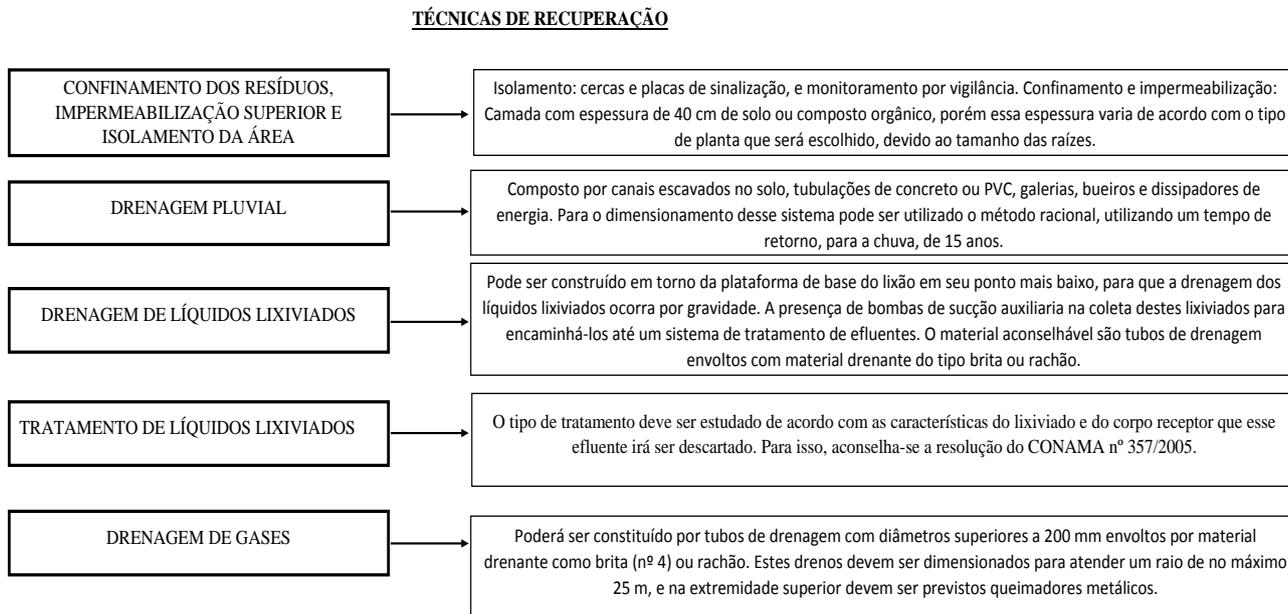
**Figura 7 - Fluxograma primeira etapa do termo de referência**

**FATORES PARA SEREM CONSIDERADOS QUANDO UM PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA FOR ELABORADO**



## 6.4 APÊNDICE 4 – Fluxograma da Etapa 2

Figura 8 - Fluxograma segunda etapa do termo de referência



## 4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 4.5.1 Remoção dos resíduos do local

Como mencionado anteriormente, segundo Ramos (2016), várias técnicas podem ser empregadas na desativação, adequação e recuperação de áreas degradadas pela disposição de RSU. A recuperação pode ser executada *in situ* (no local), ou *ex situ* (fora do local). Para FEAM (2010), a técnica que envolve a remoção dos resíduos do local de disposição inadequada só é viável se a quantidade de resíduos a serem retirados for pequena, pois envolve a remoção e o transporte dos resíduos para um aterro sanitário, e implica em elevados custos e dificuldades operacionais.

Dito isso, o presente trabalho foi desenvolvido visando auxiliar projetos de recuperação de áreas degradadas pela presença de lixões, onde já tenha sido efetuado um estudo sobre qual a melhor solução quanto à recuperação da área. Portanto, recomenda-se que o termo de referência proposto seja utilizado quando é desejado que a recuperação da área degradada seja *in situ*, e a possibilidade de transportar os resíduos para tratá-los fora do local (*ex situ*) já tenha sido descartada.

### 4.5.2 Uso Futuro da Área

Bahia (2013), FEAM (2010) e Gill *et al.* (1999) sugerem que ao ser executado um projeto de recuperação de uma área degradada é necessária uma previsão quanto ao uso futuro desse local. Neste trabalho não foi abordado o tema em relação ao uso futuro de uma área que irá ser recuperada, pois este pode ser bastante variável, e influenciar nas técnicas de remediação.

Segundo FEAM (2010), o uso futuro da área deverá ser definido com base nos estudos realizados e na aptidão da área, levando-se em consideração a proteção à saúde humana e ao meio ambiente. Recomenda-se, nestes casos, a implantação de áreas verdes, com equipamentos comunitários como praças esportivas, campos de futebol, nos casos de locais próximos a áreas urbanas.

Ainda de acordo com FEAM (2010), a implantação de edificações sobre os depósitos de resíduos desativados é desaconselhável, devido aos problemas relacionados à baixa capacidade de suporte do terreno e à possibilidade de infiltração de gases com alto poder combustível e explosivo (metano).

Portanto, recomenda-se que a etapa de planejamento sobre o uso futuro da área deve constar no projeto de recuperação da área degradada,

visto que esse uso futuro pode acarretar em algumas adequações de um projeto geral de recuperação, como o apresentado neste trabalho.

### **4.5.3 Monitoramento da Área**

O monitoramento de uma área recuperada é tão necessário quanto as técnicas de remediação que foram implantadas na remediação desta. Os resultados do monitoramento serão utilizados para verificar a eficiência da remediação, propiciando observar se os objetivos desta estão sendo atingidos ou não (CETESB, 2001).

Da mesma forma, Alberte (2005) defende que a última etapa do processo de recuperação de uma área degradada pela disposição de RSU é o monitoramento. Nesta etapa é realizada a conferência da eficiência do plano de recuperação da área nos meios afetados, como o solo, a água e o ar. Alberte (2005) ainda cita que a realização do monitoramento indica a evolução do estágio de decomposição dos resíduos depositados e, portanto, de eficiência do processo de inertização do maciço de resíduos.

A NBR 13.896/1997, que lista critérios para projeto, implantação e operação de aterros sanitários, também sugere que, após encerradas as atividades dos aterros sanitários, estes devem possuir um plano de encerramento. Este plano engloba monitoramentos em relação às águas subterrâneas por um período de 20 anos, manutenção dos sistemas de drenagem e detecção de líquido percolado até o término da sua geração, manutenção da camada de cobertura, do sistema de tratamento do líquido lixiviado, e do sistema de coleta de gases até o término da sua geração.

Portanto, mesmo que a etapa de monitoramento não tenha sido abordada no termo de referência proposto, é necessário que seja prevista essa etapa, a fim de evitar que novos impactos sejam causados pela falta de manutenção das recuperações.

### **4.5.4 Aplicação do Termo de Referência**

De acordo com alguns especialistas que responderam o questionário referente à etapa de validação, a aplicação completa do termo de referência proposto pode enfrentar algumas dificuldades e limitações. Em se tratando de municípios menores, a completa realização das técnicas de remediação propostas pode ser inviável economicamente, devido aos altos custos que estas podem demandar. Portanto, cabe aos gestores dos municípios adequarem a proposta presente neste trabalho de acordo com a realidade em que se encontra cada município e a área degradada em questão.

Além disso, a aplicação deste trabalho ficou delimitada, a princípio, ao estado de Santa Catarina, como foi explicado no início deste documento. No entanto, vale ressaltar que a proposta do documento referente ao termo de referência foi elaborada visando abranger casos não específicos de lixões.

Portanto, o resultado final deste trabalho pode ser enquadrado em situações de recuperação de áreas degradadas por disposição irregular de RSU de outras localidades. Isso possibilita, então, seu uso em outras regiões do Brasil, devendo apenas ser adaptado conforme a realidade em que estiver sendo aplicado.

#### **4.5.5 Presença de catadores em áreas com presença de lixões**

A temática que envolve os aspectos sociais presentes em áreas onde há a existência de lixões não foi abordada profundamente neste trabalho por se tratar de um tema que exige um estudo à parte e soluções específicas. Conforme Ramos (2016), o fim das atividades dos catadores em lixão deve envolver, além de uma indenização, a reinserção destes em atividades econômicas relacionadas com a coleta e triagem de materiais recicláveis.

Portanto, neste trabalho não foram abordados, em maiores detalhes, os projetos de inserção de catadores de materiais recicláveis ao desativar um lixão. Mas ficou previsto no documento referente ao termo de referência que tais projetos e soluções devem ser estudados e aplicados conforme a realidade em que o lixão a ser recuperado se encontra.



## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho de conclusão de curso almejou contribuir com os processos de recuperação de áreas degradadas pela disposição de resíduos sólidos urbanos, através da elaboração de um termo de referência. Este termo tem como objetivo proporcionar embasamento técnico para a realização de projetos voltados para a recuperação destas áreas. As principais conclusões estão apresentadas conforme os objetivos específicos citados no início do trabalho:

- Identificar problemas decorrentes da disposição inadequada de resíduos sólidos, tanto em âmbito social, quanto ambiental.

A etapa referente ao levantamento dos impactos causados onde há a ocorrência de lixões foi fundamental para direcionar a estruturação do termo de referência. Verificando os problemas mais recorrentes encontrados devido à disposição inadequada de RSU, foi decidida qual a abrangência e quais pontos seriam abordados no termo de referência.

- Desenvolver instrumento no qual conste ações mínimas a serem consideradas no processo de recuperação de lixões, a fim de mitigar os danos mais comumente encontrados.

Através da realização desta etapa, foi possível estruturar, no termo de referência, as ações mínimas de investigação e de recuperação destas áreas degradadas. A elaboração desse item foi a parte mais longa do trabalho, visto que existem mais de uma opção, normalmente, para a remediação de alguns problemas encontrados. Além disso, a ideia do presente trabalho é proporcionar um embasamento abrangente no que se refere à recuperação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos. Conclui-se portanto que, apesar de possuir capacidade de oferecer embasamento técnico para os projetos de recuperação de áreas degradadas por lixões, as proposições feitas pelo termo necessitam ser moldadas conforme a necessidade e realidade que a área degradada se encontra. Além disso, também vale ressaltar que, para obterem-se melhores resultados em relação aos projetos de recuperação destas áreas degradadas, torna-se necessário um conhecimento prévio sobre essa temática por parte do responsável em elaborar ou implantar tais projetos.

- Desenvolver ferramenta para orientar e dar suporte na verificação das áreas onde o projeto de recuperação já foi concluído.

A ferramenta desenvolvida nesta etapa procurou facilitar situações em que deve ocorrer a verificação de uma área que se diz recuperada, de maneira abrangente, pois como já citado anteriormente, o trabalho proposto poderá ser adequado conforme a necessidade de cada realidade encontrada. O produto final deste objetivo específico, que resultou em um *checklist*, apresenta-se, então, de maneira sucinta e de simples interpretação e execução, acreditando-se, portanto, ser possível de ser utilizado para o fim proposto.

Por fim, o presente trabalho buscou ampliar os conhecimentos quanto esta temática de disposição final de RSU e auxiliar os projetos que propõem a recuperação de áreas degradadas por lixões. Conclui-se, portanto, que as proposições feitas neste documento podem vir a servir para embasamento de futuros trabalhos com a mesma finalidade. Além disso, quanto a aplicação deste trabalho, sugere-se que entidades estaduais e municipais, como agências reguladoras de saneamento e fundações, ajam em parceria e adequem as proposições feitas neste trabalho a cada realidade, e também que proponham capacitação e treinamentos para os profissionais que serão responsáveis em atuar com essa temática.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS). **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. [s.l.], 2016. 92 p.

AGENDA 21 COMPERJ. **Política Nacional de Resíduos Sólidos prevê acabar com lixões e implantar aterros sanitários até 2014**. Articulação local para o desenvolvimento sustentável na região Leste Fluminense. 27 maio 2013. Disponível em: <http://www.agenda21comperj.com.br/noticias/aterro-sanitario-e-lixao-qual-diferenca>. Acesso em: 15 maio. 2014.

ALBERTE, E. P. V.; CARNEIRO, A. P.; KAN, L.. Recuperação de áreas degradadas por disposição de Resíduos Sólidos Urbanos. **Diálogos e Ciência**. Ano III, n. 5, jun. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.515-1**: Passivo ambiental em solo e água subterrânea.. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.495**: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.847**: Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.896**: Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: procedimentos. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BAHIA. Governo do Estado. Secretaria de Desenvolvimento Urbano. **Termos de referência para elaboração de projetos de engenharia e estudos ambientais de obras e serviços de infraestrutura de sistemas integrados de destinação final de resíduos sólidos urbanos.** Salvador, 2013.

BELI, Euzebio *et al.* Recuperação da Área Degradada Pelo Lixão Areia Branca de Espírito Santo do Pinhal – SP. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, Sp, v. 2, n. 1, p.135-148, jul. 2005.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p

BRASIL. **Lei nº 9.605**, de 12 de fevereiro de 1998. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm)>. Acesso em: 08 set. 2016.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 08 set. 2016.

BRASIL. **Lei nº 10.165, de 2000.** Altera A Lei no 6.938, de 31 de Agosto de 1981, Que Dispõe Sobre A Política Nacional do Meio Ambiente, Seus Fins e Mecanismos de Formulação e Aplicação, e Dá Outras Providências.. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L10165.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L10165.htm)>. Acesso em: 08 set. 2016.

CARVALHO, E. H.; PFEIFFER, S. C. Plano de recuperação para a área degradada pelo lixão de Goianésia (GO). **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 23., 2005. Campo Grande. Anais... Campo Grande: ABES, 2005.

CASTILHOS JR., A. *et al.* Principais processos de Degradação de Resíduos Sólidos Urbanos. In: CASTILHOS JUNIOR, A. B. *et al.* (Org.). **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades.** Rio de Janeiro: RiMa/ABES, 2002

CASTILHOS JR, A. B. (Coord.). **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte**. Rio de Janeiro: RiMa/ABES, 2003. 294 p.

CETESB (COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO Ambiental). **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. São Paulo, 2001.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução N° 420, de 30 de dezembro de 2009**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 08 out. 2016.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução N° 396, de 3 de abril de 2008**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 08 out. 2016.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução N° 357, de 7 de abril de 2008**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2017.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução N° 334, de 3 de abril de 2003**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res03/res33403.xml>>. Acesso em: 08 out. 2016.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução N° 5, de 5 de agosto de 1993**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res93/res0593.html>>. Acesso em: 08 out. 2016.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução N° 2, de 20 de setembro de 1991**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=116>>. Acesso em: 08 out. 2016.

FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. **Curso de direito ambiental brasileiro**. 14ª ed. São Paulo : Saraiva, 2013, 922p.

FIEMG (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS). **Gerenciamento de áreas contaminadas: conceitos e informações gerais**. Belo Horizonte: FIEMG, s.d. Disponível em: <<http://www5.fiemg.com.br/admin/BibliotecaDeArquivos/Image.aspx?ImgId=30628&TabId=13628>>. Acesso em: 08 set. 2016.

FEAM (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE). **Reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos**. Belo Horizonte: FEAM, 2010.

FELLNER, J. **Recommendations for Closure and Aftercare of Landfills and Dumping Sites in the Republic of Serbia**. 2013.

GILL, Marc D. *et al.* **Landfill Remediation Project Manager's Handbook**. [s.l.]: Mitrek, 1999. 148 p

GOMES, Luciana Paulo et al (Org.). **Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras**. Rio de Janeiro: Abes, 2009. 362 p.

IBAM (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL). **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p.

IBAMA (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS) - **Instrução Normativa N.º 4**, de 13 de abril de 2011.

FATMA (FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE) - **Instrução Normativa N.º 16**, de março de 2012.

ISWA (INTERNATIONAL SOLID WAST ASSOCIATION). **Wasted Health – The Tragic Case of Dumpsites**. Viena, 2015.

JOSEPH, K. *et al.* **Dumpsite Rehabilitation and Landfill Mining**, CES, Anna University, Chennai-600 025, Índia, 2004.

JOSEPH, K. *et al.* **Dumpsite Rehabilitation Manual**, CES, Anna University, Chennai-600 025, Índia, s.d.

LOUREIRO, Saulo Machado. **ÍNDICE DE QUALIDADE NO SISTEMA DA GESTÃO AMBIENTAL EM ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS - IQS**. 2005. 517 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Ufrj, Rio de Janeiro, 2005.

OLIVEIRA, M. D.; AZEVEDO, M. de A. **Indicadores ambientais no monitoramento de processos de recuperação de áreas degradadas pela disposição de resíduos sólidos**. 2010. Disponível em: <<http://www.cbcn.org.br/simposio/2010/palestras/indicadores.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2017

POSSAMAI, F. P.; COSTA, M. M.; VIANA, E. **Lixões inativos na região sul de Santa Catarina**. (s.d.). Disponível em: <[http://www.fmd.pucminas.br/Virtuajus/2\\_2006/Docentes/pdf/Fernando.pdf](http://www.fmd.pucminas.br/Virtuajus/2_2006/Docentes/pdf/Fernando.pdf)>. Acesso em: 07 set. 2016.

PNUMA (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE). 2015. Disponível em: <<http://www.pnuma.org.br/publicacoes.php>>. Acesso em 06 de maio de 2016.

RAMOS, N. F. **Proposição de Metodologia Para Apoio À Decisão para a Recuperação de Área Degradada por Disposição Irregular de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2016. 251 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

REICHERT, G. A. **Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários**. Apostila da disciplina de Gerenciamento de Resíduos de Sólidos II, Universidade de Caxias do Sul, 2007.

ROUQUAYROL, M.Z.; ALMEIDA FILHO, N. **Epidemiologia e Saúde Pública**. 5 ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1999, 500 p.

SÁNCHEZ, L. E. **Recuperação ambiental: Um campo multidisciplinar de pesquisas**. Disponível em: <[stoa.usp.br/luissanchez/files/3291/18415/RAD+-+um+campo+multidisciplinar+de+pesquisas+Rio+Claro+2006.pdf](http://stoa.usp.br/luissanchez/files/3291/18415/RAD+-+um+campo+multidisciplinar+de+pesquisas+Rio+Claro+2006.pdf)>. Acesso em: 07 set. 2016.

SILVA, A. R.; LUCIANO, C. P. **Sociedade do descarte: estudo decaço do “lixão” do município de Rio Pardo/RS.** Disponível em:<[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.capitalsocialsul.com.br%2Fcapitalsocialsul%2Fdesenvolvimentoregional%2FGrupo%25202%2F14.pdf&ei=rVVxUpv-BYazsASR\\_IHQDA&usg=AFQjCNEAoYv6Uw5IW9wCs8MOr0s0bUA9pQ&sig2=yHzoOfbFT-goikKfArdc2A&bvm=bv.55617003,d.eW0](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.capitalsocialsul.com.br%2Fcapitalsocialsul%2Fdesenvolvimentoregional%2FGrupo%25202%2F14.pdf&ei=rVVxUpv-BYazsASR_IHQDA&usg=AFQjCNEAoYv6Uw5IW9wCs8MOr0s0bUA9pQ&sig2=yHzoOfbFT-goikKfArdc2A&bvm=bv.55617003,d.eW0)>. Acesso em: 22 maio. 2017.

SILVA, R. C. **Vulnerabilidade socioambiental a desastres na bacia hidrográfica do Rio Itacorubi, Florianópolis, SC.** 2010. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SCHMIDT, C. A. B. - **Série Temática: Recursos Hídricos e Saneamento** ANO I – 2010 - Volume 1, 62p.

TAVARES, S. R. L. *et al.* **Curso de Recuperação de Áreas Degradadas: A Visão da Ciência do Solo no Contexto do Diagnóstico, Manejo, Indicadores de Monitoramento e Estratégias de Recuperação.** Rio de Janeiro: Embrapa, 2008.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Quadro sobre impactos causados por lixões.

<b>Natureza das Perturbações</b>	<b>Origem</b>	<b>Impactos</b>
Dispersão de Resíduos pelo Vento	Papéis e plásticos, folhas e têxteis	Poluição do meio natural e das paisagens
Odores	Resíduos, fermentação, biogás	Transtornos para funcionários e moradores
Poeira	Circulação de veículos e equipamentos	Transtorno para funcionários e moradores
Animais	Atrativo alimentar dos resíduos	Transporte de doenças, transtorno para a aviação, alcance na cadeia alimentar
Incêndios e Explosões	Imprudências, resíduos incandescentes, acúmulo de biogás	Perigo para as pessoas que trabalham e/ou moram próximas do lixão, perturbação olfativa
Barulho	Circulação de equipamento	Transtorno para funcionários e moradores
Desmatamento	Implementação de uma instalação de aterro	Empobrecimento da paisagem, incômodo visual
Poluição solo e água	Infiltração do lixiviado	Degradação do meio natural
Efeito Estufa	Biogás não captado	Modificação do clima, patologias de plantas
Riscos Sanitários	Toxicidade dos resíduos, organismos patogênicos	Doenças

Desequilíbrio da Fauna e Flora Local	Condições desfavoráveis devido à poluição do local	Redução da biodiversidade nativa
Presença de Catadores trabalhando no local	Presença de material reciclável com valor agregado	Condições insalubres de trabalho
Especulação Imobiliária	Presença do lixo na proximidade de residências	Desvalorização Imobiliária da vizinhança

Fonte: Autora com base em Ramos (2016)

## APÊNDICE B – Questionário enviado aos especialistas

### Apresentação

Aprovada em 2010, no Brasil, a Lei 12.305 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e nela, constam diretrizes e melhorias que almejam aprimorar o cenário brasileiro no campo dos resíduos sólidos urbanos. Dentre elas, destaca-se a erradicação de formas inadequadas de disposição de resíduos sólidos urbanos, popularmente chamadas de lixões.

Foi neste contexto que um trabalho de conclusão de curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, da Universidade Federal de Santa Catarina, orientado pela Doutora Naiara Francisca Ramos, com o apoio do Laboratório de Resíduos Sólidos da UFSC (LARESO), surgiu. Este trabalho tem como objetivo contribuir com o processo de recuperação de áreas degradadas devido à disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos. Portanto, para atingir esse objetivo foram elaboradas orientações para os projetos de recuperação destas áreas, em forma de um Termo de Referência (anexo ao e-mail em PDF), a fim de proporcionar um embasamento técnico, neste assunto, para os órgãos ou empresas responsáveis em restaurar estas áreas.

A fim de validar este Termo de Referência e avaliar sua aplicabilidade em projetos de recuperação de lixões, foi elaborado um questionário para especialistas da área responderem e agregarem informações que servirão para aprimorar este Termo. Portanto, gostaria da colaboração dos senhores na avaliação dos instrumentos propostos no questionário apresentado a seguir.

Avaliador: \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

### QUESTIONÁRIO

1. Em relação à categoria “**Fatores para serem considerados quando um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas for elaborado**” foi verificado a ausência de algum questionamento pertinente para o alcance do objetivo proposto?

	Sim. Qual?
	Não

2. Algum questionamento da categoria “**Fatores para serem considerados quando um PRAD for elaborado**” é irrelevante para o trabalho proposto?
- |                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| <input type="checkbox"/> | Sim. Qual e por quê? |
| <input type="checkbox"/> | Não                  |
3. Em relação à subcategoria “**Clima**”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?
- |                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| <input type="checkbox"/> | Sim. Qual/Quais? |
| <input type="checkbox"/> | Não              |
4. Em relação à subcategoria “**Geologia e Pedologia**” quais análises do solo você considera prioridade no momento em que será realizado o diagnóstico quanto à contaminação do solo em uma região onde há a presença de um lixão?
- |                          |                |
|--------------------------|----------------|
| <input type="checkbox"/> | Metais Pesados |
| <input type="checkbox"/> | Coliformes     |
| <input type="checkbox"/> | Outros: _____  |
5. Em relação à subcategoria “**Geomorfologia e Relevo**”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?
- |                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| <input type="checkbox"/> | Sim. Qual/Quais? |
| <input type="checkbox"/> | Não              |
6. Em relação à subcategoria “**Recursos Hídricos**”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?
- |                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| <input type="checkbox"/> | Sim. Qual/Quais? |
| <input type="checkbox"/> | Não              |
7. Em relação à subcategoria “**Fauna e Flora**”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?
- |                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| <input type="checkbox"/> | Sim. Qual/Quais? |
| <input type="checkbox"/> | Não              |

8. Em relação à subcategoria “**Aspectos Sociais**”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?
- |                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| <input type="checkbox"/> | Sim. Qual/Quais? |
| <input type="checkbox"/> | Não              |
9. Em relação à subcategoria “**Histórico**”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?
- |                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| <input type="checkbox"/> | Sim. Qual/Quais? |
| <input type="checkbox"/> | Não              |
10. Em relação à categoria “**Técnicas de Remediação**” foi verificado a ausência de algum questionamento pertinente para o alcance do objetivo proposto?
- |                          |            |
|--------------------------|------------|
| <input type="checkbox"/> | Sim. Qual? |
| <input type="checkbox"/> | Não        |
11. Algum questionamento da categoria “**Técnicas de Remediação**” é irrelevante para o trabalho proposto?
- |                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| <input type="checkbox"/> | Sim. Qual e por quê? |
| <input type="checkbox"/> | Não                  |
12. Em relação à subcategoria “**Confinamento dos resíduos, impermeabilização e isolamento da área**”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?
- |                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| <input type="checkbox"/> | Sim. Qual/Quais? |
| <input type="checkbox"/> | Não              |
13. Em relação à subcategoria “**Drenagem Pluvial**”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?
- |                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| <input type="checkbox"/> | Sim. Qual/Quais? |
| <input type="checkbox"/> | Não              |
14. Em relação à subcategoria “**Drenagem de líquidos lixiviados**”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?

<input type="checkbox"/>	Sim. Qual/Quais?
<input type="checkbox"/>	Não

15. Em relação à subcategoria “**Drenagem de gases**”, verifica-se a ausência de algum questionamento que seja relevante para esta etapa?

<input type="checkbox"/>	Sim. Qual/Quais?
<input type="checkbox"/>	Não

16. O Termo de Referência mostra-se claramente aplicável em processos de recuperação de áreas degradadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos, considerando que este será utilizado por alguém com um prévio conhecimento na área?

<input type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não

17. Com base em sua experiência, você acredita que as proposições feitas no Termo de referência são coerentes com o processo de recuperação de lixões?

<input type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não

18. O Termo de Referência é de fácil entendimento sendo possível seu uso na atividade de recuperação de áreas degradadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos?

<input type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não

19. Em relação ao “**Apêndice 2 – Checklist para Verificação de áreas degradadas que se encontram recuperadas**”, há alguma sugestão ou comentário a ser feito?

20. Quais sugestões você faria em relação ao Termo de Referência para que ele possa atingir seu objetivo principal?

**Observações:**