



MARCUS VINÍCIUS FERREIRA NUNES

**LIXÃO DE BOM SUCESSO - MINAS GERAIS
CONDIÇÕES ATUAIS E PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO
AMBIENTAL**

**LAVRAS – MG
2019**

MARCUS VINÍCIUS FERREIRA NUNES

**LIXÃO DE BOM SUCESSO - MINAS GERAIS
CONDIÇÕES ATUAIS E PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO
AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Luís Antônio Coimbra Borges
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

*À Tia Mércia (in memoriam).
O seu sorriso foi o combustível da minha motivação.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por guiar todos os meus passos nessa jornada.

Aos meus pais Ricardo e Geralda, pelo apoio, carinho e exemplo.

Ao meu avô Paulo, pelo amor e imenso carinho. Todas as nossas conversas bem como seus conselhos estão guardados no meu coração.

Ao meu irmão e amigo Marcelo, por ser meu exemplo de persistência, dedicação e sabedoria. Metade do meu diploma é consequência do seu apoio.

À minha namorada e amiga Paula Eliza, pela paciência, carinho, amor e principalmente pelo compartilhamento de sonhos e propósitos. A outra metade do meu diploma é consequência da sua motivação.

À todos os familiares representados principalmente pela minha tia Lolinha, por todas as orações, carinho e palavras de motivação.

Aos Engenheiros Sem Fronteiras por todos os momentos de aprendizado e por me ensinar o verdadeiro significado de sucesso: “rir muito e com frequência; ganhar o respeito de pessoas inteligentes e o afeto das crianças; merecer a consideração de críticos honestos e suportar a traição de falsos amigos; apreciar a beleza, encontrar o melhor nos outros, deixar o mundo um pouco melhor, seja por uma saudável criança, um canteiro de jardim ou uma redimida condição social; saber que ao menos uma vida respirou mais fácil porque você viveu”.

À Preserva Júnior por me conectar a um movimento feito por pessoas incríveis e com propósitos arrojados.

À UNCP e todos os amigos de Huancayo, por terem ressignificado muitas coisas importantes na minha vida.

À todos os professores representados na pessoa do meu orientador Totonho. Obrigado por compartilharem de seu conhecimento, tempo e dedicação.

E por fim, agradeço à Universidade Federal de Lavras, foram anos de transformação, evolução profissional e pessoal.

RESUMO

O aumento populacional, êxodo rural, consolidação de uma cultura consumista, revoluções industriais e tecnológicas vêm contribuindo para que os resíduos sólidos se tornasse um grande problema ambiental da atualidade, visto que estes aspectos culminaram no aumento da geração dos resíduos e no aumento do potencial poluidor dos mesmos. A disposição final é a última etapa do gerenciamento de resíduos, porém, a mais delicada, por englobar riscos sanitários e ambientais. Lixão, aterro controlado e aterro sanitário são as três técnicas de disposição final de resíduos no Brasil, sendo as duas primeiras ambientalmente incorretas, podendo causar impactos ambientais, econômicos e sociais. Estudos que produzam informações sobre as várias etapas do gerenciamento de resíduos sólidos são de extrema importância, principalmente para auxiliar municípios de pequeno porte, que encontram sérios problemas técnico, operacionais e financeiros para manejar seus resíduos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as condições ambientais e sanitárias da área de disposição final de resíduos sólidos urbanos (RSU) do município de Bom Sucesso, Minas Gerais. Por meio de pesquisa bibliográfica, visitas técnicas, registros fotográficos, avaliação de imagens de satélite e análises laboratoriais dos compartimentos água e solo foi possível relatar as condições físicas e operacionais do lixão e construir um diagnóstico ambiental relatando o grau de degradação em que a área se encontra. Ademais, com base nos impactos negativos elencados nesta etapa de diagnóstico, foram definidas e priorizadas ações para recuperação ambiental da área, seguindo principalmente as orientações do “Caderno Técnico de Reabilitação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos”, cartilha elaborada pela Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais – FEAM, com o objetivo de orientar os municípios do estado na gestão adequada de seus RSU. O diagnóstico demonstrou que a área apresenta características locais que atendem a Deliberação Normativa COPAM nº 118/2008, porém, a proximidade com a estação elevatória de água bruta do município eleva o risco de operação da atividade. A ausência de elementos de controle ambiental associado à operação incorreta da atividade culminou na contaminação do solo da região, no entanto, as análises de água confirmaram que esta contaminação se mantém isolada nos limites do lixão. Para realizar a recuperação ambiental da área, recomenda-se o encerramento da atividade e o encapsulamento da área de disposição, complementada com a construção de sistemas de controle que minimizem os impactos ambientais intrínsecos da atividade, além do monitoramento constante da qualidade ambiental da área.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos; saneamento básico; recuperação de áreas degradadas; disposição final inadequada.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 7 |
| 2. OBJETIVOS | 9 |
| 2.1. Geral | 9 |
| 2.2. Específicos | 9 |
| 3. REFERENCIAL TEÓRICO | 9 |
| 3.1. Definição e classificação dos resíduos sólidos | 9 |
| 3.2. Disposição final | 11 |
| 3.2.1. Lixão | 11 |
| 3.2.2. Aterro Controlado | 11 |
| 3.2.3. Aterro Sanitário | 12 |
| 3.3. Panorama da disposição final de RSU no Brasil e em Minas Gerais | 13 |
| 3.4. Impactos negativos causados pela disposição inadequada de RSU | 13 |
| 3.5. Definição e gerenciamento de área degradada | 18 |
| 3.6. Encerramento e recuperação de área degradada por disposição irregular de RSU | 20 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 22 |
| 4.1. Localização | 22 |
| 4.2. Diagnóstico | 25 |
| 4.2.1. Caracterização geral da área | 25 |
| 4.2.2. Histórico | 25 |
| 4.2.3. Estimativa da quantidade de resíduos gerados e depositados na área | 26 |
| 4.2.4. Descrição das condições atuais | 28 |
| 4.2.5. Análises laboratoriais de água e solo | 28 |
| 4.3. Proposição de melhorias | 30 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 31 |
| 5.1. Diagnóstico | 31 |
| 5.1.1. Caracterização geral da área | 31 |
| 5.1.2. Histórico | 34 |
| 5.1.3. Estimativa da quantidade de resíduos gerados e depositados na área | 37 |
| 5.1.4. Descrição das condições atuais | 38 |
| 5.1.5. Análises laboratoriais de água e solo | 43 |
| 5.2. Proposição de melhorias | 46 |
| 6. CONCLUSÃO. | 48 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. | 51 |

1. INTRODUÇÃO

A produção de resíduos está totalmente vinculada ao desenvolvimento da vida humana. Desde os primórdios, o homem, nas suas mais diversas atividades explorou, modificou e modelou a matéria prima disponível no planeta. No decorrer de cada um destes processos, sempre foram gerados subprodutos, comumente conhecidos como lixo.

Num primeiro momento, as atividades humanas estavam ligadas a sobrevivência e possuíam um potencial degradador baixo, devido às formas arcaicas de transformação e utilização dos recursos naturais, gerando resíduos de baixo risco ao meio ambiente ou a própria qualidade de vida. Porém, com o passar do tempo, os métodos arcaicos deram lugar a métodos mais sofisticados e tecnológicos, cujo objetivo final não se restringia a sobrevivência, mas buscava também conforto, segurança, prazer, bem estar e geração de lucro.

Além das transformações produtivas, o mundo passou por uma significativa mudança em seu perfil populacional, como o aumento da população e o êxodo rural. Enquanto a evolução dos métodos produtivos afetou a qualidade do lixo produzido, elevando seu potencial poluidor, o crescimento populacional afetou a quantidade de resíduos gerados. Já a aglomeração nas cidades tornou mais complexa a gestão e o gerenciamento destes resíduos. Como “cereja do bolo”, a consolidação de uma cultura consumista, vem dificultando ainda mais esta problemática.

Estes aspectos afetaram, em maior ou menor grau, a gestão de resíduos em todas as localidades. Conforme especificado por Povinelli e Bidone (2010), os aspectos industrialização, crescimento populacional, hábitos de consumo, cultura, renda, economia, clima, dentre outros, variam de região para região e afetam a geração e a composição dos resíduos. Como exemplo, os autores, explicitam que quantidade média de resíduos gerados por habitante no Brasil é de 180 kg/(hab.ano) e nos Estados Unidos é 700 kg/(hab.ano). Com relação à composição, demonstram que 50% do peso do resíduo brasileiro é matéria orgânica, enquanto no Japão corresponde a 20%.

O que não varia são os impactos negativos causados pela disposição inadequada dos resíduos sólidos. Barros (2012) menciona alguns destes impactos: poluição das águas superficiais e subterrâneas; poluição dos solos por acúmulo de substâncias perigosas; poluição do ar causada por fumaça, poeira e mau cheiro; obstrução dos

componentes do sistema de drenagem urbana, acarretando em enchentes nas grandes cidades; poluição visual; geração de vetores transmissores de doenças; desvalorização de imóveis; exposição de catadores de resíduos a condições deploráveis de trabalho e a diversos riscos.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2017), a média de geração de resíduos no Brasil é de 78,4 milhões de toneladas ao ano. Deste montante 40,9% é destinado incorretamente em lixões e aterros controlados, que não possuem medidas e sistemas necessários para a proteção do meio ambiente e da saúde pública. Essa proporção corresponde a 3.352 municípios brasileiros, dispendo seu resíduo de forma inadequada.

A Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais - FEAM (2018) mostra que 29,38% da população urbana mineira, tem seu resíduo sólido disposto de forma irregular. Apesar de ser uma pequena parcela da população total do estado, esse valor corresponde a 419 municípios destinando seus resíduos sólidos urbanos (RSU) irregularmente em lixões ou aterros controlados.

Avaliando o perfil populacional destes 419 municípios, 15 apresentam população urbana igual ou superior a 50 mil habitantes, 47 tem população urbana entre 20 mil e 50 mil habitantes, enquanto 357 possuem população urbana inferior a 20 mil habitantes (FEAM, 2018). Estes dados mostram que 85% dos municípios mineiros que realizam disposição irregular de RSU, possuem população urbana inferior a 20 mil habitantes, escancarando as dificuldades financeiras e técnico-operacionais enfrentadas por estes municípios, no gerenciamento e principalmente na destinação final dos resíduos sólidos.

Estudos que produzam informações sobre as várias etapas do gerenciamento de RSU, principalmente, estudos com foco nas áreas irregulares de disposição final, podem preencher diversas lacunas encontradas pelos gestores destes municípios de pequeno porte. Estes estudos vão auxiliar a tomada de decisão e contribuir para que dois dos objetivos determinados pelo marco da gestão de resíduos no Brasil, a Lei Federal nº 12.305/2010, sejam alcançados: o encerramento dos lixões e aterros controlados e a recuperação das áreas afetadas por estas atividades. Os argumentos apresentados justificam a importância do presente trabalho.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar as condições ambientais e sanitárias da área de disposição final de resíduos sólidos urbanos do município de Bom Sucesso, Minas Gerais.

2.2. Específicos

- Elaborar um diagnóstico com aspectos e impactos provenientes da disposição irregular de resíduos sólidos urbanos na área em estudo;
- Avaliar a incidência de contaminação do solo e da água na área de estudo;
- Definir e priorizar medidas de reabilitação para os impactos encontrados.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Definição e classificação dos resíduos sólidos

Segundo Barros (2012) os termos lixo, dejetos ou resíduo são nomes comumente utilizados para definir qualquer material ou produto já utilizado e que será descartado pelo seu gerador porque já não lhe interessa ou não lhe é útil, mesmo que sejam susceptíveis de aproveitamento ou de valorização.

Fugindo do senso comum, o autor promove essa distinção, interpretando que o termo resíduo considera esta possibilidade de reaproveitamento e valorização, reconhecendo seu valor em termos de matéria e de energia, que devem ser aproveitados antes da disposição final. Em contrapartida os termos lixo e dejetos se restringem a disposição final, e devem ser empregados para os subprodutos cujo aproveitamento é inviável economicamente, face às tecnologias existentes.

A norma técnica brasileira NBR 10.004/2004 define resíduos sólidos como:

“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 técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.

A Lei Federal nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), ampliou o significado estipulado pela NBR 10.004/2004, por incluir na definição de resíduos sólidos os gases, contidos em recipientes, provenientes das diversas atividades humanas. Além de definir também o conceito de rejeito (lixo ou dejetos), como sendo: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentam outra possibilidade que não a disposição final.

Os resíduos sólidos podem ser classificados de diversas maneiras, levando em consideração a origem, o grau de degradabilidade e quanto à periculosidade. A classificação se torna importante, porque através dela é possível definir metodologias e logísticas apropriadas para o correto manejo e destinação final dos resíduos (BARROS, 2013).

A PNRS define a classificação em relação à origem, e classifica os resíduos em: sólidos urbanos (englobando resíduos domiciliares e de limpeza urbana), estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, serviços públicos de saneamento básico, industriais, serviços de saúde, construção civil, agrossilvopastoris, serviços de transportes e mineração.

Povinelli e Bidone (2010) classificam os resíduos de acordo com seu grau de degradabilidade, podendo ser divididos em: facilmente degradáveis, moderadamente degradáveis, dificilmente degradáveis e os não degradáveis.

A já mencionada NBR nº 10.004/2004 tem como objetivo classificar os resíduos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. A norma classifica os resíduos em perigosos (classe I) e não perigosos (classe II A e classe II B):

- Resíduos classe I – Perigosos: aqueles que apresentam riscos potenciais à saúde pública e ao meio ambiente, ou por apresentarem uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade;
- Resíduos classe II A – Não inertes: aqueles que não se enquadram nas classes I ou classe II B, nos termos da norma. Podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- Resíduos classe II B – aqueles submetidos a contato dinâmico e estático com a água e não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade, com exceção dos seguintes indicadores: cor, turbidez, dureza e sabor.

3.2. Disposição final

Segundo Orsati (2006) a disposição final é a última etapa dentro do gerenciamento de resíduos sólidos, porém é a mais preocupante, porque representa risco ambiental e sanitário. Lixão, aterro controlado e aterro sanitário, são basicamente as três formas de disposição final de resíduos sólidos no Brasil.

3.2.1. Lixão

Segundo a FEAM (2010), lixão é a área onde é realizada de forma inadequada a disposição final de resíduos sólidos, que consiste no lançamento a céu aberto dos subprodutos das atividades humanas, sem nenhum critério técnico ou medidas necessárias para a proteção da saúde pública e do meio ambiente.

Conforme salientado por Barros (2012), muitas prefeituras simplesmente descarregam seu lixo sem qualquer cuidado ou controle, porque é a solução mais barata e simples. A maioria dos terrenos escolhidos é inapta para receber RSU, como margens de corpos d'água, ravinas, voçorocas, depressões naturais e beiras de estrada. A autora salienta que a disposição inadequada é consequência de carência de recursos financeiros e ausência de pessoal qualificado dentro das instituições responsáveis pelo manejo dos resíduos. Revela também que a inexistência de arcabouço legal, até o ano de 2010, funcionava como pretexto e justificativa para o descaso de muitas prefeituras.

3.2.2. Aterro Controlado

Entre a disposição a céu aberto e o aterro sanitário, situa-se uma “área cinzenta”, denominada aterro controlado, que são áreas que recebem resíduos sólidos e utilizam níveis diversos de engenharia e controle ambiental (ISWA, 2015).

É uma técnica preferível ao lixão, porém apresenta qualidade bastante inferior a um aterro sanitário, por não apresentar todos os elementos de proteção ambiental necessários ao controle dos impactos ambientais inerentes da atividade. Essa técnica não apresenta impermeabilização de base, sistema de tratamento de lixiviados ou de extração e queima controlada dos gases gerados, podendo comprometer a qualidade do solo, ar e água subterrânea (FEAM, 2010).

A PNRS definiu que até agosto de 2014, todos os municípios brasileiros deveriam regularizar a situação da disposição final de resíduos. Segundo a FEAM

(2018), até essa data, o aterro controlado era uma medida paliativa e transitória de disposição final, preferível ao lixão e aceitável para municípios com menos de 20 mil habitantes. Contudo, com o vencimento do prazo estabelecido pela lei, a técnica de disposição final em aterros controlados é considerada inadequada, assim como a disposição em lixões, independentemente da faixa populacional.

3.2.3. Aterro Sanitário

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define por meio da NBR nº 8.419/1992 o significado de aterro sanitário:

“Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.”

Conforme definido pela FEAM (2010), este método de disposição final deve apresentar todos os elementos de controle ambiental, tais como: sistema de impermeabilização de base e laterais; recobrimento diário dos resíduos (ou intervalos menores se necessário); cobertura final das plataformas de resíduos; sistema de drenagem de águas pluviais; sistema de drenagem e tratamento de lixiviados; sistema de coleta e tratamento de gases; monitoramento ambiental.

A Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (2015) expõe que um aterro sanitário quando respeita as técnicas de construção e operação, constitui no destino final ambiental e sanitariamente adequado para os resíduos sólidos, sem perigo de poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Segundo a NBR nº 15.849/2010 apud FEAM (2010), municípios ou regiões que geram menos de 20 toneladas de resíduos por dia podem contar com um aterro sanitário de pequeno porte. Esta técnica possui os mesmos objetivos de um aterro sanitário convencional, porém, sua concepção é simplificada, reduzindo alguns elementos de proteção ambiental sem causar prejuízos à proteção do meio ambiente e da saúde pública.

3.3. Panorama da disposição final de RSU no Brasil e em Minas Gerais

A geração de RSU no Brasil atingiu a marca de 214.868 toneladas diárias no ano de 2017, representando 1% de aumento, quando comparado com o ano anterior. Ocorreu um aumento de 0,48% na geração per capita de RSU, atingindo o valor de 1,035 kg/(hab.dia) (ABRELPE, 2017). Para Barros (2012) a produção média per capita de resíduos domésticos no Brasil varia em torno de 0,5 a 1,0 kg/(hab.dia).

No que se refere à disposição final ambientalmente adequada dos RSU, em 2017, 59,1% do resíduo gerado foi encaminhado para aterros sanitários. As unidades de destinação inadequadas lixões e aterros controlados receberam respectivamente 18,0% e 22,9% do RSU gerado no ano (ABRELPE, 2017).

Ainda segundo o estudo desenvolvido pela ABRELPE (2017), das 5.570 cidades do Brasil, 3.352 cidades ainda praticavam a disposição final inadequada de resíduos sólidos urbanos em lixões (1.610) e aterros controlados (1.742). A região sudeste possuía 634 municípios dispendo de seu RSU em aterros controlados e 217 municípios dispendo em lixões.

Segundo a FEAM (2018), 60,08% da população urbana do estado de Minas Gerais era atendida por sistemas de destinação final regularizados e ambientalmente adequados. Isso representava 11.039.351 habitantes distribuídos em 379 municípios.

Minas apresentou um crescimento real de 2,3% no número de habitantes atendidos por sistemas corretos de destinação final. De forma complementar 10,55% da população destinavam seus RSU a empreendimentos não regularizados (aterros sanitários que não possuíam regularização ambiental) e 29,38% ainda dispunham seus RSU de forma irregular (11,57% em aterros controlados e 17,81% em lixões), representando 419 cidades, dos quais, 357 possuíam população urbana inferior a 20 mil habitantes (FEAM, 2018).

3.4. Impactos negativos causados pela disposição inadequada de RSU

Conforme definido pela Resolução CONAMA nº 01/1986, impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais.

Para a FEAM (2010), o cenário de uma área de disposição irregular é de total descontrole quanto aos tipos de resíduos recebidos, sendo comum encontrar resíduos provenientes de indústrias e grandes estabelecimentos de saúde.

Os resíduos destinados a estas áreas apresentam grande diversidade e são provenientes das distintas atividades desenvolvidas no município. Alguns dos constituintes são restos de alimentos, plástico, metais diversos, vidro, papéis, embalagens, resíduos de limpeza urbana, materiais cerâmicos, ossos, couro, trapo, resíduos de serviço de saúde e construção civil (POVINELLI e BIDONE, 2010). Essa disposição irregular pode causar impactos negativos de ordem ambiental, sanitária e social-econômica (ORSATI, 2006).

Barros (2012) esclarece que os resíduos gerados quotidianamente pelas pessoas são fonte de diversos materiais tóxicos. O Quadro 1 demonstra algumas substâncias tóxicas, define sua fonte e efeito na saúde.

Quadro 1 - Substâncias tóxicas contidas nos resíduos sólidos urbanos.

| Substâncias | Fontes | Efeitos na saúde |
|--------------------|--|---|
| Cádmio | Baterias, tintas, pinturas | Carcinogênicos, ecotoxina, efeitos reprodutivos |
| Chumbo | Baterias, vernizes, selantes, tinturas de cabelo | Neurotoxina, efeitos reprodutivos |
| Mercurio | Baterias, tintas, lâmpadas fluorescentes | Ecotoxina, neurotoxina, efeitos reprodutivos |
| Cloreto de metila | Tinta, adesivos, pesticidas | Carcinogênicos |
| Metil-etil cetona | Solventes orgânicos, adesivos, limpadores de ceras | Neurotoxina, efeitos reprodutivos |
| Percloroetileno | Limpa-tapetes, removedores de manchas, tecidos | Carcinogênicos, ecotoxina, efeitos reprodutivos |
| Fenol | Adesivos | Ecotoxina, efeitos no desenvolvimento |
| Tolueno | Tinta, polidores de unha, adesivos | Ecotoxina, mutagênico, efeitos reprodutivos |
| Cloreto de vinila | Plásticos | Carcinogênicos, mutagênicos, efeitos reprodutivos |

Fonte: Tchobanoglous (2002) *apud* Barros (2012).

Além de contaminar o solo, Barros (2012) afirma que, uma vez depositados nas áreas irregulares, os resíduos interagem entre si e também com os fatores e compartimentos ambientais, sofrendo transformações por meio de processos físicos, químicos e biológicos.

Estas áreas não podem ser consideradas como o ponto final para muitas substâncias poluentes contidas ou produzidas a partir do lixo urbano, pois, quando a

água (principalmente das chuvas) percola através da massa de resíduos, várias dessas substâncias orgânicas e inorgânicas são carregadas. Dentre essas substâncias destaca-se o chorume, que em composição com a água recebe o nome de lixiviado (SISINNO e MOREIRA, 1996).

Segundo Orsati (2006) o chorume é um líquido de cor escura, mal cheiroso, com elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO), produzido pela decomposição da matéria orgânica contida no lixo urbano, enquanto o lixiviado é a composição das águas das chuvas que infiltram pela massa de resíduo e incorporam o chorume e outros elementos dissolvidos ou suspensos do próprio lixo, além de microrganismos.

O chorume, pode tanto infiltrar no solo junto com a água de chuva, recebendo o nome de lixiviado, e atingir as águas subterrâneas, como escorrer e alcançar as coleções hídricas superficiais, comprometendo sua qualidade e conseqüentemente, seu uso (SISINNO e MOREIRA, 1996). A contaminação dos recursos hídricos pode oferecer risco à população, principalmente as propriedades vizinhas, visto que estas podem utilizar a água proveniente dos córregos e nascentes para abastecimento, recreação, irrigação e dessedentação de animais (TÁVORA, 2010).

As características físicas, químicas e biológicas dos lixiviados dependem principalmente do tipo de resíduo disposto na área e do grau de decomposição dos mesmos. Porém, outros fatores também podem influenciar estas características como clima, estação do ano e tempo de maturação do aterro (LANGE e AMARAL, 2009). Alves e Bertolo (2012), complementam, dizendo que a operação da área, características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas locais também são importantes para a formação do lixiviado, bem como o relevo da área, que propicia maior ou menor entrada de água no sistema.

Segundo Christensen et al (2001), *apud* Alves e Bertolo (2012), as substâncias com potencial de contaminação em um lixiviado formado em uma área de disposição de resíduos predominantemente domiciliar, mas contendo algum resíduo industrial, são:

- Matéria orgânica dissolvida: expressa indiretamente pelos parâmetros DBO e demanda química de oxigênio (DQO) ou carbono orgânico total, incluindo metano, ácidos orgânicos voláteis e compostos mais refratários (como ácidos húmicos e fúlvicos). Inclui também, compostos orgânicos complexos como estrógenos e medicamentos;
- Macro componentes inorgânicos: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- ;

- Metais pesados: Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn em maiores concentrações e B, As, Se, Ba, Li, Hg e Co em menores concentrações;
- Compostos orgânicos xenobióticos: como hidrocarbonetos aromáticos, fenóis e clorados, também em baixas concentrações.

Segundo Lange e Amaral (2009), o lixiviado também contém elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal e caso atinja um curso d'água, pode causar a eutrofização, ou seja, enriquecimento da água por compostos nutrientes. Estas substâncias estimulam o crescimento de algas e provocam a depleção do oxigênio dissolvido, impactando as outras formas de vida aquática.

Segundo Ensinas (2003), outro problema ambiental proveniente do aterramento de resíduos é a emissão de biogás, também gerado pela decomposição do material orgânico. Os principais componentes desses gases são o dióxido de carbono e o gás metano, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Composição do biogás.

| Composição | Porcentagem (%) |
|--------------------------------------|------------------------|
| Metano | 45 - 60 |
| Dióxido de carbono | 40 - 60 |
| Nitrogênio | 2 - 5 |
| Oxigênio | 0,1 - 1,0 |
| Enxofre e mercaptanas | 0 - 1,0 |
| Amônia | 0,1 - 1,0 |
| Hidrogênio | 0 - 0,2 |
| Monóxido de carbono | 0 - 0,2 |
| Outros gases (em menor concentração) | 0,01 - 0,6 |

Fonte: Tchobanoglous, Theisen, Vinil (1993) *apud* Ensinas (2003).

Tanto o metano quanto o dióxido de carbono contribuem para o agravamento do efeito estufa, porém, o gás metano tem potencial poluidor 21 vezes maior que o dióxido de carbono (ORSATI, 2006). Demonstrando que este problema não representa somente uma preocupação com a integridade da região onde é gerado, como também, está ligado a questões do equilíbrio ambiental global (ENSINAS, 2003).

Ensinas (2003) ressalta também que dentre os principais problemas locais decorrentes da emissão descontrolada de biogás advinda da decomposição do lixo, estão prejuízos causados à saúde humana e a vegetação, decorrentes da formação de ozônio de baixa altitude ou da exposição de constituintes do biogás que podem causar câncer e

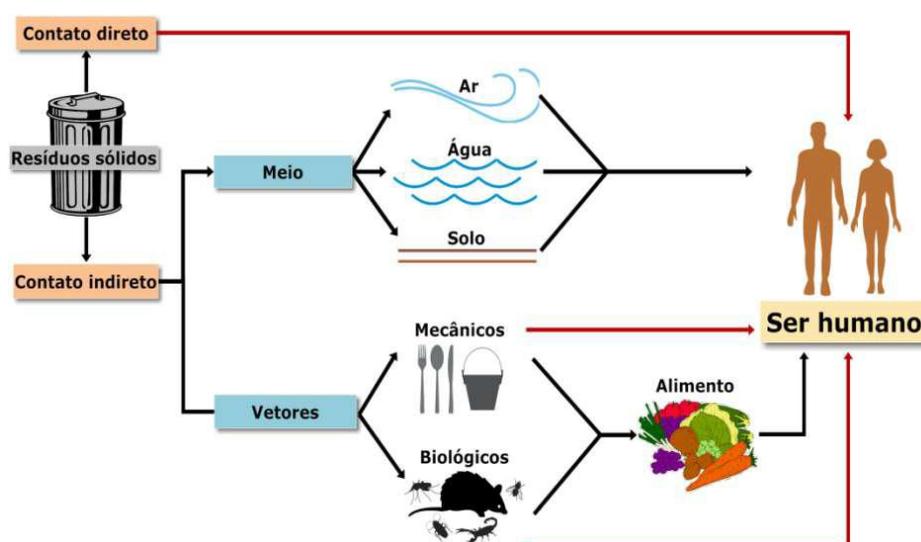
outras doenças que atacam fígado, rins, pulmões e o sistema nervoso central. Há ainda o risco de incêndios e explosões em instalações próximas aos locais de disposição, uma vez que o metano é altamente inflamável.

Orsati (2006) relata que os lixões são comumente afetados pela prática comum de queimadas, gerando problemas de poluição do ar, através da emissão da fumaça. Tanto Ensinas (2003), quanto Coimbra (2013) alertam que outro efeito negativo da emissão descontrolada do biogás, é o inconveniente causado por odores desagradáveis, que afetam o bem-estar de populações vizinhas, acarretando em distúrbios emocionais, além de favorecer a desvalorização das propriedades.

Abordando os aspectos e impactos sanitários, Coimbra (2013) descreve que vários tipos de animais e organismos são atraídos pelos lixões, aterros controlados e aterros sanitários mal operados à procura de alimentos. Várias espécies de aves, roedores e insetos encontram disponibilidade de alimento, abrigo e proteção no lixo. A autora salienta que a presença destes, constitui um risco à saúde pública por atuarem como vetores e possíveis transmissores de doenças.

Barros (2012) define que a disposição incorreta, bem como a eventual presença de compostos químicos, podem permitir que, atingindo as águas superficiais e subterrâneas, os RSU e os subprodutos de sua degradação comprometam a saúde humana e atentem contra a integridade do meio, facilitando a proliferação de doenças e provocando impactos e desequilíbrios ecológicos. A Figura 1 representa o fluxograma das vias de contaminação do ser humano pelo lixo.

Figura 1 - Rotas de exposição ao lixo.



Fonte: Barros (2012).

O indivíduo pode contrair doenças de forma direta, por meio do contato com os resíduos (COIMBRA, 2013). O solo, as águas e o ar são os veículos ou vias de transmissão indireta de contaminação, os quais ligam a fonte e o receptor final, que pode contaminar-se através: da ingestão de água, ou através do contato com a derme; pelo ar, através da respiração; pelo solo ao estabelecer contato direto ou indireto; ou, ainda, pelo consumo de alimentos que podem reter impurezas em suas raízes e folhas (RAMOS, 2016).

Caso resíduos de serviço de saúde sejam depositados inadequadamente nestas áreas, podem provocar a dispersão de agentes patogênicos no ar ou em partículas suspensas, que podem ser inaladas. Pode haver contaminação das águas ou dos alimentos por agentes patogênicos, que poderão ser ingeridos (ORSATI, 2006).

No que se refere aos aspectos socioeconômicos, além da desvalorização das propriedades vizinhas, Ramos (2016) salienta que a maioria destes locais, encontra-se a presença de catadores (dentre eles, crianças), cuja maioria não possui qualquer capacitação profissional que permita a busca por outras formas de trabalho. Tal atividade propicia a estas pessoas o contato direto com todo tipo de resíduo, tornando-as veículos transmissores e/ou receptores de doenças, bem como, vítimas de acidentes inerentes à atividade.

3.5. Definição e gerenciamento de área degradada

Quando os impactos são negativos, podem conduzir à degradação ambiental (ARAÚJO, 2015). O Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Energias Renováveis - IBAMA (2011) define área degradada como aquela área impossibilitada de retornar por uma trajetória natural a um ecossistema que se assemelhe a um estado conhecido antes, ou para outro estado que poderia ser esperado. Já o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio (2013) entende por área degradada a área que, por intervenção humana, apresenta alterações de suas propriedades físicas, químicas ou biológicas, alterações estas que tendem a comprometer, temporária ou definitivamente, a composição, estrutura e funcionamento do ecossistema natural do qual faz parte.

Ramos (2016) salienta que um caso particular de área degradada é uma área contaminada, onde ocorrem alterações principalmente de ordem química. O CONAMA (2009) define contaminação como a presença de substância química no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações, tais que restrinjam a utilização

desse recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger.

A degradação do meio ambiente vem constituindo, um dos problemas mais preocupantes para a vida no planeta, sendo a disposição irregular de resíduos sólidos um dos principais fatores que contribuem para este processo (SALGADO, 1993).

A Constituição Federal define em seu artigo 30, que os municípios são os responsáveis pelos serviços públicos de interesse local (BRASIL, 1998). Para Felipetto (2007) este artigo da constituição atribui aos municípios a responsabilidade de prestar os serviços de coleta, transporte, tratamento e disposição final ambientalmente adequada, ficando a cargo do mesmo a desativação e recuperação das áreas degradadas por lixões e aterros controlados existentes.

Segundo a FEAM (2019), cabe aos responsáveis legais o gerenciamento da área contaminada, que inclui a realização de estudos, diagnósticos, prognósticos, elaboração e implementação de projetos de remediação, medidas emergenciais e ações para a reabilitação da área.

O gerenciamento de áreas contaminadas consiste em ações e estratégias elaboradas a partir: da identificação e caracterização dos impactos associados à contaminação, incluindo estimativa dos riscos; decisões quanto às formas de intervenção mais adequadas (quando aplicável); intervenções que assegurem a minimização de riscos e eventuais danos a pessoas, ao meio ambiente ou outros bens a proteger; e por fim, o monitoramento (FEAM, 2018).

A Resolução CONAMA nº 420/2009, dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece as diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. As diretrizes se baseiam em 3 etapas:

I – Identificação: etapa em que serão identificadas áreas suspeitas de contaminação com base em uma avaliação preliminar, e, para aquelas em que houver indícios de contaminação, deve ser realizada uma investigação confirmatória;

II – Diagnóstico: etapa que inclui a investigação detalhada e avaliação de risco, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes, com objetivo de subsidiar a etapa de intervenção, após a investigação confirmatória que tenha identificado substâncias químicas em concentrações acima do valor de investigação.

III – Intervenção: etapa de execução de ações de controle para a eliminação do perigo ou redução, a níveis toleráveis, dos riscos identificados na etapa de diagnóstico, bem como o monitoramento da eficácia das ações executadas, considerando o uso atual e futuro da área, segundo as normas e procedimentos vigentes.

A NBR nº 15.515-1 (2011) define avaliação preliminar como a etapa inicial da avaliação do passivo ambiental em solo e água subterrânea, cujo objetivo é encontrar indícios de uma possível contaminação nestes meios, realizada com base em informações disponíveis, como levantamento histórico, entrevistas, imagens, fotos e inspeções em campo, visando fundamentar a suspeita de contaminação.

A investigação confirmatória é a etapa da avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea em que são feitos estudos e investigações com o intuito de comprovar a existência de contaminação em uma área que exista suspeita de contaminação. Já a investigação detalhada tem o objetivo de caracterizar qualitativa e quantitativamente a fonte de contaminação, o meio físico e a contaminação (NBR 15.515-1, 2011).

3.6. Encerramento e recuperação de área degradada por disposição irregular de RSU

Para a FEAM (2010) a desativação de áreas ocupadas por lixões é feita, muitas vezes, sem critérios técnicos, realizando-se apenas o encerramento da disposição dos RSU no local, fechamento e abandono da área. Nesse caso, a atuação dos catadores cessa, mas a geração de gases, chorume e odores continuam, enquanto houver atividade biológica no interior do maciço de resíduos, que continuarão a poluir o ar, recursos hídricos, causar problemas de instabilidade no terreno e degradação do solo. Os processos de decomposição se estendem por períodos relativamente longos, superiores a 10 anos.

Faz-se necessário que as áreas de disposição de RSU irregulares sejam desativadas e posteriormente recuperadas, devendo receber tecnologia necessária para minimização dos impactos gerados, através da extração de gases, tratamento do chorume e monitoramento ambiental (FELIPETTO, 2007). Soares et al. (2016) salienta que a recuperação de áreas degradadas é um importante instrumento para a melhoria da qualidade de vida da sociedade e uma tentativa de reestabelecimento do equilíbrio ambiental.

No Brasil muitas publicações foram elaboradas buscando o saneamento das questões relativas a áreas degradadas. De tais publicações destacam-se o “Caderno técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos” elaborado pela FEAM em parceria com a Fundação Israel Pinheiro – FIP. Este caderno foi desenvolvido com objetivo de orientar os municípios mineiros na gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos, promovendo o fechamento de lixões e a recuperação e readequação dos espaços por eles ocupados (RAMOS, 2016).

Segundo a FEAM (2011), o caderno apresenta técnicas utilizadas para desativação, adequação e recuperação de áreas degradadas pela disposição irregular de resíduos sólidos urbanos. As técnicas apresentadas no documento são: remoção de resíduos, recuperação simples e recuperação parcial.

Quando a quantidade de resíduos depositados é pequena, segundo avaliação da prefeitura municipal, a técnica utilizada deve ser a remoção e o transporte desses resíduos para outro local, previamente preparado e regularizado no órgão ambiental competente. Paralelamente a remoção dos resíduos, outros procedimentos deverão ser realizados, como: reconformação da geometria do depósito e realização de avaliação de contaminação do solo e água subterrânea.

A recuperação simples consiste basicamente no encapsulamento dos resíduos depositados no lixão. Ressalta-se nesta técnica a simplicidade dos equipamentos exigidos (trator de esteira de qualquer porte) e das operações envolvidas na selagem do depósito. É uma técnica recomendada quando: constatada a inviabilidade de remoção dos resíduos depositados; extensão da área não for muito grande; maciço do depósito com pequena altura e taludes estáveis; depósito localizado em áreas sensíveis em termos históricos, econômicos ou ambientais; ocorrência de solo apropriado para o encapsulamento em áreas adjacentes; não ter ocorrido o comprometimento das águas subterrâneas, constatado em análises laboratoriais.

Nesta técnica faz-se necessário a arrumação dos resíduos em valas escavadas ou em reconformação geométrica estável, devendo atribuir uma declividade mínima de 2%, do platô superior na direção das bordas, com objetivo de evitar o acúmulo de água. É necessário também o recobrimento do maciço de resíduos com uma camada mínima de 50 cm de argila de boa qualidade e posterior lançamento de camada de terra vegetal ou composto orgânico para possibilitar o plantio de espécies nativas de raízes curtas. É essencial a construção de um sistema de drenagem pluvial.

A terceira técnica apresentada no caderno técnico é a recuperação parcial, recomendada para municípios de grande porte e, em casos excepcionais, para municípios menores quando a situação do lixão não se enquadrar na recuperação simples devido às restrições observadas durante estudos prévios de avaliação, que incluem a avaliação da água subterrânea quanto à contaminação. Este tipo de intervenção deve ser objeto de um projeto conceitual e de um projeto executivo que contemple no mínimo, as seguintes medidas:

- Reconformação geométrica baseada em avaliação geotécnica, para garantir a estabilidade dos taludes e capeamento do lixão com selo impermeável de material argiloso ou sintético (geomembrana de polietileno de alta densidade – PEAD);
- Conformação do platô superior com declividade mínima de 2% na direção das bordas;
- Controle da emissão e tratamento de lixiviados, por meio de barreiras de contenção ou drenos direcionados para sistemas de tratamento, de recirculação ou de acumulação para posterior envio a uma Estação de Tratamento de Esgotos;
- Construção de sistema de drenagem pluvial;
- Controle da emissão e queima de gases;
- Controle da qualidade do ar;
- Isolamento da área;
- Controle de recalques;
- Controle da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, por meio de poços de monitoramento;
- Implantação da cobertura vegetal com gramíneas nos maciços.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização

A cidade de Bom Sucesso está situada na mesorregião centro-oeste do estado de Minas Gerais. Localizada na latitude 21°01'58'' Sul e longitude 44°45'28'' Oeste, está em uma altitude média de 952 metros sobre o nível do mar. O município possui um distrito denominado Macaia. Sua economia gira em torno do setor de serviços e do setor

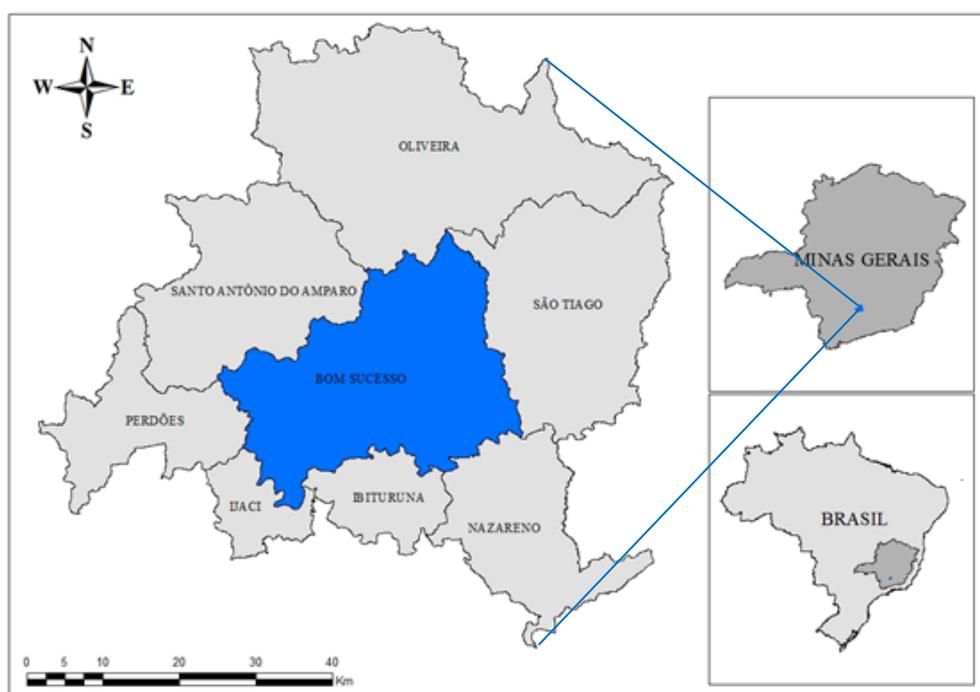
agropecuário, com foco na produção de café e leite, sendo o setor industrial pouco desenvolvido (BOM SUCESSO, 2017).

Sua população é de 17.243 habitantes. A população urbana é de 14.194 habitantes, enquanto a zona rural possui 3.049 habitantes, considerando a população do distrito de Macaia. (IBGE, 2010).

Segundo a classificação de Köppen, Bom Sucesso está em uma zona cujo clima é do tipo Cwb, temperado úmido com inverno seco e verão moderadamente quente. No inverno a precipitação média é inferior a 60 mm em pelo menos um dos meses da estação. Já o verão é uma estação modernamente quente, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e durante pelo menos quatro meses a temperatura média é superior a 10°C (JÚNIOR, 2009).

A temperatura média anual é de 19,5°C e a média anual de pluviosidade é de 1776 mm. O mês de dezembro apresenta, historicamente, maior precipitação, em torno de 382 mm, enquanto julho se configura como mês mais seco, com média histórica de 17 mm. (CLIMATE-DATA, 2019). A Figura 2, apresenta os municípios vizinhos de Bom Sucesso.

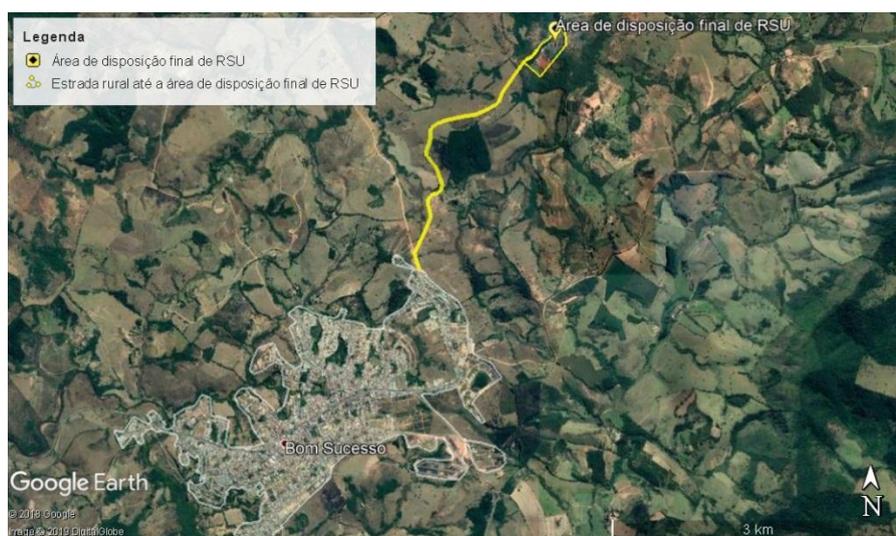
Figura 2 - Localização do município de Bom Sucesso – MG.



Fonte: Do autor (2019).

A área onde é realizada a disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados no município de Bom Sucesso situa-se no Sítio Potreiro, zona rural, sentido nordeste da sede municipal. A conexão entre a área e a zona urbana é feita por uma estrada vicinal denominada de Estrada do Gusmão, ilustrada na Figura 3, sendo distância entre a entrada do lixão e as primeiras residências da sede de Bom Sucesso é de 3,12 km. A área de disposição final de resíduos possui 9 hectares e a Figura 4 representa os limites da mesma.

Figura 3 - Localização da área de disposição final de RSU de Bom Sucesso.



Fonte: Google Earth (2019).

Figura 4 - Área de disposição final de RSU de Bom Sucesso.



Fonte: Google Earth (2019).

4.2. Diagnóstico

Realizou-se uma pesquisa bibliográfica com objetivo de fornecer informações gerais sobre a área. Essa pesquisa também visou a construção do histórico da área de disposição final de RSU e a determinação da quantidade de resíduos gerados no município, bem como o volume total depositado durante o período de operação da área.

Posteriormente o estudo obteve um caráter exploratório e por meio de visitas técnicas, registros fotográficos e avaliação visual foi possível definir as condições físicas e operacionais do lixão.

Por fim, mesclando os resultados das visitas in loco com as informações levantadas durante a pesquisa bibliográfica, foi possível construir um plano de amostragem de água e solo, discutir os impactos encontrados e definir o grau de degradação em que a área se encontra.

4.2.1. Caracterização geral da área

Por meio de artigos, teses, dissertações, imagens de satélite e mapas disponibilizados por instituições de pesquisa. Realizou-se uma caracterização geral da área afetada pela disposição de RSU. Essa caracterização possibilitou o detalhamento de informações como: elevação, declividade, tipo de solo e a distância entre o lixão e elementos importantes dentro da sua área de influência.

4.2.2. Histórico

Realizou-se um levantamento de informações junto ao Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM), site da SEMAD que disponibiliza informações e documentos digitalizados referentes a processos técnicos ambientais de atividades e empreendimentos com potencial poluidor no Estado de Minas Gerais. Em conjunto com as informações obtidas no SIAM, foram acrescentadas as informações repassadas pela Prefeitura Municipal.

Por meio do *Software* Google Earth Pro, foi possível obter imagens de satélite atuais e antigas da área em questão, sendo possível reconstituir como a área foi explorada pela atividade de destinação final de resíduos sólidos ao longo dos seus anos de operação. Obtiveram-se imagens dos seguintes anos: 2008, 2010, 2014, 2016, 2017 e 2018.

4.2.3. Estimativa da quantidade de resíduos gerados e depositados na área

A Prefeitura de Bom Sucesso, por meio do sistema nacional de informações sobre saneamento (SNIS), declarou que entre os anos de 2012 e 2017 a área recebeu resíduos com as seguintes origens: urbano (provenientes das atividades domésticas e dos serviços de limpeza urbana), resíduos industriais (RIN) e resíduos da construção civil (RCC). A média anual foi de 1.170 ton/ano e 170 ton/ano de resíduos industriais e da construção civil, respectivamente.

Para definir o montante de resíduos sólidos urbanos foi construída uma estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos. Essa estimativa está ligada ao crescimento populacional, taxa de coleta e geração *per capita*.

A evolução do número de habitantes em Bom Sucesso entre os anos de 2005 e 2019 foi construída por meio de uma projeção geométrica. Os dados utilizados foram extraídos dos censos realizados pelo IBGE nos anos de 1991 e 2000, conforme a tabela 1. A coleta de resíduos é realizada somente na área urbana do município, dessa forma, utilizou-se para a construção da projeção os dados da população urbana.

Tabela 1 - População de Bom Sucesso - censos de 1991 e 2000.

| Ano | 1991 | 2000 |
|------------------|--------|--------|
| População Total | 16.472 | 17.064 |
| População Urbana | 12.418 | 13.659 |
| População Rural | 4.054 | 3.405 |

Fonte: IBGE (2010)

O método geométrico considera o crescimento populacional em função da população de cada instante e as equações 1 e 2 são as fórmulas utilizadas na projeção geométrica (FUNASA, 2015).

$$P_t = P_0 \cdot e^{Kg \cdot (t-t_0)} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$Kg = \frac{\ln P_n - \ln P_0}{t - t_0} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

P_t – População estimada no ano t (hab);

P_0 e P_n – População nos anos t_0 e t ;

Kg – taxa de crescimento populacional

A quantidade de resíduos gerados por pessoa e a taxa de resíduos coletados foram definidos em função da média nacional. Os anos de referência foram 2016 e 2017 onde os valores de geração per capita foram de 1,032 e 1,035 respectivamente. A porcentagem de coleta foi de 91,01% em 2016 e 91,24% em 2017 (ABRELPE, 2017), esse crescimento anual de 0,23% foi adotado como padrão para os demais anos da projeção.

Com estes dados foi possível definir os valores de geração per capita para os anos de interesse (2005 a 2019), por meio das equações 3 e 4:

$$GP_t = GP_0 \times TC^{(t-t_0)} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

GP_t: geração per capita no ano t que se quer determinar;

GP₀: geração per capita inicial;

TC: taxa de crescimento, calculada por meio da equação (4);

t₀: ano da geração per capita inicial;

t: ano que se deseja determinar a geração per capita.

$$TC = \frac{GP_n}{GP_0}^{\left(\frac{1}{t-t_0}\right)} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

GP_n: geração per capita no último ano em que se tem dados (2017);

GP₀: geração per capita no primeiro ano em que se tem dados (2016);

t₀: ano da geração per capita inicial;

t: ano que se deseja determinar a geração per capita.

Para definir a massa total de resíduos destinados na área, foi somada aos dados obtidos na projeção dos RSU a média anual dos resíduos industriais e da construção civil. Ao final das projeções, foi possível determinar o volume total de resíduos, realizando a divisão pela densidade dos resíduos compactados. Para Barros (2012), a densidade dos resíduos depois de aterrados está na faixa de 475 a 712 kg/m³. Adotou-se uma densidade intermediária de 590 kg/m³.

4.2.4. Descrição das condições atuais

Foi realizada uma visita técnica no dia 11 de janeiro de 2019. Durante a visita foi possível acompanhar o responsável pela operação da área, documentar os aspectos e impactos observados e levantar informações junto ao próprio operador. Realizou-se também o registro fotográfico da área. Procurou-se responder questões como:

- Condição das vias de acesso;
- Definir se a área é cercada e o acesso é restrito;
- Frequência de recebimento de resíduos;
- Origem dos resíduos;
- Existência de impermeabilização;
- Rotina de recobrimento do RSU recebido;
- Presença de vetores;
- Existência de estrutura de drenagem de água de chuva;
- Presença de catadores de material reciclável;
- Definir se os resíduos são depositados acima ou abaixo do nível do terreno;
- Ocorrência de queima de resíduos;
- Ocorrência de acidentes ou explosões provenientes do armazenamento de metano;
- Ocupação do solo nas áreas adjacentes ao empreendimento;

4.2.5. Análises laboratoriais de água e solo

Foram selecionados 4 pontos de coletas (P1, P2, P3 e P4) de amostras de água, conforme apresenta a Figura 5. A seleção dos pontos foi definida com base em informações disponibilizadas na plataforma do Sistema Nacional de Cadastro Rural (SISCAR), que demonstrou de forma clara a localização de áreas de proteção permanente (consequentemente a localização dos recursos hídricos da região), complementado com visitas de campo. O Quadro 3 fornece informações complementares sobre os pontos escolhidos para amostragem de água, enquanto a Figura 5 ilustra os pontos de coleta das amostras de água.

Figura 5 - Pontos de coleta de amostras de água.



Fonte: Google Earth (2019).

Quadro 3 - Informações complementares sobre os pontos de amostragem de água.

| Ponto de coleta | Tipo de compartimento | Localização | | | Tipo de coleta |
|-----------------|-----------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| | | Referência | Latitude | Longitude | |
| P1 | Curso d'água | Montante | 20°59'38.34"S | 44°43'38.82"O | Simple |
| P2 | Nascente | Jusante | 21° 0'9.39"S | 44°44'8.76"O | Simple |
| P3 | Curso d'água | Jusante | 21° 0'40.37"S | 44°44'38.74"O | Simple |
| P4 | Lagoa | Dentro da área | 20°59'58.09"S | 44°44'2.86"O | Composta |

Fonte: Do autor (2019).

Para análise do solo, optou-se por uma amostragem composta, formada pela mistura de 10 amostras simples, conforme o esquema representado na figura 6. As coletas foram realizadas em camadas de 10 a 20 cm de profundidade.

Figura 6 - Pontos de coleta de solo



Fonte: Google Earth (2019)

Foi realizada uma campanha de amostragem de água e solo no dia 06 de maio de 2019. Para avaliação da qualidade de água, foram realizadas análises físicas, químicas e bacteriológicas, sendo elas: pH, condutividade elétrica (CE), turbidez, sólidos totais (ST), sólidos dissolvidos (SD), sólidos suspensos (SS), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total, fósforo total, coliformes totais e coliformes fecais; além dos seguintes metais pesados: cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), chumbo (Pb), níquel (Ni) e zinco (Zn). As análises de metais pesados foram realizadas no laboratório de geoquímica do Departamento de Ciências dos Solos (DCS) da UFLA, enquanto as demais análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Água, do Departamento de Engenharia da referida universidade.

A análise de solo se restringiu aos metais pesados Cd, Cr, Cu, Pb, Ni e Zn, sendo realizada também pelo laboratório de geoquímica do DCS.

4.3. Proposição de melhorias

Com base nos impactos negativos elencados na etapa de diagnóstico, foram definidas e priorizadas ações que visassem o controle, minimização e/ou a mitigação dos mesmos. Estas ações foram propostas com base na literatura especializada consultada, com destaque para as orientações do “Caderno técnico de reabilitação de

áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos”, cartilha elaborada pela FEAM em parceria com a Fundação Israel Pinheiro.

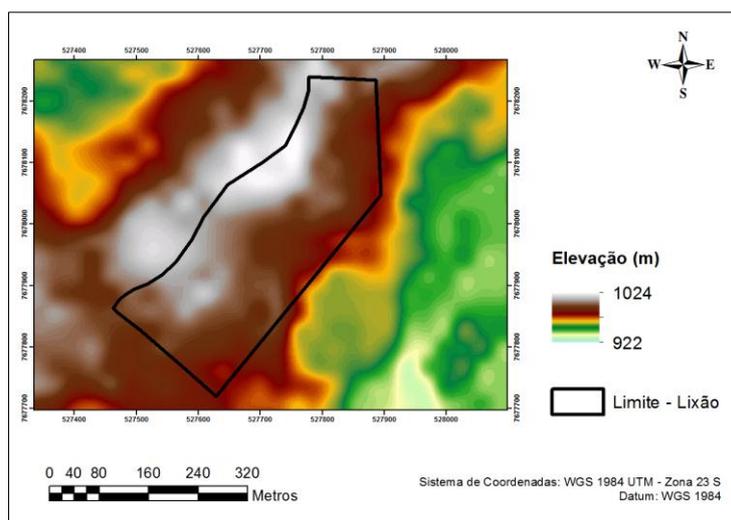
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Diagnóstico

5.1.1. Caracterização geral da área

A área está situada a montante da sede municipal, o ponto central encontra-se na altitude de 1.000 metros sobre o nível do mar, com coordenadas de 20°59’51’’ de latitude Sul e 44°43’59’’ de longitude Oeste. As elevações encontradas na região podem ser visualizadas na figura 7.

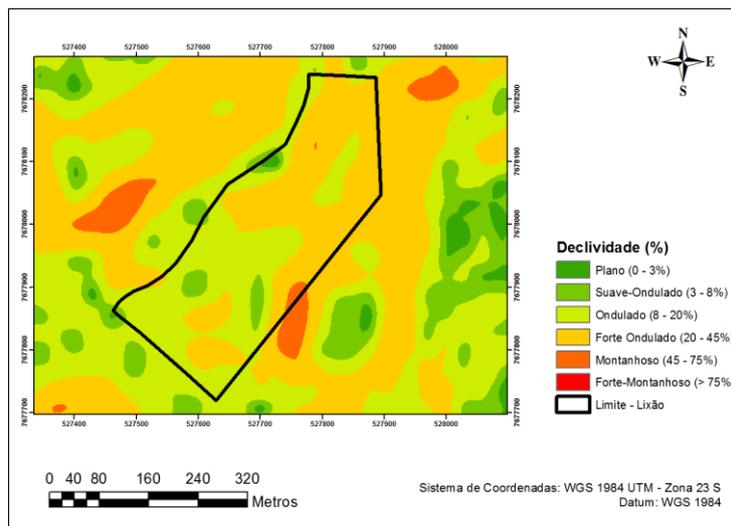
Figura 7 - Modelo digital de elevação.



Fonte: Do Autor (2019).

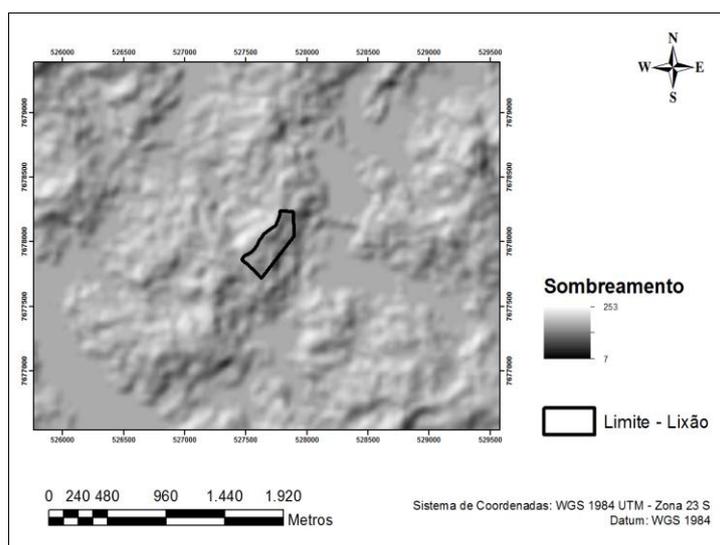
Em sua maior porção, a declividade do relevo apresenta-se como ondulado a fortemente ondulado, variado de 8 a 45%, com uma pequena porção, ao fundo do terreno, classificada como montanhosa, cuja declividade varia em torno de 45 a 75%. A declividade média apresentada pela área foi de 22%, respeitando a Deliberação Normativa COPAM nº 118/2008, que estabelece que áreas de disposição de lixo do estado devam possuir declividade média inferior a 30%. A Figura 8 demonstra as zonas de declividade encontradas, enquanto a Figura 9 possibilita uma visualização do relevo, por meio de um mapa de sombreamento gerado através do modelo numérico do terreno.

Figura 8 - Declividade.



Fonte: Do Autor (2019).

Figura 9 - Relevo sombreado.



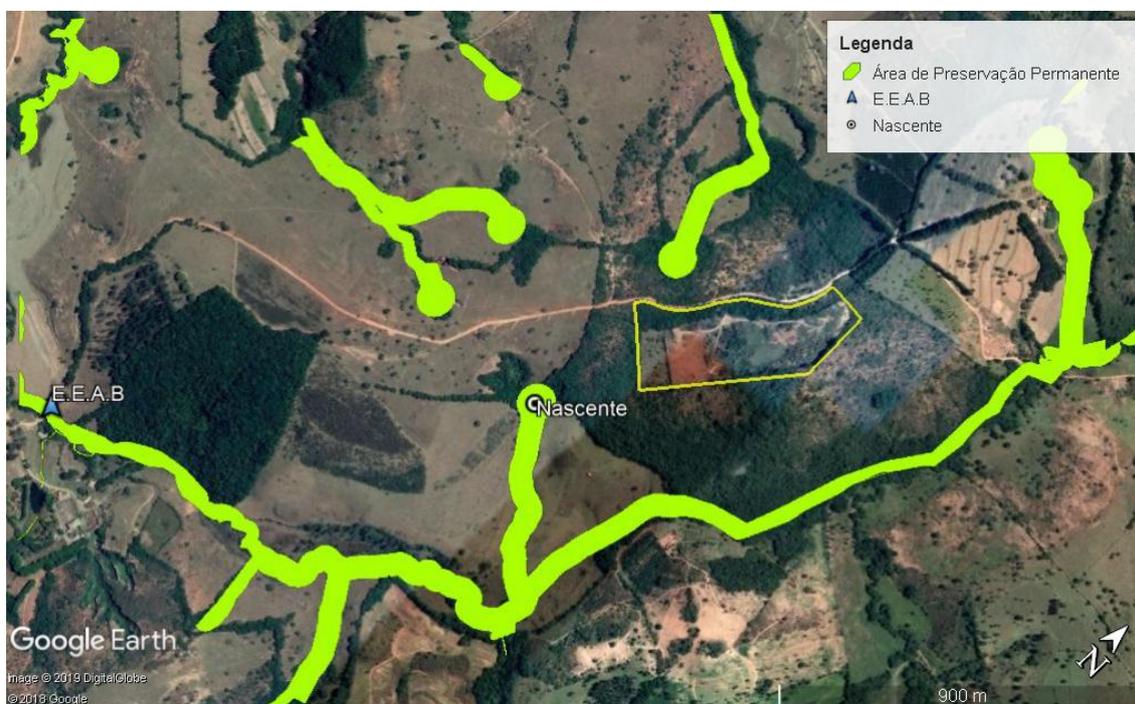
Fonte: Do Autor (2019).

Segundo Freire (2009), um lixão instalado em área com declividade baixa representa uma situação favorável ao manejo de resíduos, enquanto aquele que se encontra em declividades acentuadas, aumenta o poder erosivo da água proveniente das chuvas, favorece o escoamento superficial do chorume e dificulta a conformação da massa de resíduos e o acesso às áreas em períodos chuvosos. O autor concluiu que 42% dos municípios mineiros atendidos por lixões, têm seu resíduo disposto em área com declividade inferior a 30%, como é o caso de Bom Sucesso, enquanto os outros 58% dos municípios depositam em áreas com declividades superiores a 30%.

A área apresenta solo do tipo latossolo vermelho-amarelo. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de energéticas transformações no material constitutivo. Os solos são virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo, e tem capacidade de troca de cátions da fração argila baixa. Variam de fortemente a bem drenados. São normalmente muito profundos e em geral fortemente ácidos (EMBRAPA, 2006).

Conforme já especificado, o lixão está localizado a 3,12 km do núcleo populacional mais próximo, que é a sede de Bom Sucesso. A Figura 10 ilustra o distanciamento da área do lixão a outros elementos como áreas de preservação permanente, cursos d'água, nascentes e a estação elevatória de água bruta do município (EEAB).

Figura 10 - Distâncias entre o lixão e elementos vizinhos.



Fonte: Google Earth (2019).

Apesar de estar localizada dentro da bacia de contribuição da EEAB do município, a área do lixão encontra-se a aproximadamente 2 km de distância da mesma. Pinheiro, Lobón e Scalize (2017) realizaram um estudo no estado de Goiás e diagnosticaram que 43 pontos de captação de água para abastecimento público também apresentavam áreas de disposição de resíduos sólidos em suas zonas de recarga. As distâncias entre os depósitos de resíduos e o ponto de captação encontrado pelos autores

variou de 1,8 km a 164 km, sendo as maiores distâncias encontradas nas bacias de maiores proporções.

Os polígonos na cor verde representados na Figura 10 são as áreas de preservação permanente (APPs). Os polígonos circulares são referentes a nascentes, enquanto as demais áreas são referentes às margens de córregos e rios. O ponto central da área do lixão situa-se a aproximadamente 450 metros do curso d'água que passa ao fundo do terreno e a aproximadamente 500 metros da nascente destacada na imagem. A Deliberação Normativa COPAM nº 118/2008, estabelece que as áreas de disposição de lixo devam situar-se a uma distância mínima de 300 metros de cursos d'água ou qualquer coleção hídrica e a uma distancia mínima de 500 metros de núcleos populacionais.

5.1.2. Histórico

Por meio do site SIAM, foi possível acessar todos os processos técnicos ambientais movimentados pela prefeitura de Bom Sucesso junto a Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do estado de Minas Gerais. O processo técnico nº 37321/2013 trata única e exclusivamente da área de disposição final de RSU de Bom Sucesso.

Um dos documentos acessados foi o termo de posse da área. O termo define que o terreno possui 9,0 hectares e foi adquirido pela Prefeitura Municipal em Julho de 2005. Segundo a Prefeitura, o município destina todo o montante de resíduos gerados para área desde a sua aquisição.

Apesar de operar desde o ano de 2005, a Prefeitura deu entrada ao processo de regularização ambiental da atividade apenas no ano de 2013, obtendo uma Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF) no dia 11 Novembro de 2013, com validade de 4 anos (AAF nº 06482/2013). A atividade foi enquadrada pela antiga Deliberação Normativa nº 74/2004, como “Tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos urbanos” cujo código era “E-03-07-7”. No ano de 2017 a Prefeitura obteve a renovação da AAF, prorrogando a validade do licenciamento da área por mais 4 anos, até 14 de Novembro de 2021 (AAF nº 08202/2017).

Vale ressaltar que a Prefeitura assinalou no FCE, durante a obtenção da AAF atual, que os resíduos, antes da disposição final, passariam por uma Unidade de Triagem e Compostagem, demonstrando o interesse da administração em construir uma

unidade de triagem e compostagem (UTC) na área do lixão. Por meio de visitas técnicas é possível comprovar este interesse, visto que alguns materiais de construção foram adquiridos e depositados na área para a construção da unidade, porém, o projeto ainda não entrou em fase de execução.

Segundo a FEAM (2018), Bom Sucesso obteve uma Autorização Ambiental de Funcionamento para UTC e aterro sanitário, porém, o município ainda não foi fiscalizado após a concessão da AAF, permanecendo como AAF em verificação no panorama de 2017. Por meio de imagens de satélite, foi possível observar como a área foi utilizada ao longo destes 14 anos de operação, no que se refere à distribuição e disposição dos resíduos. As Figuras 11 a 20 representam as imagens da área para diversos períodos entre os anos de 2008 e 2018.

Figura 11 - Imagem maio de 2008.



Fonte: Google Earth (2019).

Figura 12- Imagem junho de 2008.



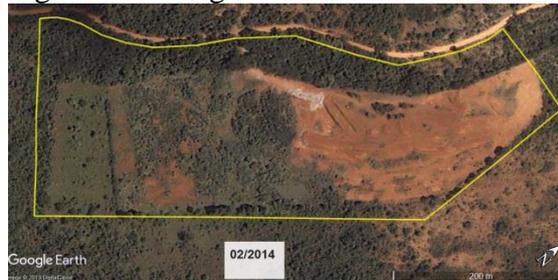
Fonte: Google Earth (2019).

Figura 13 - Imagem setembro de 2010.



Fonte: Google Earth (2019).

Figura 14 - Imagem fevereiro de 2014.



Fonte: Google Earth (2019).

Figura 15 - Imagem agosto de 2014



Fonte: Google Earth (2019).

Figura 16 - Imagem maio de 2016



Fonte: Google Earth (2019).

Figura 17 - Imagem 1 dezembro de 2016.



Fonte: Google Earth (2019).

Figura 18 - Imagem 2 dezembro de 2016.



Fonte: Google Earth (2019).

Figura 19 - Imagem março de 2017.



Fonte: Google Earth (2019).

Figura 20 - Imagem julho de 2018.



Fonte: Google Earth (2019).

As imagens demonstram que a área foi ocupada pela atividade de disposição de resíduos sólidos urbanos de forma desordenada, ou seja, sem planejamento, não levando em consideração técnicas que viabilizariam o aumento da vida útil do empreendimento.

As imagens ressaltam que o grau de intervenção sobre a flora foi muito elevado, sempre que uma nova frente de trabalho era aberta, uma grande área era desmatada, para dar lugar a novas células. Observa-se também, em praticamente todas as imagens, a ocorrência de lixo exposto, evidenciando a falha na rotina de recobrimento dos resíduos depositados.

5.1.3. Estimativa da quantidade de resíduos gerados e depositados na área

Os resultados referentes à projeção da geração de RSU para os anos de operação do lixão de Bom Sucesso estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Projeção da geração de RSU.

| Ano | População Urbana Projeção Geométrica | Geração Per Capta (Kg/hab.dia) | % Coleta | RSU (Ton/dia) | RSU (Ton/ano) |
|--------------|---|-----------------------------------|----------|---------------|---------------|
| 2005 | 14.401 | 1,000 | 88,52% | 12,7 | 4.651 |
| 2006 | 14.554 | 1,002 | 88,74% | 12,9 | 4.726 |
| 2007 | 14.709 | 1,005 | 88,97% | 13,2 | 4.802 |
| 2008 | 14.866 | 1,008 | 89,20% | 13,4 | 4.880 |
| 2009 | 15.024 | 1,011 | 89,43% | 13,6 | 4.959 |
| 2010 | 15.184 | 1,014 | 89,65% | 13,8 | 5.039 |
| 2011 | 15.345 | 1,017 | 89,88% | 14,0 | 5.120 |
| 2012 | 15.509 | 1,020 | 90,11% | 14,3 | 5.203 |
| 2013 | 15.674 | 1,023 | 90,33% | 14,5 | 5.287 |
| 2014 | 15.840 | 1,026 | 90,56% | 14,7 | 5.372 |
| 2015 | 16.009 | 1,029 | 90,79% | 15,0 | 5.459 |
| 2016 | 16.179 | 1,032 | 91,01% | 15,2 | 5.547 |
| 2017 | 16.351 | 1,035 | 91,24% | 15,4 | 5.636 |
| 2018 | 16.525 | 1,038 | 91,47% | 15,7 | 5.727 |
| 2019 | 16.701 | 1,041 | 91,70% | 15,9 | 5.819 |
| TOTAL | | | | | 78.227 |

Fonte: Do Autor (2019).

A tabela abaixo inclui também a massa média de resíduos industriais e da construção civil depositados na área.

Tabela 3 - Volume total estimado de resíduos depositado na área

| Ano | RSU | RIN | RCC | TOTAL |
|-------------|----------------|------------|--------------|---------------|
| | Ton/ano | | | |
| 2005 | 4.651 | 1.170 | 170 | 5.991 |
| 2006 | 4.726 | 1.170 | 170 | 6.066 |
| 2007 | 4.802 | 1.170 | 170 | 6.142 |
| 2008 | 4.880 | 1.170 | 170 | 6.220 |
| 2009 | 4.959 | 1.170 | 170 | 6.299 |
| 2010 | 5.039 | 1.170 | 170 | 6.379 |
| 2011 | 5.120 | 1.170 | 170 | 6.460 |
| 2012 | 5.203 | 1.170 | 170 | 6.543 |
| 2013 | 5.287 | 1.170 | 170 | 6.627 |
| 2014 | 5.372 | 1.170 | 170 | 6.712 |
| 2015 | 5.459 | 1.170 | 170 | 6.799 |
| 2016 | 5.547 | 1.170 | 170 | 6.887 |
| 2017 | 5.636 | 1.170 | 170 | 6.976 |
| 2018 | 5.727 | 1.170 | 170 | 7.067 |
| 2019 | 5.819 | 1.170 | 170 | 7.159 |
| | | | TOTAL | 98.327 |

Fonte: Do Autor (2019).

A área de disposição de resíduos de Bom Sucesso recebeu nestes 15 anos de operação 98.327 toneladas de resíduos, cujo volume estimado está em torno de 166.656 m³. No Formulário de Caracterização do Empreendimento (FCE), documento componente do processo de obtenção da licença ambiental, a Prefeitura assinalou que a área receberia 10,3 toneladas/dia de RSU entre 2013 e 2017 e 13 toneladas/dia entre os anos de 2017 e 2021.

5.1.4. Descrição das condições atuais

Conforme mencionado anteriormente, a estrada de acesso ao lixão é denominada Estrada do Gusmão, o mesmo dista 3,12 km da sede do município. A maior parte da estrada é de terra, porém, alguns trechos possuem raspa de asfalto, camadas de resíduos de asfaltos aplicadas pela Prefeitura para minimizar os impactos negativos causados pela chuva e favorecer o trânsito do caminhão coletor de lixo.

Para a realização das atividades de disposição final dos resíduos na área, a Prefeitura disponibiliza dos seguintes recursos: um operador, que trabalha de segunda a sexta-feira de 7 às 17 horas e um trator de esteiras, que faz a “compactação e recobrimento” dos resíduos.

Todo o perímetro do lixão conta com cerca de arame farpado, além de cerca viva, composta de árvores e arbustos, que minimizam o impacto visual e um possível

efeito de propagação de odor, causado pelos ventos. O empreendimento possui somente uma entrada, conforme a Figura 21, que conta com a sinalização de placas, indicando a finalidade da área e que o acesso é restrito a pessoas autorizadas. Apesar de possuir um portão, durante todas as visitas de campo, o mesmo encontrava-se aberto.

Figura 21 - Portão de entrada do lixão de Bom Sucesso.



Fonte: Do Autor (2019).

Segundo o operador, os caminhões de transporte de lixo levam os RSU até o lixão de 2 a 3 vezes por dia. Muitos moradores da zona rural também levam resíduos para serem ali depositados. Segundo as informações declaradas no SNIS a área já recebeu resíduos urbanos, industriais e da construção civil, não constando resíduos do serviço de saúde. Porém, o operador confirmou que eventualmente, resíduos do serviço de saúde eram depositados na área. Pode-se afirmar então que o empreendimento não possui controle da origem dos resíduos que foram ou estão sendo depositados.

As trincheiras abertas ao longo do tempo para a disposição de resíduos não possuíam impermeabilização de base. Conforme ilustrado nas Figuras 22 e 23, novas frentes de trabalho eram abertas e os resíduos eram e ainda são depositados no solo sem nenhuma preparação ou intervenção técnica.

A Prefeitura declara que o recobrimento dos resíduos é feito diariamente antes do término do período de trabalho. Porém, durante a visita técnica, foi observado grande quantidade de resíduos, depositados em período superior a três dias, sem recobrimento.

Muitas zonas antigas, onde a deposição já foi finalizada, também apresentavam grande quantidade de resíduos expostos. Demonstrando claramente que o recobrimento sempre foi realizado de forma incorreta ou não era realizado.

Figura 22 - Massa de resíduo sem recobrimento.



Fonte: Do Autor (2019).

Figura 23 - Massa de resíduo sem recobrimento.



Fonte: Do Autor (2019).

O recobrimento inadequado da massa de resíduos favorece a aparição de vetores, principalmente urubus, que se apresentam em grande quantidade na área. Durante a visita, foi possível observar que os urubus esparramam os resíduos expostos e também carregam os RSU para fora dos limites do empreendimento.

O fator de maior gravidade observado foi a inexistência de sistema de drenagem, acompanhado de um manejo incorreto da destinação das águas pluviais. Como a área possui certa inclinação, foram abertos diversas bacias ou diques de contenção. O objetivo é que todo o volume de água de chuva que caia nos limites do empreendimento seja enviado diretamente para esses diques, forçando a passagem das águas pluviais pela massa de resíduos já aterrada. Muitos diques foram construídos sobre zonas que possuíam resíduos aterrados. Observa-se que as paredes destes diques são compostas de solo misturados com os resíduos que foram revolvidos.

Freire (2009) afirma que forçar a passagem da água de chuva na massa de resíduos pode solubilizar substâncias presentes nos RSU, principalmente as de composição orgânica, dando origem ao lixiviado, que se mostra presente na figura 25.

Figura 24 - Dique de contenção de água de chuva.



Fonte: Do Autor (2019).

Figura 25 - Chorume carreado para dique de contenção.



Fonte: Do Autor (2019).

Figura 26 - Panorama da área de disposição final.



Fonte: Do Autor (2019).

Moravia (2010) detalha métodos para estimar o volume de lixiviado gerado em aterros sanitários. O autor explica que para aterros pouco compactados, espera-se que 25 a 50% da precipitação média anual que incide sobre a área do aterro transforme-se em lixiviado. Como a pluviosidade média anual de Bom Sucesso é de 1776 mm, espera-se, que 888 mm se transforme em lixiviado, podendo esse valor ser maior, devido ao manejo das águas pluviais durante a operação da atividade.

Apesar da entrada na área ser restrita aos funcionários da Prefeitura e pessoas autorizadas, outro grave problema identificado foi a presença de catadores de materiais recicláveis. Os catadores fazem parte de uma cooperativa e realizam a catação dos materiais diariamente. Os resíduos são acondicionados em *Big Bags*, representadas na Figura 27, que ficam depositados em algumas zonas do lixão. Posteriormente, os catadores contratam caminhões que fazem o transporte desse material até a sede da cooperativa em Bom Sucesso.

O processo de catação ocorre sem nenhum equipamento de proteção individual ou coletiva, conforme representa a Figura 28. Os resíduos que chegam por meio dos caminhões de coleta, são depositados na área do lixão, e os catadores avançam sobre as pilhas de resíduos depositadas fazendo a separação dos recicláveis. Somente após este processo de catação, o operador do lixão utiliza o trator de esteiras para conduzir o resíduo para a zona onde será disposto e realiza a compactação e recobrimento com solo, retirado nas próprias dependências do lixão.

Figura 27 - Resíduo segregado pelos catadores.



Fonte: Do Autor (2019).

Figura 28 - Presença de catadores de materiais recicláveis.



Fonte: Do Autor (2019).

Ao longo do tempo de operação, os resíduos foram depositados tanto acima quanto abaixo do nível do solo. Porém a maioria das zonas possuem resíduos aterrados, somente alguns pontos possuem resíduos acima do nível do terreno, em células que medem aproximadamente 2 metros, sendo que as mesmas já possuem cobertura de solo e vegetação.

Não se observou queima de resíduos durante a visita técnica, devido às condições climáticas do dia. Porém, o operador confirmou que não é uma prática executada na área. Explicitou também que já ocorreram pequenas explosões na área do lixão, caracterizado a existência de bolsões de gás metano, visto que a área não possui drenos de biogás gerado com a decomposição dos resíduos orgânicos.

Reis et.al (2009) avaliaram as condições da área de disposição de RSU de Poços de Caldas, Minas Gerais. Os autores relatam que no ano de 2005, o volume do aterro era de 250.000 m³, ocupava uma área de 33 ha e recebia resíduos urbanos, industriais e do serviço de saúde. Por meio de relatório fotográfico, verificou-se resíduos dispostos a céu aberto e sem recobrimento, presença de urubus, presença de catadores e animais domésticos, características típicas de lixões, assim como a situação encontrada em Bom Sucesso.

5.1.5. Análises laboratoriais de água e solo

Para avaliar os resultados das análises do curso d'água, nos pontos a montante (P1) e jusante (P3), utilizou-se os padrões estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 1/2008, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes no estado de Minas Gerais. Em suas disposições finais a Deliberação define que corpos d'água que ainda não passaram por processo de enquadramento pelo órgão ambiental competente, devem ser considerados como classe 2. Para avaliação dos dados referente à nascente (P2), utilizou-se como referência os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

A Deliberação também pontua que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos d'água, após o devido tratamento, desde que, obedeçam as condições e padrões estabelecidos na norma (MINAS GERAIS, 2008). O ponto P4, denominado lagoa, é um grande dique, que recebe água proveniente das chuvas e também os subprodutos que são carreados pelo escoamento superficial e subsuperficial, caracterizando-se como efluente da atividade de disposição dos RSU, devendo respeitar os parâmetros da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 1/2008. Os resultados das análises laboratoriais de água estão representados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Resultados das análises físico, química e bacteriológicas de água.

| Parâmetros | P1 | P2 | P3 | P4 |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Montante | Nascente | Jusante | Lagoa |
| pH | 7,6 | 6,8 | 8,0 | 8,9 |
| Condutividade Elétrica (µs/cm) | 20,0 | 0,0 | 30,0 | 440,0 |
| Turbidez (UT) | 3,35 | 2,2 | 3,8 | 15,6 |
| Sólidos Totais (mg/L) | 42,0 | 15,0 | 43,0 | 368,0 |
| Sólidos Dissolvidos (mg/L) | 33,0 | 12,0 | 41,0 | 335,0 |
| Sólidos em Suspensão (mg/L) | 9,0 | 3,0 | 1,0 | 33,0 |
| Fósforo Total (mg/L) | 0,003 | 0,001 | 0,003 | 0,006 |
| DBO (mg/L) | 9,0 | 5,0 | 14,0 | 68,0 |
| DQO (mg/L) | 20,0 | 9,0 | 29,0 | 112,0 |
| Nitrogênio Total (mg/L) | 2,97 | < LQ* | 5,94 | 2,97 |
| Coliformes Totais (NMP/100 ml) | $4,5 \times 10^5$ | $4,5 \times 10^4$ | $2,0 \times 10^5$ | $1,1 \times 10^6$ |
| Coliformes Fecais (NMP/100 ml) | $2,5 \times 10^5$ | $4,5 \times 10^4$ | $4,5 \times 10^4$ | $4,5 \times 10^5$ |

*LQ – limite de quantificação

Fonte: Do Autor (2019).

Tabela 5 - Níveis de metais pesados na água.

| Parâmetros | P1 Montante | P2 Nascente | P3 Jusante | P4 Lagoa | Limite de quantificação |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|------------------------------------|
| Ni (mg/L) | < LQ | < LQ | < LQ | < LQ | 0,03 |
| Cr (mg/L) | < LQ | < LQ | < LQ | < LQ | 0,001 |
| Cd (mg/L) | < LQ | < LQ | < LQ | < LQ | 0,002 |
| Pb (mg/L) | < LQ | < LQ | < LQ | < LQ | 0,03 |
| Cu (mg/L) | < LQ | < LQ | < LQ | < LQ | 0,008 |
| Zn (mg/L) | < LQ | < LQ | < LQ | < LQ | 0,007 |

Fonte: Do Autor (2019).

O ponto a P1 apresentou valor superior ao preconizado pela COPAM/CERH nº1/2008 para os parâmetros DBO e coliformes fecais, que são respectivamente 5,0 mg/L e 1.000 NMP/100 ml. Estes parâmetros indicam que o curso d'água recebe um aporte de contaminantes biodegradáveis que não são provenientes do lixão. A atividade pecuária, desenvolvida nos limites de bacia de contribuição do ponto P1, pode ser responsabilizada por este aporte de carga orgânica no manancial, juntamente com o lançamento de esgoto doméstico sem tratamento de residências rurais ao longo do trecho do riacho.

Os dados das análises realizadas a jusante do lixão, no ponto P3, evidenciam que a área disposição influencia na qualidade da água do ribeirão, visto que o pH e CE apresentam um leve aumento, porém, continuam abaixo do valor máximo permitido (VMP) da COPAM/CERH nº 1/2008.

A montante da área os parâmetros encontrados para DBO e DQO foram de 9,0 mg/L e 20 mg/L, porém a jusante, estes valores sobem para 14,0 mg/L e 29,0 mg/L. Esta diferença de 5,0 mg/L encontrada na concentração da DBO e 9,0 mg/L na DQO, são os mesmos valores encontrados para estes parâmetros no ponto P2, que é nascente vizinha ao lixão, cuja área de drenagem é composta exclusivamente pela área de disposição final de RSU.

Os valores de DBO e DQO nos pontos P1 e P3 foram inferiores aos valores encontrados por Sissino e Moreira (1996) para um córrego vizinho ao aterro controlado do Morro do Céu, em Niterói, o qual atingiu a concentração de 2.800 mg/L para DBO e 5.200 mg/L para DQO.

Com relação aos nutrientes, nitrogênio e fosforo, a legislação não define VMP para ambos os parâmetros para cursos d'água classe 2, porém, quando comparado com o ponto P1, a concentração de fósforo mantém-se estável (0,003 mg/L) enquanto a

concentração de nitrogênio total tem seu valor aumentado em 100%. Contudo, não é possível afirmar que a atividade de disposição de resíduos é responsável por este aporte de nitrogênio no curso d'água, visto que a concentração encontrada na lagoa foi de 2,97 mg/L, porém, para a nascente foi menor que o limite de quantificação do método, 2,97 mg/L. Outras fontes podem ser responsabilizadas por este aumento na concentração de nitrogênio, como a utilização de fertilizantes na agricultura e a criação de gado ao longo de toda a bacia de contribuição do ponto P3.

Estas atividades agropecuárias desenvolvidas na região também podem ser responsáveis pelo aumento na concentração da turbidez e dos sólidos totais, visto que estas atividades promovem erosão do solo. O carreamento das partículas de solo também pode ocorrer nas dependências do lixão. Como ilustrado nas imagens de satélite, o solo possui pouca cobertura e sofre muita intervenção. A ausência de proteção complementada como elevado grau de revolvimento pode resultar em focos de erosão. Neste sentido, os diques de contenção ganham uma importante função, além de diminuir a energia do escoamento superficial, promovem a retenção das partículas de solo (muitas delas, contaminadas) que se desprendem, evitando que as mesmas cheguem ao riacho.

Para avaliação dos resultados apresentados pela amostra composta de solo, utilizou-se a Resolução CONAMA nº 420/2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade de solo quanto à presença de substâncias químicas. Os valores encontrados estão representados na Tabela 6.

Tabela 6 - Níveis de metais pesados encontrados no solo.

| Parâmetros (mg/Kg) | Amostra Composta | VMP (mg/Kg), Resolução nº CONAMA 420/2009 | | | |
|-----------------------|---------------------|---|----------|-------------|------------|
| | | Prevenção | Agrícola | Residencial | Industrial |
| Ni | 16,69 | 30 | 70 | 100 | 130 |
| Cr | 532,70 | 75 | 150 | 300 | 400 |
| Cd | 15,76 | 1 | 3 | 8 | 20 |
| Pb | 32,50 | 72 | 180 | 300 | 900 |
| Cu | 29,22 | 60 | 200 | 400 | 600 |
| Zn | 22,85 | 300 | 450 | 1.000 | 2.000 |

Fonte: Do Autor (2019).

As análises químicas de metais pesados no solo apontaram que a área apresentou elevado nível de contaminação para dois elementos: cromo e cádmio. Os outros elementos também foram detectados na amostra, porém, em concentrações abaixo do

valor máximo permitido. A presença do cromo compromete todos os possíveis usos do solo, enquanto que a presença de cádmio comprometeria possíveis usos agrícola e residencial.

As análises comprovaram que a atividade contaminou o solo da área, porém, esta contaminação não foi evidenciada nas análises de água. A Tabela 5 corrobora com esta afirmação, pois, todos os metais pesados encontrados na amostra de solo, incluindo os que apresentaram concentração maior que o VMP, apresentaram concentração abaixo do limite de quantificação do método.

Pinheiro e Mochel (2017) também elaboraram um diagnóstico para verificar a contaminação na área do lixão do município de Paço do Lumiar, no Maranhão. As autoras atestaram a contaminação da área por metais pesados, encontrando níveis elevados para o elemento zinco, cobre, chumbo, cádmio e mercúrio. Entretanto, diferente de Bom Sucesso, a contaminação atingiu os recursos hídricos na proximidade da área de disposição de resíduos, sendo detectados níveis de chumbo e mercúrio acima de seus VMPs estipulados pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Tal contaminação pode ser atribuída ao solo arenoso com textura grossa da região estudada. Estes solos apresentam porosidade elevada e não possuem capacidade de retenção de água e de cátions, como os metais pesados.

Além da contaminação por estes metais pesados, Pinheiro e Mochel (2017) também constataram contaminação por nutrientes e coliformes termotolerantes. Mas, afirmaram que a contaminação por estes parâmetros não são apenas de responsabilidade do lixão, como também de outras fontes de poluição, como a proximidade de comunidades.

5.2. Proposição de melhorias

Conforme explicitado na etapa de diagnóstico, a área de disposição final de resíduos sólidos de Bom Sucesso é um lixão, desta maneira, recomenda-se o encerramento da atividade, porém, anterior ao encerramento, a prefeitura deve definir o novo local para dispor os RSU.

Para a escolha do novo local de disposição de resíduos, recomenda-se que a prefeitura entre em contato com aterros sanitários licenciados, que operem na região, e verifique os valores relacionados a esta logística. É aconselhável, para corroborar com a tomada de decisão, elaborar um estudo técnico-financeiro que compare as seguintes

alternativas: destinar os resíduos em aterros sanitários de cidades vizinhas ou construir um aterro sanitário de pequeno porte nas proximidades da sede de Bom Sucesso.

O próximo passo deve ser a promoção da recuperação ambiental da área degradada, utilizando a metodologia que mais se adeque a realidade do município e ao grau de degradação em que a área se encontra.

O volume depositado na área durante toda sua operação foi de 98.327 toneladas de resíduos que corresponde ao volume 166.656 m³. Este volume inviabiliza uma das alternativas apresentada pela FEAM, de simples remoção e destinação ambientalmente adequada dos resíduos, porque seriam necessárias mais de 11.110 viagens até um aterro sanitário licenciado mais próximo, utilizando um caminhão convencional transportando 15 m³ de resíduos.

Como a remoção e transporte dos resíduos se mostrou inviável, a técnica denominada recuperação simples passa a ser a principal alternativa a ser adotada para a recuperação da área degradada por disposição de RSU semelhante a de Bom Sucesso. A técnica consiste basicamente na reconformação geométrica e encapsulamento da massa de resíduos. A área também apresenta todos os pré-requisitos necessários para a escolha desta técnica, como:

- Extensão da área ocupada por resíduos é relativamente pequena (9 ha);
- Apresenta maciços com taludes estáveis e de pequena altura;
- Encontra-se a mais de 200 metros de corpos hídricos utilizados para irrigação de hortaliças ou consumo humano;
- Não está localizada em área de: formação cárstica, valor histórico, valor cultura ou preservação permanente;
- Não ter ocorrido o comprometimento das águas subterrâneas;

O recobrimento deverá ser efetuado com 50 cm de solo com textura argilosa, que deverá passar por processo de compactação para minimizar a permeabilidade e diminuir a susceptibilidade a trincamentos. Posteriormente deverá ser aplicado uma camada de terra vegetal ou compostos orgânicos para possibilitar o plantio de espécies nativas de raiz curta. (FEAM, 2010).

Soares et al. (2016), também sugeriu a técnica de recuperação simples como alternativa para a reabilitação da área degradada pela disposição inadequada de resíduos sólidos no município de Araporã – MG. A autora relembra também que uma das

vantagens desta técnica é a necessidade de equipamentos simples como trator de esteiras para a selagem da massa de resíduos.

Paralelo ao encapsulamento dos resíduos será necessário a construção de drenos verticais de remoção de gás e a construção de canaletas de drenagem pluvial para desviar a água proveniente das chuvas e minimizar o volume que infiltra sobre a massa de resíduos. Essas estruturas de controle ambiental deverão passar por manutenções constantes, visto que os impactos relacionados à atividade se estendem por mais de 10 anos após o encerramento da mesma. Outro importante aspecto é a construção e execução de um plano de monitoramento da qualidade do solo, água superficial e subterrânea (FEAM, 2010).

Para obter auxílio técnico na elaboração e execução destes estudos e projetos, adverte-se que a prefeitura deveria ingressar no Consórcio Regional de Saneamento Básico – CONSANE, sediado na cidade de Lavras – MG, cujo objetivo é aumentar a cobertura de saneamento básico dos municípios consorciados, capacitar os profissionais e melhorar os serviços ofertados a população, através da gestão associada.

Faz-se necessário também, a elaboração, por parte da prefeitura de programas e campanhas com foco em educar ambientalmente a comunidade, promover e difundir os objetivos trazidos pela PNRS como a redução não geração, consumo sustentável e racional, reaproveitamento e reciclagem dos resíduos sólidos.

Para corrigir os impactos sociais, a municipalidade deve, assim como sugere a PNRS, implantar um programa de coleta seletiva contando com a participação de cooperativas ou associações formadas pelos catadores de materiais recicláveis, que trabalham no lixão, sendo dever da prefeitura promover a integração, organização, formalização e capacitação profissional dos catadores.

6. CONCLUSÃO.

Por meio deste trabalho foi possível levantar informações importantes sobre a área de disposição final de resíduos sólidos do município de Bom Sucesso. Em um futuro próximo, estas informações poderão ser utilizadas, pela própria prefeitura, para auxiliar a tomada de decisão no que se referir ao encerramento da atividade de disposição e reabilitação ambiental da área.

A única informação apresentada pela Prefeitura para a elaboração deste trabalho foi o tempo de operação da atividade. A ausência de informações detalhadas, análises e

estudos sobre a área de disposição final do município refletem as dificuldades técnico-operacionais vivenciadas pelos municípios de menor porte. A ausência dos planos de saneamento e também do plano municipal de gerenciamento de resíduos sólidos revelam também a falta de vontade política e ausência de visão de longo prazo da Prefeitura.

A área apresenta características locacionais que atendem a Deliberação Normativa COPAM nº 118/2008, como declividade média menor que 30%, distanciamento de núcleo populacional maior que 500 metros, distanciamento mínimo de 300 metros de qualquer coleção hídrica. Porém, a proximidade com a estação elevatória de água bruta do município eleva o risco de operação da atividade.

A área está ambientalmente regularizada, visto que a mesma recebeu uma AAF com validade até o ano de 2021, porém, a autorização recebida é referente à atividade de uma unidade de triagem e compostagem seguido de disposição final em aterro sanitário, o que não ocorre na realidade, visto que as características físico-operacionais da área a classificam como lixão. Este problema fruto do autolicensing, um dos mecanismos provenientes das flexibilizações das normas ambientais estaduais.

Durante os 14 anos de operação, estima-se que a área tenha recebido aproximadamente 98.327 toneladas de resíduos provenientes das mais diversas fontes. Este montante foi depositado em uma área cuja operação se mostrou incorreta, por apresentar resíduos sem recobrimento, promover drenagem incorreta das águas de chuva e por permitir o acesso e trabalho de catadores de materiais recicláveis.

A ausência de elementos de controle ambiental associado com operação incorreta da atividade de disposição de resíduos sólidos no município de Bom Sucesso culminou na contaminação do solo da região. Além de apresentar valores elevados para os parâmetros pH, condutividade elétrica, DBO, DQO, sólidos e coliformes, para a amostra de água extraída em um dos diques de contenção de água de chuva, os níveis para os metais pesados cádmio e cromo se mostraram acima dos valores máximos permitidos pela legislação.

No entanto, as análises de água dos outros pontos confirmaram que esta contaminação se mantém isolada nos limites do lixão, visto que em nenhum dos pontos onde foram coletadas amostras de água, apresentaram valores significativos para metais pesados. E com relação aos outros parâmetros de água que se encontram acima do VMP, a atividade de disposição de RSU não pode ser a única responsabilizada, visto que os demais usos da bacia também influenciam diretamente a ocorrência deste fato.

A não contaminação das águas superficiais é uma confirmação importante, visto que são as mesmas águas que abastecem o município. Porém, este fato não diminui o risco envolvidos da disposição de RSU na área de contribuição da EEAB, nem a necessidade do encerramento e recuperação ambiental da área afetada pelo lixão.

Para realizar a recuperação ambiental da área, recomendou-se a metodologia de recuperação simples, indicada pela FEAM em seu “caderno técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos”, que consiste no encapsulamento da área de disposição, complementada com a construção de sistemas de controle que minimizam os impactos ambientais intrínsecos da atividade. Entretanto, antes de promover as alterações na área, a Prefeitura deve definir um novo local de disposição final dos resíduos sólidos gerados no município.

Ressalta-se também a importância da criação de planos e programas que possibilitem a promoção da educação ambiental, com foco específico na área de resíduos sólidos, bem como planos e programas que promovam melhorias na qualidade de vida dos catadores de materiais recicláveis que trabalham atualmente no lixão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8.419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro, 1992.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.515-1: Passivo ambiental em solo e água subterrânea Parte 1 - Avaliação preliminar.** Rio de Janeiro, 2011.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de resíduos sólidos no Brasil.** São Paulo, 75 p., 2017.

ALVES, C. F. de C.; BERTOLO, R. A. Geoquímica de águas subterrâneas impactadas por aterros de resíduos sólidos. **Águas Subterrâneas.** ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, ed. 26, v.1, p. 43-64, 2012.

ARAÚJO, T. B. **Avaliação de impactos ambientais em um lixão inativo no município de Itaporanga – PB.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual do Paraíba, Campina Grande, Paraíba, 47 p., 2015.

BARROS; R. M. **Tratado sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade.** Rio de Janeiro: Interciência; Minas Gerais: Acta, 374 p., 2012.

BARROS; R. T. V. **Elementos de resíduos sólidos.** Belo Horizonte: Tessitura, 424 p., 2012.

BRASIL. **Constituição (1988).** Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, Senado, 1988.

BRASIL. **Instrução Normativa IBAMA nº 4 de 13 de abril de 2011.** Disponível em <<http://www.ctpconsultoria.com.br/pdf/Instrucao-Normativa-IBAMA-04-de-13-04-2011.pdf>> Acesso em: 05 de abril de 2019.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. **Diário Oficial da União,** Brasília, 2 ago. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde: **Manual de Saneamento,** Brasília: Funasa, ed.4, 642 p., 2015.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.** Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf> Acessado em: 20 de abril de 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acessado em: 11 de abril de 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 396, de 3 de abril de 2008. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.** Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>> Acessado em: 10 de abril de 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 420, de 28 de dezembro de 2009. **Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.** Disponível em: <<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/arquivos/File/LegislacaoAmbiental/ResolucaoCONAMA420.pdf>> Acessado em: 12 de abril de 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 430 de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005.** Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acessado em: 16 de abril de 2019.

BOM SUCESSO. **Dados Gerais.** Disponível em: <<https://bomsucesso.mg.gov.br/category/cidade/dados-gerais/>> Acessado em: 16 de abril de 2019.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima:** Bom Sucesso. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/bom-sucesso-176249/>> Acessado em: 16 de abril de 2019.

COIMBRA, J. B. **Avaliação de impactos na saúde ocasionados pela disposição de resíduos sólidos: o lixão e a unidade de triagem e compostagem como cenários de exposição.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 100 p., 2013.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, ed.2, p. 306, 2006.

ENSINAS, A. V. **Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta em Campinas – SP.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 129 p., 2003.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Caderno Técnico de Reabilitação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos.** Fundação Israel Pinheiro. Belo Horizonte, 2010.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. **FEAM divulga inventário de áreas contaminadas e reabilitadas em Minas.** Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/1693-feam-divulga-inventario-de-areas-e-contaminadas-e-reabilitadas-em-minas>>. Acessado em: 07 de abril de 2019. 07 de janeiro de 2019.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais em 2017.** Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte, 135 p., 2018.

FELIPETTO, A. V. M. **Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos:** Conceito, planejamento e oportunidades, IBAM, Rio de Janeiro, 40 p., 2007.

FREIRE, G. J. M. **Análise de Municípios Mineiros quanto à Situação de seus Lixões.** Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 104 p., 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE – cidades,** 2010. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/bom-sucesso/panorama> > Acesso em: 7 de abril de 2019.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente. **Roteiro de Apresentação para Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) Terrestre,** Parque Nacional Serra da Bocaina, Minas Gerais, v. 3, 13 p., 2013. Disponível em: < http://www.icmbio.gov.br/parnaserradabocaina/images/stories/o_que_fazemos/gestao_e_manejo/Roteiro_PRAD_versao_3.pdf> Acessado em: 10 de abril de 2019.

ISWA – Associação Internacional de Resíduos Sólidos. **Saúde desperdiçada: O caso dos lixões.** São Paulo, 43 p., 2015.

JÚNIOR, A. S. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais, 101 p., 2009.

LANGE, L. C.; AMARAL, M. C. S. PROSAB. Resíduos Sólidos Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras. **Geração e Características do Lixiviado,** Rio de Janeiro, ed. 1, 358 p., 2009.

MEDEIROS, G. A.; REIS, F. A. G. V.; MENEZES, P. H. B. J.; SANTOS, L. A.; NEVES, C. A. O.; NUNES, M. H. M.; DAVI, E.; ANSELMO, L. S.; SILVA, A. Diagnóstico do aterro do município de Poços de Caldas, no estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista Engenharia Ambiental,** Espírito Santo do Pinhal, Minas Gerais, v.6, n.2, p. 003-015, mai/ago 2009.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n° 001, de 05 de maio de 2008. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Disponível em: <

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/processos/EFABF603/DeliberaNormativaConjuntaCOPAM-CERHno01-2008.pdf>> Acessado em: 10 de abril de 2019.

MINAS GERAIS Deliberação Normativa COPAM nº 118, 27 de junho de 2008. **Altera os artigos 2º, 3º e 4º da Deliberação Normativa 52/2001, estabelece novas diretrizes para adequação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado, e dá outras providências.** Belo Horizonte, 2008.

MORAVIA, W. G. **Avaliação do tratamento de lixiviado de aterro sanitário através de Processo Oxidativo Avançado conjugado com sistema de separação por membranas.** Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 237 p., 2010.

ORSATI, A. S. **Análise de impactos ambientais e econômicos na escolha de locais para disposição final de resíduos sólidos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, 76 p., 2006.

PINHEIRO, R. V. N.; LOBÓN, G. S.; SCALIZE, P. S. Risco de contaminação pela presença de disposição final de resíduos sólidos em bacias de captação superficial de água. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.23, n.5, p. 871-880, set/out 2018.

PINHEIRO, N. C. A.; MOCHEL, F. R. Diagnóstico de áreas contaminadas pela disposição final de resíduos sólidos no município de Paço do Lumiar (MA). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n.6, p. 1173-1184, nov/dez 2018.

POVINELLI, J.; BIDONE; F. R. A. **Conceitos básicos de resíduos sólidos.** São Carlos: EESC/USP, 109 p., 2010.

RAMOS, N. F.; GOMES, J. C.; CASTILHOS, A. B.; GOURDON, R. Desenvolvimento de ferramenta para diagnóstico ambiental de lixões de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.6, p. 1233-1241, nov/dez 2017.

SALGADO, M. G. **Remediação de áreas degradadas por resíduos sólidos estudo do caso da cidade de Americana.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, 169 p., 1993.

SIAM – Sistema Integrado de Informação Ambiental. **Sistema Integrado de Informação Ambiental.** Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável Disponível em:
<http://www.siam.mg.gov.br/siam/processo/processo_emprto_emprdor.jsp?pageheader=null&num_pt=&ano_pt=&nome_empreendedor=&cpf_cnpj_emprdor=&num_fob=&ano_fob=&cod_atividades=&cod_outros_municipios=&nome_empreendimento=PREFEITURA%20MUNICIPAL%20DE%20BOM%20SUCESSO&cpf_cnpj_emp=&tipoProcesso=&num_apefoutorga=&cod_empreendimento=&ano_apefoutorga=> Acessado em: 25 de abril de 2019.

SICAR – Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. **Cadastro Ambiental Rural.** Serviço Florestal Brasileiro. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>> Acessado em: 10 de abril de 2019.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Série Histórica**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Disponível em: <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>> Acessado em: 25 de abril de 2019.

SISINNO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 515-523, 1996.

SOARES, A. M.; NISHIYAMA, L.; FIGUEIREDO, V. S.; BORGES, J. A. **Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) do Aterro Controlado/“Lixão” de Araporã pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos**. Prefeitura Municipal de Araporã, Araporã, Minas Gerais, 56 p., 2016.

TÁVORA, M. A. **Impacto Socioambiental do lançamento de percolato e esgoto nos recursos hídricos: o caso da lagoa do Borzeguim, Itapipoca–CE**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 115 p., 2010.