



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

ESTUDO DA QUALIDADE DO SISTEMA HÍDRICO NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA
CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA BR 040 - BELO
HORIZONTE, MG.

TATYANE DE MARCO DUTRA

BELO HORIZONTE

2019

TATYANE DE MARCO DUTRA

ESTUDO DA QUALIDADE DO SISTEMA HÍDRICO NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA
CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA BR 040 - BELO
HORIZONTE, MG.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas
Gerais como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. DSc. Evandro Carrusca de Oliveira

BELO HORIZONTE

2019

Dutra, Tatyane De Marco.

S---

Estudo da qualidade do sistema hídrico na área de influência da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040 - Belo Horizonte, MG / Tatyane De Marco Dutra.: 2019.

72 f.; -- cm.

Orientador: Prof. DSc. Evandro Carrusca de Oliveira.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2019.

1. Aterro Sanitário. 2. Áreas Contaminadas. 3. IQA. 4. Impactos Sociais. I. Dutra, Tatyane De Marco. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Estudo da qualidade do sistema hídrico na área de influência da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040 - Belo Horizonte, MG.

CDD -----

TATYANE DE MARCO DUTRA

ESTUDO DA QUALIDADE DO SISTEMA HÍDRICO NA ÁREA DE
INFLUÊNCIA DA CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS
SÓLIDOS DA BR 040 – BELO HORIZONTE, MG.

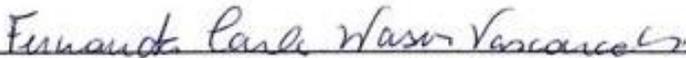
Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas Gerais
como requisito parcial para obtenção
do título de Engenheira Ambiental e
Sanitarista.

Data de aprovação: 11/06/2019

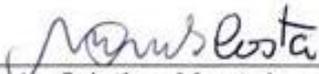
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Evandro Carrusca de Oliveira – Presidente da Banca Examinadora



Prof. Dra. Fernanda Carla Wasner Vasconcelos
Membro da Banca Examinadora



Prof. Dra. Maria Cristina Monteiro de Souza Costa
Membro da Banca Examinadora

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, por sempre iluminar e guiar meus passos até aqui, me protegendo e dando forças para superar as dificuldades do caminho.

Aos meus pais, Vanessa e Oswaldo, por todo amor e apoio, por me incentivarem a lutar sempre pelos meus sonhos. Ao meu irmão Mateus, que sempre esteve ao meu lado, torcendo por mim.

Aos meus avós Walter (in memoriam) e Nadir, por serem sempre exemplos em minha vida e por todo conhecimento compartilhado. Aos meus tios e tias, primos e primas, por se fazerem sempre presentes.

Às minhas amigas Ana Marra (que teve uma participação importante no levantamento de dados desse trabalho), Carol Dulce, Laís Horta, Lilian Tarabal e Marina Tamie, que não desistiram de mim, mesmo com todos os convites para sair recusados, porque sempre haviam provas pra estudar, trabalhos a serem feitos...

Aos amigos de rotina que o CEFET-MG me deu, em especial à Camila França, Fernanda Luz, Franciele Plotássio, Juliana Sales, Júnia Teixeira, Lucas Soares, Mateus D'Ávila, Regeane Gomes, por dividirem momentos de angústia e alegria ao longo desses anos, a caminhada foi longa, mas se tornou mais leve com vocês.

Aos mestres que tive a honra de conviver, em especial ao Evandro Carrusca e Maria Cristina Costa, que sempre muito pacientes dedicaram seu tempo para ensinar e me incentivaram a buscar ser sempre o meu melhor.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma torceram pelo meu sucesso e se alegraram à cada conquista. Essa vitória é nossa!

RESUMO

DE MARCO, T., *Estudo da qualidade do sistema hídrico na área de influência da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040 – Belo Horizonte, MG*. 2019. 66f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

Nas grandes cidades, o aumento populacional é realidade que se encontra aliada à crescente produção de resíduos sólidos urbanos. Essa problemática envolve diversos aspectos, sendo um deles a disposição e operação inadequada de resíduos sólidos em aterros sanitários. Este aspecto é responsável pela geração de problemas ambientais, incluindo risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, devido ao lixiviado produzido na decomposição dos resíduos, fato este, que pode acarretar sérias consequências para o meio ambiente e à saúde pública. O objetivo desse trabalho foi identificar possíveis impactos ambientais relacionados com interferências no sistema hídrico local provocadas pela disposição de resíduos sólidos urbanos e, conseqüentemente, os riscos à saúde da população residente no entorno da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos em Belo Horizonte-MG (CTRS BR 040) face à exploração deste recurso hídrico para o uso próprio. A metodologia aplicada foi análise temporal dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos disponíveis nos relatórios de monitoramento ambiental da CTRS BR 040 entre os anos de 2013 e 2018, seguido pelo cálculo do índice da qualidade da água (IQA) a partir dos dados obtidos nos relatórios. Por fim, foi realizada a avaliação social se deu a partir da aplicação de um formulário com roteiro semiestruturado em um dos bairros ao entorno do empreendimento. Comprovou-se que, ao longo desses vários anos, todos os pontos de análise ambiental apresentaram contaminação por metais pesados e outros contaminantes, e que não foram tomadas decisões e ações para reverter esse quadro de contaminação dos córregos existentes na área de influência do empreendimento, e não foram apresentadas justificativas para este comportamento. A análise social permitiu comprovar os impactos negativos sentidos pela população com as atividades realizadas pelo empreendimento, mas também pontuou os pontos positivos do processo de recuperação da área degradada que vêm sendo realizado.

Palavras-Chave: Aterro Sanitário. Áreas Contaminadas. IQA. Impactos Sociais.

ABSTRACT

DE MARCO, T., *Study of the quality of the water system in the area of influence of the Solid Waste Treatment Center of BR 040, Belo Horizonte – MG*. 2019 66p. Monograph (Graduate) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

In large cities, the population increase is a reality that is allied to the growing production of urban solid waste. This problem involves several aspects, one of which is the improper disposition and operation of solid waste in landfills. This aspect is responsible for the generation of environmental problems, including the risk of contamination of surface and groundwater, due to the leachate produced in the decomposition of waste, which can have serious consequences for the environment and public health. The objective of this study was to identify possible environmental impacts related to interference in the local water system caused by the disposal of urban solid waste and, consequently, the health risks of the resident population around the Solid Waste Treatment Plant in Belo Horizonte-MG (CTRS BR 040) in view of the exploitation of this water resource for its own use. The methodology applied was a temporal analysis of the physical-chemical and microbiological parameters available in the CTRS BR 040 environmental monitoring reports between the years 2013 and 2018, followed by the calculation of the water quality index (WQI) from the data obtained in the reports. Finally, the social evaluation was carried out by applying a form with a semi-structured itinerary in one of the neighborhoods surrounding the project. It was found that during all these years, all points of environmental analysis showed contamination by heavy metals and other contaminants, and that no decisions and actions were taken to reverse this contamination of the existing streams in the area of influence of the enterprise, and no justification for this behavior was presented. The social analysis allowed to prove the negative impacts felt by the population with the activities carried out by the enterprise, but also pointed out the positive aspects of the process of recovery of the degraded area that has been carried out.

Keywords: Landfill Sanitary. Contaminated Areas. WQI. Social Impacts.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

Abrelpe – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ANA – Agência Nacional das Águas

Cetesb – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

COT – Carbono Orgânico Total

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CTRS BR 040 – Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DMRSU – Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ETA – Estação de Tratamento de Água

Funasa – Fundação Nacional de Saúde

IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IQA – Índice de Qualidade da Água

Inmet - Instituto Nacional de Meteorologia

MMA – Ministério do Meio Ambiente

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – Potencial Hidrogeniônico

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SLU – Superintendência de Limpeza Urbana

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

VMP – Valor Máximo Permitido

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacias hidrográficas brasileiras	19
Figura 2 - Localização da área de estudo	30
Figura 3 - Usina de compostagem de resíduos instalada no aterro sanitário da BR 040	31
Figura 4 – Zoneamento geotécnico da área de influência da CTRS BR 040	33
Figura 5 - Mapa de correlação entre hospitais, cemitérios, aterros sanitários e vulnerabilidade	34
Figura 6 – Curvas de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA	41
Figura 7 – QR code que direciona ao formulário online	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos recursos hídricos e densidade demográfica do Brasil	18
Tabela 2 - Percentual de destinação de resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros	21
Tabela 3 – Valores da variável w para realizar o cálculo do IQA	43
Tabela 4 - Classificação do IQA	44
Tabela 5 - Resultados de análises físico-químicas e microbiológicas referentes ao ponto de monitoramento PSP 01 (janeiro 2013 a dezembro 2018)	48
Tabela 6 - Resultados de análises físico-químicas e microbiológicas referentes ao ponto de monitoramento PSP 02 (janeiro 2013 a dezembro 2018)	51
Tabela 7 - Resultados de análises físico-químicas e microbiológicas referentes ao ponto de monitoramento PSP 03 (janeiro 2013 a dezembro 2018)	52
Tabela 8 - Resultados de análises físico-químicas e microbiológicas referentes ao ponto de monitoramento PSP 04 (janeiro 2013 a dezembro 2018)	54
Tabela 9 - Valores do IQA encontrado nos pontos PSP 02 e PSP 03	56
Tabela 10 - Valores do IQA nos pontos PSP 02 e PSP 03 e Classificação IQA segundo CETESB	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Doenças relacionadas com os resíduos sólidos	29
Quadro 2 - Parâmetros monitorados e frequência nas águas superficiais	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Composição gravimétrica brasileira de RSU a serem coletados	23
Gráfico 2 – Divisão da população amostral por gênero	59
Gráfico 3 – Divisão da população amostral por faixa etária	59
Gráfico 4 – Divisão da população amostral por grau de escolaridade	60

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Cálculo do IQA	41
Equação 2 – Qualidade do parâmetro OD	42
Equação 3 – Qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes	42
Equação 4 – Qualidade do parâmetro pH	42
Equação 5 – Qualidade do parâmetro DBO ₅	42
Equação 6 – Qualidade do parâmetro temperatura da água	42
Equação 7 – Qualidade do parâmetro nitrogênio total	42
Equação 8 – Qualidade do parâmetro fósforo total	43
Equação 9 – Qualidade do parâmetro turbidez	43
Equação 10 – Qualidade do parâmetro resíduos totais	43
Equação 11 – Tamanho da amostra	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos.....	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1 Recursos Hídricos e sua Ocorrência no Brasil	18
3.2 Resíduos Sólidos	20
3.2.1 Resíduos Sólidos Urbanos.....	20
3.2.3 Geração de Resíduos Sólidos no Brasil.....	22
3.3 Aterro Sanitário	24
3.4 Chorume.....	25
3.5 Monitoramento Ambiental em Aterros Sanitários.....	26
3.5.1 Significado ambiental dos parâmetros físico-químicos.....	27
3.6 Impactos Sociais	28
5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	30
5.1. Localização da Área	30
5.2 Clima	32
5.3 Geologia.....	32
5.4 Hidrografia	35
5.1.5 Sistema de Monitoramento Ambiental.....	35
6 METODOLOGIA	37
6.1 Levantamento de dados da qualidade dos mananciais	37
6.2 Índice da Qualidade da Água.....	40
6.3 Levantamento da realidade local	44
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
7.1 Análise de dados do monitoramento de águas superficiais	47
7.2 Avaliação do Índice de Qualidade da Água do Córrego Taiobas	56
7.3 Análise da realidade local	58
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS	65
APÊNDICE A	72

1 INTRODUÇÃO

O aumento dos usos inapropriados da água na última década gerou eventos de escassez hídrica no Brasil e no mundo e, os maiores usos, como a agricultura, indústria e consumo humano, têm gerado conflitos de interesse (FUNASA, 2015).

A disponibilidade de água deve ser garantida pela preservação da quantidade e gestão qualitativa do recurso. A qualidade das águas pode ser alterada por influência dos usos diversos e ocupações do solo, como a disposição final de resíduos sólidos, que representa risco à saúde da população e ao meio ambiente (ROWE; CARDOSO, 2009).

Nas grandes cidades, o crescente aumento populacional é realidade que se encontra aliada à crescente produção de resíduos sólidos urbanos (RSU). Essa problemática envolve diversos aspectos, sendo um deles a disposição e operação inadequada de RSU em aterros sanitários. Este aspecto é responsável pela geração de problemas ambientais, incluindo risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, devido ao lixiviado produzido na decomposição dos resíduos, fato este, que pode acarretar sérias consequências para o ambiente e à saúde pública (ADEREMI, 2011).

Sendo um dos desafios da atualidade alcançar o equilíbrio entre essa geração excessiva e a disposição final adequada dos resíduos sólidos, tema este que vem sendo discutido desde a Conferência Rio 92, em que passou a ser prioridade social a redução dos resíduos nas fontes geradoras e da disposição final no solo, a maximização do reaproveitamento, coleta seletiva e reciclagem com a inclusão de catadores e a compostagem (JACOBI et al., 2011).

Segundo Cardoso (2005), a destinação e o tratamento inadequados dos resíduos se transformou em um dos graves problemas ambientais e sociais, onde é cada vez maior a geração de resíduos, que cresce acompanhando o ritmo do crescimento populacional. Tal problema necessita de uma maior atenção, já que a prática de lançar resíduos de forma inadequada pode resultar em graves problemas de degradação dos recursos naturais. De acordo com a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetetsb) destaca-se que:

A responsabilidade da sociedade pelos seus resíduos não se encerra no momento em que é colocado à porta para a coleta. É imprescindível que a população tenha consciência da quantidade que gera e descarta e para onde esse resíduo é enviado e como é tratado (CETESB, 1998).

Dados do Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – DMRSU (SNIS, 2018) revelam que no Brasil para uma massa coletada de 71,3 milhões de toneladas, em 2016, os

índices relativos à disposição final dos RSU alcançam os valores de 58,4% dispostos em aterros sanitários e, 41,6% dispostos em aterros controlados e lixões.

Como observado no DMRSU, os métodos de disposição de resíduos sólidos urbano usual é o aterro sanitário, que apresenta menor custo e consiste no confinamento dos resíduos em camadas cobertas por material inerte. Os resíduos dispostos em aterros sanitários são decompostos biologicamente, predominando neste processo a digestão anaeróbia.

Na fase da decomposição é formado o percolado, um dos principais responsáveis pela contaminação ambiental, que pode ser originado de três diferentes formas: (i) da umidade natural do lixo, aumentando no período chuvoso; (ii) da água de constituição da matéria orgânica, que escorre durante o processo de decomposição; (iii) e das bactérias existentes no lixo, que expelem enzimas que dissolvem a matéria orgânica com formação de líquido (SÁ et al., 2012).

Esse percolado, por apresentar substâncias altamente solúveis, pode causar a contaminação do corpo hídrico nas proximidades do aterro, resultando em sérias consequências para o ambiente e para a saúde pública, já que possui compostos altamente tóxicos, principalmente elementos traços, que não são removidos no tratamento biológico realizado nas lagoas de estabilização no próprio aterro sanitário (MOURA, 2008).

Desta forma, é de extrema importância que seja adotado pelo aterro sanitário um sistema eficaz de drenagem e tratamento dos líquidos lixiviados e gases. Para avaliar a eficiência do sistema de drenagem e tratamento implantados, é indispensável que seja realizado coleta de dados periódicos para monitoramento ambiental, ou seja, seguir procedimentos de análises de padrões repetitivos estabelecidos pela norma, sendo este um ponto de extrema importância para as operações de um aterro sanitário. Através das avaliações de campo e análises laboratoriais, os monitoramentos possibilitam minimizar falhas e corrigir deficiências no sistema operante no aterro sanitário. Além disso, o acompanhamento da evolução do processo permite avaliar os impactos causados pela obra e operação do aterro sanitário, inclusive depois de encerradas as atividades do aterro.

Por fim, é preciso ressaltar que o monitoramento ambiental em um aterro sanitário deve ocorrer de forma eficiente, tanto durante o seu funcionamento, quanto após o encerramento de suas atividades, até que a matéria decomposta se estabilize, ou seja, até que não haja mais formação de gases e percolado, acomodações de solo, e o ambiente e a comunidade local não sofram nenhum dano (CARMO, 2010).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a qualidade do sistema hídrico na área de influência da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040 - Belo Horizonte-MG, tendo como referência o programa de monitoramento ambiental dos mananciais desenvolvido no entorno do aterro municipal.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar análise temporal dos relatórios de monitoramento ambiental das águas superficiais desenvolvido na Central de Tratamento de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte entre os anos de 2013 e 2018.

- Verificar o atendimento dos parâmetros de qualidade definidos para o padrão de enquadramento estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357, artigo 15, de 17 de março de 2005, e posteriores alterações.

- Determinar o Índice de Qualidade da Água no ponto à montante e jusante do Córrego Taiobas.

- Levantar possíveis impactos ambientais causados pela disposição de resíduos sólidos urbanos ao sistema hídrico local.

- Levantar os impactos sociais na população residente no bairro Álvaro Camargos, no entorno da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Recursos Hídricos e sua Ocorrência no Brasil

O Brasil possui cerca de 12% da água doce superficial disponível em todo planeta e 28% da disponibilidade nas Américas. O país também conta com a maior reserva de água doce subterrânea, o Aquífero Guarani, com 1,2 milhão de quilômetros quadrados. Porém a distribuição geográfica desses recursos não acontece de forma homogênea, como é possível verificar na Tabela 1.

TABELA 1 – Distribuição dos recursos hídricos e densidade demográfica do Brasil.

REGIÃO	DENSIDADE DEMOGRÁFICA (HAB.KM⁻²)	CONCENTRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO PAÍS (%)
Norte	4,12	68,5%
Nordeste	34,15	3,3%
Centro-Oeste	8,75	15,7%
Sudeste	86,92	6%
Sul	48,58	6,5%

Fonte: IBGE/ANA (2010)

A hidrografia brasileira é dividida de acordo com a Divisão Hidrográfica Nacional, instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que estabelece doze regiões. As regiões são divididas visando a gestão dos recursos hídricos em todo país e essas regiões são formadas por bacias, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas próximas, que possuam características naturais, sociais e econômicas similares (ANA, 2005).

Ainda segundo a ANA (2005), o termo “bacia hidrográfica” se refere a uma determinada área onde ocorre a drenagem e o escoamento da água originada pela chuva para um único ponto de saída, denominado de seção de controle. A água originada pelas demais fontes dessa região deságuam na mesma seção de controle, originando uma bacia hidrográfica. Desse modo, uma bacia hidrográfica é constituída por um ou mais rios principais e seus afluentes.

O país se divide nas seguintes bacias hidrográficas (Figura 1): Amazônica, Tocantins-Araguaia, Atlântico NE Ocidental, Parnaíba, Atlântico NE Oriental, São Francisco, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Paraná, Paraguai, Uruguai e Atlântico Sul.

FIGURA 1 – Bacias hidrográficas brasileiras



Fonte: ANA (2005).

A Constituição Federal, ao definir que todas as águas pertencem à União ou aos Estados, conforme sua localização, caracterizou a água como um bem público. Criou-se então a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). A PNRH tem como objetivo garantir o desenvolvimento sustentável e a gestão integrada e sistemática dos recursos hídricos, assegurando a participação dos usuários e da sociedade civil, a fim de garantir a oferta de água em quantidade suficiente e com qualidade satisfatória para as atuais e futuras gerações, além de resguardar o uso múltiplo das águas.

É evidente a importância da necessidade de proteção dos corpos hídricos e, quando se diz que um ambiente é vulnerável, está se referindo ao seu grau de proteção natural contra possíveis contaminações, o que varia de acordo com as características litológicas e hidrogeológicas.

Quando em uma área não é considerada a sua vulnerabilidade no momento da ocupação, ou seja, ocorre de maneira inadequada, é possível que ocorra uma contaminação, já que a capacidade daquele determinado solo em degradar substâncias tóxicas pode não ser suficiente e, isso ocorre, principalmente, na zona de recarga de aquíferos.

Um exemplo desta contaminação que ocorre pela ocupação de áreas inadequadas é a contaminação dos recursos hídricos onde há disposição de resíduos sólidos urbanos, que é causada principalmente pelo líquido percolado dos aterros (SANTOS et al., 2004).

3.2 Resíduos Sólidos

3.2.1 Resíduos Sólidos Urbanos

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2004), os resíduos sólidos são todos os resíduos nos estados sólidos e semissólidos, resultantes de atividades industriais ou urbanas, incluindo também os lodos resultantes de estações de tratamento de água (ETA). Logo, resíduos sólidos são todos os materiais provenientes de atividades indústrias, comércio e residências que seja considerado inútil.

A origem do resíduo sólido é o principal elemento para sua caracterização. Os resíduos domésticos são aqueles gerados nas atividades diárias em edificações residenciais, os comerciais compreendem os resíduos gerados em estabelecimentos comerciais, os industriais das indústrias de diversas áreas de atuação e, já os entulhos de obras, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes e pneus compreendem o resíduo domiciliar especial (IBAM, 2001).

3.2.2 Disposição final dos resíduos

A disposição inadequada dos RSU gera riscos à saúde pública e ao meio ambiente, podendo levar à poluição do solo, do subsolo, do ar, proliferação de vetores de doenças e a contaminação das águas superficiais e subterrâneas (DREW, 2002).

No Brasil, existem três formas de disposição final: os lixões, os aterros sanitários e os aterros controlados. Os lixões são locais sem infraestrutura para contenção dos poluentes contidos nos resíduos, não possuem destinação de gases gerados, não apresentam procedimentos operacionais capazes de impedir a proliferação de vetores ou de restringir o acesso de pessoas, sendo impróprios sob aspectos técnicos e sociais (CASSINI, 2003).

O aterro controlado é uma célula adjacente ao lixão que recebeu cobertura de argila, grama e captação de chorume e gás (PINHEIRO & GONÇALVES, 2009). São locais para disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou risco à saúde pública e a sua segurança, minimizando os impactos ambientais.

Em virtude da legislação que atribui o tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos aos devidos geradores, é possível obter um panorama nacional de tais destinações. Na Tabela 2 é possível observar o percentual de como ocorre a destinação de resíduos nos municípios brasileiros.

TABELA 2 – Percentual de destinação de resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros.

DESTINAÇÃO DO RSU COLETADO PELOS MUNICÍPIOS	(%)
Vazadouros a Céu Aberto (lixão)	50,8
Aterro Controlado	22,5
Aterro Sanitário	27,7

Fonte: ABRELPE (2012)

Segundo o IBAM (2001), a melhor forma de se dar destino final adequado aos resíduos sólidos é através de aterros sanitários. Todos os demais processos ditos como de destinação final são processos de tratamento ou beneficiamento do resíduo.

Logo, a destinação final adequada é aquela que não causa poluição do solo, das águas e do ar, além de não propiciar a proliferação de vetores de doenças. A busca por soluções deve passar pelo esforço integrado das prefeituras órgãos estaduais e sociedade, investindo em saneamento e, conseqüentemente, na saúde e na melhoria da qualidade de vida da população.

Com objetivo de apoiar os municípios no atendimento às normas de gestão adequada de resíduos sólidos urbanos definidas pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam), a Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam) está à frente do programa Minas sem Lixões.

O programa foi implementado em 2003 e tem como metas o fim de 80% dos lixões e a disposição final adequada de 60% dos RSU gerados em Minas Gerais em sistemas tecnicamente adequados, devidamente licenciados pelo Copam. Para alcançar os objetivos previstos no projeto estruturador, a Feam atua principalmente com a publicação de Deliberações Normativas, com orientação às administrações municipais, formalização de apoio técnico aos municípios junto às universidades, fiscalizações e licenciamento orientativo, capacitação das Superintendências de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Suprams), formalização de termo de parceria com OSCIPs e na busca de recursos junto aos órgãos financiadores.

3.2.3 Geração de Resíduos Sólidos no Brasil

No Brasil, uma parcela dos municípios não possui controle da disposição dos RSU, causando impactos socioambientais, como a contaminação do ar, a degradação do solo, comprometimento das águas superficiais e subterrâneas, intensificação das enchentes e proliferação de vetores de importância sanitária nos centros urbanos.

Além do crescimento na geração dos resíduos devido ao aumento demográfico, observam-se mudanças em suas características conforme a época do ano e de acordo com a região. A quantidade gerada de resíduo está relacionada com o grau de desenvolvimento da região, ou seja, quanto mais desenvolvida, maior o volume e o peso dos resíduos gerados (SOUZA, 2005). Entretanto, fatores como clima, hábitos e costumes da população, leis e regulamentações, também influenciam na geração de resíduos.

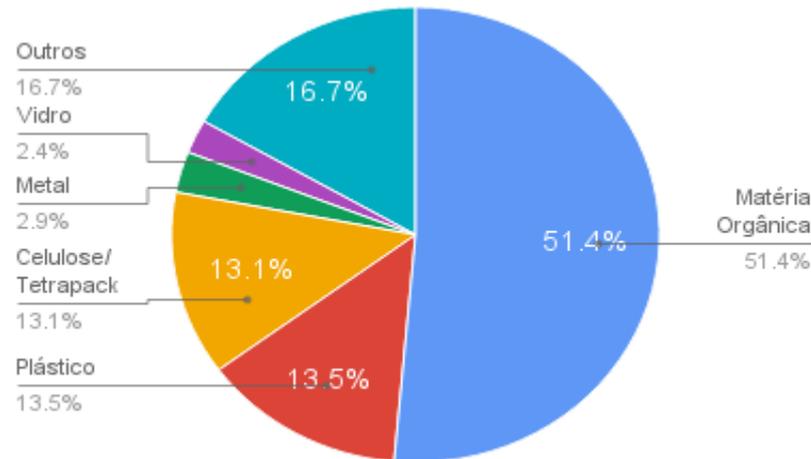
No ano de 2017, foram coletadas 78,4 milhões de toneladas de RSU, segundo o DMRSU, o demonstra um aumento de 1% em relação à 2016 (SNIS, 2018). Os motivos para a geração de RSU no Brasil são diversos, dentre eles o padrão de consumo da sociedade atual. O consumo apresenta-se como um objeto de estudo relativamente novo, mas de suma importância, pois exerce um papel de influência nas maneiras de pensar, agir e sentir do ser humano (FIGUEIREDO et al., 2012).

Seguido desse pensamento de consumismo exacerbado, segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2012), houve um aumento na geração de RSU em 35%, no intervalo de oito anos (2000-2008).

A caracterização desses resíduos é fundamental, pois possibilita o estudo do comportamento físico dos elementos que os compõem, viabilizando ações que melhorem a disposição adequada desses materiais, desde a forma de acondicionamento, passando pelo transporte e tratamento, até a destinação final (FARIAS & BRITO, 2000).

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2015), a composição gravimétrica dos resíduos gerados no Brasil é representado em sua maioria pela disposição de matéria orgânica, como representado no Gráfico 1.

GRÁFICO 1 - Composição gravimétrica brasileira de RSU a serem coletados.



Fonte: ABRELPE (2015).

Em relação às regiões brasileiras que mais geram resíduos sólidos urbanos no país, é tida como destaque a região Sudeste, onde os 1.668 municípios da região em questão geraram, em 2015, a quantidade de 107.375 toneladas/dia de RSU (ABRELPE, 2015).

Segundo o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo (CETESB, 2014), os índices de geração per capita (kg/hab.dia^{-1}) em função das faixas populacionais comprovam que o número de habitantes em cada região interfere diretamente na quantidade de RSU gerada: municípios com até 25.000 habitantes tem um índice de 0,7, municípios com 25.001 até 100.000 habitantes tem um índice de 0,8, municípios com 100.001 até 500.000 tem um índice de 0,9 e municípios com mais de 500.000 possuem um índice de geração per capita de 1,1.

Para reduzir os impactos socioambientais são necessários a adoção de padrões de produção e consumo sustentáveis e o gerenciamento adequado dos RSU. Este gerenciamento é de responsabilidade da administração pública do município, desde a sua coleta até a disposição final.

Ainda segundo o DMRSU, os índices relativos à disposição final dos resíduos alcançam os valores de 58,4% dispostos em aterros sanitários e, 41,6% dispostos em aterros controlados e lixões, logo o método de disposição de resíduos sólidos urbano mais usual no Brasil é o aterro sanitário.

3.3 Aterro Sanitário

O depósito de resíduos sólidos urbano é um passivo ambiental dos municípios, sendo a principal limitação ao desenvolvimento econômico e social projetado para uma determinada região (COELHO et al., 2002).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei N° 12.305/2010) define a destinação final ambientalmente adequada, ou seja, que minimiza ou acaba com os impactos ambientais gerados, como sendo a distribuição ordenada de rejeitos em aterros sanitários, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos, onde se inclui o aterro sanitário.

A implantação de aterros sanitários, segundo a legislação ambiental vigente, bem como o fechamento de lixões, tem reflexos positivos na melhoria da qualidade de vida e na contribuição para a redução de impactos ambientais.

A Norma NBR 8419/1992, define aterro sanitário como sendo:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbano 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 como uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou intervalos menores, se necessário.

Mesmo com a redução dos impactos ambientais que é resultado da implantação de um aterro sanitário, este empreendimento quando não operado de forma eficaz, pode trazer riscos ao meio ambiente. Segundo a CETESB (2002), as principais características de um aterro sanitário para evitar contaminação ambiental são: impermeabilização da base do aterro, que evita o contato do lixiviado com as águas subterrâneas; instalação de canais de saída de gases do interior do aterro; sistema de coleta de chorume, o qual é enviado a lagoas previamente preparadas com impermeabilização do seu contorno ou enviados para tanques de armazenamento fechados; sistema de tratamento de chorume; e sistema de drenagem de águas pluviais.

A maior preocupação em relação à destinação dos resíduos urbanos em aterros sanitários é a produção de chorume, por se tratar de um composto orgânico e mineral solúvel, formado quando a água se infiltra nas camadas de lixo, apresenta alto índice de poluição e toxicidade (PACHECO et al., 2004).

3.4 Chorume

O líquido gerado pela massa de lixo é denominado como chorume ou lixiviado, e consiste em líquido escuro proveniente do RSU, que pode causar diversos efeitos no meio ambiente e na saúde.

A composição e a quantidade do lixiviado depende de diversos fatores, como condições climáticas, temperatura, umidade, pH, composição, densidade dos resíduos, forma de disposição e idade dos resíduos (ELK, 2007).

Os lixiviados apresentam concentração de substâncias sólidas e teor de matéria orgânica. Esses líquidos, sem o devido tratamento, representam um risco de contaminação dos lençóis freáticos, já que podem percolar através do substrato inferior do aterro sanitário.

Um sistema de drenagem, quando implantado de forma eficiente, evita o acúmulo de lixiviados no aterro. Este sistema é implantado usualmente através de uma rede de drenos internos para levar o chorume até um sistema de tratamento. Essa rede de drenos costuma ter um formato similar a uma “espinha de peixe” (IBAM, 2001).

A legislação ambiental exige tratamento adequado para o lançamento dos lixiviados, e normalmente para atender os padrões estabelecidos é necessária uma combinação de diferentes métodos, como tratamentos biológicos aeróbios ou anaeróbios (lodos ativados, lagoas, filtros biológicos) e os tratamentos por processos físico-químicos (diluição, filtração, coagulação, floculação, precipitação, sedimentação, adsorção, troca iônica, oxidação química).

As características químicas do lixiviado se assemelham a um efluente industrial, sendo assim, também é considerado um efluente em potencial que pode contaminar o solo e as águas, superficiais e subterrâneas, se não devidamente tratado (AHMED et al., 2012). Logo, os aterros sanitários necessitam de um rigoroso monitoramento durante a concepção, operação e após sua desativação, para evitar que qualquer falha no sistema de drenagem cause um desastre ambiental.

Segundo Zanta et al. (2006), a pluma de lixiviado pode conter cinco grupos de poluentes:

- Matéria orgânica dissolvida expressa pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) demanda química de oxigênio (DQO) ou pelo carbono orgânico total (COT), incluindo ácidos fólicos e húmicos;
- Macro-componentes inorgânicos Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, NH⁴⁺, Fe⁺⁺, Mn⁺⁺, CL⁻ e HCO₃;
- Elementos traços: Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn;

- Compostos orgânicos xenobióticos (COXs) presente em baixas concentrações, incluindo hidrocarbonetos aromáticos, fenóis, e compostos alifáticos clorados;
- Outros componentes como boro, arsênio, bário, selênio, mercúrio e cobalto, que são encontrados em baixíssimas concentrações.

3.5 Monitoramento Ambiental em Aterros Sanitários

Conforme Artiola et al. (2009), o monitoramento ambiental é a observação e o estudo do meio ambiente e a informação gerada pelas atividades de monitoramento pode ser usada em uma quantidade infinita de formas, desde análises a curto prazo, até para a definição da gestão a longo prazo de estratégias de preservação.

Logo, para garantir a preservação do meio ambiente, a salubridade da população do entorno e a segurança do empreendimento, é importante a realização do monitoramento do aterro.

Como o resíduo é responsável pelas características dos gases e lixiviados produzidos, é necessário que se tenha um controle sobre os resíduos, de modo a conhecer as suas características físicas, como composição gravimétrica, teor de umidade e densidade.

O sistema de monitoramento ambiental deve ser realizado de forma a atender aos órgãos de controle ambiental e à legislação vigente, mantendo os parâmetros ambientais dentro dos limites estabelecidos pelos mesmos.

Segundo a Feam (2006), para que sejam avaliadas as alterações causadas pelo aterro sanitário nos cursos da água da região, é necessário realizar o monitoramento das águas superficiais. O monitoramento pode ser feito coletando amostras a montante e a jusante dos corpos d'água ou avaliando a contaminação das águas drenadas em tanques ou lagoas, determinando assim a necessidade de tratamento.

Os parâmetros monitorados nos mananciais de superfície são comparados aos limites estabelecidos pela Resolução Conama N° 357/2005, para coleções de água da Classe 2, e, quando pertinente, Resolução Conama N° 430/2011.

Como atividade complementar ao monitoramento, deve ser realizado o registro dos dados pluviométricos e de vazão de líquidos lixiviados, em vários pontos do aterro sanitário, para contribuir com um melhor gerenciamento desses líquidos e a avaliar o balanço hídrico no aterro. É indicado que os aterros possuam estações meteorológicas próprias, para não

dependem de dados de outras instituições e órgãos, e garantir maior precisão nos resultados (RECESA, 2008).

O comportamento de um aterro sanitário varia com o tempo, em função da biodegradação da matéria orgânica, por isso, após o encerramento das operações é necessário manter os monitoramentos até que as camadas de resíduo se estabilizem, ou seja, até que não haja mais formação de gases e chorume, acomodações de solo e o meio ambiente e comunidade local não sofram nenhum dano para evitar futuros deslocamentos e danos ambientais (ALCANTARA, 2007).

Para manter esses sistemas em funcionamento, devem ser realizadas regularmente inspeções de campo, objetivando avaliar as condições dos sistemas de drenagem de águas pluviais, controle de processos erosivos, ocorrência de trincas nos taludes, dentre outras.

3.5.1 Significado ambiental dos parâmetros físico-químicos

O monitoramento ambiental de águas superficiais é realizado a partir da análise de alguns parâmetros físico-químicos, como (i) pH, (ii) oxigênio dissolvido (OD), (iii) formas nitrogenadas e fosfatadas, (iv) demanda química de oxigênio (DQO), (v) metais tóxicos, (vi) parâmetros microbiológicos, dentre outros.

(i) O termo pH é usado para expressar a intensidade da condição ácida ou básica de uma solução e é uma maneira de expressar a concentração do íon hidrogênio e é influenciado pela quantidade de matéria orgânica a ser decomposta, sendo que quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH (SILVEIRA, 2007).

(ii) A determinação do oxigênio dissolvido (OD) é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água, que corresponde à quantidade de oxigênio que é consumida pelos microrganismos, na oxidação biológica, quando mantida a uma dada temperatura por um espaço de tempo convencional (MOTA, 1995).

(iii) Segundo Farias (2006), o nitrogênio está presente nas matérias orgânicas em decomposição, nos animais e vegetais ele se encontra na forma orgânica, mas em contato com a água, transforma-se em nitrogênio amoniacal. A presença de nitrogênio amoniacal na água significa matéria orgânica em decomposição e que o ambiente está pobre em oxigênio. No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal (como amônia - NH_3 e o íon amônio - NH_4), nitrito (NO_2) e nitrato (NO_3).

Os compostos de fósforo podem estar nas águas sob as formas de ortofosfatos (origem de fertilizantes), polifosfatos (provenientes do esgoto) e fósforo orgânico, formando o principal grupo de nutrientes com relação direta com o processo de eutrofização de um corpo d'água (FARIAS, 2006).

(iv) A demanda química de oxigênio (DQO) é quantidade de oxigênio consumido na oxidação química da matéria orgânica existente na água, usada como indicador do grau de poluição de um corpo de água, ou de uma água residuária (ZUCCARI et al., 2005).

(v) Segundo Farias (2006), alguns metais são essenciais para a vida em pequenas quantidades como o sódio, potássio, cálcio, manganês, ferro, etc. Os outros metais como mercúrio, cádmio, níquel, cromo e chumbo não são essenciais e tem efeitos tóxicos sobre o organismo. Os metais tóxicos não podem ser destruídos e são altamente reativos do ponto de vista químico, o que explica a dificuldade de encontrá-los em estado puro na natureza.

(vi) Os parâmetros microbiológicos são fundamentais para definir a qualidade sanitária, as bactérias do grupo coliforme são utilizadas como indicadores de poluição fecal. Na água, o organismo indicador de contaminação fecal mais utilizado é a *E. coli*, em que a presença dele indica que a água pode ter recebido uma carga fecal, alterando a qualidade microbiológica dessa e, conseqüentemente, pode trazer riscos à saúde de quem consome tal água (VILHENA et al., 2009).

3.6 Impactos Sociais

Para Sánchez (2013), as repercussões de um projeto de destinação de resíduos sólidos vão além de suas conseqüências ambientais, atingindo os planos econômico, social e cultural. Muitas vezes, a população nem se quer está preparada e possui instruções para vivenciar tais modificações que um projeto como este pode causar.

O primeiro ponto a ser levantado é a emissão de ruídos que um aterro sanitário causa à população em seu entorno, desde antes do seu funcionamento, na fase de construção do empreendimento. Durante a implantação e a operação do aterro, ruídos são causados pela movimentação de máquinas e veículos pesados, e às pessoas que trabalham no próprio aterro. Esse ruído pode causar desde doenças psicológicas como estresse e nervosismo, até a surdez, dependendo do nível e frequência de emissão.

Outra questão que interfere na vida das comunidades próximas à um aterro é a qualidade do ar, já que ocorre um aumento das partículas totais e inaláveis em suspensão, que podem causar problemas respiratórios. A contaminação do ar ocorre por meio da emissão de material

particulado e de gases tóxicos e fortes odores decorrentes da queima dos resíduos ou do processo de decomposição biológica dos mesmos.

É possível verificar também um odor específico de tal empreendimento, que é causado pelo lixo em decomposição. Este odor, além de incomodar os moradores que vivem próximo, também pode ser responsável pela desvalorização dos imóveis em bairros vizinhos ao aterro.

Junto à presença do lixo, temos a preocupação com a transmissão de doenças como a leptospirose, diarreia, dengue, asma, dentre outras, como descrito no Quadro 1. Essa transmissão pode ocorrer por via direta e principalmente por via indireta. A transmissão direta ocorre por meio de microrganismos tais como bactérias, vírus, protozoários e vermes, e a transmissão indireta pode ocorrer pela contaminação do ar, da água, do solo e por doenças transmitidas por insetos e roedores.

QUADRO 1: Doenças relacionadas com os Resíduos Sólidos.

VETORES	TRANSMISSÃO	DOENÇAS
Ratos	Mordida, Urina e/ou Fezes	Leptospirose, Peste Bulbônica
Moscas e Baratas	Fezes, Patas	Febre Tifóide, Amebíase, Cólera
Mosquitos	Picada	Leishmaniose, Dengue, Febre Amarela e Malária
Gato	Urina	Toxoplasmose

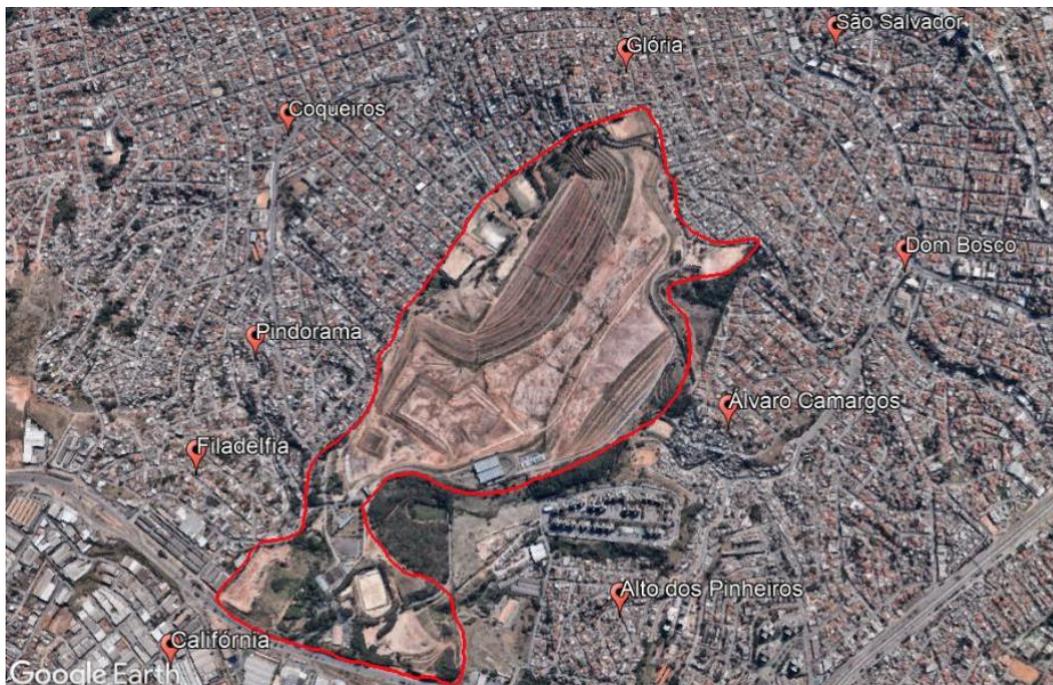
Fonte: Adaptado de FUNASA (2010).

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1. Localização da Área

A Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040 (CTRS BR 040) está localizada às margens da Rodovia BR 040, na região Noroeste de Belo Horizonte e iniciou sua operação em 1975 (Figura 2). Em seu entorno, encontram os bairros Califórnia, Filadélfia, Pindorama, Coqueiros, Glória, São Salvador, Dom Bosco, Álvaro Camargos e Alto dos Pinheiros. Segundo o IBGE (2010), nestes bairros vivem aproximadamente 65.595 habitantes.

FIGURA 2 – Localização da área de estudo.



Fonte: Google Earth (2018).

A CTRS BR 040 ocupa uma área de 144 hectares, sendo que o aterro sanitário ocupa uma área de 65 hectares subdivididos em 7 células, que foram utilizados para a disposição dos RSU, e possui 65m de altura no ponto mais elevado. Ele é dividido nas seguintes unidades: aterro sanitário, estações de armazenamento de líquidos percolados, unidade de compostagem, aterro de resíduos inertes, usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição, unidade de recebimento de pneus, unidade de educação ambiental, instalações de apoio administrativo e operacional e estação de transbordo de resíduos.

O aterro sanitário funcionou durante 14 anos como um aterro convencional, instalado e operado em conformidade com as normas que então regulamentavam o funcionamento desse tipo de instalação, passando, em 1989, à aterro energético, captando biogás e utilizado como

combustível para veículos. No aterro foram dispostos principalmente resíduos de coleta domiciliar e entulho de construção civil.

A extração de gases foi paralisada em 1995 e, no mesmo ano, passou-se a tratar a massa de resíduos aterrada utilizando técnica de biorremediação. A partir de 2002, o aterro voltou a ser operado de forma convencional e encerrou suas atividades em 2007, após de 32 anos de funcionamento. Aproximadamente 23 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos foram dispostos neste aterro durante sua operação. Em 2009, a exploração de biogás voltou a ser realizada.

Segundo Costa (2004), todo resíduo coletado por caminhões na cidade de Belo Horizonte, numa média diária de 4.500 toneladas, era encaminhado ao aterro sanitário situado na saída dessa cidade pela BR-040 em direção à Brasília. Dessa quantidade, apenas 2% era destinada à usina de compostagem existente dentro da área do aterro, como mostrado na Figura 3.

FIGURA 3 – Usina de compostagem de resíduos instalada no aterro sanitário da BR 040.



Fonte: Relatório de monitoramento ambiental da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (SLU, 2014).

Ainda segundo Costa (2004), esse aterro apresenta um problema que pode contribuir para o agravamento do risco que geralmente apresentam os depósitos de resíduos sólidos para a contaminação, o fato dele receber resíduos sólidos de diversas origens, misturando domésticos com os provenientes de indústrias e hospitais.

5.2 Clima

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o clima local é definido como tropical de altitude ameno e seco, sendo os dias ensolarados e noites com temperaturas amenas. O verão é úmido e o inverno seco. As temperaturas médias variam de acordo com a latitude. As chuvas variam, em geral, entre 1.500 e 2.000 mm por ano, sendo mais intensas em dezembro, janeiro e fevereiro. A seca dura de 4 a 6 meses.

5.3 Geologia

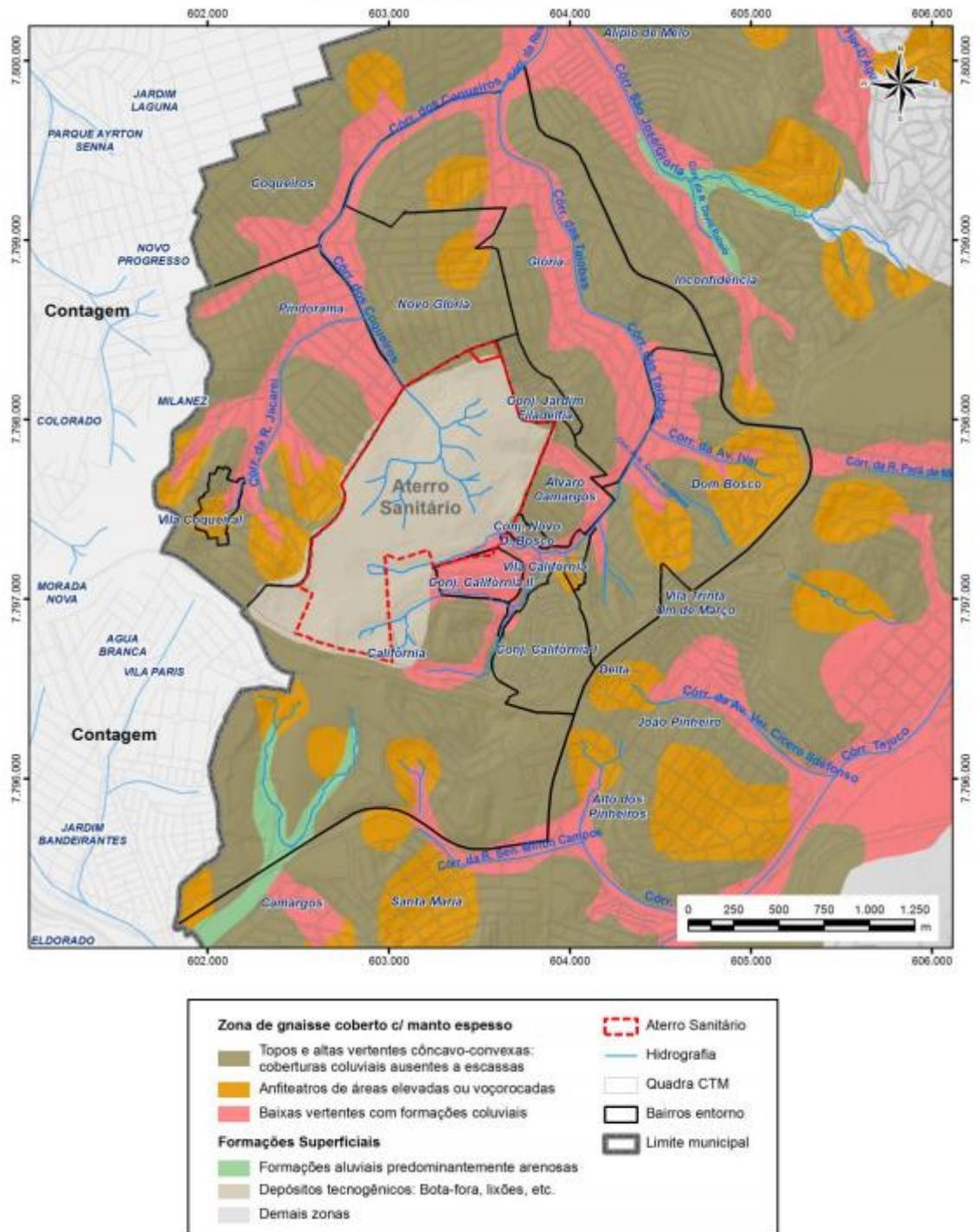
A forma como as rochas armazenam e transmitem a água subterrânea influencia diretamente a sua qualidade. Os terrenos sedimentares, que dão origem aos aquíferos porosos, ocupam cerca de 4.130.000km², ou seja, aproximadamente 48% do território nacional (ANA, 2005)

A geologia do município de Belo Horizonte é compreendida pelo chamado Domínio do Complexo Belo Horizonte, termo introduzido por Noce et al. (1994) e que representa 70% do território municipal, tendo sua área de maior expressão ao norte da calha do ribeirão Arrudas. Segundo Silva et al. (1995), nesse domínio predominam as rochas gnáissico-migmatíticas, bandadas, localmente milonitizadas.

A unidade geológica possui o predomínio de gnaisses e migmatitos, localmente milonitizados, e de idade Arqueana. Secundariamente, ocorrem diques básicos e clásticos, de idade Proterozóica, além de sedimentos Quaternários (CPRM, 2001). Os solos são normalmente delgados e apresentam quartzo e caulinita como minerais dominantes. São argilosos, argilo-arenosos e franco-argilo-arenosos, de baixa atividade e ácidos. Nos fundos de vale de drenagem, como no do córrego dos Coqueiros, abundam solos ricos em argila e matéria orgânica (SOUSA, 1998). Há dois padrões de fraturas subverticais na região, uma com fraturas mais fechadas, orientadas para noroeste, e outra de direção média nordeste, mais abertas (CPRM, 2001).

Segundo a SMAPU (2016), toda área de influência do aterro sanitário encontra-se inseridas em zona de gnaisse recoberta por manto de intemperismo espesso, sendo uma região com solos bastante desenvolvidos e profundos originados de rocha gnáissica, como é representado na Figura 4.

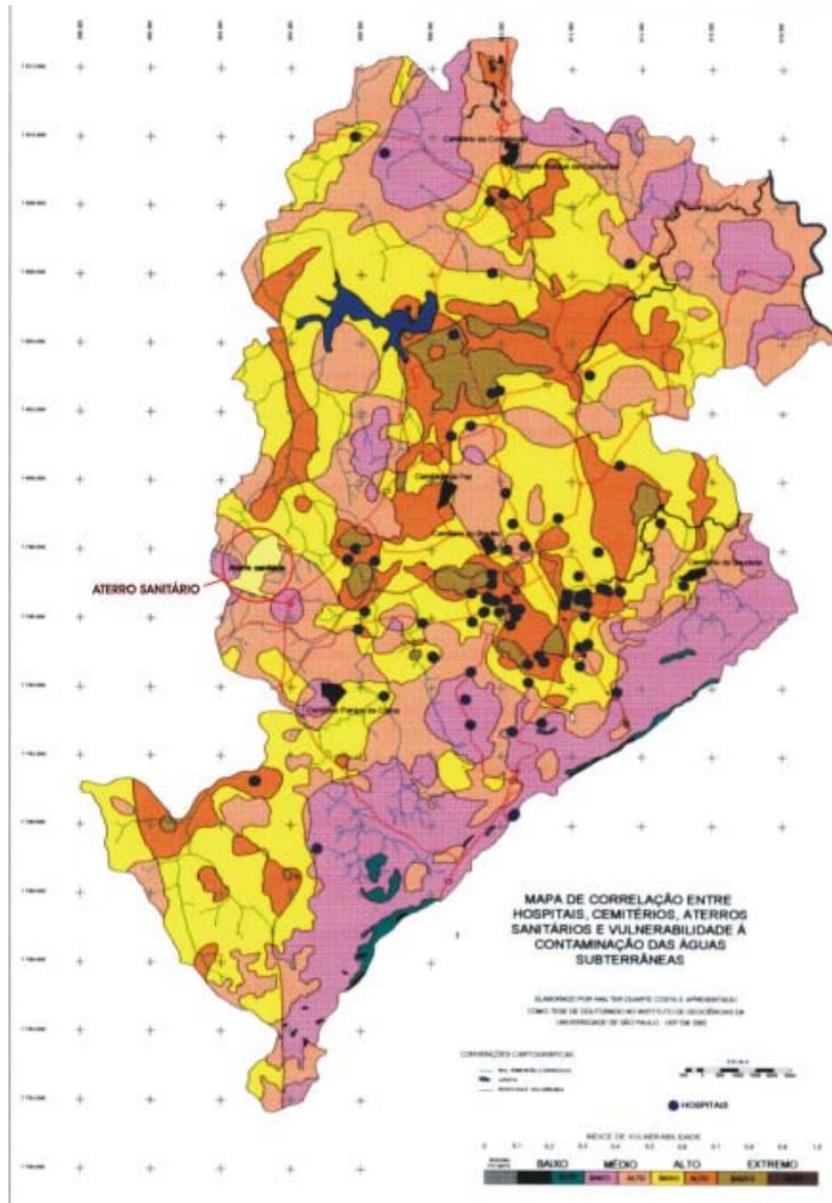
FIGURA 4 – Zoneamento geotécnico da área de influência da CTRS BR 040.



Fonte: SMAPU (2016).

Um ponto a ser destacado é de que o aterro sanitário da BR 040 se encontra em uma área de alta vulnerabilidade, como mostrado na Figura 5, o que aumenta as chances de contaminação das águas subterrâneas.

FIGURA 5 – Mapa de correlação entre hospitais, cemitérios, aterros sanitários e vulnerabilidade.



Fonte: COSTA (2004).

5.4 Hidrografia

As principais drenagens na área da CTRS BR 040 são os córregos dos Coqueiros, que nasce dentro da área do aterro, e das Taiobas, afluentes do córrego Ressaca, importante tributário da Bacia da Lagoa da Pampulha.

O modelo hidrogeológico do município de Belo Horizonte (SILVA et al., 1995) é composto por dois sistemas aquíferos principais e apresenta até 100m de espessura. O primeiro aquífero é de característica livre a semiconfinado na rocha, com porosidade de fraturas e, o segundo, sobreposto por um aquífero livre e com porosidade intergranular no regolito (constituído por elúvios, alúvios e colúvios). Os dois padrões de fraturas condicionam o fluxo no aquífero fraturado, sobretudo o de direção NE, mais aberto e mais condutivo (CPRM, 2001).

O aterro em estudo se encontra no aquífero do Complexo Belo Horizonte, constituído, na sua parte superior, por rochas inconsistentes do manto de decomposição das rochas gnáissico-migmatíticas ou por material alúvio-coluvionar depositado sobre esse manto ou mesmo em rocha sã e, na parte inferior, por rochas fraturadas (SOUSA et al., 2002).

Esse aquífero apresenta, em geral, alta vulnerabilidade à poluição de suas águas, cuja recarga é realizada exclusivamente por infiltração de águas superficiais, em zonas de recarga preferencial, ou em todas as partes das sub-bacias, e, principalmente, por percolação de águas fluviais, a exemplo do Bairro Califórnia, que fica à jusante dos córregos Coqueiros e Taiobas, ao sul do aterro. A parte granular porosa superficial desse aquífero apresenta normalmente grande capacidade de infiltração de líquidos, o que o torna vulnerável à percolação de poluentes.

5.1.5 Sistema de Monitoramento Ambiental

Segundo dados do próprio empreendimento, disponíveis nos Relatórios de Monitoramento Ambiental (2013-2018), no aterro sanitário de Belo Horizonte, as coletas de amostras dos mananciais de superfície são realizadas em 3 córregos existentes, enquanto que, no caso das águas subterrâneas, utiliza-se um conjunto de 39 poços construídos para essa finalidade. De maneira geral, a frequência de monitoramento é mensal para as águas superficiais, e trimestral, para as águas subterrâneas.

Pelo fato de o aterro sanitário de Belo Horizonte situar-se na área urbana do município, o monitoramento de pressão sonora é importante, haja visto a proximidade das residências. Nesse caso, o monitoramento é realizado somente uma vez ao mês, já que o movimento de máquinas, equipamentos e veículos é baixo, face ao encerramento da aterragem de resíduos.

O monitoramento dos líquidos lixiviados vem sendo realizado de forma sistemática, diariamente, desde 1998. São monitorados os aspectos qualitativos e quantitativos dos líquidos lixiviados, através da determinação de suas características físico-químicas e microbiológicas e da medição de sua vazão.

Desde o ano de 2002, todo volume de líquidos percolados gerados no aterro é transportado para um ponto da rede de esgoto, para posterior encaminhamento à Estação de Tratamento de Esgoto municipal.

Pode-se destacar que o monitoramento de gás é realizado de forma qualitativa e sistemática, trimestralmente, desde 1998, assim como vem sendo captado e utilizado para reaproveitamento de energia, desde 2009.

No aterro sanitário de Belo Horizonte, existem um pluviógrafo e um pluviômetro, que facilitam a obtenção de dados pluviométricos. Outros dados climatológicos, quando necessários, são obtidos em estações localizadas próximas a esse aterro.

Foram instalados 9 piezômetros no dique de contenção desse aterro, e outros seis (provisórios) no topo e taludes do aterro sanitário. Os recalques superficiais vêm sendo obtidos através de um conjunto de 130 medidores instalados nas bermas e no topo do aterro. Esta análise conjunta dos registros das movimentações horizontais e verticais dos medidores possibilita a avaliação mais completa dos padrões de deslocamento e a identificação de problemas de estabilidade.

Os ensaios de permeabilidade foram realizados no aterro sanitário de Belo Horizonte, entre 1995 e 2006, quando houve implantação das bases em novas áreas de disposição de resíduos.

6 METODOLOGIA

6.1 Levantamento de dados da qualidade dos mananciais

Foi realizada uma pesquisa descritiva, a partir das variáveis dos relatórios de monitoramento da CTRS. O método de pesquisa utilizado foi o qualitativo, apoiando-se em técnicas de coleta de dados quantitativas.

Como existem antecedentes de dados de análises físico-químicas dos recursos hídricos na área de estudo, não é necessário obter uma base de informações primárias visando a caracterização das águas investigadas, que é o caso da CTRS, já que existe uma empresa licitada atuante na área, que realiza periodicamente as análises e encaminha os resultados ao órgão estadual responsável. Foram utilizados então os dados públicos do monitoramento in loco disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), referente ao intervalo de Jan/2013 à Dez/2018.

A coleta de amostras e realização das análises físico-químicas são feitas através de uma empresa licenciada, sendo a avaliação dos resultados a cargo dos técnicos da Superintendência de Limpeza Urbana (SLU). A periodicidade dos relatórios é trimestral e a maioria dos parâmetros monitorados são baseados nas legislações ambientais vigentes. No entanto, alguns parâmetros apesar de não constarem nessas normas são monitorados por contemplarem a avaliação da qualidade dos recursos hídricos.

Os parâmetros monitorados, descritos no Quadro 2, são aqueles referentes aos padrões adotados para as águas superficiais estipulados pela Resolução CONAMA N°357, de 17 de março de 2005, e suas alterações, para águas Classe 2.

QUADRO 2 - Parâmetros monitorados e frequência nas águas superficiais da CTRS BR 040.

	PARÂMETROS	FREQUÊNCIA
PARÂMETROS FÍSICOS- QUÍMICOS	Cianeto Total	Semestral
	Cloretos	Mensal
	Cloro Residual	Semestral
	Cobalto Total	Semestral
	Cobre Total	Semestral
	Cor Aparente	Mensal
	Cromo Hexavalente	Mensal
	Cromo Trivalente	Mensal
	Cromo Total	-
	DBO	Mensal
	DQO	Mensal
	Estanho Total	Semestral
	Dureza Total	-
	Ferro Solúvel	Mensal
	Ferro Total	-
	Fluoreto Total	Semestral
	Fosfato Total	Mensal
	Lítio Total	Semestral
	Índice de Fonóis	Mensal
	Manganês Total	Mensal
	Mercúrio Total	Mensal
	Níquel	Semestral
	Nitrato	Semestral
	Nitrito	Mensal
	Oxigênio Dissolvido	Mensal
	pH	Mensal

QUADRO 2 - Parâmetros monitorados e frequência nas águas superficiais da CTRS BR 040
(continuação).

PARÂMETROS FÍSICOS- QUÍMICOS	Prata Total	Semestral
	Selênio Total	Semestral
	Sólidos Dissolvidos	Mensal
	Substâncias Tensoativas	Mensal
	Sulfatos	-
	Sulfeto	Mensal
	Turbidez	Semestral
	Urânio	Mensal
	Vanádio	Semestral
	Zinco Total	Mensal
	Antimônio	-
	Bromato	-
	Cloretos	-
	Cloro Livre	-
	Sódio	-
	Sulfactantes	-
	Alumínio Total	Mensal
	Amônia Não-Ionizável	Mensal
	Arsênio Total	Semestral
	Bário Total	Semestral
Berílio	Semestral	
Boro	Semestral	
Cadmio Total	Mensal	
Chumbo Total	Mensal	
COMPOSTOS ORGÂNICOS	Deteminação qualitativa das substâncias orgânicas, agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção presentes	-
	Determinação qualitativa dos compostos orgânicos presentes	Semestral
CARACTERÍSTICAS ORGÂNICAS	Odor	-
PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	Coliformes Fecais	Mensal
	Coliformes Totais	Mensal

Fonte: Relatórios de monitoramento ambiental da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (SLU, 2013-2018).

As coletas e análises de amostras segundo os parâmetros avaliados são executadas de acordo com os métodos descritos no “Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater, 19º e 20º edições”.

Os pontos de amostragem foram selecionados de forma a determinar a influência do aterro sobre os cursos d'água presentes na área da CTRS BR 040. A localização dos pontos é discriminada a seguir:

- PSP 01 – Córrego Coqueiros, nos limites com o Bairro Pindorama, próximo ao portão de acesso pela Avenida Amintas Jacques de Moraes;
- PSP 02 – Córrego Taiobas (Montante), antes da entrada da água na tubulação que conduz à área da lagoa;
- PSP 03 – Córrego Taiobas (Jusante), após a saída da tubulação que passa sob a lagoa;
- PSP 04 – Córrego Ipanema

Após o levantamento dos dados disponíveis nos relatórios de monitoramento ambiental do aterro sanitário, sua interpretação e integração possibilitaram o levantamento de aspectos de interesse, além de auxiliar no monitoramento da integridade do sistema de impermeabilização do aterro. Para realizar tal interpretação foi feito a média aritmética dos resultados mensais de cada ano levantado, obtendo-se assim seis dados para cada ponto, em cada um dos parâmetros analisados.

6.2 Índice da Qualidade da Água

O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi elaborado em 1970 pelo National Sanitation Foundation (NSF), dos Estados Unidos, e, no Brasil, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB utiliza desde 1975, uma versão do IQA adaptada da versão original do NSF.

O IQA é composto por nove parâmetros: (i) oxigênio dissolvido, (ii) coliformes fecais, (iii) potencial hidrogeniônico, (iv) demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), (v) temperatura, (vi) nitrogênio total, (vii) fósforo total, (viii) turbidez e (ix) resíduo total. Além do seu peso w , cada parâmetro possui um valor de qualidade q , obtido da respectiva curva de qualidade em função de sua concentração (IGAM, 2005).

O cálculo do IQA foi realizado conforme a fórmula na Equação 1:

EQUAÇÃO 1 – Cálculo do IQA.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Em que:

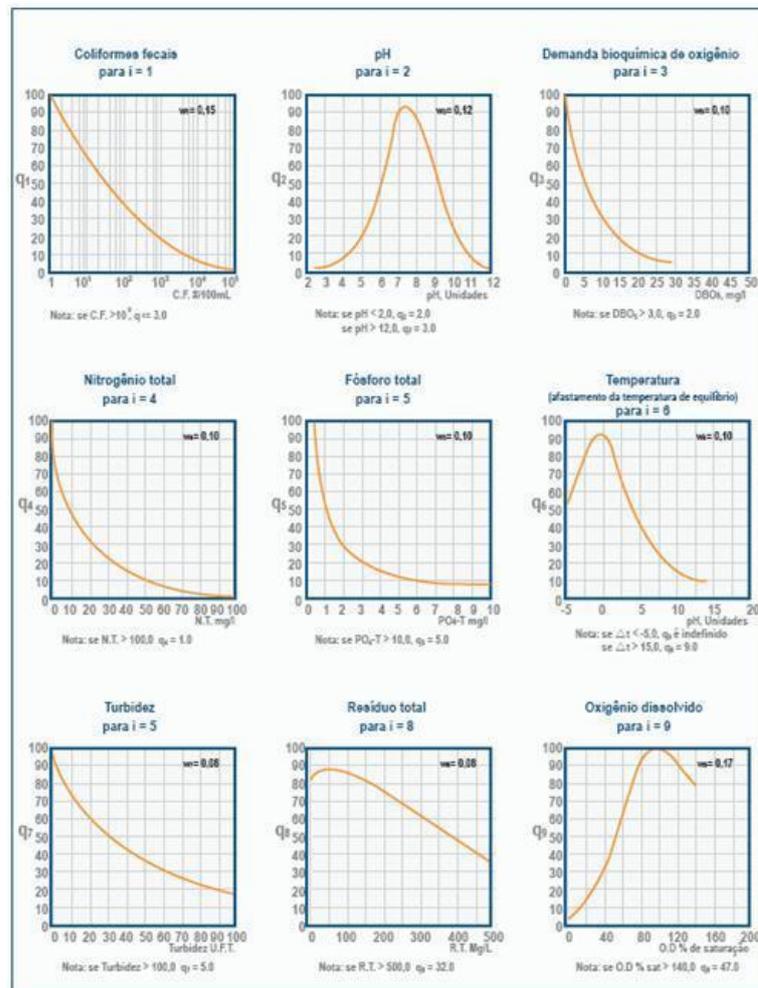
IQA - Índice de qualidade da água, um número de 0 a 100;

q_i - qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;

w_i - peso entre 0 e 1, correspondente a i -ésima variável.

O q_i se refere à qualidade de cada parâmetro avaliado, como descrito anteriormente, e recebe um valor entre 0 e 100, que é obtido por meio do gráfico de cada parâmetro, em função de sua concentração, representado na Figura 6.

FIGURA 6 – Curvas de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA.



Fonte: ANA (2004).

Para calcular q_i é necessário utilizar uma equação para cada parâmetro, que é utilizada no Excel. A Equação 2 utilizada para representar os dados do gráfico para o parâmetro oxigênio dissolvido foi a da Curva Gaussiana:

EQUAÇÃO 2 – Qualidade do parâmetro OD.

$$q_{OD} = 100 * \exp(-(((OD-100)^2)/2*(0.025^2)))$$

Para o cálculo do parâmetro coliformes termotolerantes, utilizou-se a Equação 3 logarítmica gerada no gráfico de dispersão do Excel® (linha de tendência), conforme apresentada abaixo:

EQUAÇÃO 3 – Qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes.

$$q_{CT} = -8.723 * \ln(x) + 88.714$$

Outro parâmetro que utilizou a equação da Curva Gaussiana, foi o pH. A Equação 4 utilizada foi:

EQUAÇÃO 4 – Qualidade do parâmetro pH.

$$q_{pH} = 93 * \exp(-(((pH-7.5)^2)/2*(0.652^2)))$$

O gráfico gerado com os valores do parâmetro DBO₅, gerou a seguinte Equação 5, logarítmica:

EQUAÇÃO 5 – Qualidade do parâmetro DBO₅.

$$q_{DOB.5.20} = -30.1 * \ln(x) + 103.45$$

A Equação 6 da Curva Gaussiana também foi aplicada para o parâmetro temperatura da água, gerando a equação descrita abaixo:

EQUAÇÃO 6 – Qualidade do parâmetro temperatura da água.

$$q_{TA} = 92 * \exp(-(((TA-0)^2)/2*(0.25^2)))$$

A Equação 7 encontrada para o parâmetro nitrogênio total foi a equação logarítmica apresentada logo abaixo:

EQUAÇÃO 7 – Qualidade do parâmetro nitrogênio total.

$$q_{NT} = -20.8 * \ln(x) + 93.092$$

Para o fósforo total, encontrou-se a seguinte Equação 8, logarítmica:

EQUAÇÃO 8 – Qualidade do parâmetro fósforo total.

$$q_{FT} = -15.49 \cdot \ln(x) + 37.202$$

A Equação 9, logarítmica, encontrada para a turbidez foi:

EQUAÇÃO 9 – Qualidade do parâmetro turbidez.

$$q_T = -26.45 \cdot \ln(x) + 136.37$$

E para o cálculo do último parâmetro, resíduos totais, utilizou-se também a equação da Curva Gaussiana, por meio da Equação 10:

EQUAÇÃO 10 – Qualidade do parâmetro resíduos totais.

$$q_{RT} = 80 \cdot \exp\left(-\frac{((RT-50)^2)}{2 \cdot (0.003^2)}\right)$$

Já a variável w_i refere-se ao peso correspondente à determinado parâmetro, definido em função da sua importância para o estabelecimento da qualidade global da água, sendo um valor entre 0 e 1, descritos na Tabela 3.

TABELA 3 – Valores da variável w para realizar o cálculo do IQA.

PARÂMETRO	w
Oxigênio Dissolvido	0.17
Coliformes Termotolerantes	0.15
pH	0.12
DBO5	0.10
Temperatura da Água	0.10
Nitrogênio Total	0.10
Fósforo Total	0.10
Turbidez	0.08
Resíduo Total	0.08

Fonte: ANA (2004).

A partir do cálculo será determinada a qualidade da água, tendo como base a classificação apresentada na Tabela 4, que apresenta faixas para facilitar o entendimento dos resultados obtidos.

TABELA 4 – Classificação do IQA.

FAIXA	CLASSIFICAÇÃO CETESB
80 – 100	Ótima
52 – 79	Boa
37 – 51	Aceitável
20 – 36	Imprópria para tratamento convencional
0 – 19	Imprópria

Fonte: CETESB (2002).

6.3 Levantamento da realidade local

Segundo Freire (1985), grupos populares são elevados de meros objetos de pesquisa a fontes de conhecimento e Silva (1991) expôs a importância da convivência do pesquisador com a comunidade, gerando uma oportunidade de aproximação e divisão de saberes. Baseado nisso, pós levantamento de dados relativos a qualidade da água superficial do local em estudo, foram realizadas entrevistas semiestruturada com o objetivo de vivenciar e observar o modo de vida de cada família, a percepção referente as questões ambientais, os impactos sentidos em cada bairro pela presença do aterro e, se em suas residências, é realizada a captação de água por meio de cisternas.

Para a delimitação da área de influência da CTRS-BR 040, foi utilizado o mapa do município de Belo Horizonte focalizando a Regional Noroeste. A espacialidade foi selecionada como parâmetro de definição da área de influência, incluindo os bairros localizados na vizinhança imediata da CTRS em função da exposição ao risco de possíveis impactos ocasionados pelo empreendimento em questão. Portanto, a área de influência considerada abrange os bairros Alto dos Pinheiros, Álvaro Camargos, Califórnia, Coqueiros, Filadélfia, Glória, Pindorama, São Salvador e Dom Bosco.

Em visita à área de estudo, no dia 18/05/2019, durante a manhã, com o objetivo de entrevistar os moradores dos bairros ao entorno do empreendimento, visando verificar fatos e circunstâncias relevantes, foi aplicado o método de realização de formulários, direcionados à população amostral da pesquisa. Essa entrevista foi baseada em um roteiro semiestruturado (Apêndice A), de aproximadamente 15 minutos, que serviu de instrumento para que a coleta

dos dados englobasse todas as informações necessárias para o atendimento do objetivo proposto pelo trabalho, identificando assim a percepção ambiental por parte dos pesquisados e as ações da empresa com foco na comunidade local.

Como é inviável ouvir a opinião de toda população que vive nos bairros citados anteriormente, foi selecionado o bairro Álvaro Camargos para realizar a visita, baseado na sua população de 1.080 moradores (IBGE, 2010), permitindo assim entrevistar um número de pessoas que trouxesse um resultado significativo, e a partir da população deste bairro foi calculado o tamanho da amostra e, a partir dessa amostra, foi possível realizar inferências sobre o todo.

Segundo Minayo (2007), o tamanho da amostra é o número de respostas completas recebidas em um questionário e está relacionada ao grau de confiabilidade da pesquisa e à margem de erro, ou seja, a porcentagem que indica o nível de correspondência dos resultados do questionário com as opiniões da população total.

Ainda segundo a autora, o tamanho da mostra pode ser calculado utilizando a fórmula abaixo (Equação 11):

EQUAÇÃO 11 – Tamanho da amostra.

$$\text{Tamanho da amostra} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)}$$

Em que:

N = tamanho da população

e = margem de erro

z = grau de confiabilidade

Para esse estudo, adotou-se um grau de confiabilidade de 95% e a margem de erro de 15%, chegando assim no tamanho da amostra de 35 entrevistados. Esta amostra foi escolhida de forma aleatória, buscando a maior representativa da população.

Visando a sustentabilidade do estudo com a redução do consumo de papel e a utilização de inovações tecnológicas, foi criado um formulário online utilizando a ferramenta do Google Forms e um QR code (Figura 7). Com isso o entrevistado tinha a opção de acessar o formulário

pelo seu próprio smartphone, apenas aproximando a câmera do mesmo à imagem impressa do QR code.

FIGURA 7 – QR code que direciona ao formulário online.



Fonte: Própria autoria (2019).

Todos os dados coletados foram sintetizados, organizados e posteriormente transcritos, permitindo assim a realização de uma análise crítica dos procedimentos ambientais utilizados pelo empreendimento, buscando analisar as práticas adotadas pela empresa, comparando-as com as teorias que abordam o tema estudado, bem como com a legislação ambiental em conformidade com as normas jurídicas pertinentes a este assunto.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Análise de dados do monitoramento de águas superficiais

Os resultados obtidos sobre o monitoramento das águas superficiais coletadas nos Córregos Coqueiros, Taiobas e Ipanema foram comparados com os índices estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005. Foram classificados como águas doces de classe II, podendo o uso de suas águas ser destinado ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à aquicultura e atividade de pesca.

Nas Tabelas 5, 6, 7 e 8, apresentadas a seguir, mostram os resultados de alguns dos parâmetros analisados. Foram separados pelos pontos definidos anteriormente, onde os parâmetros em vermelho sinalizam aqueles fora dos limites estabelecidos pela legislação ambiental vigente, permitindo assim realizar uma análise da tendência temporal do programa de monitoramento ambiental da qualidade das águas superficiais.

Segundo Aniceto *et al* (2012), um dos principais problemas encontrados nas áreas de deposição de resíduos sólidos é o alto teor de metais pesados no solo, águas e vegetação. Os metais pesados como arsênio (As), níquel (Ni), cobre (Cu), zinco (Zn), cádmio (Cd), chumbo (Pb), mercúrio (Hg) e cromo (Cr) estão presentes em diversos tipos de resíduos dispostos em aterros, como lâmpadas, pilhas, baterias, restos de tintas, latas, dentre muitos outros produtos com substâncias tóxicas presentes.

A Tabela 5 (página 47) apresenta os resultados de monitoramento físico-químico e microbiológicos levantados no ponto PSP 01. Esse ponto PSP 01, localizado a jusante do Córrego Coqueiros, que nasce dentro da área do aterro sanitário, apresentou alguns parâmetros fora dos limites estabelecidos pela legislação vigente, de modo pontual, como observado na Tabela 5. Esses parâmetros são o arsênio total, cloretos e urânio total, o que não permite que tais resultados sejam avaliados de maneira assertiva, por não apresentar nenhum histórico, podendo ter sido causados por uma falha na amostragem ou na análise laboratorial ou alguma contaminação que foi mitigada naquele ano mesmo.

O indicador do metal bário (Ba) neste ponto PSP 01 apresentou concentrações, durante os últimos seis anos, que ultrapassaram os valores máximos permitidos (VMP). Cunha & Machado (2004) afirmam que altas concentrações de bário podem ser fatais ao homem, causando bloqueio nervoso ou aumento da pressão sanguínea por vaso constrição.

TABELA 5 – Resultados de análises físico-químicas e microbiológicas referentes ao ponto de monitoramento PSP 01 localizado a jusante do Córrego Coqueiros (Jan/13 a Dez/18)

PARÂMETROS	LIMITE DA NORMA	UNIDADE	PSP 01					
			2013	2014	2015	2016	2017	2018
Alumínio Solúvel	0,1	mg NH3/l	0,01	0,03	0,01	0,03	0,04	0,001
Alumínio Total	-	mg/l	0,02	0,09	0,04	6,09	0,05	0,04
Amônia Não-Ionizável	-	mg/l	0,13	0,14	0,14	0,21	17,85	14,76
Arsênio Total	0,01	mg/l	0,52	0,01	0,01	0,01	0,003	0,002
Bário Total	0,7	mg/l	0,90	1,05	0,79	0,89	1,09	1,08
Berílio Total	0,04	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001	0,001
Boro Total	0,5	mg/l	0,01	0,003	0,003	0,05	0,02	0,02
Cádmio Total	0,001	mg/l	0,01	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001
Chumbo Total	0,01	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001	0,001
Cianeto Livre	0,005	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,002	0,001	0,001
Cianeto Total	250	mg/l	62,0	189,25	0,01	0,53	0,01	0,01
Cloretos	250	mg/l	156,80	597,50	182,50	184,20	201,56	196,83
Clorofila	30	mg/l	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	1,0
Cloro Residual	0,01	mg/l	0,56	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03
Cobalto Total	0,05	ucAPHA	0,002	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
Cobre Total	-	mg/l	110,00	175,00	0,01	0,01	0,001	0,001
Cor	75	mg/l	209,17	255,84	278,13	14,28	12,58	11,38
Cromo Total	0,05	mg/l	0,42	3,37	0,01	0,01	0,001	0,002
Condutividade Elétrica	-	mg/l	495,31	545,00	1075,88	1067,22	1127,00	811,17
DBO	5,0	mg/l	11,28	3,31	11,45	4,95	3,0	7,37
DQO	-	mg/l	25,20	14,75	41,75	39,86	23,14	30,42
Estanho Total	-	mg/l	0,81	0,07	0,05	10,0	2,95	1,0
Ferro Solúvel	0,3	mg/l	0,18	1,96	1,36	3,16	5,28	7,15
Fluoreto Total	1,4	mg/l	0,10	0,51	0,13	0,45	0,44	0,71
Fósforo Total	0,02	mg/l	0,64	0,10	0,05	0,19	0,04	0,24
Fosfato Total	-	mg/l	0,25	0,07	0,01	0,02	0,02	0,08
Índice de Fenóis	-	mg/l	0,001	0,55	0,001	0,001	0,003	0,002
Lítio Total	2,5	mg/l	0,73	0,01	0,01	0,01	0,002	0,002
Manganês Total	0,1	mg/l	1,06	1,08	1,28	1,20	1,25	1,55
Mercúrio Total	0,025	mg NH3/l	0,04	0,04	0,0002	0,07	0,0001	0,0001
Níquel Total	0,025	mg/l	3,41	16,25	0,005	0,01	0,01	0,01
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg/l	7,68	9,47	15,60	12,50	14,03	12,17
Nitratos	10	mg/l	3,32	2,91	3,40	0,52	0,53	0,92
Nitritos	1,0	-	1,47	2,72	0,65	0,07	0,08	0,11
Oxigênio Dissolvido	> 5	mg/l	5,46	5,96	4,71	4,03	3,89	4,37
Potencial Hidrogeniônico	6 a 9	mg/l	7,22	4,95	6,95	7,27	6,96	7,01
Prata Total	0,01	mg/l	0,01	3,58	0,01	0,01	0,001	0,001
Sólidos Dissolvidos Totais	500	mg/l	412,8	802,0	767,0	719,9	736,78	698,17
Sulfatos	250	mg/l	0,02	337,85	1,61	3,75	2,50	2,80
Sulfetos	0,002	mg/l	2,08	0,78	0,001	0,05	0,05	0,05
Turbidez	100	mg/l	0,01	79,67	340,5	123,6	171,0	2,63
Urânio Total	0,02	mg/l	78,5	0,02	0,02	0,01	0,001	0,001
Vanádio Total	0,1	-	0,02	0,01	0,01	0,01	0,001	0,002
Zinco Total	0,1	cal/ml	0,01	0,03	0,03	0,05	0,03	0,02
Coliformes Fecais	1.000	-	2193	2639	2571	270	1125	783

Fonte: Relatórios de monitoramento ambiental da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (SLU, 2013-2018).

Ainda segundo Cunha & Machado (2004), o cromo (Cr) é um elemento indispensável para o metabolismo dos açúcares, a sua deficiência no organismo humano pode levar à neuropatia periférica e à diabetes; porém, o cromo hexavalente em altas concentrações na água pode causar câncer. Esse parâmetro apresentou-se elevado por dois anos consecutivos, sendo que em 2014 os valores registrados foram muito acima do estabelecido pela norma, o que torna um ponto preocupante. Mas, o real motivo destas altas concentrações do cromo neste período não foi relatado por parte do empreendimento em nenhum dos relatórios trimestrais, sendo tratado apenas como casos em que nenhuma hipótese possa ser confirmada por falta de uma avaliação global dos resíduos.

Os teores de oxigênio dissolvido (OD) apresentaram-se abaixo do que estabelece a norma e garante a vida aquática. Segundo Santos (2008), essa baixa concentração pode estar associada à concentração de ferro (Fe), visto que o OD é capaz de oxidá-lo, diminuindo a concentração de OD na água ou pode estar associado à maior contaminação por matéria orgânica, observada pela maior demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

Os altos valores de condutividade elétrica observados podem estar associados à dissolução natural de íons, advindos do próprio solo local ou devido à percolação de lixiviado que solubiliza alguns elementos presentes no solo, carreando-os conjuntamente e fazendo com que esses atinjam os córregos (FUNASA, 2014).

Foram detectadas *Escherichia coli* (E. coli) superiores ao VPM em quatro anos, evento provavelmente associado à inadequada disposição dos resíduos, alterando a qualidade do lixiviado que percola nos períodos de maiores precipitações.

Os teores de manganês (Mn) podem ser de ocorrência natural da própria lixiviação do solo, visto que é um elemento geralmente associado ao Ferro (Fe) (SANTOS, 2008), e que apresenta faixa de concentrações bem amplas em solos argilosos em Minas Gerais (CAIRES, 2009).

O mercúrio (Hg) apresentou valores superiores ao permitido em anos alternados e, como não há dados que possam sugerir a presença natural de Hg nessa área, sugere-se então que essa contaminação tem origem nos resíduos sólidos dispostos no aterro.

Todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos, que no caso da CTRS BR 040, encontra-se superiores ao valor permitido. Tal característica influencia diretamente no parâmetro turbidez. A turbidez mede a dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de água e é causada por matérias sólidas em suspensão, logo os altos valores encontrados podem ser associados aos sólidos suspensos totais (FUNASA, 2014).

Ao contrário da turbidez, a cor aparente se deve a presença dos sólidos dissolvidos e, alguns outros parâmetros analisados que se encontravam fora do limite da norma, justificam a alteração deste parâmetro. Quando rica em ferro, a água é arroxeadada, quando rica em manganês, é negra e, quando rica em ácidos húmicos, composto complexo de vários grupamentos carbonila-fenol, é amarelada (PEDROSA E CAETANO, 2002).

A Tabela 6 (página 50) apresenta os resultados de monitoramento físico-químico e E. coli levantados no ponto PSP 02. Esse ponto está localizado a montante do Córrego Taiobas e, da mesma forma que o ponto PSP 01, apresentou os parâmetros cianeto livre e do níquel com alterações pontuais, que não se repetiram ao longo dos anos analisados.

O cianeto livre ocorreu dentro dos limites estabelecidos durante todos os anos no ponto PSP 01. Segundo Sanches (2016), tal composto químico é encontrado em rejeitos de indústrias galvânicas e é altamente tóxico.

De acordo com Costa (2004), apesar de não ser acumulativo no organismo, a maioria dos problemas sérios decorrentes da utilização de cianeto consiste nos efeitos crônicos e letais nos seres vivos. As espécies aquáticas são mais propensas a serem intoxicadas, de médio a longo prazo, e o resultado é diverso, desde a diminuição do tamanho, até da produção de ovos e velocidade de nado.

O fósforo apresentou teores elevados em praticamente todos os anos analisados. Tal contaminante é característico de resíduos industriais e possui um elevado potencial poluidor, sendo uma das principais causas da eutrofização de corpos hídricos receptores, e em virtude disto, há uma crescente preocupação com o gerenciamento das cargas de fósforo. Essa elevada carga encontrada torna-se mais preocupante ainda pelo fato que o córrego Taiobas desaguar no córrego Ressaca, importante tributário da Bacia da Lagoa da Pampulha, onde já ocorre um processo para reverter a eutrofização da lagoa. Em nenhum dos relatórios foi realizado uma análise das possíveis causas desta não conformidade e, talvez por este motivo, não existe uma tratativa para o mesmo por parte do empreendimento.

Assim como o ponto PSP 01, o ponto de monitoramento PSP 02 apresenta valores fora do VMP para os parâmetros DBO, Ferro, Fosfato total, Manganês, Mercúrio, OD, Coliformes Fecais, Sulfetos e Cloro Residual. Mesmo sendo um problema recorrente em mais de um ponto de influência do aterro sanitário, os mesmos são tratados em cada relatório como desvios pontuais gerados por erros na análise ou coleta.

TABELA 6 – Resultados de análises físico-químicas e microbiológicas referentes ao ponto de monitoramento PSP 02 localizado a montante do Córrego Taiobas (Jan/13 a Dez/18).

PARÂMETROS	LIMITE DA NORMA	UNIDADE	PSP 02					
			2013	2014	2015	2016	2017	2018
Alumínio Solúvel	0,1	mg NH ₃ /l	0,01	0,01	0,01	0,04	0,05	0,01
Alumínio Total	-	mg/l	0,03	0,15	0,28	109,10	0,11	0,06
Amônia Não-Ionizável	-	mg/l	0,03	0,02	0,07	0,04	0,20	0,69
Arsênio Total	0,01	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,006	0,001	0,001
Bário Total	0,7	mg/l	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,09
Berílio Total	0,04	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001
Boro Total	0,5	mg/l	0,003	0,003	0,003	0,01	0,01	0,001
Cádmio Total	0,001	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Chumbo Total	0,01	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,008	0,001	0,001
Cianeto Livre	0,005	mg/l	0,02	0,005	0,005	0,005	0,001	0,005
Cianeto Total	250	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,013	0,005	0,001
Cloretos	250	mg/l	11,04	43,63	12,05	18,26	9,6	12,48
Clorofila	30	mg/l	1,0	1,0	1,0	3,0	0,01	0,02
Cloro Residual	0,01	mg/l	0,02	0,41	0,01	0,01	3,0	1,0
Cobalto Total	0,05	ucAPHA	0,002	0,002	0,002	0,006	0,001	0,001
Cobre Total	-	mg/l	0,01	0,010	0,01	0,005	0,003	0,001
Cor	75	mg/l	29,38	52,5	35,63	12,13	6,98	27,7
Cromo Total	0,05	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001
Condutividade Elétrica	-	mg/l	251,88	303,0	409,50	302,67	375,11	260,0
DBO	5,0	mg/l	4,85	106,25	5,11	214,99	3,54	19,58
DQO	-	mg/l	25,0	563,67	21,5	310,67	8,12	95,15
Estanho Total	-	mg/l	0,05	0,05	0,208	172,50	2,16	1,0
Ferro Solúvel	0,3	mg/l	0,48	0,37	0,19	0,37	0,27	1,59
Fluoreto Total	1.4	mg/l	0,08	0,06	0,07	0,29	0,39	0,01
Fósforo Total	0,02	mg/l	0,20	1,65	0,02	1,45	0,05	0,05
Fosfato Total	-	mg/l	0,36	1,01	0,022	0,77	0,03	0,02
Índice de Fenóis	-	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,12	0,001	0,006
Lítio Total	2,5	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,006	0,002	0,001
Manganês Total	0,1	mg/l	0,25	0,26	0,23	0,16	0,12	0,16
Mercurio Total	0,025	mg NH ₃ /l	0,04	0,04	0,00002	0,0002	0,0001	0,0001
Níquel Total	0,025	mg/l	0,005	4,68	0,005	0,005	0,001	0,001
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg/l	0,77	0,16	0,66	1,08	0,49	0,79
Nitratos	10	mg/l	1,33	7,98	1,43	0,56	0,21	0,03
Nitritos	1,0	-	1,00	0,82	0,04	0,03	0,15	0,09
Oxigênio Dissolvido	> 5	mg/l	4,65	5,89	4,89	4,33	4,99	5,65
Potencial Hidrogeniônico	6 a 9	mg/l	7,26	7,06	7,36	7,27	7,41	7,36
Prata Total	0,01	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,006	0,001	0,001
Sólidos Dissolvidos Totais	500	mg/l	179,25	299,0	257,25	356,7	232,33	201,0
Sulfatos	250	mg/l	3,35	13,56	10,95	10,89	3,46	8,98
Sulfetos	0,002	mg/l	0,02	0,002	0,001	0,04	0,05	0,05
Turbidez	100	mg/l	45,5	16,13	39,25	25,52	7,84	4,69
Urânio Total	0,02	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,009	0,001	0,001
Vanádio Total	0,1	-	0,01	0,01	0,01	0,006	0,002	0,001
Zinco Total	0,1	cal/ml	0,032	0,025	0,04	0,051	0,03	0,008
Coliformes Fecais	1.000	-	5875	3897	3496	7900	4602	8145

Fonte: Relatórios de monitoramento ambiental da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (SLU, 2013-2018).

A Tabela 07, a seguir, apresenta os resultados de monitoramento das análises físico-químicas e microbiológicas no ponto PSP 03, a jusante do Córrego Taiobas.

TABELA 7 – Resultados de análises físico-químicas e microbiológicas referentes ao ponto de monitoramento PSP 03 localizado a jusante do Córrego Taiobas (Jan/13 a Dez/18).

PARÂMETROS	LIMITE DA NORMA	UNIDADE	PSP 03					
			2013	2014	2015	2016	2017	2018
Alumínio Solúvel	0,1	mg NH ₃ /l	0,05	0,34	0,17	0,02	0,04	0,001
Alumínio Total	-	mg/l	0,61	1,57	0,78	0,08	0,05	0,52
Amônia Não-Ionizável	-	mg/l	0,50	0,70	0,06	0,21	3,54	7,83
Arsênio Total	0,01	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001	0,001
Bário Total	0,7	mg/l	0,15	1,28	0,15	0,15	0,20	0,17
Berílio Total	0,04	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001	0,001
Boro Total	0,5	mg/l	0,03	0,08	0,003	0,02	0,04	0,02
Cádmio Total	0,001	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Chumbo Total	0,01	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001
Cianeto Livre	0,005	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,004	0,001	0,002
Cianeto Total	250	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,01	0,01	0,01
Cloretos	250	mg/l	24,67	874,00	37,75	41,73	40,90	43,93
Clorofila	30	mg/l	1,0	1,0	1,0	3,0	1,51	0,03
Cloro Residual	0,01	mg/l	0,66	0,21	0,01	9,46	3,0	1,0
Cobalto Total	0,05	ucAPHA	0,002	0,00	0,002	0,006	0,002	0,001
Cobre Total	-	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,005	0,002	0,001
Cor	75	mg/l	165,63	79,4	61,25	13,24	168,23	20,43
Cromo Total	0,05	mg/l	0,01	0,04	0,01	0,003	0,003	0,001
Condutividade Elétrica	-	mg/l	434,63	3113,00	510	444,78	578,67	441,83
DBO	5,0	mg/l	24,99	3,59	4,31	4,46	3,0	10,30
DQO	-	mg/l	88,23	184,0	27,63	26,14	13,86	50,48
Estanho Total	-	mg/l	0,05	0,11	0,05	249,0	2,84	1,0
Ferro Solúvel	0,3	mg/l	0,48	2,32	0,25	0,26	0,29	0,53
Fluoreto Total	1,4	mg/l	0,26	0,02	0,12	0,36	0,27	0,96
Fósforo Total	0,02	mg/l	0,04	0,18	0,02	0,08	0,02	0,09
Fosfato Total	-	mg/l	0,31	0,80	0,01	0,01	0,02	0,07
Índice de Fenóis	-	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004
Lítio Total	2,5	mg/l	0,01	0,02	0,01	0,001	0,001	0,001
Manganês Total	0,1	mg/l	0,32	0,32	0,23	0,42	0,20	0,37
Mercúrio Total	0,025	mg NH ₃ /l	0,01	0,04	0,00002	0,0002	0,0001	0,0001
Níquel Total	0,025	mg/l	0,005	0,02	0,005	0,006	0,003	0,001
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg/l	6,31	4,03	1,89	4,27	2,85	6,45
Nitratos	10	mg/l	2,0	16,94	7,53	2,45	3,19	1,95
Nitritos	1,0	-	0,54	4,07	1,66	0,42	1,57	0,27
Oxigênio Dissolvido	> 5	mg/l	4,46	6,39	4,66	5,19	5,19	5,15
Potencial Hidrogeniônico	6 a 9	mg/l	7,56	7,52	7,54	7,64	7,72	7,35
Prata Total	0,01	mg/l	0,01	0,02	0,01	0,006	0,001	0,001
Sólidos Dissolvidos Totais	500	mg/l	351,50	304,13	314,75	307,80	302,56	295,67
Sulfatos	250	mg/l	17,55	14,43	16,0	11,18	4,78	15,90
Sulfetos	0,002	mg/l	0,002	0,01	0,001	0,04	0,05	0,05
Turbidez	100	mg/l	250,0	31,0	200,5	18,35	8,19	9,45
Urânio Total	0,02	mg/l	0,002	0,02	0,02	0,01	0,001	0,001
Vanádio Total	0,1	-	0,01	0,07	0,01	0,01	0,001	0,001
Zinco Total	0,1	cal/ml	0,2	0,15	0,06	0,03	0,02	0,03
Coliformes Fecais	1.000	-	5193	2425	5964	1447	930	2747

Fonte: Relatórios de monitoramento ambiental da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (SLU, 2013-2018).

O ponto PSP 03 repete as características da água no ponto PSP 02, localizado à montante do córrego Taiobas, como descrito na Tabela 7. Também apresentou parâmetros fora do limite de modo pontual, como o bário total, cloretos, mercúrio total, nitratos e prata total.

Quanto a estes parâmetros que não se repetiram ao longo dos seis anos, é preciso destacar o bário total, cloretos, nitratos e prata total, já que os mesmos não apareceram na análise do ponto de coleta à jusante, reforçando que tal contaminação é de responsabilidade do empreendimento. Tais alterações representa cerca de 100% ou mais do VMP, sendo bastante significativo e indicando um alerta no monitoramento.

Mesmo com essa evidencia, não foi registrado nenhum estudo sobre as causas da elevação desses índices. O bário, cloretos e prata podem causar sérias consequências para o homem e, dependendo da concentração, podem se tornar fatais.

O nitrato é a principal forma de ocorrência de nitrogênio (N), cujo excesso pode ocasionar eutrofização dos ambientes aquáticos (RESENDE, 2002), portanto é um parâmetro que requer atenção no monitoramento. Tal alteração pode resultar negativamente na Lagoa da Pampulha que recebe as águas dos córregos analisados, já que a eutrofização cria condições favoráveis ao crescimento desordenado de cianobactérias e algas, o que pode gerar liberação de toxinas (AZEVEDO, 2008). Além disso, a eutrofização também é responsável por impedir que a luz solar penetre na água, reduzindo conseqüentemente a taxa de fotossíntese de camadas inferiores, com isto diminui a quantidade de oxigênio, impedindo o crescimento de seres aeróbicos (CAETANO et al., 2011).

Quanto aos demais parâmetros, pode-se destacar alguns que foram mais expressivos na análise neste ponto ou que não tinham ocorrido anteriormente, ou seja, apresentaram maiores desvios em relação ao valor permitido na norma ambiental vigente. Dentre eles temos o alumínio solúvel, cloro residual, cor, manganês total, nitrogênio amoniacal, turbidez e zinco.

É preciso ressaltar que o parâmetro cor deveria apresentar alterações proporcionais ao parâmetro de sólidos dissolvidos totais, o que não aconteceu. Segundo as análises apresentadas nos relatórios de monitoramento do empreendimento, o parâmetro de sólidos dissolvidos encontra-se dentro do limite estabelecido pela legislação vigente, o que pode representar um erro durante a análise laboratorial.

Mesmo não estando presente na legislação ambiental vigente, a condutividade elétrica neste ponto chamou atenção, apresentando valores muito acima do que os valores registrados nos pontos PSP 01 e PSP 02. A maior condutividade neste ponto sugere uma influência antrópica, tal como resíduos domésticos, o que é confirmado na atividade exercida por este empreendimento.

É possível inferir que o ano de 2014, que apresentou o maior valor para o parâmetro supracitado, tenha contado com maiores períodos chuvosos, já que o acúmulo de matéria orgânica no período de estiagem e posterior carreamento pelas chuvas, provoca maiores variações na condutividade (MOURA, 2010). Iost (2008) complementa, ainda, que, os parâmetros de condutividade elétrica e total de sólidos dissolvidos tendem a aumentar no período chuvoso, uma vez que as águas de escoamento superficial carregam também grande volume de íons lixiviados do solo.

A Tabela 8 apresenta os resultados de monitoramento das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas no ponto PSP 04, localizado no Córrego Ipanema.

TABELA 8 – Resultados de análises físico-químicas e microbiológicas referentes ao ponto de monitoramento PSP 04 localizado no Córrego Ipanema (janeiro 2013 a dezembro 2018).

PARÂMETROS	LIMITE DA NORMA	UNIDADE	PSP 04					
			2013	2014	2015	2016	2017	2018
Alumínio Solúvel	0,1	mg NH3/l	0,04	0,02	0,16	42,85	0,07	0,004
Alumínio Total	-	mg/l	0,50	0,38	1,15	1,09	0,48	0,13
Amônia Não-Ionizável	-	mg/l	0,30	0,07	0,02	0,17	48,57	0,12
Arsênio Total	0,01	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001
Bário Total	0,7	mg/l	0,10	0,06	0,12	0,11	0,12	0,14
Berílio Total	0,04	mg/l	0,01	0,01	0,10	0,01	0,001	0,001
Boro Total	0,5	mg/l	0,02	0,10	0,003	0,04	0,07	0,23
Cádmio Total	0,001	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Chumbo Total	0,01	mg/l	0,01	0,10	0,01	0,02	0,002	0,001
Cianeto Livre	0,005	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,001	0,003	0,005
Cianeto Total	250	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001
Cloretos	250	mg/l	13,91	35,41	14,06	15,27	13,04	27,95
Clorofila	30	mg/l	1,0	1,0	1,0	3,0	0,01	50,1
Cloro Residual	0,01	mg/l	0,45	0,01	0,01	0,01	3,0	50,1
Cobalto Total	0,05	ucAPHA	0,002	0,002	0,002	0,01	0,001	0,001
Cobre Total	-	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001
Cor	75	mg/l	81,36	8,13	24,38	11,36	7,37	6,17
Cromo Total	0,05	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002	0,001
Condutividade Elétrica	-	mg/l	442,80	528,00	407,88	498,11	545,22	617,82
DBO	5,0	mg/l	15,09	1,40	1,69	3,40	2,25	3,00
DQO	-	mg/l	57,36	12,25	14,0	12,01	8,00	8,33
Estanho Total	-	mg/l	0,05	0,04	0,05	179,0	2,13	1,0
Ferro Solúvel	0,3	mg/l	0,02	0,01	0,18	0,03	0,08	0,03
Fluoreto Total	1,4	mg/l	0,25	0,05	0,12	0,29	0,17	0,25
Fósforo Total	0,02	mg/l	0,05	0,04	0,03	0,09	0,03	0,08
Fosfato Total	-	mg/l	0,35	0,24	0,01	0,02	0,03	0,04
Índice de Fenóis	-	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Lítio Total	2,5	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,004	0,004
Manganês Total	0,1	mg/l	0,12	0,06	0,04	0,03	0,04	0,01
Mercúrio Total	0,025	mg NH3/l	0,01	0,01	0,00002	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel Total	0,025	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002	0,001
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg/l	5,50	1,19	0,24	0,26	1,02	0,01
Nitratos	10	mg/l	3,24	33,01	10,49	5,18	1,41	14,04
Nitritos	1,0	-	0,13	0,07	0,01	0,02	39,92	0,01
Oxigênio Dissolvido	> 5	mg/l	5,45	6,28	4,88	5,08	4,84	4,82
Potencial Hidrogeniônico	6 a 9	mg/l	7,75	7,59	7,56	7,64	7,23	7,15
Prata Total	0,01	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001	0,001
Sólidos Dissolvidos Totais	500	mg/l	300,73	425,13	342,5	412,60	385,00	758,33
Sulfatos	250	mg/l	41,33	233,67	62,5	106,45	112,40	413,00
Sulfetos	0,002	mg/l	0,001	0,001	0,002	0,04	0,05	0,05
Turbidez	100	mg/l	189,67	20,30	28	1,45	-	-
Urânio Total	0,02	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,01	0,002	0,01
Vanádio Total	0,1	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002	0,004
Zinco Total	0,1	cal/ml	0,03	0,03	0,07	0,06	0,03	0,01
Coliformes Fecais	1.000	-	2604,55	1391,67	3851,375	2258,33	1221,89	1261,67

Fonte: Relatórios de monitoramento ambiental da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (SLU, 2013-2018).

Neste ponto PSP 04, os parâmetros fora do limite de modo pontual são chumbo total, clorofila, cor, DBO, manganês total, nitrogênio amoniacal, nitritos, sólidos dissolvidos totais, sulfatos e sulfetos.

Mais uma vez o resultado obtido nos parâmetros cor e sólidos dissolvidos não estão relacionados. No ano de 2013, o parâmetro cor encontrou-se fora dos limites estabelecidos, enquanto a análise de sólidos dissolvidos mostrou-se bem abaixo do limite e, no ano de 2018, a situação foi inversa, onde o parâmetro de sólidos dissolvidos ocorreu acima significativamente do VMP e a cor muito abaixo do VMP.

Alguns compostos inorgânicos como os óxidos de ferro e manganês possuem propriedades que podem provocar alterações na cor da água, podendo esta ser uma justificativa para a alteração na cor analisada no ano de 2013, já que o parâmetro manganês total se encontrou fora dos valor permitido, porém a alteração foi bem inferior, o que não garante que este realmente seja o motivo.

Os parâmetros que apresentaram valores superiores ao máximo permitido pela legislação vingente por mais de um ano, consecutivo ou não, são os mesmos já apresentados em outros pontos, destacando o alumínio solúvel, cloro residual, fósforo total, nitratos, OD e coliformes fecais. Isso indica um padrão de contaminação, causado pelo tipo de resíduo que foi aterrado por 32 anos (1975-2007) no empreendimento em questão.

Segundo Castilhos (1988), os principais usos do Mn são na produção de aço, baterias, palitos de fósforo e porcelanas, logo, o valor desse metal encontrado no presente estudo pode indicar a presença desses materiais nos resíduos sólidos que estão sendo encaminhados para o aterro.

Estudos comprovam que metais pesados se caracterizam por seu efeito bioacumulativo, causando agravos à saúde, além de doenças carcinogênicas, danos aos sistemas nervoso central, hepático, hematopoiético, renal e esquelético (MUÑOZ, 2002).

Com base nos resultados, considerou-se que concentrações de metais superiores aos limites da resolução do CONAMA, além de causarem danos à saúde da população local, que utiliza de tais águas, e à vida aquática, podem estar acarretando danos à estação de tratamento caso ocorra a captação nestes córregos.

Outro ponto importante de ser destacado é que essa contaminação dos recursos hídricos está sendo levada até à Lagoa da Pampulha pelos córregos analisados. Esta Lagoa é ponto turístico de grande importância para o município de Belo Horizonte e Patrimônio Mundial da Unesco desde 2016. Milhares de reais já foram gastos para a sua recuperação física provocada pelo assoreamento, como remediação da contaminação in loco, ainda sem sucesso, com o

agravante que muitas pessoas ali praticam pesca, seja de forma recreativa, seja como fonte de alimento.

Após análise da série histórica é possível realizar uma avaliação geral da tendência temporal de performance do programa de monitoramento ambiental da qualidade das águas superficiais que, diferente do esperado, não apresentou melhorias com relação aos parâmetros analisados ao longo dos anos. Sendo assim, é possível concluir que o programa não permite aumentar o atendimento aos padrões legais estabelecidos pela legislação vigente.

Nesse contexto, tais correlações comprovadas, permitem uma avaliação crítica da importância das ações de fiscalização do programa de monitoramento ambiental da qualidade das águas superficiais, mostrando um déficit por parte dos órgãos ambientais competentes, onde o empreendimento vem promovendo pontos de contaminação ambiental, trazendo riscos potenciais para o meio ambiente e a qualidade da saúde da população que vive no entorno do aterro sanitário.

7.2 Avaliação do Índice de Qualidade da Água do Córrego Taiobas

Com base no método aplicado pela CETESB, os resultados do IQA nos pontos PSP 02 e PSP 03, monitorados nos anos de 2013 a 2018, estão apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 - Valores do IQA encontrado nos pontos PSP 02 e PSP 03 – Córrego de Taiobas.

ANO	PSP02	PSP 03
2013	50,7	34,5
2014	42	29,7
2015	55,6	39,6
2016	57,3	30
2017	61,1	50,9
2018	53,4	50,5

Fonte: Aatoria própria (2019).

Para chegar nestes valores, utilizou-se a Equação 1 (página 40), já citada anteriormente, e foi considerado a altitude da CTRS BR 040 de 852.19 m e o valor médio da temperatura da água de 25.5°C, dados estes retirados dos relatórios trimestrais fornecidos pelo empreendimento.

O IQA tem como principal objetivo traduzir os parâmetros de qualidade de um determinado corpo hídrico em uma classificação simplificada, de modo a facilitar a comunicação com o público não técnico (FREITAS et al., 2011).

Para melhor visualizar e correlacionar os dados, comparando os resultados nos pontos do Córrego Taiobas com a classificação da Cetesb, elaborou-se a Tabela 10 contendo os resultados da Tabela 9 e as faixas e classificações de IQA segundo a Cetesb, apresentadas na Tabela 4.

TABELA 10 - Valores do IQA nos pontos PSP 02 e PSP 03 e Classificação IQA segundo CETESB.

ANO	Cor. Taiobas	Cor. Taiobas	IQA - Cetesb	
	Ponto PSP 02	Ponto PSP 03	Faixa	Classificação
2013	50,7	34,5	80 - 100	Ótima
2014	42,0	29,7	52 - 79	Boa
2015	55,6	39,6	37 - 51	Aceitável
2016	57,3	30,0	20 - 36	Imprópria para tratamento convencional
2017	61,1	50,9	0 - 19	Imprópria
2018	53,4	50,5		

Fonte: Autoria própria (2019).

Em 2013, o IQA levantado no ponto PSP 02, localizado à montante no córrego Taiobas, totalizou 50,7 (Tabelas 9 e 10). Com base na classificação da Cetesb (Tabelas 4 e 10), este valor se enquadrou na faixa 37 – 51. A classificação do IQA neste ponto foi definida como Nível Aceitável de Qualidade. Porém, no mesmo ano, analisando o ponto PSP 03, localizado à jusante do mesmo córrego Taiobas, a água de superfície registrou IQA de 34,5, correspondendo à faixa 20 – 36 e, respectivamente, a classificação foi definida com características Impróprias para Tratamento Convencional. Esta correlação entre os resultados das análises no ponto a montante e no ponto a jusante no mesmo córrego, no ano de 2013, permite concluir que as atividades realizadas pelo empreendimento estão impactando negativamente os índices de qualidade dessas águas de superfície (IQA) existentes nos seus limites.

Em 2014, o ponto PSP 02 (IQA 42) também foi enquadrado como Aceitável (faixa 37 – 51) e o PSP 03 (IQA 29,7) foi enquadrado como Impróprio para Tratamento Convencional (faixa 20 – 36), tendo a mesma característica do ano anterior. Tal fato mostra que de um ano para o outro, mesmo utilizando a ferramenta de monitoramento, o empreendimento não conseguiu remediar ou minimizar a contaminação comprovada neste monitoramento

Em 2015 as águas superficiais à montante (IQA 55,6) encontrava-se classificada como Boa e à jusante (IQA 39,6) foi classificada como Aceitável. Possivelmente, neste ano houve

uma mudança que pode ter sido causada pela diminuição dos resíduos aterrados ou até mesmo por alguma medida que tenha sido tomada pelo aterro.

O ano de 2016 mostra mais uma vez uma regressão na qualidade das águas analisadas, em que à montante temos um resultado classificado como Bom (IQA 57,3) e à jusante classificado como Impróprio para o Tratamento Convencional (IQA 30). Para justificar estes resultados, é necessário um histórico mais aprofundado das atividades realizadas nesse período pelo empreendimento, já que a quantidade de resíduos vem diminuindo ao longo dos anos devido ao encerramento das atividades no local.

Em 2017, os resultados foram considerados melhores. Os dois pontos coletados foram classificados como águas de qualidade Boa (IQA 61,1 e 50,9, respectivamente), o que é um ponto positivo a ser analisado, já que mesmo à jusante a qualidade permaneceu a mesma, sem interferências antrópicas significativas por parte das atividades do aterro.

Em 2018 ocorreu novamente uma pequena queda no índice de qualidade, sendo classificada como Boa (IQA 53,4) no ponto PSP02 e como Aceitável (IQA 50,5) no ponto PSP03.

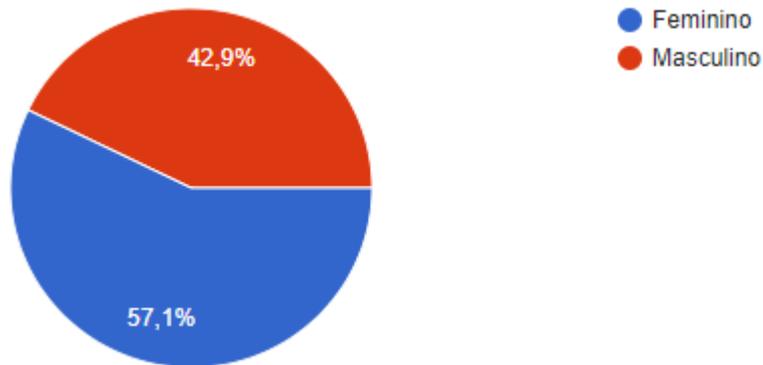
Essa avaliação feita é de suma importância, pois além de permitir uma comunicação com o público não técnico, possibilita um diagnóstico realístico da qualidade do corpo hídrico monitorado.

7.3 Análise da realidade local

A visita ao bairro Álvaro Camargos aconteceu com o objetivo de conhecer a relação existente entre o empreendimento em estudo e a população local, desde os impactos causados até as vantagens que o mesmo gerou durante a sua implantação e período de atividade, chegando à realidade atual, pós encerramento.

Foram aplicados formulários à 35 moradores do bairro e pelo Gráfico 2, é possível observar que houve um equilíbrio entre os gêneros, sendo, aproximadamente, 57% representado pelo sexo feminino, e 43% pelo sexo masculino.

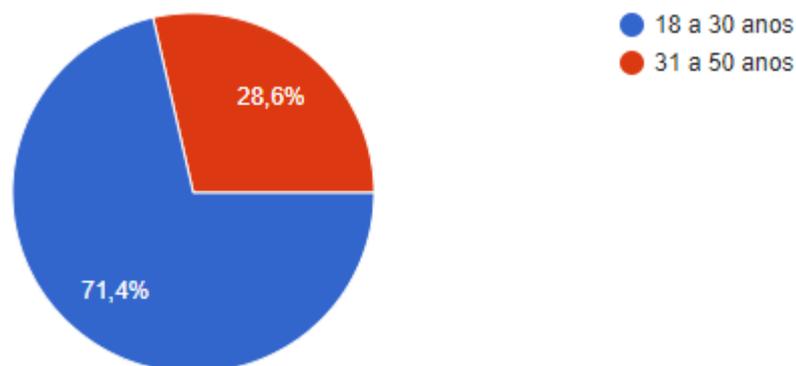
GRÁFICO 2 – Divisão da população amostral por gênero.



Fonte: Própria autoria (2019).

O segundo ponto levantado foi a faixa etária do entrevistado, que variou com limites extremos entre 18 e 50 anos. A faixa etária de maior incidência foi entre 18 e 30 anos, representando 71,4%, como representado no Gráfico 3.

GRÁFICO 3 – Divisão da população amostral por faixa etária.



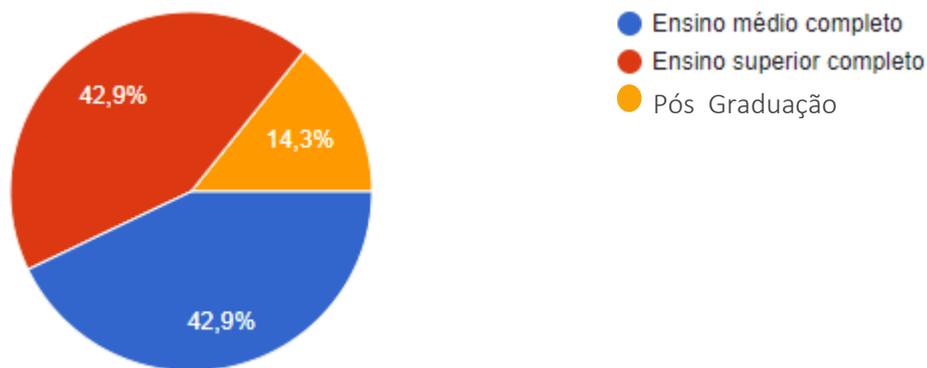
Fonte: Própria autoria (2019).

Os dados levantados referentes à faixa etária também permitem inferir que a população do bairro é uma população mais jovem.

Dentre os entrevistados, 28,6% residem no bairro há 10 anos, logo não acompanharam o funcionamento do aterro sanitário, mas os outros 71,4% dos entrevistados moram no bairro há pelo menos 15 anos, vivendo assim os efeitos das atividades de recebimento e aterragem de resíduos sólidos.

No Gráfico 4 temos a separação da amostra pelo grau de escolaridade, constatou-se que 42,9% possui o ensino médio completo, 42,9% possui o ensino superior completo e 14,3% dos entrevistados possuem pós-graduação.

GRÁFICO 4 – Divisão da população amostral por grau de escolaridade.



Fonte: Própria autoria (2019).

Foi possível perceber que todos os entrevistados possuem um grau de escolaridade maior do que a média brasileira, uma vez que segundo o IBGE (2010), no Brasil, 51% da população possuía o ensino fundamental completo, 26,3% o ensino médio e 15,3% o ensino superior. Esse dado nos mostra que os moradores residentes ali possuem conhecimento suficiente para fazerem uma análise crítica da situação em que vivem, saber onde buscar informação sobre os prós e contras de se ter um empreendimento desse porte ao entorno de seu bairro.

Segundo a SMAPU (2016), o bairro Álvaro Camargos representa uma exceção na média per capita, apresentado uma concentração de superior aos cinco salários mínimos entre os habitantes, o que pode ser um indício do grau de escolaridade apresentado, uma vez que permite facilidade ao acesso à educação.

Foi questionado aos entrevistados sobre a consciência dos mesmos em relação à presença do empreendimento em estudo e 71,4% acredita ser ruim para os moradores do bairro, por causar a desvalorização dos imóveis, questões estéticas e riscos de contaminação ambiental e à saúde dos moradores. Outro ponto levantado pelos moradores foi a questão do mau cheiro gerado pelo resíduo sólidos, que ainda é um fator de incomodo, mas que apresentou uma melhora significativa com o encerramento das atividades do aterro sanitário.

Além das perguntas estruturadas no roteiro do formulário, foi levantado visão dos moradores a respeito do córrego Taiobas, que passa exatamente na divisa do bairro Álvaro

Camargos e Dom Bosco. Todos os entrevistados demonstraram uma preocupação com a qualidade das águas, mas nenhum soube informar como realmente se encontra a realidade do córrego.

Segundo Mucelin e Bellini (2008), a poluição de corpos d'água, proliferação de vetores transmissores de doenças, poluição visual, mau cheiro e contaminação do ambiente, são alguns dos impactos provocados pela disposição de resíduos sólidos, o que confirma a veracidade da preocupação dos moradores em relação aos impactos ali gerados.

Ainda sobre os impactos do empreendimento, 28,6% dos entrevistados responderam que o aterro sanitário não influencia em nada em suas vidas, ressaltando que os impactos foram significativos apenas quando o mesmo ainda se encontrava em funcionamento. Parte desses moradores ainda levantaram como ponto positivo a fase de recuperação da área do aterro, onde vêm acontecendo eventos culturais para a população local e o aumento gradativo das áreas verdes recuperadas.

Segundo Bitar (1997), o planejamento da utilização da área do aterro sanitário após o encerramento de suas atividades deve ser contemplado desde sua implementação, exigindo soluções compatíveis com a destinação futura do local, com as características de uso e ocupação de solo e com a demanda social da cidade.

Os moradores foram questionados a respeito do conhecimento dos riscos gerados pela circulação e disposição final de resíduos sólidos, em que 57,1% alegou ter conhecimento e 42,9% não. Tal resultado não era esperado devido ao grau de escolaridade dos entrevistados, permitindo concluir que temas específicos como este não são de conhecimento das áreas de atuação de vivência dos moradores em questão, o que nos mostra um déficit na educação ambiental local.

A educação ambiental constitui um processo informativo e formativo dos indivíduos, desenvolvendo habilidades e modificando atitudes em relação ao meio, tornando a comunidade educativa consciente de sua realidade global. Uma finalidade da educação ambiental é despertar a preocupação individual e coletiva para a questão ambiental com uma linguagem de fácil entendimento que contribui para que o indivíduo e a coletividade construam valores sociais, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente e entendimento da situação local onde vive (DIAS, 1992).

Foi levantado no formulário aplicado o histórico das doenças relacionadas aos resíduos sólidos (Quadro 1, página 23) e 100% dos entrevistados já tiveram um quadro de dengue, o que nos mostra que o empreendimento pode ser o responsável por criar condições favoráveis para o desenvolvimento do vetor da dengue. Nohara et al. (2006) afirma que uma vez na superfície,

os resíduos sólidos tornam-se vetores de proliferação de insetos transmissores de doença tropicais, com destaque ao *Aedes aegypti*, transmissor da dengue e na CTRS BR 040 contamos também com uma central de reciclagem de pneus, o que pode ocasionar o acúmulo de água parada.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de áreas para tratamento e disposição de resíduos sólidos urbanos configura um tipo de empreendimento com riscos potenciais de contaminação do ambiente natural. Logo, a concepção e operação adequadas dessas instalações, assim como a adoção de procedimentos adequados de mitigação dos possíveis impactos que podem ser gerados, resulta na minimização desse risco potencial e comprometimento ambiental. Dessa forma, é exigido um plano de monitoramento que vise o acompanhamento constante da evolução do sistema de tratamento e disposição final.

Assim sendo, é indispensável a existência de um programa de monitoramento permanente, sistemático e abrangente, das diversas instalações que compõem o empreendimento. Esse monitoramento tem por objetivo o acompanhamento das condições do meio físico em função do uso do solo.

Ao analisar os relatórios de monitoramento de águas superficiais da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040, localizada em Belo Horizonte-MG, observou-se que este monitoramento existe em níveis satisfatórios. Porém, a fiscalização responsável pelo acompanhamento e discussão dos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas levantadas nestes monitoramentos, e consequente Índice de Qualidade da Água, no âmbito do empreendimento em estudo, não considerou no período analisado, referente aos anos 2013 a 2018, a existência de vários parâmetros com valores superiores ao limite máximo estabelecido pela legislação ambiental vigente, especificamente a Resolução CONAMA N° 357/2005. Diante deste quadro de não conformidade, também não existe nenhum estudo considerando os riscos e as consequências à saúde da população do entorno da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos e ao meio ambiente.

Comprovou-se que, ao longo desses vários anos, não foram tomadas decisões para reverter esse quadro de contaminação dos córregos existentes na área de influência do empreendimento, e não foram discutidas justificativas para este comportamento.

Durante os seis anos analisados (2013-2018), todos os pontos apresentaram contaminação por metais pesados, que são responsáveis por causar um desequilíbrio ambiental e até mesmo doenças fatais. Além dos metais pesados, foram levantados nos relatórios de monitoramento em estudo os seguintes contaminantes: cloretos, prata, ferro, cianeto, fósforo, fosfato, sulfetos, cloro, compostos nitrogenados, sulfato e alumínio.

A análise social permitiu comprovar os impactos sentidos pela população com as atividades realizadas pelo empreendimento, como o mau cheiro, contaminação ambiental,

exposição à fatores de riscos de desenvolvimento de vetores causadores de doenças, o que resulta em uma desvalorização dos imóveis. Por outro lado, foi pontuado também as atividades de recuperação da área degradada que vêm sendo feitas pela CTRS BR 040, visando recuperar a área verde e promover eventos de incentivo à cultura para a população local. Outro ponto levantado foi sobre o conhecimento da amostra entrevistada a respeito do córrego Taiobas, em que se verificou uma preocupação com a qualidade das águas, mas também foi possível evidenciar a falta de conhecimento sobre a realidade do córrego.

Finalmente, como propostas de continuidade, sugere-se implementar uma próxima etapa de estudos técnicos visando desenvolver um modelo conceitual para caracterizar e quantificar as contaminações ali definidas e aplicar técnicas para minimizar a contaminação destes córregos nos limites da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040, tornando o sistema operacional deste empreendimento mais efetivo na sua missão de proteção e promoção da saúde e meio ambiente, além da implementação de um programa de educação ambiental junto à população local.

REFERÊNCIAS

- ADEREMI, A.O. et al. Assessment of groundwater contamination by leachate near a municipal solid waste landfill. **African Journal of Environmental Science and Technology**, v. 5, n. 11, 2011, p. 933-940.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília, 2005a. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/sprtew/recursos_hidricos.asp> Acesso em: 15 Abr. 2018.
- _____. **Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Brasília, 2004a. Disponível em <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>> Acesso em: 24 Abr 2019.
- AHMED, F. N.; LAN, C. Q. Treatment of landfill leachate using membrane bioreactors: A review. **Desalination** , v. 287, 2012, p. 41–54.
- ALCANTARA, P.B. **Avaliação da Influência da Composição de Resíduos Sólidos Urbanos no Comportamento de Aterros Simulados**. Disponível em: <http://repositorio.ufpe.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5397/arquivo6780_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 20 Abr. 2018.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, [s.d].
- ANICETO, K. C. P.; HORBE, A. M. C. Solos urbanos formados pelo acúmulo de resíduos em Manaus, Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 1, p. 135-148, 2012.
- ARTIOLA, J. F.; PEPPER, I. L.; BRUSSEAU, M. L. **Monitoring and characterization of the environment**. 1 ed., 2009. 410p.
- ARRUDA, A.C.S. et al., Estudo do comportamento de parâmetros físico-químicos relacionados ao processo de estabilização de resíduos sólidos urbanos no sistema de remediação de São Giácomo - Caxias do Sul – RS. XVIII Congresso de Engenharia Sanitária d Ambiental. **Anais**. Salvador BA, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (ABAS). **Águas subterrâneas**. Disponível em: < <http://www.abas.org/educacao.php#ind24>> Acesso: 08 Jan. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13896**: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT 1997, 12p.
- _____. **NBR 8419**. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. 1992.

_____. **NBR 10004**. Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

AZEVEDO, S. M. F. O. Toxinas de cianobactérias: causas e consequências para a saúde pública. **Ecotoxicologia Aquática: princípios e aplicações**. 2ª ed. São Carlos, RiMa, 2008.

BITAR, O.Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na Região Metropolitana de São Paulo**. Tese de Doutorado, USP, São Paulo, 1997.

BRASIL. **Resolução 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. Resolução Conama N° 357. Brasília, 18 mar. 2005.

_____. **Resolução N°430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho. Resolução Conama N°430. Brasília, 18 mai. 2011.

_____. **Lei N° 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. 2010.

_____. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília: FUNASA, 2010.

_____. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2010.

CAETANO, J. A., PEIXOTO, L. R., CARVALHO, M. T. **Qualidade da água da Lagoa da Pampulha**. Belo Horizonte, 2011.

CAIRES, S. M. **Determinação dos teores naturais de metais pesados em solos do estado de Minas Gerais como subsídio ao estabelecimento de valores de referência de qualidade**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, MG, 321p. 2009.

CARDOSO, L. F.. **Avaliação do risco potencial de poluição e contaminação por resíduos sólidos: estudo de caso do lixão de Morro Agudo – São Paulo**. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2005. 109.p.

CARMO, G. N. R. **Fechamento e Sistema de Monitoramento do Aterro**. Disponível em: <http://www.engenhariaambiental.unir.br/admin/prof/arq/Res%20Solidos%20_Aula%2010.pdf> Acesso em: 20 mar. 2018.

CASSINI, S. T. **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Editora Prosab. Rede Cooperativa de Pesquisa. Vitória, 2003.

CASTILHOS, JR. Estimativa da distribuição e dos teores dos metais pesados nas diversas frações dos resíduos urbanos no Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 1988; 1:57-60.

CHERNICHARO, A.L. **Reatores anaeróbios**. UFMG, Belo Horizonte, 1997.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Proposta de Índices e Qualidade de Água para o Estado de São Paulo**. São Paulo, 2002.

_____. **A cidade e o lixo**. São Paulo: Secretaria de Estado de Meio Ambiente, 1998. 100.p. 2014.

_____. **Definição de Aterro Sanitário**. 1998. Disponível em: <<http://biogas.cetesb.sp.gov.br/aterro-sanitario/>>. Acesso em: 20 Abr. 2018.

COELHO, M. C. N. **Estado e políticas públicas na Amazônia: gestão do desenvolvimento regional**. Belém: CEJUP; FPA/NAEA, 2002. v. 1.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA - CONDER. **Cartilha: Manual de Operações de Aterros Sanitários**. Disponível em: <<http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/Cartilha%20Opera%C3%A7%C3%A3o%20Aterro%20Sanit%C3%A1rio%20CONDER.pdf>> Acesso em: 20 Abr. 2018.

COSTA, M. Carcinogenic metals. **Science Progress**. Vol. 81, n. 4, 2004.

CUNHA, G. F.; MACHADO, J. G. **Estudos de Geoquímica Ambiental e o Impacto na Saúde Pública no Município de São Gonçalo do Piauí, Estado do Piauí**. Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica (PGAGEM). CPRM – Serviço Geológico Do Brasil, 2004.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. 1. ed. GAYA, 1992. 399 p.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. 5º ed. Editora Bertrand. Rio de Janeiro, 2002.

ELK, A. G. H. P. **Redução de emissões na disposição final**. Rio de Janeiro: IBAM, 2007.

FARIAS, A. B. & BRITO, A.R. Diagnóstico das composições gravimétricas e volumétricas dos resíduos sólidos urbanos do aterro da Muribeca. IV Seminário Nacional sobre Resíduos Sólidos e Gerenciamento Integrado. **Anais em CD**. Recife/PE. 2000.

FARIAS, M.S.S. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo**. Dissertação (doutorado em engenharia agrícola). Campina Grande, PB, 2006.

FLECK, E. et al. A metodologia de monitoramento ambiental e operacional dos aterros sanitários de porto alegre e municípios conveniados. **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Porto Alegre, RS. 2000.

FREIRE, P. Extensão ou Comunicação? **Ediora Paz e Terra**. Rio de Janeiro, 1985.

FIGUEIREDO, J. A. S.; GODECKE, M. V.; NAIME, R. H. Consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Universidade FEEVALE RS, v.8, 2012, p.1700-1712.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. **Cartilha Orientações Básicas para Operação de Aterro Sanitário**. 2006. Disponível em: <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha%20Aterro2.pdf>> Acesso em: 20 mar. 2018.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. **Manual de Saneamento**. Brasília: Funasa, 4ª ed., 2015b. 642 p. ISBN: 978-85-7346-049-0.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos. Relatório de pesquisa. **Relatório de Pesquisa**. Brasília, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. Brasília, 2000.

_____. **Censo brasileiro**. Brasília, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL - IBAM. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República. IBAM, 2001.

IOST, C. **Produção de sedimentos e qualidade da água de uma Microbacia hidrográfica rural**. Dissertação Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, Paraná, 2008.

JACOBI, P. R., BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estud.** av. vol.25 no.71 São Paulo Jan./Apr. 2011.

MINAYO, M. C. S. Amostragem e saturação em pesquisa qualitativa: Consensos e controvérsias. **Revista Pesquisa Qualitativa**. São Paulo (SP), v. 5, n. 7, p. 01-12. 2017.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2.ed. Rio de Janeiro. ABES, 1995.

MOURA, D. A. G. **Remoção de Amônia por Arraste com Ar de Lixiviados de Aterros Sanitários**. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ 2008.

MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama - Distrito Federal. **Química Nova**, V. 33, N. 1, Brasília, 2010.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & natureza**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.

MUÑOZ, S. I. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: Avaliação dos níveis de metais pesados.** Tese de Doutorado. Ribeirão Preto. USP. 2002.

NOARA, J. J.; ACEVEDO, C. R.; PIRES, B. C. C.; CORSINO, R. M. Resíduos sólidos: passivo ambiental e reciclagem de pneus. **THESIS**, São Paulo, ano I, v. 3, p. 21-57, 2005.

NOCE, C.M., MACHADO, N., TEIXEIRA, W. O complexo Belo Horizonte e a evolução arqueana do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, 1994. Camboriú. **Boletim de resumos expandidos**. Porto Alegre: SBG/DNPM/CPRM, 1994. v.1, p.68-69.

PACHECO, J. R.; PERALTA-ZAMORA, P. G. Integração de processos físicoquímicos e oxidativos avançados para remediação de percolado de aterro sanitário (chorume). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 4, 2004, p. 306–311.

PEDROSA, Célio Augusto; CAETANO, Francisco A. **Águas subterrâneas**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2002.

PINHEIRO, J. & GONÇALVES, P. **Gestão de resíduos: Lixão x Aterro**. Rio de Janeiro, 2009.

RECESA. **Esgotamento sanitário**: operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos. Guia do profissional em treinamento: nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Belo Horizonte. 2008. 112 p.

RESENDE, A. V. **Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água por Nitrato**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Dezembro, Planaltina, 2002.

ROWE, E. J.; CARDOSO, D. L. **A utilização de mapas temáticos no diagnóstico de áreas suscetíveis à contaminação por percolado de aterro sanitário**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 670-678, 2009.

SÁ, L. F.; JUCÁ, J. F. T.; MOTTA SOBRINHO, M. A. Tratamento do lixiviado de aterro sanitário usando destilador solar. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 1, 2012, p. 204-217.

SANCHES, D. J. C. **Tratamento de efluentes de indústrias galvânicas**. São Paulo, 2016.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANTOS, A. C. Noções de hidroquímica. In: FEITOSA, F. A. C. (Coord.) **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3ª. ed. - Revisada e Ampliada. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. cap. 5.1, p. 325-357.

SANTOS, C. B. dos et al. Caracterização do Impacto na Qualidade das Águas Subterrâneas Causado pela Disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos no Aterro Municipal da Cidade de Feira de Santana – BA. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, XIII. São Paulo. **Anais**. São Paulo: Abas, 2004. p. 1 - 17.

SECRETARIA MUNICIPAL ADJUNTA DE PLANEJAMENTO URBANO – SMAPU. **Diagnóstico urbanístico e diretrizes para implementação de parque urbano no terreno da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR-040.** Belo Horizonte, 2016.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos.** Brasília: MCIDADES. SNSA, 2018.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. Projeto Pampulha: Estudo hidrogeológico da Bacia da Lagoa da Pampulha. Programa Informações Básicas para a Gestão Territorial. **Relatório Final.** Belo Horizonte. 2001.

SILVA, A. C., **Tratamento do Percolado de Aterro Sanitário e Avaliação da Toxicidade.** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE - Rio de Janeiro, 2002.

SILVA, A.B. et al. **Estudos geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos e geoambientais integrados no Município de Belo Horizonte.** Relatório Final. Belo Horizonte. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. UFMG/IGC/FUNDEP, 1995. 150p.

SILVA, M. O. S. Refletindo a pesquisa participante, 2 ed. **Cortez.** São Paulo, 1991.

SILVEIRA, R.M.B, et. al. (2002). **Avaliação da Qualidade do Ar na Área do Aterro Sanitário da BR 040 em Belo Horizonte/MG.** Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/cliiv.pdf>> Acesso em: 20 Abr. 2018.

SILVEIRA, T. **Análise físico-química da água da bacia do Rio Cabelo.** II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa, PB, 2007.

SOUSA, H. A., ROESSES, H. M. P., MATOS, A. T. **Métodos e técnicas aplicados na avaliação ambiental do aterro da BR-040 da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte – MG.** R. Esc. Minas, Ouro Preto, 2002.

SOUSA, H. A. **Estudo da contaminação ambiental na área do aterro sanitário da BR-040, da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.** Dissertação (Mestrado em Geologia) – Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 1998, 147p.

SOUZA, J. A. **Destinação final de resíduos sólidos. Informe Agropecuário.** Belo Horizonte, v. 26 n. 224, 2005, p. 14-20.

VILHENA, J. C. E., DUARTE, A. S., SILVEIRA, A. M. **Monitoramento de coliformes totais e de E. coli em águas provenientes de poços e do sistema de abastecimento público utilizadas para consumo humano no bairro de Santa Rita, Macapá-AP, Brasil.** Amapá, 2009.

ZANTA, V. M. et al. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpo d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. In: CASTILHOS JUNIOR, A.B. (Coord.). Rio de Janeiro: **ABES**, 2006. 494 p.

ZUCCARI, M.L. et al. **Determinação de demanda química de oxigênio em águas e efluentes por método colorimétrico alternativo.** Campinas, SP, 2005.

APÊNDICE A

Formulário aplicado na comunidade do entorno da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040.

1. Faixa etária: 18 a 30 anos; 31 a 50 anos; Acima de 50 anos

2. Sexo: Masculino ou Feminino

3. Escolaridade: Nunca frequentou a escola; Ensino Fundamental; Ensino Médio (completo / incompleto); Ensino Superior

4. Qual bairro você mora?

5. Há quanto tempo você mora neste bairro?

6. Nas proximidades do seu bairro existe um aterro sanitário. Isso é bom ou ruim para o bairro?

6. Quais os benefícios ou prejuízos o aterro sanitário tem trazido para os moradores do bairro?

7. Você sabe dos riscos que a circulação e o depósito de “lixo” podem trazer para um local?

8. Você acha que corre esses riscos?

9. Você se sente incomodado com o mau cheiro que o “lixo” exala?

10. Você já teve alguma das doenças abaixo?

() Dengue () Amebíase () Febre Amarela () Leptospirose () Toxoplasmose

() Febre Tifoide () Cólera

11. Existe cisterna para coleta de água subterrânea em sua casa? Se sim, você analisa a qualidade desta água coletada? Qual a periodicidade?
