



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

FHELPE MATHEUS ASSUNÇÃO SILVEIRA

**PROPOSTA DE UM PLANO DE GERENCIAMENTO DE
RESÍDUOS SÓLIDOS DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO DE GUAMARÉ-RN**

**NATAL-RN
2022**

Fhelipe Matheus Assunção Silveira

Proposta de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos do sistema de esgotamento sanitário de Guamaré-RN

Trabalho de Conclusão de Curso, modalidade documento técnico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Eduardo Vieira Cunha

Natal-RN
2022

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Silveira, Fhelipe Matheus Assunção.

Proposta de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos do sistema de esgotamento sanitário de Guamaré-RN / Fhelipe Matheus Assunção Silveira. - 2022.

49 f.: il.

Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental, Natal, RN, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Eduardo Vieira Cunha Graco.

1. Gerenciamento de resíduos sólidos - Monografia. 2. Guamaré(RN) - Saneamento básico - Monografia. 3. Plano de gerenciamento de resíduos sólidos - Monografia. 4. Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico - Monografia. 5. Sistema de esgotamento sanitário - Monografia. I. Graco, Paulo Eduardo Vieira Cunha. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628.4

Fhelipe Matheus Assunção Silveira

Proposta de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos do sistema de esgotamento sanitário de Guamaré-RN

Trabalho de Conclusão de Curso, modalidade documento técnico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Aprovado em 10 de fevereiro de 2022

Prof. Dr. Paulo Eduardo Vieira Cunha – Orientador

Ma. Flaviane de Oliveira Silva Magalhães Ferraz – Avaliadora Interna

Profa. Ma. Larissa Caroline Saraiva Ferreira – Avaliadora Externa

AGRADECIMENTOS

Conquisto este obstáculo mais importante da minha trajetória acadêmica, sonhado por mim, pelos meus pais e toda a minha família, que é a conclusão do curso de graduação em Engenharia Ambiental, pela Universidade Federal do Rio Grande Norte.

Primordialmente, agradeço e louvo a Deus, por me permitir o dom da vida, a sabedoria, a saúde e iluminar os meus caminhos traçados, sempre me protegendo e abençoando para vencer os desafios e alcançar as vitórias.

Sou eternamente grato aos meus pais, Maria do Socorro Assunção Silveira e João Celso da Silveira Júnior, pelo imenso amor, companheirismo, esforço e encorajamento, e à minha irmã, Fernanda Mayra, pela paciência e fraternidade. Eles são os verdadeiros motivos que me levam a lutar pelos meus sonhos.

Agradeço à minha tia Rosário Assunção e ao meu tio Pedro Farias (*in memória*), que me acolheram em Natal com muito amor e carinho, em todas as vezes que precisei, devido às aulas e atividades acadêmicas. Em nome deles, agradeço toda a minha família, por sempre permanecer ao meu lado, seja nos momentos de alegrias, seja nos momentos difíceis.

Ao amigo e professor, Paulo Eduardo Vieira Cunha, meu sentimento de gratidão por ter aceitado me orientar nas componentes curriculares de estágio obrigatório, estágio não obrigatório, Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso e deste Trabalho Final de Conclusão de Curso. Não poderia deixar de mencionar a honra em também tê-lo, como excelente orientador, no decorrer do Projeto “Pesquisa de perfil e diagnóstico socioeconômico municipal visando o aperfeiçoamento e especialização técnica de recursos humanos em planos municipais de saneamento básico”, onde foi enriquecedor para a minha vida acadêmica e profissional.

Agradeço à Diana Fonseca, Engenheira Ambiental, que me concedeu a primeira oportunidade de experiência acadêmica fora da Universidade, como estagiário na Prefeitura Municipal de João Câmara. Além de ter sido uma parceira na realização deste Trabalho.

À empresa Inovação Civil Brasileira (INCIBRA), os meus profundos agradecimentos, uma vez que me proporcionou confiança, conhecimento, profissionalismo, responsabilidade e dedicação, ao longo de dois anos de estágio. Em nome de Maynara Rocha, Djalma Medeiros e Gabriela Costa, o meu respeito, carinho e admiração.

Mas também, minha gratidão aos professores, em especial à professora Larissa Caroline Saraiva Ferreira, e aos grandes amigos, que adquiri durante a vida acadêmica. Tornaram-se essenciais para as minhas conquistas acadêmicas, profissionais e pessoais.

RESUMO

O crescimento urbano nas cidades promove a aumento no consumo de água e, conseqüentemente, na produção de esgotos. Quando os esgotos são devidamente coletados, transportados, tratados e dispostos, há geração de resíduos sólidos nas infraestruturas e instalações operacionais desses processos. Assim, é imprescindível que esses resíduos sólidos, classificados como Resíduos dos Serviços Públicos de Saneamento Básico, sejam gerenciados adequadamente. Em razão da existência do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) na Zona Urbana de Guamaré, município situado no estado do Rio Grande do Norte, faz-se fundamental o correto gerenciamento dos resíduos nele gerados. Diante da inexistência deste instrumento, o presente trabalho teve como objetivo precípua elaborar uma proposta de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) para SES em apreço. O referido PGRS foi desenvolvido por meio de levantamento de pesquisas bibliográficas, registros fotográficos e projetos técnicos do sistema, assim como por contatos diretos com o Município, a fim de assegurar os conhecimentos sobre o diagnóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário e o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados. Para tanto, foram identificadas e caracterizadas as principais unidades do Sistema de Esgotamento Sanitário de Guamaré com potencial de geração de resíduos sólidos, além da realização de diagnóstico, metodologia, disposições sobre o gerenciamento dos resíduos, caracterização dos resíduos e das medidas para implementação do Plano. Em seguida, foram estabelecidas as ações para minimizar a produção de resíduos sólidos, e sobretudo, garantir a adequação da sua coleta, transporte, tratamento, destinação e da disposição final, conforme estabelece a Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

Palavras-chave: Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Município de Guamaré, Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Resíduos dos Serviços Públicos de Saneamento Básico, Sistema de Esgotamento Sanitário.

ABSTRACT

Urban growth in cities promotes an increase in water consumption and, consequently, in sewage production. When sewage is properly collected, transported, treated and disposed of, there is solid waste generation in the infrastructure and operational facilities of these processes. Thus, it is essential that these solid residues, as classified as Waste from Public Basic Sanitation Services, are properly managed. In view of the existence of the Sanitary Sewage System (SES) in the urban area of Guamaré, a municipality located in the state of Rio Grande do Norte, but also the need for the correct management of waste generated therein and the absence of this instrument, this work had as its main objective to draw up a proposal for a Solid Waste Management Plan (PGRS) for this SES. This PGRS was developed through bibliographic research, photographic records, and technical projects of the system, as well as through direct contact with the municipality, in order to ensure knowledge about the diagnosis of the Sanitary Sewage System and the management of solid wastes generated. To this end, the main units of the Guamaré Sanitary Sewage System with potential for solid waste generation were identified and characterized, in addition to the diagnosis, methodology, provisions on waste management, waste characterization and measures for the implementation of the Plan. Then, the actions to minimize the production of solid waste were established, and above all, ensure the adequacy of its collection, transport, treatment, destination and final disposal, as established by the National Policy on Solid Waste.

Keywords: Solid Waste Management, Municipality of Guamaré, Solid Waste Management Plan, Waste from Public Basic Sanitation Services, Sanitary Sewage System.

SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EEE – Estação Elevatória de Esgoto

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NBR – Norma Brasileira

PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PGRS – Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

RSB – Resíduos dos Serviços Públicos de Saneamento Básico

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SES – Sistema de Esgotamento Sanitário

SNIS – Sistema de Informações sobre Saneamento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVO.....	14
3. METODOLOGIA.....	15
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	15
3.1.1 Sistema de Esgotamento Sanitário de Guimarães	16
3.2 ELABORAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	20
4. RESULTADOS	21
4.1 LEGISLAÇÕES APLICÁVEIS.....	21
4.2 DIAGNÓSTICO	22
4.2.1 Identificação do Empreendimento	22
4.2.2 Caracterização do Sistema de Esgotamento Sanitário de Guimarães.....	23
4.2.3 Identificação da geração de resíduos nas Estações Elevatórias de Esgoto	26
4.2.4 Identificação da geração de resíduos na Estação de Tratamento de Esgoto	30
4.3 IMPLANTAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	34
4.3.1 Acondicionamento	34
4.3.2 Coleta e Transporte dos Resíduos.....	36
4.3.3 Estocagem Temporária	38
4.3.4 Destinação e Disposição Final Ambientalmente Adequada	38
4.3.5 Educação Ambiental	39
4.3.6 Redução na Fonte Geradora.....	40
4.3.7 Plano de Contingência	41
4.3.8 Passivos Ambientais	41
4.3.9 Medidas Saneadoras dos Passivos Ambientais.....	42
4.4 PLANO DE EXECUÇÃO.....	43
4.4.1 Agentes Responsáveis.....	43
4.4.2 Cronograma de Execução	44
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização do município de Guamaré/RN.....	15
Figura 2 – Mapa da situação do Sistema de Esgotamento Sanitário de Guamaré em 2012.....	17
Figura 3 – Mapa da Concepção atual do Sistema de Esgotamento Sanitário de Guamaré	18
Figura 4 – Vista aérea da ETE Compacta.....	24
Figura 5 – Unidade de tratamento preliminar da ETE.....	26
Figura 6 – Limpeza no desarenador da ETE	27
Figura 7 – Limpeza nos rotores das bombas da ETE	27
Figura 8 – Representação da unidade de tratamento preliminar da ETE	30
Figura 9 – Descarga de areia na TDV	31
Figura 10 – Caçamba estacionária da ETE.....	35

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Atendimento dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário pelo prestador de serviço.....	16
Tabela 2 – Requisitos mínimos para elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.....	20
Tabela 3 – Relação de funcionários ocupados na ETE Compacta	25
Tabela 4 – Caracterização dos resíduos sólidos gerados nas ETEs	29
Tabela 5 – Caracterização dos resíduos sólidos gerados nos processos de tratamento da ETE	33
Tabela 6 – Equipe sugerida para integrar o Comitê Gestor do PGRS do SES de Guamaré	43

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Serviços que podem ser paralisados e as ações de contingência.....	41
Quadro 2 – Cronograma de implementação do PGRS do SES de Guamaré.....	45

1. INTRODUÇÃO

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), que trata dos princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão integrada, mas também ao gerenciamento de resíduos sólidos, explanando as devidas responsabilidades dos seus geradores. Entende-se por gerenciamento dos resíduos sólidos todas as ações executadas, de forma direta ou indireta, nos processos de coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Ainda acordo com a legislação supracitada, os geradores de Resíduos dos Serviços Públicos de Saneamento Básico (RSB) estão sujeitos à elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), incluindo os resíduos provenientes de Sistemas de Esgotamento Sanitário. Os RSB são resíduos gerados nos sistemas integrantes do saneamento básico, contemplando os sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem e águas pluviais, com exceção dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).

O PGRS é o documento técnico que contém a indicação e descrição de ações voltadas para o manejo dos resíduos sólidos, abordando as seguintes etapas: geração, segregação prévia, acondicionamento, transporte interno, armazenamento, coleta, transporte externo, tratamento, destinação final e disposição final ambientalmente adequada (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2020). Outrossim, o PGRS representa um estudo ambiental elaborado e implementado com o objetivo de permitir que os resíduos sólidos sejam gerenciados adequadamente, com mínimos riscos à saúde do ser humano e ao meio ambiente, sendo um instrumento da PNRS e requisito para licenciamento ambiental.

Entre os geradores de RSB, destacam-se algumas das unidades que compõem o Sistema de Esgotamento Sanitário (SES). O SES é um conjunto de infraestruturas relacionadas com a coleta, transporte, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos esgotos. Nas etapas de transporte e tratamento, têm-se a Estação Elevatória de Esgoto (EEE) e a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) como infraestruturas geradoras de RSB.

De acordo com Lins (2010), a EEE é um sistema que transporta o esgoto de um ponto até outro, por meio de conjunto motobomba, utilizados para vencer gradientes hidráulicos introduzidos no processo devido às particularidades construtivas. Para que não ocorram problemas nos sistemas eletromecânicos das estações elevatórias, devido à presença de sólidos grosseiros no esgoto, são instalados dispositivos de remoção desses resíduos (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000). No Brasil, o dispositivo mais usual é o gradeamento,

inserido à montante da EEE, na entrada do poço de sucção. Também são utilizadas caixas de areia (desarenador) para remoção de sólidos inorgânicos, com o objetivo também de evitar problemas no sistema eletromecânico.

Já a ETE é formada pelos conjuntos de instalações destinadas ao tratamento de esgoto antes do seu lançamento, com a finalidade de remover maior parte dos poluentes, permitindo devolver um efluente mais limpo à natureza (BRASIL, 2009). Após o tratamento, o efluente é lançado em um corpo de água, como no mar, rio, córrego e lagoa, com base no atendimento aos padrões de qualidade e de lançamento de efluentes, conforme a legislação vigente (BRASIL, 2009). Além disso, o efluente tratado pode ser destinado para fins de reúso, como na agricultura, em processos industriais e em áreas urbanas.

Em determinados processos de tratamentos de uma ETE, são retirados materiais sólidos chamados de lodos de esgoto. O lodo representa grande parte dos poluentes e patógenos do esgoto sanitário, sendo rico em matéria orgânica e em nutrientes (BATISTA, 2015). Em vista disso, esses resíduos necessitam passar por tratamentos, antes do descarte final, para que não provoquem impactos negativos ao meio ambiente e prejuízos à saúde da população. As principais etapas de tratamento de lodo, normalmente utilizadas antes da disposição final em uma ETE, são: adensamento, estabilização, condicionamento, desaguamento e higienização. Esses processos visam a remoção da maior porção de água inserida no lodo, a diminuição de maus odores e dos custos com transporte e disposição final (BRASIL, 2009).

Além do lodo de esgoto, as ETEs geram os sólidos grosseiros, areia, óleos e graxas, provenientes do tratamento preliminar (BORGES, 2014). O tratamento preliminar engloba as etapas de desarenador e gradeamento, também presente em estações elevatórias, conforme abordado.

Considerando a necessidade em adequar a gestão e gerenciamento dos lodos e demais resíduos sólidos, diante de ações normativas, operacionais, financeiras e estratégicas, gerados nas Estações Elevatórias de Esgoto e Estação de Tratamento de Esgoto do SES de Guamaré, município localizado no estado do Rio Grande do Norte, e mediante a inexistência deste documento técnico, o presente estudo contempla a elaboração de uma proposta de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

2. OBJETIVO

Elaborar uma proposta de Plano de Gestão de Resíduos Sólidos do Sistema de Esgotamento Sanitário de Guamaré, para garantir que os seus resíduos sólidos gerados sejam

adequadamente coletados, acondicionados, armazenados, transportados, tratados, destinados e dispostos, de modo que atenda a legislação vigente, protegendo a saúde humana e o meio ambiente.

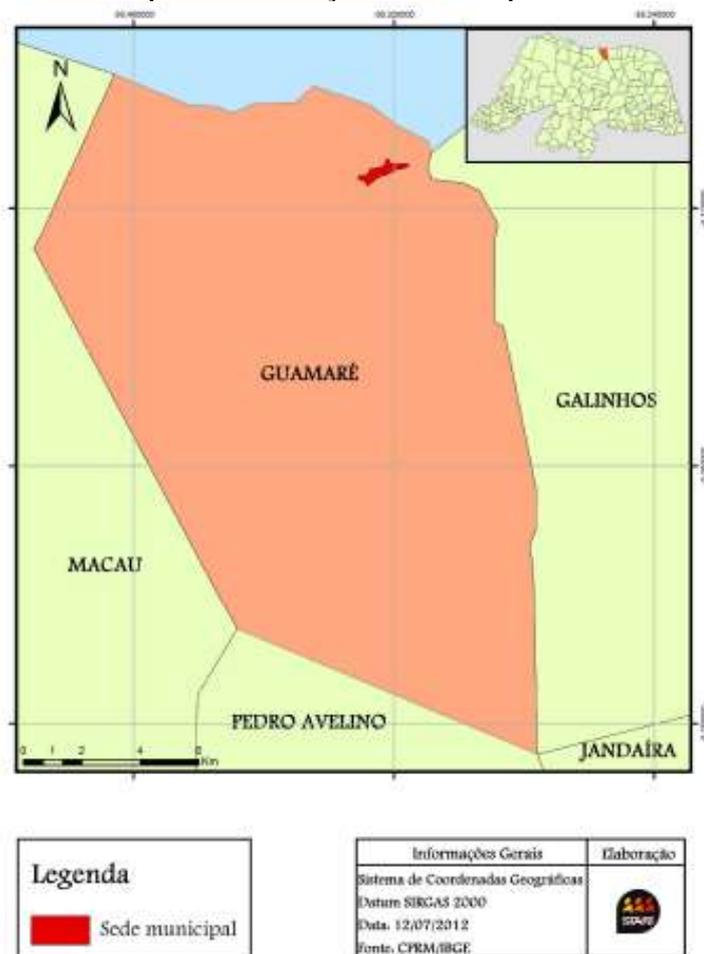
3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Área de Estudo

O município de Guamaré-RN está localizado na mesorregião Central Potiguar e na microrregião Macau, tendo como limites os municípios de Pedro Avelino, Jandaíra, Macau e Galinhos, e o Oceano Atlântico (CPRM, 2005). Guamaré abrange uma área territorial de 258,307 km² (IBGE, 2020) e apresenta uma população estimada em 16.261 habitantes para 2021 (IBGE, 2021).

A sede municipal de Guamaré possui coordenadas 05°06'28,8" de latitude sul e 36°19'12,0" de longitude oeste, e dista cerca de 188 km de Natal, capital do estado (CPRM, 2005). Observa-se na Figura 1 o mapa de localização do município.

Figura 1 – Mapa de localização do município de Guamaré/RN



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAMARÉ, 2012.

O prestador do abastecimento de água é a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), enquanto a Prefeitura Municipal (administração pública direta) tem a responsabilidade pelos serviços de esgotamento sanitário e demais serviços integrantes do saneamento básico no município. Sobre os dados de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Guamaré, a Tabela 1 apresenta informações dos atendimentos desses serviços na Zona Urbana e Zona Rural pelo prestador de serviço.

Tabela 1 – Atendimento dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário pelo prestador de serviço.

Localidade	População	População atendida pelo abastecimento de água	População atendida pelo esgotamento sanitário
Zona Urbana	5.563	5.563	4.432
Zona Rural	10.096	928	-
Total	15.659	6.491	4.432

Fonte: SNIS, 2019.

Através da análise da tabela acima, verifica-se que 100% da população urbana de Guamaré é atendida pelo abastecimento de água, já apenas cerca de 9,2% da população rural possui acesso ao serviço. Quanto ao esgotamento sanitário, cerca de 80% da população da Zona Urbana é atendida pelo serviço, enquanto 100% da população da Zona Rural não tem o acesso.

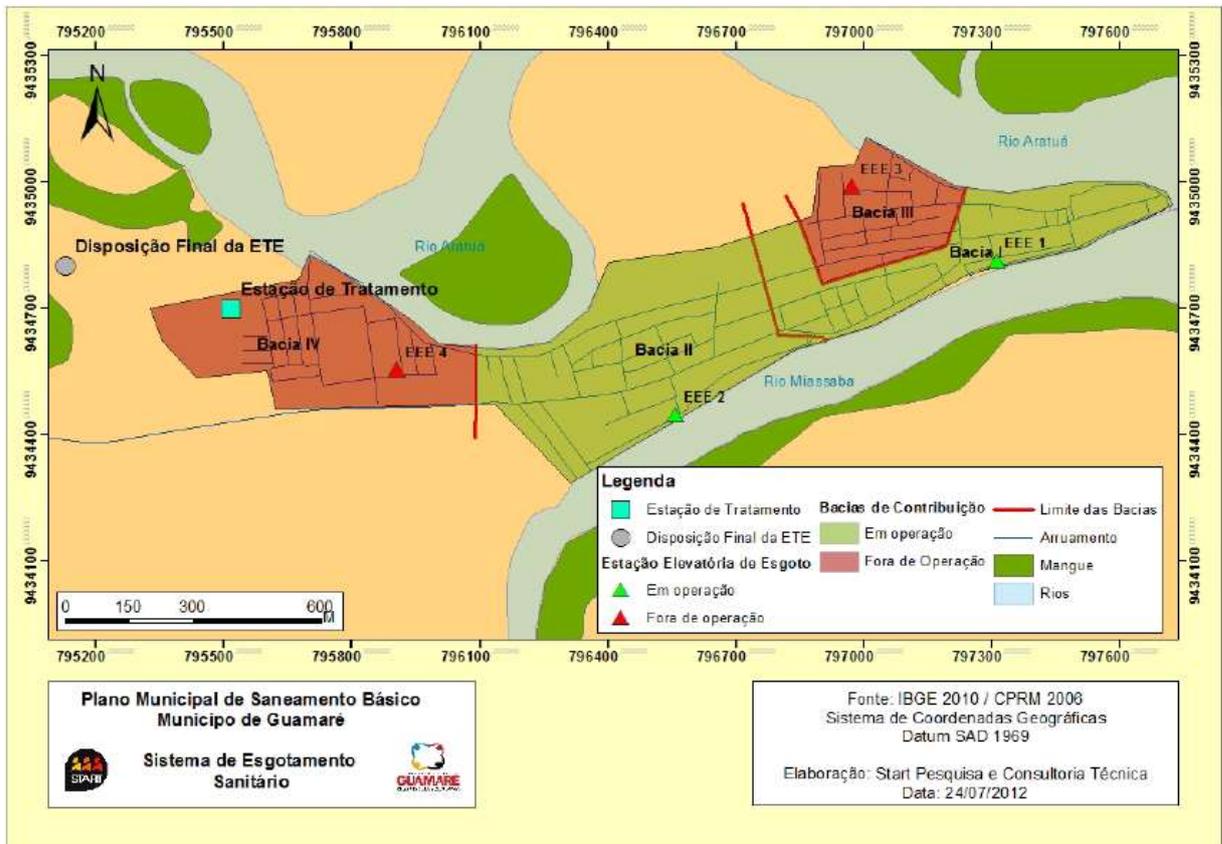
Tendo em vista a elaboração da proposta de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, serão levadas em consideração as unidades geradoras de resíduos sólidos do SES da Zona Urbana de Guamaré, sendo estas: quatro Estações Elevatórias de Esgoto, sendo três em operação atualmente (EEE1, EEE2 e EEE3) e uma prevista para ser implantada no ano de 2022 (EEE4); e uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE Compacta).

É válido enfatizar que as unidades integrantes do Sistema Esgotamento Sanitário de Guamaré são operadas pela Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos. O órgão está situado na Rua Monsenhor José Tibúrcio, nº 923, no centro urbano. Dentre as atribuições dessa secretaria estão o planejamento, gerenciamento, fiscalização e execução de obras públicas e serviços de infraestrutura urbana, que englobam as vias urbanas e rurais, praças e cemitérios, atuando de forma integrada com os demais órgãos do Governo Municipal, como a Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo.

3.1.1 Sistema de Esgotamento Sanitário de Guamaré

O SES da Zona Urbana de Guamaré foi projetado em 2002, sendo iniciada a sua operação apenas em 2007. O sistema de coleta apresenta três Estações Elevatórias em funcionamento e atende maior parte da área urbana, haja vista a falta de atendimento em áreas de expansão urbana. Na Figura 2 consta o mapa de situação do SES de Guamaré em 2012, abordado no Plano Municipal de Saneamento Básico de Guamaré.

Figura 2 – Mapa da situação do Sistema de Esgotamento Sanitário de Guamaré em 2012



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAMARÉ, 2012.

O SES foi projetado em quatro bacias de esgotamento, nomeadas em bacias I, II, III e IV, e cada uma delas foi prevista a instalação de uma EEE. Além disso, as Bacias III e IV não estavam em funcionamento no ano de 2012.

No projeto inicial, a EEE3 destinaria os esgotos da Bacia III até a Bacia I, que por sua vez, através da EEE01, recalcaria os esgotos à Bacia II. Na Bacia II, a EEE2 encaminharia os esgotos das Bacias I, II e III, às Lagoas de Estabilização (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAMARÉ, 2012). Entretanto, as denominações das bacias e elevatórias foram alteradas, como podem ser vistas no mapa da Figura 3. O mapa também contempla a localização da nova ETE do SES de Guamaré.

Figura 3 – Mapa da Concepção atual do Sistema de Esgotamento Sanitário de Guimarães



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021.

Atualmente, a EEE1 recalca os esgotos da Bacia I até a EEE II, que em seguida, direciona os esgotos à Bacia III. Logo depois, os esgotos são destinados à ETE Compacta, por meio da EEE3. A Bacia IV ainda não consta de EEE, embora esteja prevista para 2022 a implantação dos sistemas eletromecânicos, que garantirá o funcionamento da unidade, que está localizada no bairro Vila Maria. Essa bacia terá os seus efluentes recalcados diretamente à ETE.

Por enquanto, o esgoto doméstico coletado da Bacia IV é direcionado ao poço de sucção da elevatória em construção, e em seguida, é disposto em um tanque de equalização na ETE Compacta, por meio de um caminhão sugador, para que seja tratado.

De acordo com dados da Secretaria de Obras e Serviços Urbanos, repassados à Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo em 2020, a Zona Urbana possui 533 ligações ativas de esgoto. Ainda não há uma política tarifária do SES, sendo de total responsabilidade do Município de Guimarães os investimentos para ampliação e melhorias do sistema, como também dos custos de operação e manutenção das infraestruturas.

A rede coletora do SES é do tipo condominial, na maior parte das áreas atendidas, em que os ramais são instalados no interior dos lotes. Ainda segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Guimarães, cada lote atendido pelo SES dispõe de uma caixa de passagem, para onde são encaminhados os esgotos domiciliares. Essas caixas também permitem a manutenção, diante da necessidade de limpeza e desobstruções.

Com relação às residências que ainda não são atendidas pela rede coletora, os esgotos são coletados pelo caminhão sugador e destinados à ETE Compacta, sendo devidamente tratados.

As EEEs do SES possuem finalidade de encaminhar os efluentes sanitários por meio de conjuntos motobombas, para as caixas de transições provisórias ou até à ETE Compacta.

De acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo, a Estação de Tratamento de Esgoto entrou em funcionamento em 7 de maio de 2018 e situa-se no conjunto Vila Maria. A ETE em apreço substituiu a antiga estação, devido à necessidade em aumentar a eficiência da redução da concentração de sólidos em suspensão, material orgânico biodegradável e dos organismos patogênicos, constituintes dos esgotos que são indesejáveis ao meio ambiente e à saúde humana.

Segundo o manual técnico da A&E, empresa responsável pelo fornecimento dessa ETE, a estação é do tipo compacta vertical e é constituída pelos processos de tratamento preliminar, primário, secundário e terciário, na fase líquida.

O tratamento preliminar promove a remoção de sólidos grosseiros por meio de gradeamento, mas também sólidos inorgânicos, como areia e cascalho, através de desarenador. O primário consiste na passagem do efluente em reator anaeróbio de manto de lodo de fluxo ascendente, afim de estabilizar a matéria orgânica inicial. Já o tratamento secundário é responsável por remover matéria orgânica dissolvida e a matéria orgânica em suspensão, remanescente do tratamento primário, por meio de filtro biológico aerado, com decantador secundário associado. E por fim, o tratamento terciário, constituído por desinfecção, que promove a remoção de organismos patogênicos.

Para o tratamento da fase sólida, a ETE apresenta as etapas de adensamento e desaguamento de lodo, que serão abordadas no item 4.2.2.2.

De acordo com dados levantados no Município, os efluentes tratados na ETE Compacta são lançados no Rio Aratuá. Esse corpo receptor, de águas salinas, é enquadrado como “II – Classe 1”, mediante as definições para classificação da Resolução CONAMA N° 357/2005.

3.2 Elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Este trabalho foi desenvolvido atendendo os requisitos mínimos estabelecidos pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (art. 21 da Lei nº 12.305/2010), conforme estão listados na Tabela 2.

Tabela 2 – Requisitos mínimos para elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

Conteúdo mínimo de um PGRS
Descrição do empreendimento ou atividade
Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, contendo a origem, o volume e a caracterização dos resíduos, incluindo os passivos ambientais a eles relacionados
Explicitação dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento de resíduos sólidos
Definição dos procedimentos operacionais relativos às etapas do gerenciamento de resíduos sólidos sob responsabilidade do gerador
Identificação das soluções consorciadas ou compartilhadas com outros geradores
Ações preventivas e corretivas a serem executadas em situações de gerenciamento incorreto ou acidentes
Metas e procedimentos relacionados à minimização da geração de resíduos sólidos e, observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, à reutilização e reciclagem
Se couber, ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, na forma do art. 31 Lei nº 12.305/2010
Medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos

Conteúdo mínimo de um PGRS

Periodicidade de sua revisão, observado, se couber, o prazo de vigência da respectiva licença de operação a cargo dos órgãos do Sisnama

Fonte: BRASIL, 2010.

Tendo em vista tais requisitos, foram realizadas consultas, via plataformas digitais (*WhatsApp* e e-mail), aos profissionais da Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo da Prefeitura de Guimarães, coordenadas pela Engenheira Ambiental do Município. Além disso, foram analisados documentos técnicos do Sistema de Esgotamento Sanitário, sobretudo, no tocante as unidades geradoras de resíduos sólidos. Os dados obtidos resultaram na elaboração de um diagnóstico dos resíduos sólidos gerados nas Estações Elevatórias de Esgoto e na Estação de Tratamento de Esgoto do SES de Guimarães.

Foram imprescindíveis as pesquisas bibliográficas em artigos acadêmicos e livros, consultas em legislações e normas aplicáveis, para que os resíduos sólidos gerados no SES de Guimarães sejam classificados e caracterizados, mas também analisados os passivos ambientais relacionados e as respectivas medidas mitigadoras.

Destaca-se que não foi possível a realização de visita em campo na área de estudo, uma vez que a obtenção dos dados, por meio de tais procedimentos, foi satisfatória para o desenvolvimento deste trabalho. Além disso, tornou-se evitável o contato presencial no município de Guimarães, para atender os cuidados sanitários mediante à situação epidemiológica da *Covid-19*.

A estruturação desta proposta de PGRS foi elaborada tendo em vista o modelo indicado pela Cartilha do Ministério do Meio Ambiente, de 2014, denominada “Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos: Instrumento de Responsabilidade Socioambiental na Administração Pública”, o Manual do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos produzido pela Federação das Indústrias do Estado da Bahia, bem como pelo Manual do Plano de Gerenciamento de Resíduos, desenvolvido pela Prefeitura de Fortaleza, ambas lançadas no ano de 2020. Não foi encontrado manual ou norma técnica de PGRS elaborado pelo Município de Guimarães.

Além disso, foram realizadas consultas no Plano Municipal de Saneamento Básico de Guimarães, elaborado em 2012.

4. RESULTADOS

4.1 Legislações Aplicáveis

Legislações Federais:

- Lei Federal nº 6.938/1981 - dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências;
- Lei Federal nº 12.305/2010 - dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos;
- Lei Federal nº 14.026/2020 - atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências;
- Decreto Federal nº 7.404/2010 - regulamenta a Lei nº 12.305/2010;
- Resolução CONAMA 237/1997 - dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental;
- Resolução CONAMA 275/2001 - estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva;
- Decreto Federal nº 5.940/2006 - institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências.

Legislações Municipais:

- Lei Municipal nº 577/2012 - dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Guamaré e dá outras providências
- Lei Complementar nº 622/2013 - dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico de Guamaré, criando o Conselho Municipal de Saneamento Básico, o Fundo Municipal de Saneamento Básico e institui o Plano Municipal de Saneamento Básico de dá outras providências.

4.2 Diagnóstico

4.2.1 Identificação do Empreendimento

Razão Social: PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAMARÉ		CNPJ: 08.184.442/0001-47	
Nome da Instituição Geradora: Estações Elevatórias de Esgoto ETE - Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico.			
Endereço: Rua Luiz de Souza Miranda, nº 116, Centro		Município: Guamaré	UF: RN
CEP: 59.598-000	Telefone: (84) 99982-5019	E-mail: gabinetecivil@guamare.rn.gov.br	
Nº de Funcionários: 12		Nº de Usuários (unidades habitacionais interligadas): 533	
Responsável pelo PGRS: Fhelipe Matheus Assunção Silveira			
Responsável legal: Nome completo do responsável legal			

4.2.2 Caracterização do Sistema de Esgotamento Sanitário de Guamaré

4.2.2.1 Estações Elevatórias de Esgoto

De acordo com a abordagem do item 3.1, o Sistema de Esgotamento Sanitário de Guamaré é constituído por 03 Estações Elevatórias de Esgoto em operação (EEE1, EEE2 e EEE3) e uma prevista (EEE4).

A EEE1 possui vazão média de 1,58 L/s, sendo a vazão de bombeamento de 4,53 L/s. A unidade é composta por tratamento preliminar (gradeamento e caixa de areia) e calha Parshall. Em relação ao equipamento de recalque, tem-se o conjunto motobomba submersível (1+1), com altura manométrica de 19,75 m e potência de 3,00 CV.

A EEE2 apresenta vazão média de 1,35 L/s e vazão de bombeamento de 3,82 L/s. A unidade é constituída por tratamento preliminar, através de gradeamento e caixa de areia, mas também por calha Parshall. O equipamento de recalque é formado por um conjunto motobomba submersível (1+1), com altura manométrica de 16,23 m e potência de 3,00 CV.

Já a EEE3 possui vazão média de 20,08 L/s, sendo a vazão de bombeamento de 62,66 L/s. A elevatória é formada também por tratamento preliminar (gradeamento e caixa de areia) e calha parshall. Sobre o equipamento de recalque, tem-se o conjunto motobomba submersível (1+1), com altura manométrica de 32,03 m e potência de 50 CV.

Ressalta-se que, não foi possível obter as informações abordadas neste tópico sobre a EEE4.

4.2.2.2 Estação de Tratamento de Esgoto

A Estação de Tratamento de Esgoto de Guimarães, do tipo compacta, é considerada uma das mais modernas do estado do Rio Grande do Norte. A unidade é operada pela Prefeitura Municipal de Guimarães, por meio da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos (Figura 4).

Figura 4 – Vista aérea da ETE Compacta

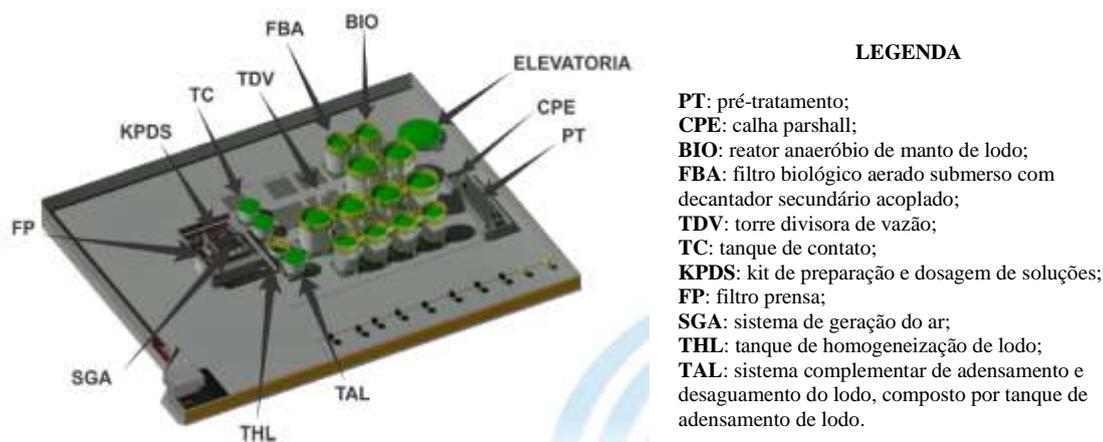


Fonte: A&E, 2018.

A ETE é constituída por sistema de circuito fechado e está inserida em uma área de 2.975,82 m², apresentando reator anaeróbio associado a filtro biológico aerado, com decantador secundário. Possui uma vazão média de 54,17 m³/h (15,05 L/s), tendo capacidade de remover entre 85-95% de matéria orgânica, sólidos em suspensão e organismos patogênicos, o que permite a disposição final adequada ou reúso do efluente tratado (A&E, 2009).

A unidade possui os seguintes componentes: pré-tratamento; calha parshall; tanque de equalização e elevatória; sistema de recalque de esgoto bruto; torre divisora de vazão; reator anaeróbio de manto de lodo; filtro biológico aerado submerso com decantador secundário acoplado; sistema de geração do ar; sistema de adensamento e desaguamento de lodo. A estação também propõe a eliminação dos organismos patogênicos por meio da desinfecção com cloro (A&E, 2009).

A figura seguinte ilustra a concepção da ETE do tipo compacta do município de Guimarães.

Figura 10 – Concepção geral da ETE Compacta

Fonte: A&E, 2009.

O reator anaeróbio de manto de lodo (BIOFIBER) se destaca pela sua eficiência na remoção de matéria orgânica (DBO/DQO) e sólidos suspensos totais (SST). As principais vantagens desses reatores são: curto tempo de detenção, ocasionando pequenos volumes e áreas; pequena produção de lodo, sendo, ainda, este estabilizado; não consomem energia; não necessitam de equipamentos eletromecânicos; construção e operação simples; o controle de odores é efetivado facilmente; baixo custo de manutenção.

O Filtro Biológico Aerado (FBA) recebe o efluente dos reatores anaeróbios e realiza remoção de matéria orgânica e de sólidos suspensos remanescentes. O decantador secundário acoplado ao FBA, promove uma remoção complementar dos sólidos ainda presentes no efluente.

Para a remoção segura de microrganismos patogênicos, foi implantado o processo de desinfecção química com cloro, onde o efluente é encaminhado para um tanque de contato, sendo a solução de cloro preparada no kit de preparação e dosagem de soluções e aplicada anterior a entrada do tanque na própria tubulação de interligação.

A Tabela 3 apresenta a relação dos funcionários existentes na ETE de Guamaré. Ao total são oito funcionários responsáveis pela operação e manutenção da estação.

Tabela 3 – Relação de funcionários ocupados na ETE Compacta

Função	Quantidade
Diretor da ETE	1
Operador da ETE	1
Vigilantes	4
Assistente de Serviço Geral	2
Total	8

Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAMARÉ, 2022.

4.2.3 Identificação da geração de resíduos nas Estações Elevatórias de Esgoto

A Estações Elevatórias de Esgoto possui processos que promovem a geração de resíduos sólidos. Em cada EEE de Guamaré, a maior produção de resíduos está relacionada à unidade de tratamento preliminar, composta pelos sistemas de gradeamento e desarenador (caixa de areia).

No gradeamento, ocorre o acúmulo de resíduos sólidos de maiores dimensões que foram lançados no sistema de coleta de esgoto, tais como papéis, plásticos, materiais têxteis, e restos de alimentos. Já no desarenador tem-se a sedimentação de partículas granulares, sobretudo, da areia carregada no esgoto. Todos os resíduos mencionados são classificados, segundo a NBR 10004/2004, como “Classe II A – Não inertes”, sendo resíduos não perigosos e com possíveis propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

A Figura 5 apresenta a unidade de tratamento preliminar da EEE3, composta por desarenador e gradeamento. Destaca-se que as demais elevatórias possuem esta mesma configuração.

Figura 5 – Unidade de tratamento preliminar da EEE3



Fonte: SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E URBANISMO, 2020.

Nos sistemas de gradeamento, a remoção de resíduos ocorre diariamente, enquanto nos desarenadores uma vez por semana, de forma manual. Os resíduos são coletados com auxílio de pás e dispostas na superfície adjacente dessas unidades do tratamento preliminar (Figura 6). Quando secados, são acondicionados.

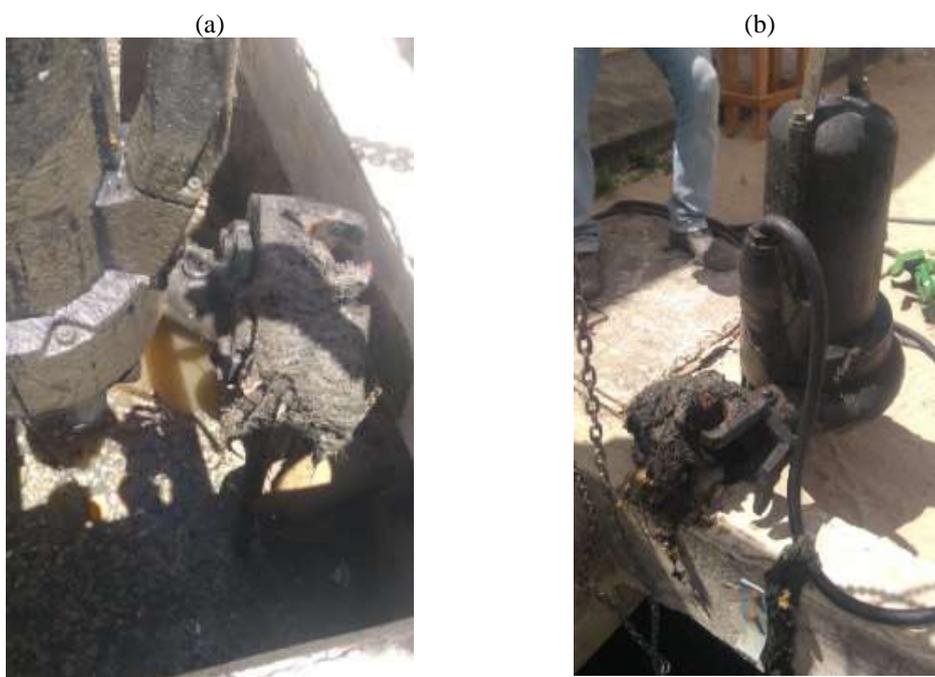
Figura 6 – Limpeza no desarenador da EEE3



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAMARÉ 2020.

Nas elevatórias em funcionamento também são gerados resíduos oriundos das limpezas realizadas nos rotores das bombas. Esses resíduos são classificados como “Classe II A – Não inertes”. A limpeza é realizada mediante uma manutenção corretiva, quando ocorrem problemas no sistema de bombeamento (Figura 7).

Figura 7 – Limpeza nos rotores das bombas da EEE3



Fonte: SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E URBANISMO, 2020.

A Tabela 4 consta o resumo da caracterização dos resíduos sólidos gerados nas Estações Elevatórias de Esgoto do SES do município de Guamaré. Não foi possível obter os dados de quantificação dos resíduos gerados.

Tabela 4 – Caracterização dos resíduos sólidos gerados nas EEEs

Resíduo	Etapas de origem no processo	Classificação (NBR 10004/2004)	Quantidade gerada	Características		Acondicionamento	Destinação/ disposição final
				Composição química	Estado físico		
Papel	Gradeamento	Classe II A – Não inertes	-	Inorgânico	Sólido	Bombona	Aterro Sanitário
Pedregulho	Gradeamento	Classe II A – Não inertes	-	Inorgânico	Sólido	Bombona	Aterro Sanitário
Plástico	Gradeamento	Classe II A – Não inertes	-	Inorgânico	Sólido	Bombona	Aterro Sanitário
Têxtil	Gradeamento	Classe II A – Não inertes	-	Inorgânico	Sólido	Bombona	Aterro Sanitário
Areia	Desarenador	Classe II A – Não inertes	-	Inorgânico	Sólido	Bombona	Aterro Sanitário
Cascalho	Desarenador	Classe II A – Não inertes	-	Inorgânico	Sólido	Bombona	Aterro Sanitário

Fonte: SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E URBANISMO, 2021.

4.2.4 Identificação da geração de resíduos na Estação de Tratamento de Esgoto

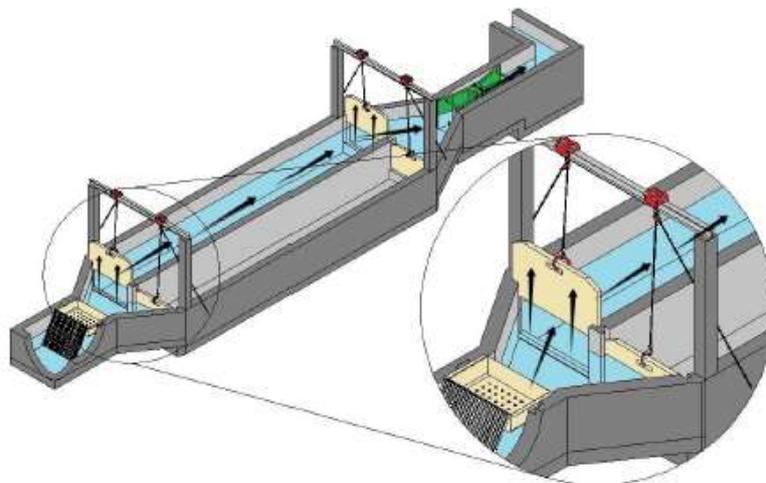
Uma ETE do tipo compacta apresenta-se como uma das configurações que menos produzem o lodo de esgoto, uma vez que esse resíduo descartado do filtro aerado e do decantador é recirculado ao reator anaeróbio, para que ocorra a digestão e adensamento do lodo. No entanto, o volume do lodo ainda é elevado nesse processo, devido a quantidade considerável de água ainda presente.

Entende-se os lodos provenientes de ETEs como sendo resíduos gerados através da biomassa microbiana, que decanta no processo de tratamento do esgoto bruto, no qual os microrganismos decompositores e a matéria orgânica digerida do esgoto se acumulam no fundo dos tanques das estações.

A ETE Compacta de Guamaré conta com um sistema complementar de adensamento e desaguamento do lodo. A etapa de tratamento de lodo por adensamento é composta pelo tanque de adensamento de lodo e bombas helicoidais para recalque do lodo adensado. Enquanto o desaguamento consiste no tanque de homogeneização, kit de preparação e dosagem de solução de polímero, além de filtro prensa. O filtro prensa gera um resíduo proveniente de tais processos, denominado torta de lodo, que é constituído por 25% a 35% de sólidos. Esse resíduo é classificado, conforme a NBR 10004/2004, como “Classe II A – Não inertes”.

Além da torta de lodo, na ETE são produzidos resíduos provenientes do gradeamento, assim como em dois canais com caixas de areia. Esses sistemas da unidade de tratamento preliminar estão ilustrados na Figura 8. Os resíduos sólidos coletados nessas unidades são classificados, segundo a NBR 10004/2004, como “Classe II A – Não inertes”.

Figura 8 – Representação da unidade de tratamento preliminar da ETE

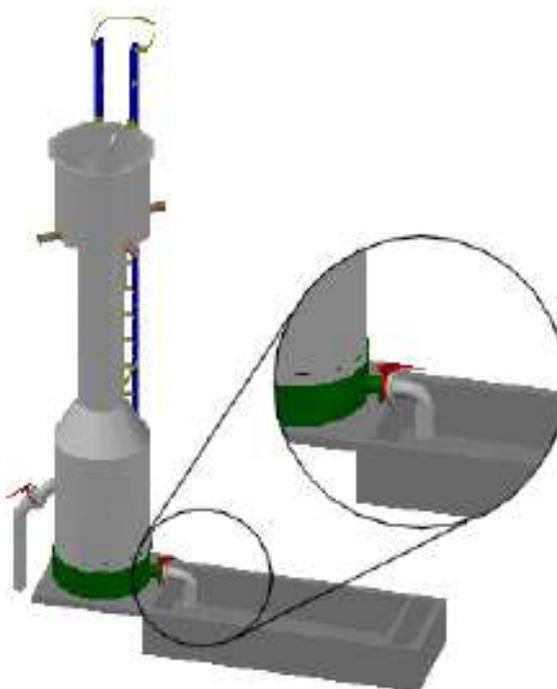


Fonte: A&E, 2009.

Outra unidade da ETE, a torre divisora de vazão (TDV) é responsável pela entrada do esgoto no tubo central, de onde o esgoto verte para os reatores anaeróbios. A TDV possui uma função complementar, que é a remoção de areia. A única válvula da TDV destina-se justamente a essa função, que é a descarga de areia (Figura 9). O efluente da referida descarga é direcionado para uma caixa de retenção da areia na sua parte inferior e o líquido, após passar por abertura na parte superior da comporta, é encaminhado à elevatória para retorno ao sistema.

A areia retida no fundo da caixa é removida com auxílio de um pá. Após a limpeza, abre-se a comporta para passagem do líquido retido para posteriormente ser encaminhado à elevatória. A areia coletada é descarregada na bombona. Esse resíduo é classificado, de acordo com a NBR 10004/2004, como “Classe II A – Não inertes”.

Figura 9 – Descarga de areia na TDV



Fonte: A&E, 2009.

Foi verificado que no processo de desinfecção química há geração de embalagens de cloro granulado, sendo esses resíduos classificados como “Classe I – Perigosos”.

Na ETE também são gerados resíduos, classificados também como “Classe II A – Não inertes”, oriundos das limpezas realizadas nos rotores das bombas da elevatória. A limpeza é realizada quando ocorrem problemas no sistema de bombeamento.

Na ETE também há geração de resíduos comuns, já que é um local com movimento de trabalhadores e constituído por banheiro e área administrativa. Dessa forma, são produzidos

os seguintes resíduos classificados em “Classe II A – Não inertes”: papelão, papéis e plásticos. Mas também, são gerados os resíduos orgânicos provenientes de resto de alimentos, considerados também como “Classe II A – Não inertes”.

Na ETE não foi constatada a presença de laboratório para análise e monitoramento de efluentes, o que poderia acarretar na geração de resíduos perigosos.

A Tabela 5 apresenta um resumo da caracterização dos resíduos sólidos gerados nas etapas de tratamento da ETE do SES de Guamaré. Não foi possível obter os dados de quantificação dos resíduos gerados.

Tabela 5 – Caracterização dos resíduos sólidos gerados nos processos de tratamento da ETE

Resíduo	Etapas/Local de origem no processo	Classificação (NBR 10004/2004)	Quantidade gerada	Caracterização		Acondicionamento	Destinação/ disposição final
				Composição	Estado físico		
Papel	Gradeamento	Classe II A – Não inertes	-	Inorgânico	Sólido	Caçamba estacionária	Aterro Sanitário
Pedregulho	Gradeamento	Classe II A – Não inertes	-	Inorgânico	Sólido	Caçamba estacionária	Aterro Sanitário
Plástico	Gradeamento	Classe II A – Não inertes	-	Inorgânico	Sólido	Caçamba estacionária	Aterro Sanitário
Têxtil	Gradeamento	Classe II A – Não inertes	-	Inorgânico	Sólido	Caçamba estacionária	Aterro Sanitário
Areia	Desarenador e torre divisora de vazão	Classe II A – Não inertes	-	Inorgânico	Sólido	Caçamba estacionária	Aterro Sanitário
Cascalho	Desarenador	Classe II A – Não inertes	-	Inorgânico	Sólido	Caçamba estacionária	Aterro Sanitário
Torta de lodo	Filtro prensa	Classe II A – Não inertes	-	Orgânico	Sólido	Caçamba estacionária	Aterro Sanitário
Embalagem de cloro granulado	Desinfecção química	Classe I – Perigosos	-	Inorgânico	Sólido	Não informado	Reaproveitado inadequado
Resíduos comuns	Banheiro e área administrativa	Classe II A – Não inertes	-	Inorgânico e orgânico	Sólido	Sacos plásticos/recipientes	Aterro Sanitário

Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAMARÉ, 2021.

4.3 Implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

4.3.1 Acondicionamento

Entende-se o acondicionamento como a colocação dos resíduos em recipientes, apropriados e revestidos, para coleta, transporte, armazenamento e disposição final, em conformidade com a Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001, que determina o código de cores para os diferentes tipos de resíduos a ser adotado na identificação de coletores.

De acordo com a NBR 9191/2008, os resíduos sólidos devem ser acondicionados em recipientes resistentes à ruptura e vazamento, com tampa provida de sistema de abertura sem contato manual, com cantos arredondados e resistentes ao tombamento.

O manuseio e o acondicionamento adequados dos resíduos sólidos permitem a possibilidade de reutilização e reciclagem, em virtude do menor índice de contaminação, uma vez que certos materiais podem tornar-se irrecuperáveis se não forem acondicionados de forma correta. Logo, tais práticas garantem a redução dos impactos ambientais e sociais, bem como a racionalização dos recursos despendidos no gerenciamento de resíduos.

É importante que o acondicionamento de resíduos deve ser realizado em local protegido, bem ventilado e distante de produtos inflamáveis. Os recipientes, contêineres e tambores (bombonas) devem ser devidamente identificados.

Nessas unidades das elevatórias, o acondicionamento dos resíduos sólidos é feito em bombonas, com capacidade de 200 litros, sendo uma bombona inserida próxima do sistema de tratamento preliminar em cada uma dessas unidades.

As bombonas das elevatórias não são identificadas conforme a Resolução CONAMA 275/2001, que estabelece a cor cinza para os resíduos não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação. Dessa forma, é necessário que esses acondicionamentos sejam adequadamente identificáveis, através de bombonas na cor cinza.

Para o acondicionamento dos resíduos provenientes do desarenador e gradeamento da ETE, tem-se uma caçamba estacionária, com capacidade de 5 m³ (Figura 10), alugada por empresa privada ao Município. Destaca-se que o posicionamento das caçambas é de fácil acesso, permitindo o fluxo de caminhão nos processos de coleta dos resíduos e substituição das caçambas.

Figura 10 – Caçamba estacionária da ETE



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAMARÉ, 2020.

A areia é coletada no desarenador da ETE com auxílio de pás e descarregada na caçamba estacionária.

O acondicionamento da torta de lodo, proveniente do filtro prensa da ETE, consiste por meio da mesma caçamba estacionária que acondiciona os resíduos do desarenador e gradeamento. Porém, desde 2018, ano da operação da ETE, é gerado pouca quantidade de torta de lodo, devido à vazão média atual de esgoto está consideravelmente abaixo da vazão média de projeto, tendo em vista a existência de áreas urbanas ainda não atendidas pelo SES.

Entretanto, verifica-se a necessidade de implantar mais uma caçamba estacionária, idêntica à que acondiciona os resíduos provenientes do desarenador e gradeamento, para acondicionar a torta de lodo do filtro prensa, em vista no gerenciamento adequado desses resíduos.

A caçamba está identificada em conformidade com a Resolução CONAMA 275/2001, que estabelece a cor cinza para os resíduos não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação.

Durante o período que permanecer na unidade gerenciadora, o lodo deverá ser armazenado em local coberto para evitar encharcamento e diminuir o problema de odor. O local deve possuir piso de concreto armado ou asfalto, impermeabilizado de modo a evitar a infiltração do lodo no solo e estruturas de coleta de chorume e de águas pluviais (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2001).

Quanto aos resíduos comuns, equiparados aos resíduos domiciliares, gerados nas estações elevatórias e na ETE, são acondicionados em cestos sem identificação, geralmente envolvidos em sacos de cor preto.

Os resíduos secos/recicláveis (papel, papelão, plástico, metal, isopor e outros) devem ser acondicionados em sacos plásticos de cor azul, depositados em coletores e devidamente identificados.

Já os resíduos não recicláveis/indiferenciados (fitas e etiquetas adesivas, papéis higiênicos, restos de comida em geral, papéis sujos e/ou engordurados) devem ser acondicionados em saco plástico preto, depositados em coletores identificados para posterior encaminhamento para disposição final.

Tendo em vista que, atualmente, os resíduos sólidos são devidamente segregados, é importante a implantação de recipientes para os resíduos secos e não recicláveis/indiferenciados, a serem posicionados nos principais locais de geração de resíduos, como no banheiro, espaço de convivência e em toda a área da ETE.

4.3.2 Coleta e Transporte dos Resíduos

Para os resíduos comuns, classificados em “Classe II - Não Perigosos” (NBR 10004/2004), os funcionários responsáveis pela coleta deverão recolher os resíduos conforme as cores descritas para o adequado acondicionamento.

No transporte interno, são utilizados os meios convencionais e disponíveis, como carrinhos, giricas e transporte manual, após a realização das limpezas dos sistemas. Já para o transporte externo, utiliza-se o meio de transporte vertical.

A coleta e transporte externo dos resíduos sólidos do SES são atribuição específica de empresa contratada, que tem a responsabilidade de transportar os resíduos ao antigo lixão municipal.

Os resíduos comuns são transportados semanalmente, geralmente na sexta-feira, no período da manhã, juntamente com os resíduos sólidos coletados na Zona Urbana. Esses resíduos são transportados em veículo do tipo caminhão compactador, sendo encaminhados para o antigo lixão, e após, são transportados via caminhão, ao aterro sanitário.

Não existe sistema de coleta seletiva nas unidades em estudo do SES de Guamaré. Assim, torna-se importante o planejamento para implantação de coleta seletiva no município, e conseqüentemente, viabilizando a implantação de coleta seletiva nas unidades que geram resíduos recicláveis.

Os veículos de transporte deverão ser caminhões com carroceria aberto ou fechado, devidamente identificado, conforme a NBR 13221/2003. No percurso do transporte, o condutor do veículo deverá dispor de cópia da licença de operação e autorização de transporte.

Cabe ressaltar que os RSB provenientes do tratamento preliminar das elevatórias são transportados, nas próprias bombonas, em veículo do tipo caminhão *munck*, à ETE Compacta, sendo armazenados na caçamba estacionária do local.

A caçamba estacionária da ETE é transportada, no mesmo veículo do tipo caminhão, ao antigo lixão, sendo os resíduos armazenados em contêiner inserido no local. Esses resíduos são, em seguida, transportados ao aterro sanitário, em veículo do tipo caçamba, de forma que têm contato direto com os resíduos provenientes da coleta convencional.

Esse cenário está inadequado, sendo imprescindível que os resíduos gerados nas unidades de tratamento preliminar e o lodo de esgoto sejam transportados diretamente, e isolados dos demais resíduos, para o aterro sanitário.

Para Andreoli, Von Sperling e Fernandes (2001), o lodo deve ser transportado dentro da própria ETE até o destino final. Para esse transporte, é comum serem utilizadas esteiras transportadoras ou caçambas do tipo Brook, ambas com volume médio de 5 m³, juntas aos caminhões apresentando dispositivos hidráulicos de carga e descarga.

Segundo Godoy (2013), o carregamento de caminhões deve ser feito por meio de pás carregadeiras de rodas ou retroescavadeiras, com as carrocerias vedadas, além de estarem equipados com sistema de trava, possuir lona plástica para cobertura, cone de sinalização, pá ou enxada, e luvas de látex para os trabalhadores.

Além disso, são importantes demais cuidados durante o transporte dos lodos, sendo de total responsabilidade do órgão gerador do resíduo. Além de estabelecer a capacidade adequada volumétrica da caçamba transportadora, outros fatores devem ser observados, como as condições das estradas a percorrer, distância, tipos de veículos, limpeza dos pneus e qualquer outra parte do veículo ao sair da ETE. Em dias de chuvas, não devem ser realizados os serviços de recolhimento e transporte, caso a operação não possa ser realizada em ambiente e caminhões cobertos (GODOY, 2013).

Desse modo geral, a capacitação da equipe de transporte dos resíduos é importante para promover a redução de potenciais impactos ambientais. Desse modo, todos os veículos deverão estar com a manutenção em dia, para não causar derramamento de óleo no momento de carga ou descarga, e conseqüentemente, contaminar os resíduos, que acaba alterando sua classificação para resíduo perigoso.

Os trabalhadores responsáveis pela coleta e transporte deverão utilizar, além do fardamento completo, os seguintes Equipamentos de Proteção Individual (EPI's): luvas, máscaras e botas.

4.3.3 Estocagem Temporária

Após a coleta, os resíduos comuns gerados no Sistema de Esgotamento Sanitário de Guimarães são coletados e levados para o antigo lixão municipal, que está sendo utilizado como a mesma função de uma estação de transbordo.

Em relação aos resíduos provenientes das unidades de tratamento preliminar das elevatórias e ETE, como também o lodo de esgoto, ficam acondicionados temporariamente em contêiner no antigo lixão.

Diante disso, faz-se necessário garantir a estocagem temporária de forma adequada desses resíduos, uma vez que o uso do lixão como estação de transbordo está ambientalmente inadequado.

4.3.4 Destinação e Disposição Final Ambientalmente Adequada

A etapa de disposição final é considerada uma das mais importantes do gerenciamento dos resíduos sólidos, uma vez que o seu encaminhamento a processos e locais visam garantir, sobretudo, a preservação do meio ambiente.

A disposição final dos resíduos sólidos gerados nas unidades do Sistema de Esgotamento Sanitário de Guimarães consiste no Aterro Sanitário da Região Metropolitana de Natal, administrado pela BRASECO S/A. O aterro localiza-se no município de Ceará Mirim/RN, e dista aproximadamente 147 km de Guimarães.

Considerando a disposição final em aterro, é importante que os resíduos comuns sejam submetidos à coleta seletiva, visando agregar valor aos resíduos e possibilitando que apenas os rejeitos sejam dispostos em aterro. Quanto aos resíduos orgânicos, recomenda-se que sejam direcionados ao processo de compostagem, a ser desenvolvido pelo Município. Dessa forma, contribuindo também para a aumentar a vida útil do aterro sanitário.

Já foram geradas embalagens de cloro granulado. Segundo a Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo, essas embalagens estão sendo reaproveitadas inadequadamente, após lavagem, como jarros de plantas e acondicionamento de resíduos comuns. Constatou-se que, devido à localização do município, não há viabilidade de transporte desse resíduo até a capital do estado para que seja feita sua disposição adequada.

Diante desse contexto, e para atender a Lei nº 12.305/2010, torna-se imprescindível a adoção de medidas para promover a logística reversa de embalagens de resíduos perigosos usados em processos da ETE Compacta. Conforme a referida legislação, entende-se por logística reversa o “instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada”.

4.3.5 Educação Ambiental

O correto gerenciamento adequado dos resíduos gerados nas Estações Elevatórias de Esgoto e na Estação de Tratamento de Esgoto torna-se imprescindível para minimizar e/ou erradicar os possíveis efeitos danosos ao meio ambiente. Nesse contexto, é proposto neste estudo a implantação de um programa de Educação Ambiental, voltado para os seguintes eixos: treinamentos para todos os funcionários do SES e abertura da ETE para visitas da comunidade escolar.

O treinamento para os trabalhadores (efetivos e contratados) terá papel fundamental ao conhecimento sobre práticas ambientais, qualidade de vida e gerenciamento adequado dos resíduos sólidos. Os treinamentos deverão incluir:

- Conhecimento das responsabilidades e de tarefas;
- Forma de operação da instalação;
- Saúde Ambiental;
- Formas de reduzir a geração de resíduos e a reutilização de materiais;
- Noções gerais sobre o ciclo de vida dos materiais;
- Definição, tipo e classificação dos resíduos e potenciais de risco do resíduo;
- Sistema de gerenciamento adotado internamente nas unidades;
- Procedimentos para o preenchimento dos quadros de registro de movimentação e armazenamento dos resíduos e preenchimento dos recibos emitidos aos permissionários;
- Conhecimento sobre a utilização dos veículos de coleta;

- Uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) – conscientização da importância da utilização correta de equipamentos de proteção individual – uniforme, luvas, avental, máscara, botas e óculos de segurança específicos a cada atividade;
- Providências em caso de acidentes e situações emergenciais.

Sendo assim, deverão ser oferecidas capacitações, palestras e campanhas sobre as temáticas supracitadas. Um local proposto para o treinamento é a Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo, em uma sala com data show e materiais didáticos para cada tema abordado.

Quanto às visitas de estudantes e professores, a equipe de operadores da ETE será treinada para transmitir conhecimento sobre a estrutura e importância da ETE e do saneamento básico aos agentes interessados, além da importância de práticas de conscientização ambiental sobre o manejo dos resíduos sólidos. Serão produzidos e distribuídos materiais didáticos (folders, cartilhas, etc.) sobre os temas.

4.3.6 Redução na Fonte Geradora

Conforme a Lei nº 12.305/2010, a redução da fonte geradora é uma das diretrizes a serem alcançadas e inseridas no Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos. Logo, as unidades em estudo reduzirão os desperdícios e o volume de parte dos resíduos gerados, por meio de:

- Controle e acondicionamento correto dos resíduos sólidos gerados;
- Capacitar todos os funcionários envolvidos no manejo, transmitindo o conhecimento sobre os resíduos gerados, segregação, reaproveitamento e destinação para o recipiente apropriado;
- Identificar o transportador;
- Conhecer volume de resíduos gerados;
- Conhecer por tipo e classe os resíduos gerados;
- Dar destinação adequada aos resíduos gerados.

Tendo em vista as peculiaridades do lodo de esgoto, no item 4.3.7 serão abordadas orientações para o aproveitamento desse resíduo.

Dentre as vantagens dessa redução da fonte geradora têm-se: a diminuição da quantidade de recursos naturais e energia a serem gastos; precaução quanto à emissão de

resíduos poluentes; redução dos impactos ambientais negativos; identificação dos resíduos de fácil monitoramento; e o aumento da vida útil do aterro sanitário.

4.3.7 Plano de Contingência

No Quadro 1 serão especificadas as medidas alternativas para o controle e minimização de danos causados ao meio ambiente e ao SES, durante possíveis ocorrências de situações anormais envolvendo quaisquer das etapas do gerenciamento dos resíduos sólidos.

Quadro 1 – Serviços que podem ser paralisados e as ações de contingência

Possíveis situações	Ações de Contingência
Falta de sacos plásticos para acondicionamento dos resíduos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> Realizar a comunicação direta sobre a situação ao Comitê Gestor do PGRS. Agilidade na compra de sacos adequados.
Danificação nos acondicionamentos dos resíduos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> Realizar a comunicação direta sobre a situação ao Comitê Gestor do PGRS. Agilidade no reparo ou compra de novos materiais.
Paralisação dos serviços de coleta de resíduos sólidos das elevatórias e ETE Compacta, devido greve geral dos servidores	<ul style="list-style-type: none"> Contratação de empresa especializada em caráter de emergência.
Paralisação dos serviços de transporte de resíduos das elevatórias e ETE Compacta, devido greve geral dos servidores ou por falta de veículo transportador (avaria/falha mecânica)	<ul style="list-style-type: none"> Realizar a comunicação direta sobre a situação ao Comitê Gestor do PGRS. Contratação de empresa especializada em caráter de emergência. Agilidade no reparo de veículos/equipamentos avariados.
Paralisação na operação do Aterro Sanitário da Região Metropolitana de Natal	<ul style="list-style-type: none"> Contratação em caráter emergencial de um outro aterro sanitário, para dispor os resíduos de forma ambientalmente adequada.
Obstrução do sistema viário	<ul style="list-style-type: none"> Realizar a comunicação direta sobre a situação ao Comitê Gestor do PGRS. Estudo de rotas alternativas.

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

4.3.8 Passivos Ambientais

Os passivos ambientais, considerados os principais neste estudo, estão relacionados com o lodo de esgoto gerado no SES de Guamaré. Esse resíduo, no qual é constituído por meio da mistura de matéria orgânica e inorgânica, precisa ser descartado de forma adequada, periodicamente ou continuamente (SANEPAR; PROSAB, 1999). Sem a correta destinação ou

disposição final do lodo, os benefícios do SES tornam-se comprometidos, visto que a sua disposição inadequada pode provocar impactos negativos ambientais e sociais, como a poluição na água e solo.

Caso não seja efetivamente tratado, o lodo ao ser disposto em aterro sanitário pode provocar diversos danos devido à emissão de poluentes resultantes da degradação desse resíduo. Mesmo que os aterros possuam estruturas adequadas, sempre haverá risco de contaminação do solo, ou até mesmo da água e ar.

De acordo com Andreoli, Von Sperling e Fernandes (2014), a alternativa de disposição de lodo de esgoto em aterro sanitário, exclusivo ou com co-disposição junto aos resíduos urbanos, apresentam os seguintes potenciais de impactos ambientais negativos: poluição das águas superficiais e subterrâneas; poluição do ar; poluição do solo; transmissão de doenças; e impactos estéticos e sociais.

Além disso, conforme Batista (2015), podem ocorrer riscos à saúde pública e ao meio ambiente, devido ao vazamento no acondicionamento ou nas demais etapas do manejo do lodo, caso sejam realizados de maneira incorreta. Vale destacar a possível presença de microrganismos patogênicos, como os helmintos, fungos, protozoários, vírus e bactérias, nesse resíduo.

O manuseio e o emprego do lodo de esgoto doméstico, sem o devido tratamento, podem causar a infecção de homens e animais, através de agentes patogênicos, de forma direta, por meio de alimentação, contato direto ou por inalação de lodo, assim como de forma indireta, através da água e animais. O contato direto com o lodo e a inalação provocam maiores riscos aos funcionários de ETEs e demais trabalhadores que realizam o manuseio desse resíduo (CESÁRIO SILVA et al., 2001).

4.3.9 Medidas Saneadoras dos Passivos Ambientais

Com base na legislação brasileira, como a PNRS, que visa a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, mas também da crescente demanda de área para descarte, a ETE deve incluir em suas atividades o processamento do lodo para fins de reúso. Para isso, o órgão responsável necessita estabelecer critérios para o recebimento de seus esgotos, uma vez que as características do efluente determinarão as capacidades de reúso.

Como já abordado, os metais pesados são considerados um dos constituintes mais poluentes dos lodos, sendo que o seu controle pode ser realizado através do desenvolvimento de uma política para o gerenciamento das descargas industriais. Sabe-se que os metais

pesados dos esgotos são provenientes, principalmente, dos efluentes industriais. Assim, o órgão responsável deve implantar políticas de combate e de fiscalização para impedir o recebimento de efluentes industriais na ETE de Guamaré, já que foi projetada para o tratamento de esgotos domésticos.

Quanto ao reúso de lodo, a Resolução CONAMA nº 375/2006, que estabelece os critérios para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em ETEs e seus produtos derivados, determina que esses resíduos sejam submetidos a processos de redução de patógenos e da atratividade de vetores, para que possam ter uso agrícola.

Dessa forma, faz necessária a elaboração de estudos e projetos técnicos, para que possa estabelecer as características dos lodos gerados na ETE de Guamaré e seu possível uso agrícola, sendo também imprescindível o tratamento do lodo por higienização. No entanto, até que sejam obtidos tais procedimentos, devem ser empregadas as logísticas adequadas para planejar, manusear, armazenar e transportar os lodos, juntamente com os demais resíduos, até o aterro sanitário.

4.4 Plano de Execução

4.4.1 Agentes Responsáveis

Tendo em vista a efetivação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Sistema de Esgotamento Sanitário da Zona Urbana de Guamaré, de forma eficiente e responsável, através do cumprimento de todas as diretrizes e ações nele contempladas, faz-se necessária a formação de uma equipe técnica, para além da atuação de colaboradores do Município que integram o SES.

Essa equipe, a ser denominada “Comitê Gestor do PGRS do SES de Guamaré”, será designada por meio de funcionários existentes e/ou novos (contratados via processo seletivo ou concurso público), e fará parte do quadro da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo.

Na Tabela 6 consta a relação da equipe técnica sugerida como agente responsável pela coordenação, execução e fiscalização do PGRS, juntamente com quantidade, formação e a descrição das funções. Esses profissionais podem ser responsáveis por outras atividades no Município, desde que não afetem o andamento dos trabalhos do Comitê Gestor.

Tabela 6 – Equipe sugerida para integrar o Comitê Gestor do PGRS do SES de Guamaré

Função	Formação	Quantidade	Atividades desenvolvidas
Coordenador do	Engenheiro	1	Responsável técnico

Função	Formação	Quantidade	Atividades desenvolvidas
Comitê Gestor	Ambiental ou Sanitário		pela coordenação, monitoramento e orientação das atividades do PGRS
Técnico Administrativo	Técnico em administração	1	Atuação nas atividades administrativas para execução do PGRS
Técnico Ambiental	Técnico de Meio Ambiente ou de Saneamento	1	Fiscalização e controle do gerenciamento de resíduos, atuação em ações de educação ambiental e demais atividades do PGRS
Estagiário em Engenharia Ambiental	Graduando em Engenharia Ambiental ou Sanitária	1	Realização de atividades demandadas pelo coordenador do Comitê Gestor, voltadas à execução do PGRS

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

A equipe técnica do Comitê deve trabalhar de forma integrada com os profissionais que fazem parte da Sistema de Esgotamento Sanitário, sobretudo os que estão diretamente responsáveis pela operação das estações elevatórias e da ETE, a fim de garantir a implementação do PGRS em consonância com as suas ações e diretrizes estabelecidas, mas também com as legislações aplicáveis.

4.4.2 Cronograma de Execução

O Quadro 2 apresenta o cronograma de execução do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do SES da Zona Urbana Guamaré, ao longo dos primeiros 12 meses. As fases de execução devem ser estabelecidas nos períodos propostos, a fim de garantir a implementação adequada do PGRS.

Após o período de um ano, continuam sendo executadas as fases “Implementação do PGRS” e “Monitoramento e Parecer Técnico”.

Quadro 2 – Cronograma de implementação do PGRS do SES de Guamaré

Fase do PGRS	Mês												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Elaboração do escopo do diagnóstico e do PGRS	■	■											
Apresentação do escopo do PGRS e definição da linha de implementação		■											
Realização das complementações ao PGRS		■											
Apresentação do PGRS aos colaboradores			■										
Implementação do PGRS				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Monitoramento e Parecer técnico				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi desenvolvido a partir da necessidade em adequar o gerenciamento e a gestão integrada de resíduos sólidos do Sistema de Esgotamento Sanitário da Zona Urbana de Guamaré/RN, por meio da proposta de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). O PGRS é um instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que contempla objetivos, responsabilidades, ações e metas, voltados ao acondicionamento, coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação ou disposição ambientalmente adequada dos resíduos sólidos.

Para tanto, foi realizado o levantamento de dados sobre o SES, através de pesquisas bibliográficas no PMSB de Guamaré, na plataforma do SNIS e em documentos técnicos das unidades integrantes do sistema, assim como por meio de informações diretas da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo, que permitiram uma análise criteriosa em relação ao diagnóstico das infraestruturas do SES, e sobretudo, do gerenciamento de resíduos sólidos provenientes das Estações Elevatórias de Esgoto e da Estação de Tratamento de Esgoto.

Além de ser considerado um instrumento de planejamento para os Sistemas de Esgotamento Sanitários, conforme estabelece a Lei 12.305/2010, e parte integrante de processos de licenciamento ambiental, o PGRS é essencial para contribuir com o meio ambiente ecologicamente equilibrado, garantindo a qualidade de vida das gerações presentes e futuras. Isso se justifica mediante aos possíveis impactos negativos para o meio ambiente causados pelo gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos de SES, que são mitigados e/ou erradicados após a implementação do PGRS.

Para a efetivação do planejamento, implementação, operacionalização e monitoramento do PGRS do SES, consta neste estudo a proposição de criação do Comitê Gestor, a ser constituído por profissionais responsáveis pela coordenação do Plano. Dessa forma, seria executado de forma técnica e eficiente o cumprimento rigoroso de todas as etapas do gerenciamento dos resíduos sólidos previstas nesta proposta de PGRS, de modo que os resíduos sólidos gerados nas estações elevatórias e ETE não promovam danos ambientais aos moradores de Guamaré, aos funcionários que manejam esses resíduos, assim como ao meio ambiente.

Vale ressaltar também a educação ambiental como meio de capacitar a comunidade, e principalmente, os trabalhadores que fazem parte do processo de gerenciamento dos resíduos sólidos do SES. No que se refere aos moradores da localidade urbana Guamaré, a educação

ambiental é necessária também para evitar a disposição de Resíduos Sólidos Urbanos nas infraestruturas do SES, o que resulta na redução do volume de resíduos gerados nessas unidades, além de corroborar com o correto funcionamento do sistema. Quanto aos que trabalham diretamente nas elevatórias e ETE, esse processo de conhecimento ambiental contribui com a prática de ações sustentáveis no local de trabalho, assim como para formação técnica, a fim de executarem as atividades requeridas na implementação do PGRS.

Em vista do crescimento urbano e conseqüente aumento do volume dos resíduos provenientes do Sistema de Esgotamento Sanitário de Guamaré, faz-se imprescindível a realização de medidas pertinentes à sustentabilidade e responsabilidade ambiental. Nessa perspectiva, esta proposta de PGRS abordou a possibilidade para o aproveitamento do lodo resultante do processo de tratamento de esgoto, com o objetivo de atribuir a esse resíduo valor econômico e ambiental, que entre as suas contribuições está a redução do volume de resíduos dispostos em aterro sanitário.

Ao passo que este trabalho propõe um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para o Sistema de Esgotamento Sanitário de Guamaré, torna-se também uma referência para que outros Municípios possam elaborar esse instrumento de gestão e planejamento tão importante dentro das políticas públicas de saneamento e meio ambiente, principalmente, àqueles que ainda realizam a disposição ambientalmente inadequada dos resíduos sólidos, incluindo os oriundos dos serviços de saneamento básico.

REFERÊNCIAS

A&E. **Manual de operação: município de Guamaré**. Natal, 2009.

A&E. **Prática fundamental para a gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Natal, 2018. Disponível em: <<https://aesaneamento.com.br/2018/05/02/ESTACAO-DE-TRATAMENTO-DE-EFLUENTES-ETE/>>.

ANDREOLI, Cleverson V.; VON SPERLING, Marcos; FERNANDES, Fernando (Org.). **Lodo de Esgotos: tratamento e disposição final**. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG, 2014. 444 p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias v.6.).

ANDREOLI, Cleverson Vitório; VON SPERLING, Marcos; FERNANDES, Fernando **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. 484p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13221. **Transporte terrestre de resíduos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9191. **Sacos plásticos para acondicionamento de lixo – Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BATISTA, L. F. **Lodos gerados nas estações de tratamento de esgotos no Distrito Federal: um estudo de sua aptidão para o condicionamento, utilização e disposição final**. 2015. Dissertação. Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, 2015.

BORGES, N. B. **Aproveitamento dos resíduos gerados no tratamento preliminar de estações de tratamento de esgoto**. São Carlos, 2014. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução n.º 275, de 25 de abril de 2001**. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Diário Oficial da União, Brasília, 2001.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução n.º 375, de 29 de agosto de 2006**. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2006.

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

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Módulo específico licenciamento ambiental de estações de tratamento de esgoto e aterros sanitários.** Brasília, 2009. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/678280-Modulo-especifico-licenciamento-ambiental-de-estacoes-de-tratamento-de-esgoto-e-aterros-sanitarios.html>>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos: Instrumento de Responsabilidade Socioambiental na Administração Pública.** Brasília, 2014. Disponível em: <<http://protegeer.gov.br/images/documents/51/8.%20MMA,%202014.pdf>>.

CESARIO, S. M. et al. **Principais contaminantes do lodo.** In: SPERLING, M., ANDREOLI, C. BRASIL. V., FERNANDES, F. (Ed) Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2001. p. 69-121. 2001.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea.** Diagnóstico do município de Guamaré, estado do Rio Grande do Norte. Recife, 2005. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/16968/1/rel_guamare.pdf>.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Notícias. **Lodo de esgoto é ótimo componente de substratos para plantas.** Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/32485890/lodo-de-esgoto-e-otimo-componente-de-substratos-para-plantas>>.

FIEB – Federação das Indústrias do Estado da Bahia. **Manual PGRS: Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.** Bahia, 2020. Disponível em: <<http://www.fieb.org.br/midia/2020/8/Manual-PGRS-Portal-.-.pdf>>.

GODOY, Lucia Camilo de. **A logística na destinação do lodo de esgoto.** Trabalho de conclusão de curso (Curso de Tecnologia em Logística). Faculdade de Tecnologia de Americana, Americana, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama. **Brasil / Rio Grande do Norte / Guamaré.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/guamare/panorama>>.

LEHMANN, A. H.; MEDEIROS, D. M. **Estações de tratamento de esgoto: Conceitos teóricos e dimensionamentos.** 1. ed. Natal: Offset gráfica e editora, 2019. v. 1. 390p.

LINS, G. A. **Avaliação de Impactos Ambientais em Estações de Tratamento de Esgotos (ETE).** 2010. Dissertação. Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

PREFEITURA DE FORTALEZA. Secretaria Municipal do Urbanismo e Meio Ambiente. **Manual do plano de gerenciamento de resíduos: 2020**. Fortaleza, 2020. Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/manuais/manual_residuos_solidos.pdf>.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAMARÉ. Plano Municipal de Saneamento Básico de Guamaré-RN. **Produto 2 - Diagnóstico Técnico-Participativo: Volume IV - Infraestrutura de Esgotamento Sanitário**. Guamaré, 2012.

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná; PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na Agricultura**. Curitiba, 1999. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/uso_manejo_lodo_agricultura.pdf>.

SNIS – Sistema de Informações sobre Saneamento. **SNIS – Série Histórica**. 2019. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>>.

TOMIELLO, Eric Christian. **Análise dos resíduos sólidos de desarenador do preliminar de sanitários da cidade de Maringá-PR**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá, 2008.

TSUTIYA, M. T; SOBRINHO, P. A. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2ª. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000. 548p.