



FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE TEÓFILO
OTONI

Aliadna dos Santos Ferreira da Silva

Ivan Lopes Rodrigues

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO

TÉOFILO OTONI

2019

Aliadna dos Santos Ferreira da Silva

Ivan Lopes Rodrigues

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO

Artigo apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Bruno Balarini.

Aprovado em ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Professor Orientador: Bruno Balarini Gonçalves
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professora Avaliadora: Naiane Cardoso Costa
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor Avaliador: Larissa Petrini Alves Lorentz
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO

Aliadna dos Santos Ferreira da Silva¹

Ivan Lopes Rodrigues²

Bruno Balarini Gonçalves³

RESUMO

O transporte e tratamento dos esgotos, bem como o tratamento e destinação correta do lodo são assuntos recorrentes no saneamento básico. No entanto, a literatura ainda não apresenta dados sobre extravasamentos de esgoto devido às falhas em estações elevatórias de esgoto sanitário, e as informações disponíveis tratam de otimização quanto à eficiência energética, todavia as estações de bombeamento de esgoto são diretamente responsáveis por afetar o desempenho, ou seja, falhas nas bombas podem resultar em transbordamentos ou inundações combinados de esgoto. A urbanização acelerada requer demandas enormes às redes de esgoto, tanto em relação à vazão quanto ao mau uso realizado pela população, portanto, o presente estudo de otimização visa melhorar a eficiência do sistema de bombeamento e tem um significado prático. Neste artigo é apresentada uma solução viável e simples para otimizar o funcionamento de estações elevatórias de bombeamento, mitigando os danos causados devido à falhas e paralisações nas estações elevatórias.

Palavras chave: Estações elevatórias de esgoto; saneamento; esgotamento sanitário.

ABSTRACT

The transport and treatment of sewage, as well as the proper treatment and disposal sludge are recurrent issues in basic sanitation. However, the literature does not yet present data on sewage overflows due to failures in sewage pumping stations, and the available information deals with energy efficiency optimization, yet sewage pumping stations are directly responsible for affecting performance, ie pump failures can result in combined sewage overflows or floods. Accelerated urbanization requires huge demands on sewage systems, both in terms of flow and misuse by the population, so this optimization study aims to improve the efficiency of the pumping system and has practical significance. This article presents a viable and simple solution for optimizing the operation of pumping pumping stations, mitigating the damage caused by failures and stoppages at pumping stations.

Key words: Sewage pumping stations; sanitation; sanitary sewage.

¹ Aliadna dos Santos Ferreira da Silva , acadêmica do 10^o período do curso de Engenharia Civil, da Faculdade Presidente Antonio Carlos – Teófilo Otoni. E-mail: silvaliadna@gmailcom

² Ivan Lopes Rodrigues, acadêmico do 10^o período do curso de Engenharia Civil, da Faculdade Presidente Antônio Carlos – Teófilo Otoni. E-mail: ivan.lopes2003@hotmail.com

³ Bruno Balarini Gonçalves, Professor no curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos – Teófilo Otoni. E-mail: brunobalarini@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é classificado como um país em desenvolvimento, se encontrando entre os dez países com maior economia do mundo, mas ao se tratar de saneamento básico ocupa a centésima décima segunda (112^a) posição em um conjunto de 200 países. Verifica-se que as ações para implantação de saneamento não coincidem com a realidade de um país que possui destaque global, sendo este de extrema importância para a qualidade de vida da população. (COSTA *et al*, 2018; TRATA BRASIL, 2012).

A principal ferramenta que estabelece o saneamento básico no Brasil e suas diretrizes é a Lei nº 11.445 a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), de 05 de janeiro de 2007, onde é possível observar no artigo 3º alguns conceitos fundamentais, tais como: saneamento básico, sendo o sistema formado por serviços de engenharia e instalações operacionais, já o Manual do Saneamento Básico do Instituto Trata Brasil (2012), apresenta o seguinte conceito: saneamento é composto por medidas que visam preservar ou variar as circunstâncias em que se encontra o meio ambiente, com o intuito de precaver enfermidades e proporcionar a saúde, melhorar a qualidade de vida da sociedade e a capacidade dos indivíduos de produzirem com rendimento, cooperando, dessa forma, para as atividades e facilitando a atividade econômica.

A norma Brasileira (NBR) 9.648 (ABNT, 1986) em seu item 2.4 define o esgoto sanitário, como “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”. A normativa define ainda os requisitos necessários para a elaboração de projetos de sistemas de esgotamento sanitário.

Já a NBR 12.208 (ABNT, 1993) estabelece as condições para elaboração de projetos hidráulicos de estações elevatórias de esgoto (EEE), que são instalações que visam transportar o esgoto do nível do poço de sucção das bombas ao nível de descarga na saída do recalque.

As estações de bombeamento de esgoto são diretamente responsáveis por afetar o desempenho, ou seja, falhas nas bombas podem resultar em transbordamentos ou inundações combinados de esgoto. No entanto, falhas nas bombas de esgoto ainda não foram incorporadas nas avaliações de esgoto devido à falta de conhecimento e dados. Entretanto nos últimos anos com o crescimento

populacional, preocupação com a conservação ambiental e recuperação dos recursos hídricos, ora quase destruídos pela ação antrópica, bem como o cumprimento das legislações que regem a prestação dos serviços de saneamento, faz-se necessário melhorar este sistema de bombeamento, tendo em vista que suas falhas não são mensuradas e seu funcionamento não é completamente satisfatório (KORVING *et al*, 2006).

O presente estudo visa descrever o processo de coleta e transporte de esgoto, bem como apresentar propostas viáveis para a otimização deste, baseando-se nos avanços tecnológicos, exigências legislativas e ambientais que têm surgido nas últimas décadas.

2 OBJETIVOS

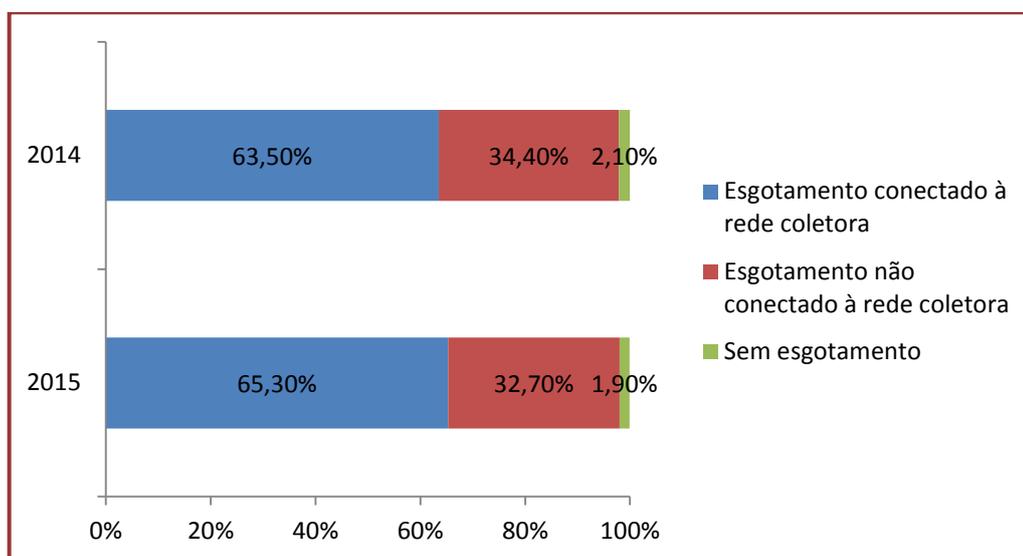
Descrever o processo de coleta e transporte de esgoto, com foco na função desenvolvida pelas estações elevatórias de esgoto e propor alternativa para otimização do sistema de elevação, visando diminuir ou até mesmo eliminar extravasamentos no sistema, em paralizações programadas e ou emergenciais devido a falhas do sistema de bombeamento.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Panorama nacional de coleta e tratamento de esgoto

Esgoto é conceituado como as águas que apresentam as suas características naturais alteradas após a interferência antrópica. O esgoto apresenta características diferentes, conforme seu uso, podendo ser, doméstico, comercial ou industrial. A devolução dos efluentes ao meio ambiente deverá prever o seu tratamento, seguido do lançamento adequado no corpo hídrico (TRATA BRASIL, 2012). O gráfico 1 mostra que não esta havendo uma evolução significativa dos índices de coleta e tratamento em nível nacional.

Gráfico 1 – Cobertura nacional do sistema de esgotamento sanitário



Fonte: Adaptado de ABES, 2015.

Onde: Rede Coletora de Esgoto: domicílios conectados à rede de esgoto via canalização ou fossa séptica; Sem Rede Coletora de Esgoto: domicílios que não dispõem de rede coletora, que esgotam via fossa séptica não ligada à rede, via fossa rudimentar ou outras formas (Quando os dejetos são esgotados diretamente para uma vala, rio, lago, mar ou outros); Sem Esgotamento: domicílios que não dispõem de nenhuma forma de esgotamento.

A universalização do serviço de esgotamento sanitário é um objetivo legítimo das políticas públicas, tendo em vista que causam impactos diretos sobre o ambiente, a saúde, e a qualidade de vida, servindo de indicador nos setores de educação e desempenho produtivo. A carência do setor de saneamento básico no país é elevada, especialmente em relação ao esgotamento e tratamento de esgotos, com maior deficiência nas áreas periféricas e nas zonas rurais, onde se encontra a população mais pobre (GALVÃO JUNIOR, 2009).

Segundo o Sistema Nacional de informações sobre saneamento (BRASIL, 2016), 59% da população não possui coleta de esgoto, causando contaminação dos corpos hídricos, danos à saúde humana e aumento do índice da mortalidade infantil.

Segundo a Agência Nacional de águas (ANA, 2017) a situação do atendimento da população brasileira com serviços de esgotamento sanitário pode ser caracterizada da seguinte forma: 43% é atendida por sistema coletivo (rede coletora e estação de tratamento de esgotos), 12% é atendida por solução individual (fossa séptica), 18% da população se enquadra na situação em que os esgotos são

coletados, mas não são tratados e 27% é desprovida de atendimento, ou seja, não há coleta nem tratamento de esgotos.

O quadro 1, apresenta a caracterização global dos sistemas de água e esgotos dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2016.

Quadro 1 - Caracterização global dos sistemas de água e esgotos

Informação	Unidade	Valor
População total atendida com abastecimento de água	Habitantes	166.611.571
Quantidade de ligações de água	Unidades	55.053.274
Extensão da rede de água	Km	626.272
Volume de água produzido	mil m ³	15.909.568
Volume de água consumido	mil m ³	9.890.927
População total atendida com esgotamento sanitário	Habitantes	103.846.957
Quantidade de ligações de esgotos	Unidades	30.686.088
Extensão da rede de esgotos	Km	303.089
Volume de esgoto coletado	mil m ³	5.473.895
Volume de esgoto tratado	mil m ³	4.055.844

Fonte: Adaptado de SNIS, 2016.

Segundo os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, realizando um comparativo entre os anos de 2015 e 2016 houve um acréscimo de 1,7 milhão de ligações (3,1%) e de 23,9 mil quilômetros de redes (4,0%). Em relação aos volumes, verifica-se o aumento de 528,5 mil metros cúbicos na produção de água (3,4%) e de 167,3 mil metros cúbicos no volume de água consumido (1,7%).

Em termos de população total atendida, constata-se o aumento de 1,8 milhão de habitantes, correspondendo a um acréscimo de 1,1% na população atendida (BRASIL, 2016).

Já em relação aos sistemas de esgotamento sanitário, houve o acréscimo de 1,7 milhão de ligações (5,9%) e de 19,0 mil quilômetros de redes (6,7%). No que se refere a volumes de esgoto coletado e tratado, tem-se os acréscimos de 287,2 mil (5,5%) e de 250,8 mil metros cúbicos (6,6%), respectivamente. Em termos de população total atendida, constata-se o aumento de 4,4 milhões de habitantes, correspondendo a acréscimo de 4,4% na população atendida (BRASIL, 2016).

3.2 Diretrizes para implantação do sistema de esgotamento sanitário

A Política Nacional de Saneamento Básico – PNSB, instituída por meio da Lei nº 11.445/2007 é a principal diretriz para implantação do saneamento básico no Brasil. Os principais parâmetros e critérios recomendados para o dimensionamento das partes constituintes de um projeto de engenharia de um sistema de esgotamento sanitário estão disponíveis nas Normas Brasileiras (NBR) editadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e por manuais elaborados pelas seguintes instituições: Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), Agência Nacional de Águas (ANA), Ministério das Cidades, Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (ReCESA), Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (Nucase), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) entre outras.

O projeto de um sistema de esgotamento sanitário deve seguir, em especial, as seguintes normas:

- NBR 7367/1988 – Projeto e assentamento de tubulações de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário;
- NBR 8160/1999 – Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução;
- NBR 9648/1986 – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário – Procedimento;
- NBR 9649/1986 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimento;
- NBR 12207/1992 – Projeto de interceptores de esgoto sanitário – Procedimento;
- NBR 12208/1992 – Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário – Procedimento;
- NBR 12209/2011 – Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários;
- NBR 12266/1992 – Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana – Procedimento;
- NBR 12587/1992 – Cadastro de sistema de esgotamento sanitário – Procedimento;
- NBR 13969/1997 – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação;

- NBR 14486/2000 – Sistemas enterrados para condução de esgoto sanitário – Projeto de redes coletoras com tubos de PVC;
- NBR 15710/2009 – Sistemas de redes de coleta de esgoto sanitário doméstico a vácuo;

Segundo a portaria FUNASA nº 526 de 06 de abril de 2017, os elementos básicos e indispensáveis na implantação, ampliação ou melhorias de sistema de esgotamento sanitário consistem na elaboração de projeto, execução de obra e operação e manutenção do sistema, visando sempre viabilidade técnica, ambiental, econômica e social.

3.3 Sistema de esgotamento sanitário

A Política Nacional de Saneamento Básico nº 11.445 (BRASIL, 2007), define que o sistema de esgotamento sanitário deve conter: “atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente”.

O tratamento de esgoto pode ser realizado através de sistemas individuais (estáticos), esses são adotados para atender apenas uma residência e consiste no lançamento dos esgotos domésticos em tanque séptico seguido de filtro e/ou vala de infiltração no solo, ou coletivos (dinâmicos) que são indicados para locais com elevada densidade populacional e consistem em tubulações, que recebem o lançamento dos esgotos, transportando-os ao seu destino final sanitariamente adequado, geralmente à estação de tratamento de esgoto (RECESA, 2008).

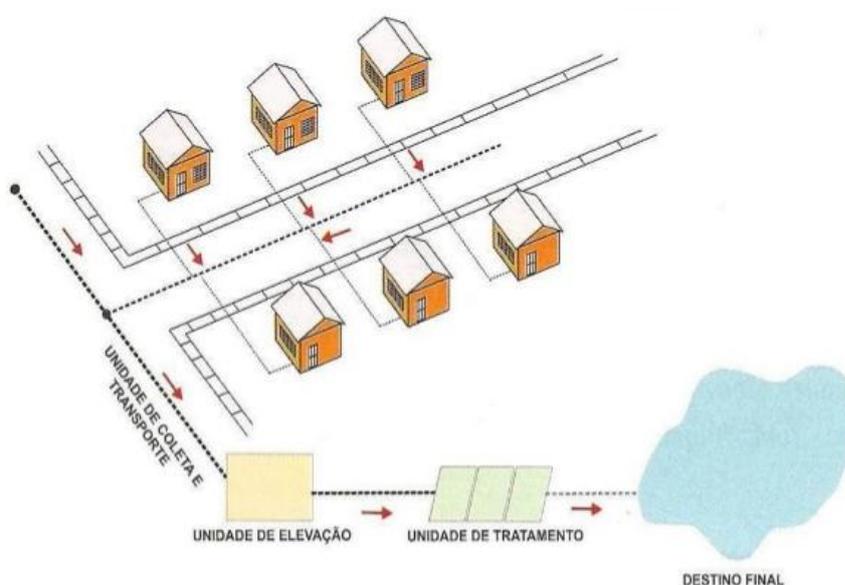
Segundo Tsutiya *et al.* (1999), existem três tipos de sistemas coletivos de esgotamento sanitário, sendo eles:

- Sistema unitário ou combinado, onde as águas residuárias, de infiltração e pluviais são conduzidas juntas por uma única tubulação;
- Sistema de esgotamento separador parcial em que uma parcela das águas de chuva é encaminhada juntamente com o efluente para uma única tubulação;

- Sistema de esgotamento separador absoluto, em que as águas residuárias veiculadas em um sistema independente denominado esgoto sanitário, e as águas pluviais são coletadas por outro sistema independente.

O sistema separador absoluto é utilizado no Brasil pela maioria das cidades, pois o custo de implantação, operação e manutenção é relativamente mais baixo, se comparado com os outros sistemas (BRASIL, 2006). A figura 1 mostra a separação entre a rede de esgoto e drenagem pluvial.

Figura 1 – Sistema de esgoto coletivo do tipo separador absoluto



Fonte: <https://www.slideshare.net/larissarfreire/aula-2-evolucao-dos-sistemas-de-esgotos>

De acordo com Nuvolari (2011) e Tsutiya *et al.* (2011) um sistema de esgotamento sanitário contém diversas partes, sendo estas apresentadas a seguir:

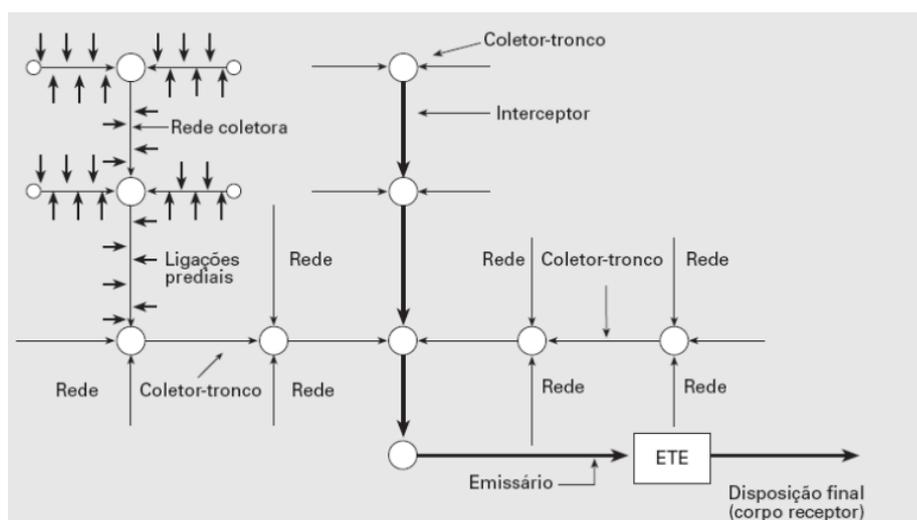
A rede coletora é um conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir os esgotos dos setores comerciais, públicos e residenciais. Tsutiya *et al.* (2011) descrevem as diversas partes da rede coletora da seguinte forma:

- **Ligação Predial:** trecho do coletor predial compreendido entre o limite do terreno e o coletor de esgoto;
- **Coletor de Esgoto ou Coletor Secundário:** tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo de seu comprimento;

- **Coletor Principal:** coletor de maior extensão dentro da mesma bacia, que recebe contribuição dos coletores secundários e encaminham o efluente para um emissário ou interceptor;
- **Coletor Tronco:** tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores;
- **Órgãos Acessórios:** são dispositivos para evitar ou minimizar os entupimentos nos pontos singulares das tubulações (início de coletores, mudanças de direção, declividade, diâmetro, material, junção de tubulação). Estes dispositivos são fixos e não possuem auxílio de equipamentos mecânicos. Podendo ser classificados como:
 - Caixa de Passagem (CP): Câmara sem acesso localizado em pontos singulares por necessidade construtiva e que permite a passagem de equipamento de limpeza do trecho à jusante;
 - Poço de Visita (PV): dispositivo fixo, provido de câmara visitável através de abertura existente em sua parte superior, destinada à execução de trabalhos de manutenção;
 - Tubo de Limpeza (TIL): Dispositivo não visitável, fabricado em PVC ou outro material plástico, utilizado para inspeção e introdução de equipamentos de desobstrução e limpeza dos coletores;
 - Terminal de Limpeza (TL): Permite a introdução de equipamentos de desobstrução e limpeza dos coletores, podendo ser localizado no início de qualquer coletor.
- **Interceptor:** Os interceptores têm a função de receber e transportar o esgoto coletado. É caracterizado pela discrepância das contribuições, resultando na regularização das vazões. Geralmente se localiza em partes baixas das bacias, ao longo das margens dos corpos hídricos a fim de reunir e transportar os efluentes para um ponto de concentração.
- **Emissário:** Canalização destinada a conduzir os esgotos a um destino conveniente (estação de tratamento e/ou lançamento) sem receber contribuições no percurso, apenas na sua extremidade montante. Pode ser a tubulação de descarga de uma estação elevatória (emissário de recalque) ou a simples interligação de dois pontos de concentração de efluentes dos coletores de esgoto ou interceptores (emissário de gravidade).

• **Sifões invertidos e Passagens Forçadas:** Destinam-se a transposição de obstáculos pela tubulação de esgoto, funcionando sob pressão. Em alguns casos, pode-se optar pela conformação da rede coletora com dois coletores em paralelo, ou apenas um coletor. A figura 2 apresenta a representação esquemática das unidades do sistema de esgotamento sanitário, conforme descritas acima.

Figura 2 – Unidades do Sistema de Esgotamento Sanitário



Fonte: http://saneamento_conceitos_basicos_de_um_sistema_de_esgotamento_sanitario.pdf

3.4 Finalidade do Sistema

Os principais fins na implantação de um sistema de esgotamento sanitário podem ser baseados em quatro aspectos fundamentais: higiênico, social, econômico e ambiental (NUVOLARI, 2011; VON SPERLING, 2005).

Sob o aspecto higiênico, o objetivo é a prevenção, o controle e a erradicação de doenças de veiculação hídrica, responsáveis por altos índices de mortalidade, principalmente a infantil.

Para o setor social, a implantação do sistema visa a melhoria da qualidade de vida da população, bem como a recuperação dos corpos hídricos para atividades recreativas, esportes e lazer.

Do ponto de vista econômico, as questões envolvidas giram em torno do aumento da produtividade geral, devido à melhoria ambiental, tanto urbana quanto a rural.

No aspecto ambiental, pode-se citar a preservação dos corpos hídricos, fauna e flora, seja terrestre ou aquática, e do solo, evitando a contaminação e cerceamento da natureza.

O instituto Trata Brasil (2017) elencou cinco benefícios proporcionados pelo acesso ao saneamento básico, sendo eles:

- Melhores indicadores de educação;
- Valorização Imobiliária;
- Valorização do Turismo;
- Geração de emprego;
- Redução de doenças.

3.5 Estação elevatória de esgoto

Segundo a Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE) a primeira estação elevatória e de Tratamento do 3º distrito foi implantada em fevereiro de 1864, para esgotar inicialmente 1.200 casas, das 14.600 existentes na área.

A estação elevatória de esgotos se faz necessária quando as profundidades das tubulações são elevadas, seja devido à baixa declividade do terreno, seja pela necessidade de se transpor uma elevação, sendo assim torna-se necessário bombear os esgotos para um nível mais elevado. A partir do bombeamento, os esgotos podem voltar a escoar por gravidade (NUVOLARI, 2011).

Os poços de sucção das estações elevatórias de esgoto podem ser executados no próprio local, customizados, ou pré-fabricadas. A faixa de vazões para a aplicação das EEE vai de 1,25 L/s para além de 6.300,00 L/s, já as EEE pré-fabricadas possuem capacidade máxima de vazão em torno de 630,00 L/s. (EPA, 2000). Conforme Metcalf *et. al* (1981), as EEE podem ser classificadas de diversas maneiras, entretanto nenhuma é satisfatória já que estas apresentam diversas particularidades.

As principais classificações das EEE são feitas em função da sua capacidade, altura manométrica, extensão da linha de recalque, tipo de fonte de energia, método construtivo entre outras. Segundo Tsutiya *et al.* (1999) a

classificação com relação à capacidade ou a carga manométrica são as seguintes:

De acordo com a capacidade:

- Pequenas: menos que 50 l/s;
 - Médias: 50 a 500 l/s;
 - Grandes: superior a 500 l/s.
- De acordo com sua carga:
- Baixas: menos que 10 m;
 - Médias: 10 a 20 m;
 - Altas: superior a 20 m.

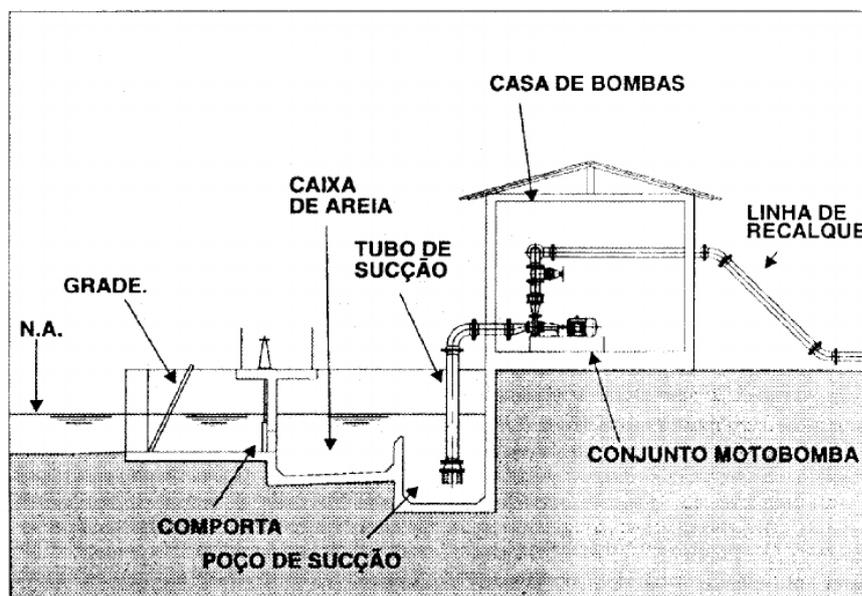
Quadro 2 – Classificação das elevatórias

Elevatória/Tipo	Capacidade (m³/s)
Ejetor pneumático	< 0,02
Pré moldada	
Poço úmido	0,006 – 0,03
Poço seco	0,006 - >0,1
Convencional	
Pequena	0,2 – 0,09
Média	0,06 – 0,65
Grande	> 0,65

Fonte: Tsutiya, Sobrinho, 2011.

São utilizadas bombas centrifugas para realizar o bombeamento dos efluentes. Essas bombas possuem um rotor acoplado a um motor elétrico, produzindo um movimento rotatório, responsável pelo recalque do líquido (GANGHIS, 2010). A figura 3 mostra a representação esquemática de uma Estação Elevatória de Esgoto do tipo convencional.

Figura 3 – Representação esquemática de estação elevatória



Fonte: Heller e Padúa, 2006.

Segundo Tsutiya *et al.* (2011), a localização das elevatórias de esgoto depende do traçado do sistema de coleta. Geralmente, as estações ficam situadas nos pontos mais baixos de uma bacia ou nas proximidades dos corpos hídricos. O local adequado para construção de uma estação elevatória, deve se considerar alguns aspectos essenciais, entre eles: baixo custo e facilidade de desapropriação do terreno, disponibilidade de energia elétrica, topografia da área, trajeto mais curto da tubulação de recalque, influências nas condições ambientais, harmonização da obra com o ambiente circunvizinho, entre outros fatores.

Segundo Colossi (2002) podem ser utilizados modelos paramétricos para projetos de sistemas de esgotamento sanitário, empregando equações para efeitos de comparação. Entre os modelos desenvolvidos pelo autor a equação 1 pode ser utilizada para se determinar os custos de implantação de estação elevatória de esgoto.

$$y = 3,29 \times 10^3 L^{0,330} X^{0,679} \quad (1)$$

Onde,

y é o custo da estação em moeda americana;

L é a altura manométrica (em metros) de recalque;

X é a vazão (L/s) da EEE.

3.5.1 Poço de sucção

O poço de sucção, embora seja apenas parte da estação elevatória de esgoto, é um dos compartimentos mais importantes, pois pode influenciar diretamente no desempenho da bomba e bom funcionamento do sistema (Tsutiya, *et al.* 2011).

O poço de sucção de uma estação elevatória é uma estrutura de transição que recebe as contribuições dos esgotos e coloca à disposição das unidades de recalque. Para reduzir os custos de implantação e de operação, a normativa estabelece que o poço seja projetado de modo a obter uma profundidade mínima (Tsutiya, *et al.* 2011).

Para a proteção das bombas são instalados cestos ou grades no interior do poço ou em compartimento adjacente. O volume requerido do poço de sucção para o bom funcionamento dos conjuntos elevatórios depende principalmente, do número de partidas dos conjuntos e da quantidade de sequência operacional das bombas de rotação constante ou variável (Tsutiya, *et al.* 2011).

O poço de sucção é constituído de paredes verticais e laje de fundo com inclinação no sentido da sucção das bombas, para evitar a deposição de resíduos sólidos. É importante manter a submergência adequada na sucção para evitar a entrada de ar na bomba devido ao fenômeno do vórtice.

3.5.2 Manutenção em estação elevatória de esgoto

A operação e a manutenção de um sistema de esgotamento sanitário envolvem as ações necessárias para o bom funcionamento do sistema, com o intuito de garantir a eficiência, eficácia e sustentabilidade, tais atividades são de responsabilidade do prestador de serviço local e deverão ser realizadas diretamente, por meio de gestão estruturada, ou autorizadas mediante delegação dos serviços, com definição do responsável (ReCESA, 2008).

Segundo Monteiro (2010) a manutenção corretiva objetiva recuperar ou restaurar o funcionamento de um equipamento ou instalação que tenha a capacidade de exercer suas funções comprometidas. Conforme Almeida (2000) os maiores custos associados à manutenção corretiva são os custos elevados de

aquisição das peças, despesas com recursos humanos e tempo de paralisação do equipamento.

Já a manutenção preventiva utiliza as informações repassadas pelos fabricantes das bombas que preveem tempo de vida útil do equipamento, troca de rotor, alinhamento, lubrificação, entre outras especificidades (MONTEIRO, 2010).

Segundo Almeida (2000) o tipo de manutenção considerada ideal é a preditiva, pois monitora diretamente as condições mecânicas e diversos outros parâmetros indicadores, possibilitando a determinação de tempo médio para falha real ou perda de rendimento de cada equipamento ou do sistema.

3.5.3 Falhas em estações elevatórias de esgoto e impactos gerados

De acordo o estudo realizado por Korving *et al.* (2006) as bombas das estações elevatórias de esgoto falham com relativa frequência devido à composição do efluente e ao mau uso do sistema, as falhas são variáveis e independentes do tipo de bomba e da função específica.

Segundo Korving *et al.* (2006) o desempenho de bombas é baseado em eficiência energética ou energia específica, mas a avaliação de desempenho das bombas de estações elevatórias de esgoto deve conter outros parâmetros de avaliação.

Em 2015 a Comissão Europeia discutiu a regulamentação para avaliação de eficiência de bombas de elevação de esgoto no quadro *Eco-Design Directiva*. Onde estes afirmaram que o desempenho das bombas deve ser avaliado minimamente através dos seguintes parâmetros:

- Eficiência;
- Confiabilidade;
- Índice de eficiência da função.

Segundo Joosten (2002) alguns aspectos influenciam diretamente na eficiência das bombas de esgoto, podendo ser elencados como:

- Composição dos esgotos, em especial a quantidade de resíduos indesejados;
- Influência de períodos chuvosos, contribuição de água pluvial;
- Tipo de sistema de esgoto: condição combinada ou separada do sistema de esgoto;

- Infiltração de água subterrânea devido a vazamentos nas juntas;
- Entrada de solo devido assentamento de esgotos;
- Frequência de limpeza dos esgotos e superfícies;
- Condição de vazão no esgoto;
- Projeto da bomba de esgoto, projeto do poço úmido;
- Ar na bomba ou no sistema pressurizado interceptor.

Para o SNIS (2016, p. 73),

“extravasamento de esgoto corresponde ao despejo indevido de esgotos ocorrido nas vias públicas, nos domicílios ou nas galerias de águas pluviais, como resultado do rompimento ou obstrução de redes coletoras, interceptores ou emissários de esgotos”.

Para a elaboração do relatório anual do Sistema Nacional de informações sobre saneamento o extravasamento de esgotos corresponde à totalização do ano em cada sistema, incluindo as repetições, entretanto, as falhas no sistema de elevação de esgotos não são mensuradas e o prestador de serviços não é obrigado a informar a quantidade de extravasamentos, sendo assim os dados dispostos nos relatórios são menos expressivos. A tabela 1 mostra a quantidade de extravasamentos de esgotos registrados e duração das interrupções sistemáticas.

Tabela 1

Município	Prestador de serviço	Quantidade de extravasamentos registrados	Duração das interrupções sistemáticas
		(extravasamento/ano)	(horas)
Feira de Santana (BA)	EMBASA	7332	46192
São Bernardo do Campo (SP)	SABESP	7929	388142
Natal (RN)	CAERN	8418	—
Ipatinga (MG)	COPASA	8751	164892
Montes Claros (MG)	COPASA	8787	258618
Petrolina (PE)	COMPESA	8980	869776
Betim (MG)	COPASA	10218	109792
Serra (ES)	CESAN	10470	198798
Município	Prestador de	Quantidade de	Duração das

	serviço	extravasamentos registrados	interrupções sistemáticas
		(extravasamento/ano)	(horas)
Contagem (MG)	COPASA	11553	280546
Salvador (BA)	EMBASA	19848	247230
Belo Horizonte (MG)	COPASA	27781	369583
Brasília (DF)	CAESB	48448	1296295
São Paulo (SP)	SABESP	88092	2191244

Fonte: SNIS, 2016.

Ainda segundo o SNIS (2016) os dados apresentados na tabela acima foram obtidos através das informações repassadas pelos prestadores de serviço que apresentaram acima de 7.000 extravasamentos anuais.

3.6 Caracterização do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Teófilo Otoni

O município de Teófilo Otoni está localizado na região nordeste do Estado de Minas Gerais, na latitude 17° 51' 15" Sul e longitude 41° 30' 23" Oeste, contendo altitude máxima de 1.138 m, na sua divisa com o município de Caraí, e altitude mínima de 366 m, na foz do córrego São Julião. Sua área total é de 3.242,27 Km² e encontra-se a 450 km da capital mineira (PMSB, 2015).

A prestadora de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário é a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) que em 2014 atendia aproximadamente 112.600 mil habitantes, por meio de 206 km metros de redes coletoras, obtendo uma cobertura total de 84,15%. Cerca de 70% do esgoto coletado é tratado e esse tratamento consegue remover índices próximos a 95% de carga orgânica (PMSB, 2015). Já o relatório de fiscalização da Agência reguladora de Serviços de abastecimento de Água e de esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE, 2015) informa que a população atendida em 2015 eram 120.565 habitantes; a extensão da rede coletora era 208.929 metros e 27.120 metros de Interceptor/Emissário.

Os principais problemas enfrentados pelo sistema são a existência de rede pluvial ligada de maneira clandestina à rede coletora de esgoto; e a disposição

incorreta de resíduos nas redes (PMSB, 2015; ARSAE,2015). Essas práticas geram transtornos como:

- Entupimento recorrente das redes;
- Diluição do esgoto que afeta a eficiência do tratamento;
- Carreamento de sedimento, necessitando realizar interrupções para retirada da areia.

De acordo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Teófilo Otoni (PMSB, 2015) no que se referem às estações elevatórias de esgoto há ainda o problema de interrupções de energia elétrica, o que pode ocasionar extravasamentos de esgotos em corpos hídricos quando não há gerador de energia ou tanques pulmão.

Segundo a ARSAE a cidade conta com cinco estações elevatórias sendo elas apresentadas no quadro a seguir no quadro 3:

Quadro 3 – Estações elevatórias de esgoto do sistema de Teófilo Otoni

Estação Elevatória	Quantidade/ potência do conjunto motor-bomba	Bombeamento	
		Montante	Jusante
EEE Santo Antônio	02 CMB / 85 CV	Região norte e nordeste do município	ETE
EEE Taquara	02 CMB / 3 CV	Bairro Taquara	ETE
EEE Turma 37	02 CMB / 20 CV	Bairro turma 37	ETE
EEE Final	02 CMB / 100 CV	SES do município	ETE

Fonte: ARSAE, 2015.

Quando ocorrem situações emergenciais e de contingência as empresas responsáveis por abastecimento e esgotamento sanitário se planejam acatando determinadas normas de níveis de segurança com base em experiências anteriores e dispostas na legislação ou em normas técnicas. As ações de segurança são diretamente proporcionais ao potencial de causar danos aos seres humanos e ao meio ambiente. O quadro 4, indica as ações necessárias em situações emergenciais e de contingência referente à extravasamento de esgoto nas estações elevatórias.

Quadro 4 – Ações de contingência e emergência em caso de extravasamento de esgoto em estações elevatórias

Extravasamento de esgoto nas estações elevatórias	Interrupção no fornecimento de energia elétrica nas instalações de bombeamento	Comunicar a ocorrência à concessionária de energia elétrica; Acionar gerador alternativo de energia; Instalar tanque de acumulação do esgoto extravasado com o objetivo de evitar contaminação do solo e água;
	Danificação de equipamentos eletromecânicos ou estruturas	Instalar equipamento reserva; Promover reparos rapidamente;
	Ocorrência de vandalismo	Comunicar à Polícia local; Executar reparo das instalações danificadas com urgência.

Fonte: Adaptado de PMSB, 2015.

De acordo o relatório de fiscalização da Agência reguladora de Serviços de abastecimento de Água e de esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE, 2015) o funcionamento das elevatórias se mostra satisfatório.

4 METODOLOGIA

De acordo Cooper e Schindler (2003) o presente estudo pode ser classificado como uma pesquisa exploratória, pois visa explorar um problema, de modo a fornecer informações para uma investigação mais precisa.

A pesquisa se baseia principalmente em fontes secundárias de informações, para a coleta de dados foram acessados artigos, revistas científicas, normativas, legislações e manuais referentes ao tema abordado.

Os principais descritores buscados na coleta de dados foram: saneamento básico; coleta de esgoto; tratamento de esgoto; esgotamento sanitário; universalização do saneamento; setor de saneamento no Brasil; políticas de

saneamento; estações elevatórias de esgoto; bombeamento de esgoto; impactos de implantação de saneamento.

5 RESULTADOS

Mediante os dados expostos no presente estudo, pode-se verificar que as estações elevatórias são peças chave para o bom funcionamento do sistema e sua paralisação pode comprometer completa e totalmente o tratamento de efluentes, gerando disposição inadequada, danos ao meio ambiente e à saúde humana.

Cabe ressaltar que os dados sobre extravasamento de esgoto devido às falhas em bombas são reduzidos, pois como foi citado anteriormente a avaliação da eficiência destas é baseado primordialmente na eficiência energética, entretanto são muitos os casos de disposição incorreta devido a estas falhas e consequente paralisação. Para melhor conhecimento dos leitores serão dispostos hiperlinks de reportagens sobre tal fato nas referências.

De acordo a classificação de estações elevatórias, definida por Tsutiya, Sobrinho (2011), uma bomba convencional de grande porte tem uma capacidade de transportar acima de 650 L/s, dessa forma a paralisação do sistema de bombeamento e consequente extravasamento dos esgotos para os corpos hídricos pode atingir uma escala de contaminação considerada inaceitável pelos órgãos fiscalizadores e legisladores. A tabela 2 apresenta o volume de esgoto disposto incorretamente, considerando a vazão mínima (650 L/s) de uma bomba de grande porte.

Tabela 2 – Volume de efluente extravazado devido à paralisação de bomba

Tempo (h)	Volume (m³)
6	14040
12	28080
18	42120
24	56160

Fonte: Adaptado de Tsutiya e Sobrinho, 2011.

Como citado anteriormente o sistema de bombeamento é sensível e seu funcionamento incorreto interfere diretamente na disposição dos efluentes.

O extravasamento de efluentes a partir das estações elevatórias de esgoto é uma realidade enfrentada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais, devido principalmente ao mau uso da rede realizado pela população, ocasionando na sobrecarga e entupimento das bombas. Sabe-se que a estação de tratamento de esgoto da cidade supracitada trata cerca de 200 L/s de efluente por dia, dessa forma é possível verificar a dimensão dos danos causados por essas paralisações. A tabela 3, seguir apresenta uma estimativa do volume de esgoto disposto incorretamente, considerando a vazão de 200 L/s.

Tabela 3 – Estimativa de volume de efluente extravazado devido à paralisação de bomba na cidade de Teófilo Otoni

Tempo (h)	Volume (m³)
6	4320
12	8640
18	12960
24	17280

Fonte: Dados da pesquisa.

Atualmente a limpeza do poço de sucção é realizada com a paralisação do fluxo normal do esgoto e ocasiona no extravasamento, o serviço é realizado em mutirão com vários operadores, para minimizar o tempo do descarte de esgoto bruto no corpo hídrico. Com a implantação do projeto serão eliminados os riscos ambientais e a preservação da saúde do operador e da população.

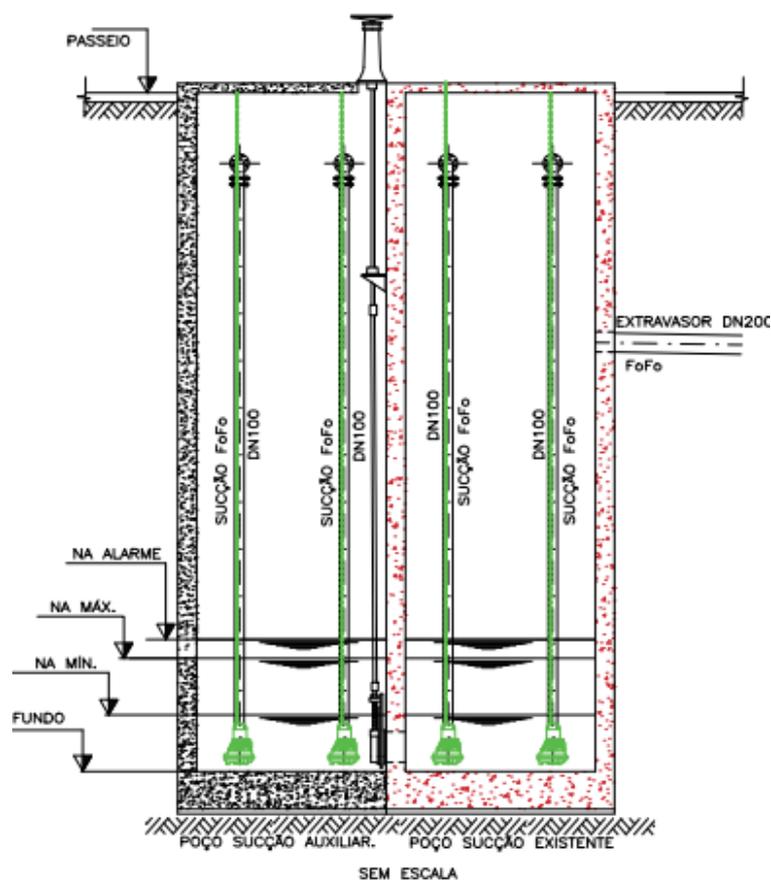
Através do conhecimento empírico adquirido como prestador de serviço da COPASA, verifica-se que a principal fragilidade do modelo adotado em Teófilo Otoni é a falta da divisão da estação em duas células distintas, que permitiria a operação alternada em um período pré-fixado em cada célula, permitindo a realização das manutenções preventivas na célula que se encontra parada. Além da garantia de um conjunto motor-bomba de reserva, pronto para entrar em operação a qualquer momento.

A proposta apresentada no presente instrumento consiste na construção de um poço de sucção funcionando ao lado, ou em paralelo com a estação existente, dessa forma o fluxo do esgoto não seria paralisado e não haveriam extravasamentos. O compartimento sugerido é do tipo padrão, complementando o já

existente, sendo feita em concreto armado nas dimensões 3,40 x 3,40 m², reaproveitando uma parede do poço existente, poço úmido, com 02 conjuntos moto bomba com capacidade de 12 m de altura monométrica e vazão de 50 m³/h, sendo o recalque de 200 mm de diâmetro.

A divisão do poço de sucção deverá funcionar como vasos comunicantes, podendo ser revezado o funcionamento do recalque do esgoto para realizar a limpeza. Com a implantação de uma comporta ou duplicação do poço, surge a opção de alternar o fluxo de esgoto, dessa forma pode-se paralisar um lado para limpeza, permitindo com que o outro poço permaneça livre com o fluxo de esgoto contínuo, eliminando a possibilidade de extravasamentos. A figura 4 mostra o desenho de implantação do sistema onde já tem uma Estação elevatória de Esgoto construída.

Figura 4 – Representação esquemática do poço de sucção auxiliar



Fonte: autoria própria 2019.

Através da aplicação dessa tecnologia é possível otimizar a funcionalidade da operação do sistema, mitigando ou eliminando a degradação causada pelos extravasamentos nas estações elevatórias de esgoto e conseqüentemente minimizando a contaminação do meio ambiente. Para justificar a viabilidade econômica da implantação de um poço de sucção auxiliar os valores foram dispostos na tabela a seguir.

Tabela 4 – Descrição de valores para implantação de um poço de sucção auxiliar

Descrição Insumos	Unid	Quant	Preço Unitário	Preço Total
Conjunto Motobomba Submersível	Cj	02	R\$ 11.237,70	R\$ 22.475,40
Reducao Exc.Fofo Ff Pn10 Dn 200 X 150	Un	02	R\$ 302,11	R\$ 604,22
Curva 90° Fofo Esg.Ff Pn10 Dn 200	Un	02	R\$ 317,69	R\$ 635,38
Tubo Fofo C/Flanges Tfl Pn-10/16 Dn 200	Un	03	R\$ 852,28	R\$ 2.556,84
Curva 45° Fofo Esg.Ff Pn10 Dn 200	Un	01	R\$ 303,25	R\$ 303,25
Juncao 45 ° Fofo Fff Pn10 Dn 200	Un	02	R\$ 380,04	R\$ 760,08
Toco Fofo Esg. Ff Pn10 Dn2000x0,50m	Un	02	R\$ 514,96	R\$ 1.029,92
Chapa Aço 8 Mm	Un	02	R\$ 1.500,21	R\$ 3.000,42
Pedestal Fofo Manobra Simples 01	Un	01	R\$ 872,79	R\$ 872,79
Haste De Prolongamento Com Duas Roscas,F	Un	01	R\$ 4.771,11	R\$ 4.771,11
Arruela Borracha Flange Pn10 Dn200	Un	15	R\$ 2,06	R\$ 30,90
Arruela Borracha Flange Pn10 Dn150	Un	02	R\$ 1,57	R\$ 3,14
Válvula Flap Fofo Ff Pn10 Esg. Dn 300	Un	02	R\$ 1.046,55	R\$ 2.093,10
Adufa Parede Fofo C/Flange Pn10 Dn200	Un	01	R\$ 1.640,51	R\$ 1.640,51
Parafuso Com Porcas Para Flanges – Ppf	Un	128	R\$ 1,84	R\$ 235,52
Serviços Preliminares				
Locacao Estruturas - Gabar/Tab P/ Obras	M2	12	R\$ 3,08	R\$ 36,96
Construção Civil				
Gramma Em Placas – Plantio	M2	7,4	R\$ 19,33	R\$ 143,04
Lastro De Pedra Britada, Apiloada	M3	2,31	R\$ 105,64	R\$ 244,03
Andaime Fachadeiro C/Estrado Madeira	M2	10,2	R\$ 19,91	R\$ 203,08
Escoramento Formas Ate H = 3,00 A 3,50 M	M3	20	R\$ 14,61	R\$ 292,20
Escoramento Formas Ate H = 3,50 A 4,00 M	M3	20	R\$ 16,86	R\$ 337,20
Movimento De Terra				
Escavacao/Carga Solo Pa Mec/Escavadeira	M3	45,39	R\$ 5,96	R\$ 270,52
Acerto/Nivelamento De Fundo De Valas	M2	11,56	R\$ 5,33	R\$ 61,61
Transporte Perim Urbano Granel Ate 1,0km	M3	54,47	R\$ 1,96	R\$ 106,76
Carga Mecanica S/Arrumacao Do Material	M3	54,47	R\$ 1,28	R\$ 69,72
Descarga Material De Caminhao	M3	54,47	R\$ 0,25	R\$ 13,62

Basculante				
Contenção, Escora, Esgotamento E Drenagem				
Estrutura De Escoramento Contínua	M2	37,6	R\$ 35,12	R\$ 1.320,51
Descrição Insumos	Unid	Quant	Preço Unitário	Preço Total
Forma Plana Mad Comp E=14mm-Estruturas	M2	93,24	R\$ 48,54	R\$ 4.525,87
Desforma De Estruturas Qq Alt/Prof	M2	31,16	R\$ 12,17	R\$ 379,22
(B)Desforma Estrutura, H Ou P>1,50m	M2	55,08	R\$ 25,25	R\$ 1.390,77
Cimbramento De Madeira	M3	27,04	R\$ 25,22	R\$ 681,95
Fundações E Estruturas				
(B)Lancamento/Adens Concr 1,5<H/P<=10m	M3	20,606	R\$ 158,32	R\$ 3.262,34
Armadura Aco Ca 50-Fornec E Colocacao	Kg	900,93	R\$ 7,68	R\$ 6.919,14
Concreto Magro	M3	0,578	R\$ 289,01	R\$ 167,05
Concreto Estrutural Usinado (Fck= 20 Mpa)	M3	0,686	R\$ 386,51	R\$ 265,15
Concreto Estrutural Usinado (Fck= 25 Mpa)	M3	19,92	R\$ 410,42	R\$ 8.175,57
Assentamentos				
Montagens Especiais Em Ferro Fundido	Kg	1067	R\$ 2,43	R\$ 2.592,81
Instalacao Cj. Motobomba 5<Pot<=25cv	Un	02	R\$ 901,53	R\$ 1.803,06
Tampa Articulada - 1000 X 2000 X 8 Mm	Un	02	R\$ 381,73	R\$ 763,46
Talha Manual 1,5 Ton	Un	01	R\$ 231,46	R\$ 231,46
Serviços Diversos				
Pintura De Tubulacoes De Ferro Fundido	M2	10,36	R\$ 15,36	R\$ 159,13
Monovia Em Perfil Metalico " I " De 8"	M	10,4	R\$ 184,09	R\$ 1.914,54
Total				R\$ 77.343,35

Fonte De Preços: Tabelas SINAPI e SETOP, Atualizada Em Julho/2019.

A tabela acima foi elaborada para um poço com as dimensões de 3,40 x 3,40 m², com 02 conjuntos moto bomba com capacidade de 12 m de altura monométrica e vazão de 50 m³/h, sendo o recalque de 200 mm de diâmetro.

6 CONCLUSÃO

Diante do que foi exposto, sobre a funcionalidade e importância de uma estação elevatória de esgoto, bem como o seu papel relevante para contribuir com a redução de despejo de esgotos *in natura* em locais inadequados, causando perdas imensuráveis ao meio ambiente, pressupõe-se que a implantação da proposta apresentada no presente estudo possa eliminar a ocorrência de extravasamentos, evitando os transtornos, danos ambientais, bem como garantir o funcionamento da estação sem paralisação para limpeza e poupar o operador de condições de

trabalho insalubre, de forma geral a proposta realizada no presente estudo visa otimizar o funcionamento das estações elevatórias, de forma que estas desenvolvam seu papel de forma eficiente.

Cabe ressaltar que a concepção do projeto deve ser realizada de acordo com a realidade local, levando em consideração a viabilidade técnica, econômica, ambiental e social.

Vale ainda salientar que a proposta é viável economicamente, tendo em vista o baixo investimento realizado, conforme apresentado na tabela 4, a facilidade de implantação e a funcionalidade desta alternativa, além de evitar passivos ambientais, poupando recursos dos prestadores de serviços do setor de saneamento.

Referências

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas esgotos:** despoluição de bacias hidrográficas / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017.

Agência reguladora de Serviços de abastecimento de Água e de esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais - ARSAE. **RELATÓRIO DE FISCALIZAÇÃO.** Sistema de Esgotamento Sanitário da sede do município de Teófilo Otoni. Belo Horizonte Outubro de 2015

ALMEIDA, M. T. **Manutenção preditiva:** Confiabilidade e qualidade, 2010. Acesso em: <https://mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. ABES. **Situação do saneamento básico no Brasil:** Uma análise com base na PNAD 2015. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9648:** Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 12208:** Projetos de estações elevatórias de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. Lei nº 11.445 de 05 de Janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.**

_____. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS; Ministério das Cidades; Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos.** Brasília, 2016.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde – FUNASA. **Manual de Saneamento**. Engenharia de Saúde Pública, Brasília, DF, 2006.

COLOSSI, N., **Modelos Paramétricos para Projetos de Sistemas de Esgotamento Sanitário**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis - SC, 2002.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO DE JANEIRO (**CEDAE**). Acesso em: https://www.cedae.com.br/tratamento_esgoto/tipo/historia-do-tratamento-de-esgoto

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

COSTA, R. N. P.; PINHEIRO, E. M. **O cenário do saneamento básico no Brasil**. Educação ambiental em ação. v. 66, 2018.

FUNASA. **Portaria nº 526**, de 06 de abril de 2017. Manual de orientações técnicas para elaboração e apresentação de propostas e projetos para sistemas de esgotamento sanitário.

GALVÃO JUNIOR, A. C. Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Rev Panam Salud Publica**, v. 25(6), p. 548–56, 2009.

GANGHIS, D. **Bombas industriais: escoamento e transporte de fluidos**. CEFET-BA, 2010.

HELLER; PADÚA. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte, UFMG, 2006.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual do Saneamento Básico: entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica**. Projeto Gráfico e Editoração: Agenilson Santana, 2012.

_____. 5 Benefícios que o saneamento pode trazer, 2017. Acesso em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2017/08/10/5-beneficios-que-o-saneamento-basico/>

Joosten, R. P. F. “**Availability and reliability of pumping installations in sewage pumping stations**”: Availability and reliability of sewage pumping stations. *Sewage science*, 28, 37–49, 2002.

KORVING, H.; GEISE, M.; CLEMENS, F. Failure of sewage pumps: Statistical modelling and impact assessment. **Water science and technology**. v. 54, 2006.

METACALF & EDDY, INC – **Wastewater engineering: Collection and pumping of wastewater**. New York, McGraw-Hill, 1981.

MONTEIRO, C. I.; SOUZA, L. R.; ROSSI, P. H. L. Manutenção corretiva: manutenção e lubrificação de equipamentos. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita”. Bauru, 2010.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. Editora Edgard Blücher, São Paulo, Brasil, 2ª edição, 2011, 565 p.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE TEÓFILO OTONI – MG. PROC. LICITATÓRIO Nº 086/2013. CONTRATO Nº 001/2014. Relatório 6 - Plano Municipal de Saneamento Básico de Teófilo Otoni-MG. Tomo II – Esgotamento Sanitário, 2015.

RECESA. Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Básico. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Esgotamento sanitário**: operação e manutenção de redes coletoras de esgotos: guia do profissional em treinamento: nível 2. Brasília: Ministério das Cidades, 2008.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

_____. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 3ª edição. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, 548 p.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **EPA 832-F-00-073**: Collection Systems Technology Fact Sheet Sewers, Lift Station. Washington: Us Environmental Protection Agency, 2000. 8 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**, Volume 1: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 3ª Edição. Belo Horizonte, Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2005.

<http://g1.globo.com/pe/pe-geral/blog/viver-noronha/post/compesa-esclarece-motivo-do-extravasamento-de-esgoto-em-fernando-de-noronha.html> Acesso em: 15 de outubro de 2019.

<http://odestak.com.br/embasa-responde-sobre-extravasamento-de-esgoto-em-elevatoria-no-bairro-santa-cruz-em-luis-eduardo-magalhaes/> Acesso em: 18 de outubro de 2019.

<https://ndmais.com.br/noticias/casan-responde-notificacao-sobre-vazamento-de-esgoto-no-rio-do-bras/> Acesso em: 20 de outubro de 2019.

<https://paracatu.net/view/8201-copasa-despeja-esgoto-no-corrego-rico-e-responsavel-e-presos-por-crime-ambiental> Acesso em: 14 de outubro de 2019.

<https://afnoticias.com.br/estado/mp-investiga-brk-e-prefeitura-por-vazamento-de-esgoto-e-poluicao-no-setor-bertaville-em-palmas> Acesso em: 17 de outubro de 2019.

<http://g1.globo.com/mato-grosso/noticia/2016/11/justica-determina-medidas-para-evitar-despejo-de-esgoto-em-rio-de-mt.html> Acesso em: 19 de outubro de 2019.