



**CENTRO UNIVERSITÁRIO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
UNIPAC BARBACENA
ENGENHARIA CIVIL**

**GILBERTO DOUGLAS DE FARIA
ODÉCIO DE PAULA GONÇALVES SILVA**

**DESAFIOS NO TRATAMENTO DE ESGOTO EVIDENCIANDO A
SUSTENTABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA: ESTUDO DE CASO DA ETE
GALEGO LOCALIZADA EM BARBACENA-MG**

**BARBACENA
2021**

**GILBERTO DOUGLAS DE FARIA
ODÉCIO DE PAULA GONÇALVES SILVA**

**DESAFIOS NO TRATAMENTO DE ESGOTO EVIDENCIANDO A
SUSTENTABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA: ESTUDO DE CASO DA ETE
GALEGO LOCALIZADA EM BARBACENA-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos de Barbacena como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Dra. Suymara Toledo Miranda.

**BARBACENA
2021**

RESUMO

Em razão do reduzido número de estudos relacionados aos custos de operação de uma Estação de Tratamento de Esgoto e levando em consideração a viabilidade econômica financeira de sua implantação, além de ganhos com fatores ambientais e saúde. O presente estudo tem como objetivo apresentar a viabilidade de uma estação de tratamento de esgotos (ETE) por reator anaeróbio UASB, localizada no município de Barbacena-MG. Para o estudo foram analisados dois cenários, levando em consideração a capacidade de projeto da ETE e a real produção de esgoto dos bairros estudados. Os dados foram obtidos através da companhia que tem a concessão do serviço da localidade no período entre outubro de 2020 a outubro 2021. O resultado mostra que para uma vazão diária de tratamento de aproximadamente 10,2 L/s gerada atualmente nos bairros o tempo de retorno do investimento ficaria em torno de oito anos, se for levado em consideração à capacidade de tratamento de projeto 27,45 L/s esse valor se reduziria para três anos. Foi constatado ainda que para uma maior viabilidade econômica do projeto fatores como maior interligação de redes interceptoras e escolha criteriosa do local de implantação devem ser levados em consideração. Além disso, frente a atual crise energética, a reutilização dos subprodutos como gás e lodo gerados na estação é de fundamental importância tanto economicamente como na redução de impactos ambientais.

Palavras-chave: Tratamento de Esgoto. UASB. Estudo de viabilidade.

ABSTRACT

Due to the reduced number of studies related to the operating costs of a Sewage Treatment Plant and taking into account the economic and financial feasibility of its implementation, in addition to gains from environmental and health factors. This study aims to present the viability of a sewage treatment plant (ETE) using an anaerobic reactor UASB, located in the municipality of Barbacena-MG. For the study, two scenarios were analyzed, taking into account the design capacity of the ETE and the actual production of sewage in the neighborhoods studied. The data were obtained from the company that has the concession for the local service in the period between October 2020 and October 2021. The result shows that for a daily treatment flow of approximately 10.2 L/s currently generated in the neighborhoods, the time of Return on investment would be around eight years, if the project treatment capacity of 27.45 L/s is taken into account, this value would be reduced to three years. It was also found that for a greater economic viability of the project, factors such as greater interconnection of interceptor networks and careful choice of the implantation site must be taken into account. Furthermore, given the current energy crisis, the reuse of by-products such as gas and sludge generated at the station is of fundamental importance both economically and in reducing environmental impacts.

Keywords: Sewage Treatment. UASB. Viability Study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Cobertura do Saneamento Básico no Brasil 2019	11
Figura 2 Cobertura do Saneamento Básico em Minas Gerais 2019.....	12
Figura 3 Comparação entre os sistemas aeróbio e anaeróbio em relação à demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	16
Figura 4 Imagem de Barbacena	18
Figura 5 Planta Baixa ETE Galego	19
Figura 6 Diferentes projeções populacionais estudadas	20
Figura 7 Projeção populacional para a área atendida pela ETE	21
Figura 8 Sub-bacias contribuintes	22
Figura 9 Tratamento preliminar	24
Figura 10 Estação elevatória	24
Figura 11 Reator anaeróbio	25
Figura 12 Queimador de gás	26
Figura 13 Filtro biológico percolador	27
Figura 14 Decantador secundário	28
Figura 15 Leitões de secagem do lodo	29
Figura 16 Valores de tarifas aplicadas	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Níveis de Tratamento de esgoto	15
Quadro 2 Divisão dos grupos de custos de operação e manutenção da ETE	31

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 Percentual da composição total de custos por item	32
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Dados sobre a taxa de crescimento da sede de Barbacena	21
Tabela 2 Relação de consumo de água tratada por M^3	30
Tabela 3 Faturamento médio de água tratada no último ano	33
Tabela 4 Valor atual faturado de esgoto	33
Tabela 5 Valor faturado de esgoto após início de operação da ETE	34
Tabela 6 Valor faturado de esgoto considerando a capacidade projetada da ETE	34
Tabela 7 Tempo de retorno do investimento	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. DESENVOLVIMENTO	8
2.1 Aspectos gerais.....	8
2.2 Saneamento Básico no Brasil.....	9
2.3 Uma visão geral sobre o Saneamento Básico em Minas Gerais	11
2.4 Novo Marco Legal do Saneamento Básico	12
2.5 Sistemas de tratamento de esgoto	13
2.6 Tratamento anaeróbio.....	15
2.7 Sustentabilidade econômico-financeira e reaproveitamento de insumos gerados nas ETE'S.....	17
2.8 Estudo de Caso.....	17
2.8.1 Dados gerais do local de implantação da ETE.....	17
2.8.2 Sistema de esgotamento sanitário existente.....	18
2.8.3 Projeto da estação de tratamento de esgoto Galego	19
2.8.4 Sub-bacias contribuintes	21
2.8.5 Concepção do sistema.....	22
2.8.6 Estação de Tratamento de Esgoto.....	23
2.8.6.1 Tratamento preliminar	23
2.8.6.2 Estação elevatória final.....	24
2.8.6.3 Reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB).....	24
2.8.6.4 Queimador de gás.....	25
2.8.6.5 Filtro biológico percolador.....	26
2.8.6.6 Decantador secundário	27
2.8.6.7 Leitos de secagem do lodo.....	28
2.8.6.8 Laboratório/administração	29
2.8.7 Consumo por ano de água tratada nos bairros de abrangência do projeto	29
2.8.8 Método de cobrança de água tratada e esgoto.....	30
2.8.9 Custo de operação e manutenção da ETE – GALEGO	31
2.8.10 Faturamento de água e esgoto dos bairros estudados.....	32
2.8.11 Estimativa do faturamento com tratamento do esgoto após início de operação da ETE – GALEGO.....	33
2.8.12 Estimativa do tempo de retorno de investimento do projeto	34
3. CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2019 dados relacionados ao atendimento por redes de esgoto no Brasil, o contingente de população urbana atendida alcançava 108,1 milhões de habitantes. Quanto ao tratamento dos esgotos, o índice do país chegava a 49,1% para a estimativa dos esgotos gerados e 78,5% para os esgotos que são coletados.

Frente a esse déficit crônico no país, em julho de 2020, foi aprovado o Novo Marco Legal do Saneamento básico por meio da Lei 14.026, que dentre outros tópicos, trata dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

O Saneamento Básico está diretamente relacionado à qualidade de vida e saúde da população. O investimento em saneamento é de extrema importância levando em consideração que a cada R\$1 que é investido em saneamento básico se transforma numa economia real de R\$ 4, podendo esse valor ser usado na área da saúde, dessa maneira o saneamento configura-se de fato como uma medida preventiva (CNBB, 2015).

Para a concretização de um projeto de saneamento básico, além de questões econômico-financeiras, é necessário que seja levado em consideração questões como saúde e meio ambiente buscando novos modelos de desenvolvimento cada vez mais eficientes.

Dessa forma, em razão do reduzido número de estudos relacionados aos custos de operação de uma Estação de Tratamento de Esgoto e levando em consideração a viabilidade econômica financeira de sua implantação, além de ganhos com fatores ambientais e saúde, o presente estudo tem como objetivo apresentar a viabilidade econômico-financeira de uma estação de tratamento de esgotos (ETE) por reator anaeróbio UASB, localizada no município de Barbacena-MG.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Aspectos gerais

O saneamento básico caracteriza-se pela infraestrutura básica para assegurar à população qualidade de vida necessária para seu desenvolvimento, porém muitas pessoas ainda não compreendem de fato sua real importância e significado que vão muito além de água e esgoto. Tal conceito se estende ao abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (MACHADO, MACIEL, THIOLENT, 2021).

Na cidade de Nipur, em 3750 A.C., provas arqueológicas indicam que já eram utilizados coletores de esgotos pelos babilônicos (DÍAZ E NUNES, 2020). Na ilha de Creta, no sítio arqueológico de Cnossos, foram encontradas salas de banho e sistemas para água residuária do ano 1700 a.C. Os romanos mudaram a engenharia, em seu tempo, trazendo consigo muita revolução. Havia construções de aquedutos com quilômetros de extensão, além de serem responsáveis pela construção dos banheiros comunitários chamados parlatórios, datados do ano 400 A.C (SILVA, 2016).

Muitos países do continente Europeu, no início do século XX, tinham em suas cidades precárias condições sanitárias. Nas residências da época havia muitos moradores e não existiam condições de higiene adequadas. Os lixos e as fezes eram acumulados em locais dentro das residências para posteriormente serem descartados em depósitos públicos, uma vez a cada mês, sendo também jogados nas ruas (PAZ, *et al.*, 2021).

Com o avanço industrial, os serviços de saneamento básico não conseguiram acompanhar tamanha expansão, e por consequência, os países sofreram com várias epidemias, sendo urgente a implementação de um sistema de esgotamento que conseguisse suprir a demanda, de modo a evitar o surgimento de novas doenças, além de permitir o progresso industrial (PAZ, *et al.*, 2021).

Nota-se uma constante preocupação com o esgotamento sanitário ao longo dos anos, ainda mais quando se leva em consideração os ganhos econômicos obtidos por meio das ações ligadas ao saneamento básico, principalmente relacionado à questão da saúde da população. Desta forma, a busca pela universalização da prestação dos serviços de saneamento nas

discussões atuais coloca-se como objetivo inadiável e principal desafio sobre o futuro (PAZ, *et al.*, 2021).

Soluções de saneamento básico constituem-se como essenciais para a sustentabilidade ambiental, preservação de recursos hídricos, qualidade de vida e desenvolvimento econômico. Ter acesso ao saneamento passou a constituir um direito essencial e a integrar políticas públicas (BRASIL, 2019).

2.2 Saneamento Básico no Brasil

No Brasil, por volta do século XVI, os Jesuítas apreciavam o estado de saúde impecável dos indígenas. No entanto, com a chegada dos colonizadores e escravos, houve uma propagação de várias doenças, as quais os nativos não tinham conhecimento e defesa imunológica. Dessa forma, surgiram preocupações sanitárias como limpeza de ruas, residências e quintais, e iniciaram a construção de fontes d'água para ser distribuída à população. No século XVIII, as famílias eram responsáveis pela remoção de dejetos e lixo. Chafarizes e fontes próprias eram utilizadas como abastecimento público de água e a responsabilidade de captação e distribuição das águas ficavam por conta das vilas (ALMEIDA, COTA, RODRIGUES, 2020).

No início do século XX, o médico, cientista e higienista Oswaldo Gonçalves Cruz, Diretor Geral de Saúde Pública do Governo Federal, iniciou no Rio de Janeiro uma luta tentando erradicar epidemias. Uma das medidas implantadas foi a desinfecção das moradias em áreas de focos. Utilizando o Instituto Federal como base de apoio técnico-científico, deflagrou campanhas de saneamento como o extermínio dos ratos, implantou medidas sanitárias com brigadas que percorreram casas, jardins, quintais e ruas para eliminar focos de insetos. Em poucos meses, a incidência de doenças diminuíram. Sua atuação provocou violenta reação popular, pois a maioria da população não acreditava que os animais pudessem transmitir doenças (ALMEIDA, COTA, RODRIGUES, 2020).

Já no Governo Militar, sancionou-se um decreto de lei que permitiu o extinto Banco Nacional de Habitação (BNH) a usar meios próprios e do FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço) para subsidiar o saneamento. No ano de 1971, o Plano Nacional de Saneamento (PLANSAN) foi instituído, tendo como base a autossuficiência, por meio de taxas e aportes baseados em mecanismos que fossem retornáveis. A partir de então separou as instituições que

eram responsáveis pela saúde e pelo saneamento básico (MARQUES, CANÇADO, SOUZA, 2021).

Logo após uma árdua batalha, em 2007, as cidades ganham o poder de administrar os serviços de saneamento básico, com o respaldo da Lei Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007), que estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico e foi atualizada pela Lei nº 14.026/2020 (CARTAXO *et al.*, 2020).

A Lei Federal nº 14.445/2007 em seu artigo 3º define saneamento básico como:

Art. 3º Para fins do disposto nesta Lei, considera-se:

I - saneamento básico: conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição;

b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reúso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente;

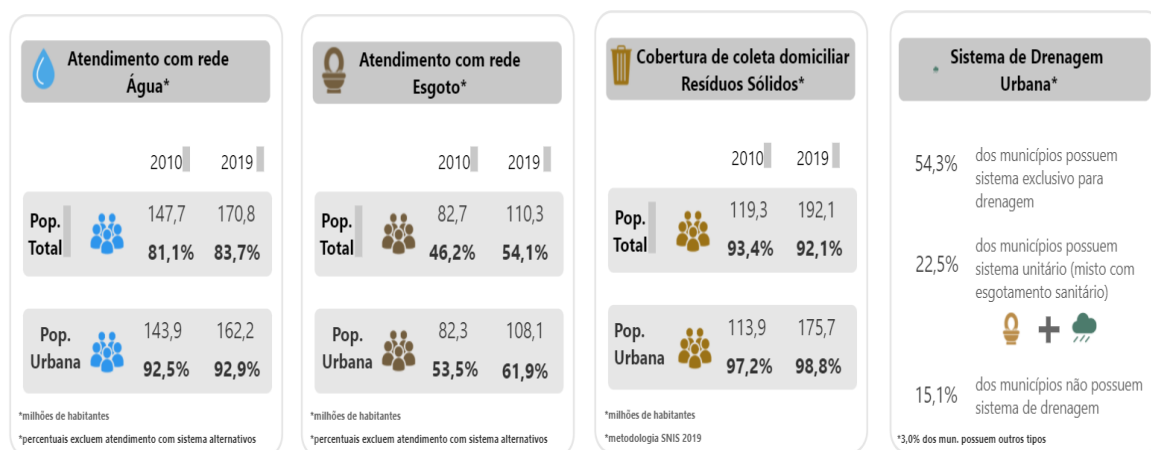
c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: constituídos pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana; e

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020).

Através dos dados coletados e estruturados pelo Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), é possível avaliar a evolução dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário (desde 1995), manejo de resíduos sólidos urbanos (desde 2002) e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (desde 2015). No ano de 2019, a população urbana brasileira que recebeu atendimento com redes de esgotos foi de 108,1 milhões de habitantes (FIG.1). É possível observar que o percentual da população brasileira que recebe atendimento dos serviços de esgotamento ainda é pequeno, quando comparada a outros

indicadores como rede de água, cobertura de coleta domiciliar de resíduos sólidos e ao sistema de drenagem urbana.

Figura 1 – Cobertura do Saneamento Básico no Brasil 2019



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento 2019

Diante dos dados apresentados na FIG.1, fica evidente o quanto o país precisa avançar para alcançar dados satisfatórios em relação à cobertura no atendimento à população ao acesso no saneamento básico. De acordo com Ohana (2020), isso ocorre principalmente devido às variações nos investimentos que se acentuaram a partir do ano de 2014, com a crise econômica e política brasileira.

2.3 Uma visão geral sobre o Saneamento Básico em Minas Gerais

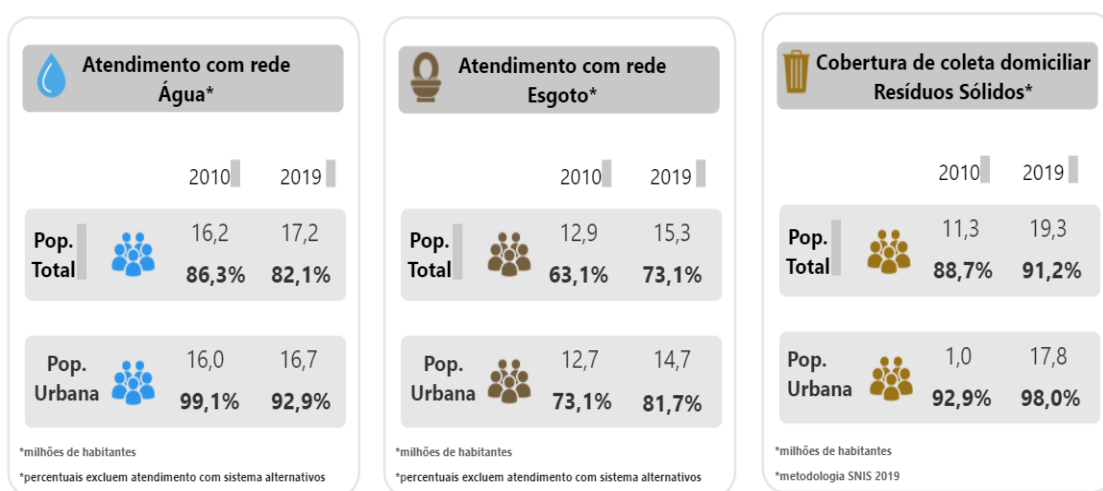
O estado de Minas Gerais, desde 1994, possui a Lei Estadual nº 11.720 que define a política de saneamento, na qual está previsto o Plano Estadual de Saneamento Básico de Minas Gerais (PESB-MG). Em relação a um posicionamento federal da época, tem-se que o Estado de Minas se adiantou com seu planejamento sobre a questão do saneamento básico. No entanto, os trâmites para início do PESB-MG começaram de fato a serem realizados apenas em 2015, o que mostra um atraso na implantação da política de fato (MARQUES, CANÇADO, DE CAMPOS SOUZA, 2021a).

Vários são os fatores que contribuem para o lento progresso na cobertura do saneamento básico em Minas Gerais: estrutura compartimentada e frágil do estado; falta de consenso na disposição das ações e informações dos responsáveis estaduais envolvidos no planejamento;

sobreposição de recursos técnicos e financeiros; além da falta de orientação e execução das atividades (MINAS GERAIS, 2016).

Pode-se observar na FIG.2 que, em 2019, o abastecimento de água em Minas Gerais necessitava de melhorias, visto que, 17,2% da população total não foram atendidas. Já em relação à rede de esgoto, o cenário mineiro é ainda mais desfavorável, apenas 73,1% da população é beneficiada com o serviço. Dentre os três eixos apresentados, nota-se que a cobertura de coleta domiciliar de resíduos sólidos é a que mais se destaca, atendendo 91,2% da população total, conforme dados do SNIS (2019).

Figura 2- Cobertura do Saneamento Básico em Minas Gerais 2019



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento 2019

2.4 Novo Marco Legal do Saneamento Básico

Denominado como Novo Marco Legal do Saneamento Básico, a Lei nº 14.026 de 2020 modifica dispositivos de legislações anteriores que diz respeito ao saneamento básico no Brasil (BRASIL, 2020b).

Buscando solucionar uma lacuna da Constituição Federal, o Novo Marco Legal do Saneamento Básico deixa de maneira clara a quem deve ser atribuída a titularidade dos serviços de saneamento básico no país, aos municípios e Distrito Federal, mas também podem ser delegadas a entes independentes. A regulação, a fiscalização e a prestação de serviços podem ser feitas por conjunto de municípios, por meio de Consórcios Públicos Intermunicipais e/ou

convênios de cooperação com entes federados, principalmente Estados. Outra mudança perceptível é a atribuição de novas competências a Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico – (ANA), passando a se tornar um órgão de expedição de normas (FERREIRA, 2021).

A ANA ao elaborar as normas, terá que verificar quais serão as principais práticas regulatórias do setor, realizar consultas e audiências públicas e criar uma ligação entre as entidades reguladoras e fiscalizadoras e as representativas municipais. Caberá à ANA, ainda, declarar a situação crítica de escassez quantitativa ou qualitativa de recursos hídricos em rios de domínio da União. Além de estabelecer e fiscalizar o cumprimento de regras de uso da água, a fim de assegurar os usos múltiplos durante a vigência da situação crítica de escassez. Por fim, o Ministério da Economia tem a autonomia de enviar servidores de órgãos e de entidades da administração pública federal para a agência (BRASIL, 2020).

Outra mudança importante que deve ser observada é a criação do Comitê Interministerial de Saneamento Básico (CISB) que estabelece a execução de obras de abastecimento de água e esgotamento sanitário como política federal no saneamento básico, além de acrescentar no princípio da universalização ao saneamento básico a efetiva prestação de serviços de maneira efetiva (FERREIRA, 2021).

Um ponto que vale salientar também em relação à Lei nº 14.026, é o que traz em seu Art. 10-B que trata dos contratos vigentes, determina que os mesmos estejam dependentes de verificação da capacidade econômico-financeira da prestadora, sendo que o prazo para universalização da área licitada passa a ser 31 de dezembro de 2033, nos termos do Art. 11-B. Dentro ainda da universalização que trata o artigo mencionado, fica estabelecido o atendimento de 99% do atendimento da população com serviço de abastecimento de água e 90% do atendimento a população com esgotamento sanitário (BRASIL, 2020).

É notória a insuficiência do serviço no Brasil em relação ao abastecimento de água e tratamento de esgoto frente à necessidade da população, mas não se pode atribuir essa deficiência exclusivamente a presença de empresas públicas na prestação do serviço. Com base nos valores investidos dos últimos 50 anos é possível constatar que o saneamento básico não foi até então uma preocupação com destinação de recursos (DRUMOND, 2020).

2.5 Sistemas de tratamento de esgoto

Quando se relaciona à preservação ambiental, o tratamento de esgoto é um ponto que traz muita preocupação. Lançar esgoto no corpo hídrico pode se caracterizar como uma ameaça à disponibilidade e qualidade hídrica (ROCHA, 2019).

Além da questão ambiental, outro fator que merece atenção e está diretamente relacionada com o lançamento de esgoto em corpos hídricos, são as doenças que podem afetar a população devido ao não tratamento da água. Carvalho *et al.* (2020) descrevem que é possível encontrar bactérias patogênicas nos esgotos que são despejados nos rios. Já Mendonça e Motta (2005) enunciam que doenças como cólera, infecções gastrintestinais, febre tifoide, poliomielite, amebíase, esquistossomose e shigelose estão como as principais doenças que têm relação com a poluição hídrica e falta de um correto tratamento dos esgotos. Tudo isso, corrobora com a ideia de que o acesso à água de boa qualidade e o tratamento de resíduos são fundamentais para garantia da saúde humana.

As técnicas de tratamento de esgoto consistem em várias maneiras, possuindo diferentes níveis, custos, eficiências e também demandando diferentes modos de implantação. Natureza e utilização do solo, grau de permeabilidade, profundidade do lençol freático, volume e taxa de renovação das águas superficiais e utilização, além de localização da fonte são fatores que devem ser considerados antes de definir um sistema de tratamento (ROCHA, 2019).

Os constituintes dos esgotos, como matéria orgânica e matéria inorgânica podem ser retirados por três diferentes meios: os físicos, químicos e biológicos. No processo físico predominam as forças físicas. Como muitos desses métodos envolvem a observação direta da natureza pelo homem, eles foram os primeiros a serem utilizados para tratamento de esgotos. Já nos processos químicos, a remoção de constituintes é efetuada por meio de compostos químicos ou de outras reações químicas. Em relação aos processos unitários biológicos, a remoção de constituintes é efetuada pela atividade biológica. O tratamento biológico é utilizado, primariamente, para remover substâncias orgânicas biodegradáveis, coloidais ou dissolvidas encontradas no esgoto. Basicamente, essas substâncias são convertidas em gases que possam escapar para a atmosfera e tecido celular biológico que pode ser removido por sedimentação, ou por qualquer outro processo de separação. O tratamento biológico é também utilizado para remover nitrogênio e fósforo do esgoto (ROCHA, 2019).

Dentre os métodos mais utilizados para tratamento secundário dos esgotos estão o lodo ativado, lagoa de estabilização e tratamentos anaeróbios.

De acordo com o QUADRO 1, Eddy e Metcalf (2016), pontuam sete níveis do tratamento de esgoto.

Quadro 1 - Níveis de Tratamento de esgoto

Níveis de Tratamento	Descrição
Preliminar	Remoção de constituintes, como trapos, galhos, flotáveis, areia e graxa, que possam causar problemas operacionais ou de manutenção às operações e aos processos de tratamento e sistemas auxiliares.
Primário	Remoção de parte dos sólidos suspensos e matéria orgânica do esgoto.
Primário Avançado	Remoção melhorada de sólidos suspensos e de matéria orgânica do esgoto. Tipicamente efetuada pela adição de compostos químicos ou filtração.
Secundário	Remoção de matéria orgânica biodegradável (em solução ou em suspensão) e sólidos suspensos. A desinfecção é, também, tipicamente incluída na definição de tratamento secundário convencional.
Secundário com Remoção de Nutrientes	Remoção de compostos orgânicos biodegradáveis, sólidos suspensos, e nutrientes (nitrogênio, fósforo ou ambos)
Terciário	Remoção de sólidos suspensos residuais (após tratamento secundário), usualmente por filtros granulares, filtros de pano ou microtelas. A desinfecção é, também, um componente típico do tratamento terciário. Remoção de nutrientes, é, geralmente, incluído nessa definição
Avançado	Remoção de materiais suspenso ou dissolvidos, que permanecem após tratamento biológico, quando requerido para aplicações diversas de reúso.

Fonte: Metcalf e Eddy (2016), adaptado pelos autores.

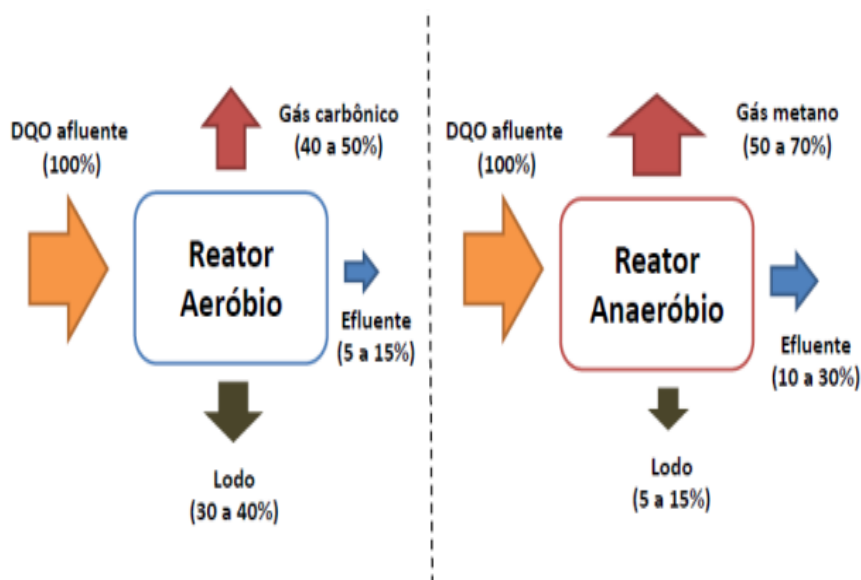
2.6 Tratamento anaeróbio

Neste estudo será tratado o modelo de tratamento anaeróbio utilizado na ETE Galego, que é um dos mais importantes e mais usuais no Brasil, sendo um dos países líderes no processo para o tratamento de efluentes por esse método. Um fator primordial que favorece tal tratamento é o clima, porém, em alguns casos esses sistemas não são eficazes a ponto de obedecer todas as normas da legislação ambiental vigente no país. Sendo assim, é necessário realizar um pós-tratamento para que a qualidade do esgoto tratado cumpra com todas as exigências (MACKENZIE, 2016).

Para um melhor entendimento dos processos anaeróbios de digestão são considerados dois fatores importantes: (1) as vantagens comparadas aos sistemas aeróbios e (2) a melhoria do desempenho dos sistemas anaeróbios usados nos dias atuais. A FIG. 3 demonstra que nos sistemas aeróbios a degradação biológica é de aproximadamente 40% a 50% da matéria

orgânica presente, o que é convertido em gás carbônico (CO_2). Com isso há uma integração da matéria orgânica como biomassa microbiana cerca de 30% a 40%, formando assim o lodo residual no sistema. Já nos sistemas anaeróbios há uma biodegradação da matéria orgânica de 50% a 70%. Um fator positivo é a formação da biomassa microbiana que corresponde a uma quantidade pequena de todo material orgânico, aproximadamente 5% a 15%, esse cenário forma o lodo excedente. Fazendo uma comparação entre os dois sistemas, o aeróbio comprova ser superior haja vista que do total demandado há uma saída de apenas 5% a 15% de efluente (CHERNICHARO, 2016).

Figura 3– Comparação entre os sistemas aeróbio e anaeróbio em relação à demanda bioquímica de oxigênio (DBO)



Fonte: CHERNICHARO, 2016.

Segundo Chernicharo (2016), no sistema anaeróbio praticamente todos os compostos orgânicos podem ser decompostos. Porém, esse processo se mostra mais eficiente e viável economicamente quando são facilmente biodegradáveis. O autor traz algumas vantagens do sistema anaeróbio como: baixo consumo de energia, custos operacionais muito baixos, pequena demanda de área, produção de metano, um gás combustível de elevado poder calorífico, baixo consumo de nutrientes, baixo custo de implantação. No entanto tem como desvantagens: remoção de nitrogênio, fósforo e patógenos insatisfatória, possibilidade de distúrbios devido a choques de carga orgânica e hidráulica, presença de compostos tóxicos ou ausência de

nutrientes, possibilidade de geração de maus odores e de problemas de corrosão, porém controláveis.

2.7 Sustentabilidade econômico-financeira e reaproveitamento de insumos gerados nas ETE'S

O conceito de sustentabilidade vem crescendo ao longo dos anos, uma vez que a sociedade começou a sentir os efeitos da ação humana sobre o meio ambiente, por isso tem-se aceitado e discutido ainda mais a necessidade de mudanças nos modelos de desenvolvimento. A construção de ETE'S com utilização de reatores anaeróbios no Brasil é um exemplo de desenvolvimento sustentável (SOUZA; DUARTE; TINÔCO, 2021).

De uma forma geral, o sistema de tratamento de esgoto anaeróbio produz os chamados subprodutos, a exemplo do biogás e o lodo. No Brasil, a destinação destes insumos são geralmente a queima ou direcionados a aterros, gerando uma preocupação em relação ao meio ambiente, pois o lodo produzido pelas ETE's é altamente contaminantes e, na maioria das vezes, não há um controle de descontaminação antes do seu destino final (ROSA *et al.*, 2016).

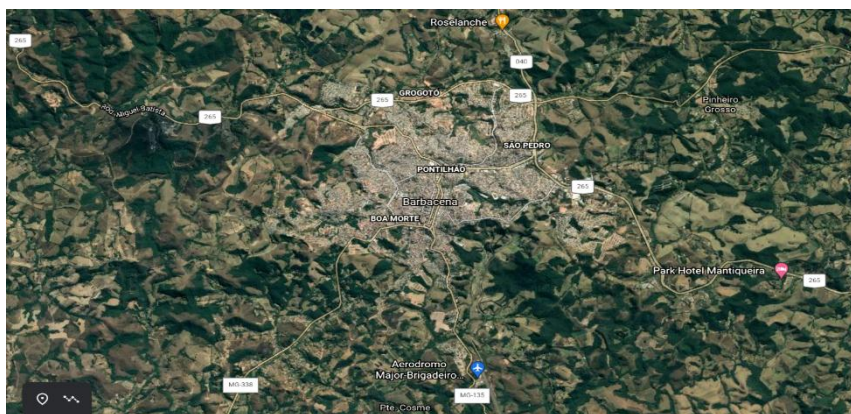
Uma forma de transformar um problema ambiental numa viabilidade econômica está no aproveitamento destes subprodutos tanto na agricultura ou como fonte de energia, tendo como exemplo países integrantes da União Europeia que já usam 41% do lodo produzido na agricultura e boa parte das ETE's com sustentabilidade energética própria, devido à utilização do biogás como combustível (ROSA, ANDRÉ PEREIRA *et al.*, 2016).

2.8 Estudo de Caso

2.8.1 Dados gerais do local de implantação da ETE

O município de Barbacena, conforme mostrado na FIG. 4, está localizado no Estado de Minas Gerais na Mesorregião Campo das Vertentes e Microrregião de Barbacena. A sede municipal de Barbacena dista 173 km de Belo Horizonte, capital do Estado. Com uma área territorial de 759,186 km², Barbacena faz limite com os municípios de Barroso, Carandaí, Ressaquinha, Santos Dumont, Antônio Carlos, Ibertioga, Desterro do Melo, Santa Bárbara do Tugúrio, Oliveira Fortes, São João Del Rei e Prados. Sendo suas coordenadas geográficas 21°13'33" S e 43°46'26" O (SAS, 2021).

Figura 4 – Imagem de Barbacena



Fonte: Google Earth, 2021

A temperatura média anual é da ordem de 18,0 °C, sendo a média das máximas de 24,4 °C e a média das mínimas de 13,8 °C. O índice médio pluviométrico anual está em torno de 1436,10 mm. Ocorrem duas estações climáticas, uma de setembro a março, caracterizada por temperaturas mais altas e maiores precipitações, outra de abril a agosto, período de inverno e estiagem (SAS, 2021).

Em termos percentuais, a topografia da cidade é representada por 15% plana, 55% ondulada e 30% Montanhosa. Os principais cursos d'água do município são o Ribeirão Caieiro que tem sua foz no Rio das Mortes que nasce em Barbacena e é afluente da margem direita do Rio Grande (SAS, 2021).

De acordo com dados do IBGE (2021), Barbacena possui uma população estimada em 139.061 habitantes sendo o 19º município mais populoso do Estado de Minas Gerais, possuindo densidade demográfica de 166,34 hab/km² em 2010. Possui 87.3% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 16.7% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 34.9% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

2.8.2 Sistema de esgotamento sanitário existente

De acordo com o Serviço de Água e Saneamento de Barbacena SAS (2021), o município é caracterizado em função de sua conformação topográfica e de seu sistema hídrico, por apresentar várias bacias de contribuição. A ocupação urbana de Barbacena se deu, preferencialmente pela ocupação dos pontos altos (cumeeiras dos morros). Resultante no equacionamento dos sistemas de afastamento e tratamento de esgotos, em diversas bacias de

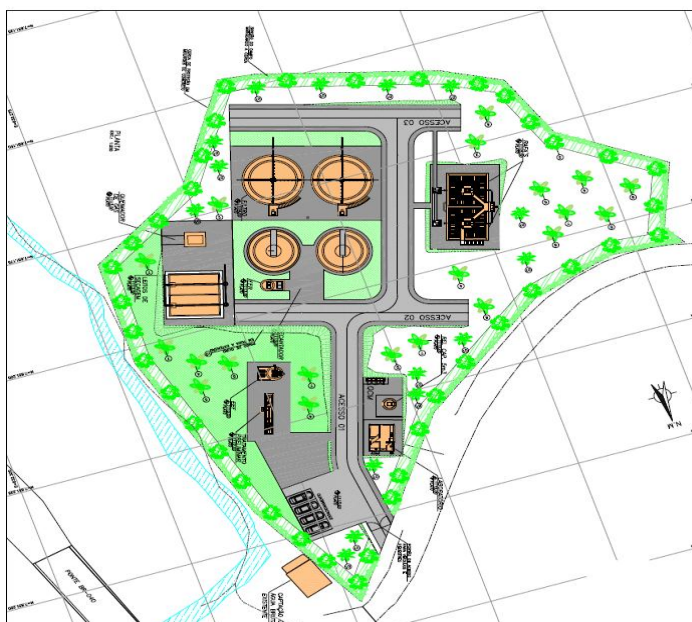
esgotamento e pequenas vazões de base dos córregos locais, fato este, que enseja a necessidade de sistemas de tratamento de esgotos de alta eficiência, para o atendimento dos preceitos legais. Em geral, no equacionamento de sistemas de afastamento e tratamento de esgotos de áreas urbanas, o sistema de coleta e afastamento é desenhado com base no escoamento natural local, não se aventando alternativas nestas unidades.

O sistema de esgotamento sanitário de Barbacena possui uma extensão de aproximadamente 148 km de rede coletora, sendo 75% em manilha cerâmica com diâmetro de 150 mm e 25% em tubo PVC ocre com diâmetro de 150 mm (SAS, 2021).

2.8.3 Projeto da estação de tratamento de esgoto Galego

De acordo com SAS (2013), o projeto da ETE Galego, conforme na FIG.5 contemplará a interceptação dos esgotos e ainda a implantação de uma nova Estação de Tratamento do tipo convencional, em concreto armado que irá beneficiar os bairros Ipanema, Nova Cidade, Jardim das Alterosas, Nova Suíça e Quintas da Mantiqueira.

Figura 5 - Planta Baixa ETE Galego.



Fonte: (SAS, 2021)

Inicialmente o plano previsto para o projeto seria de 20 anos, sendo:

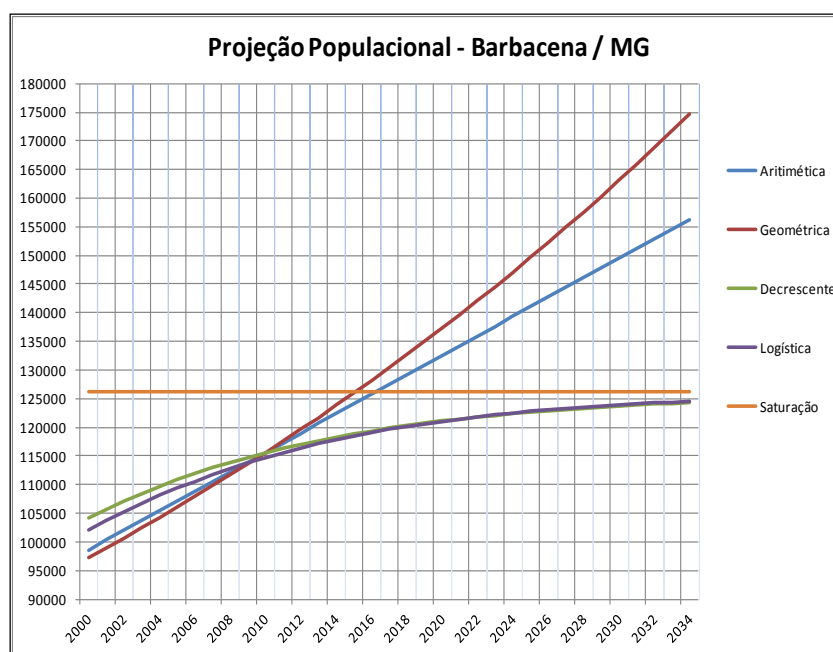
- a) Ano 2013 – Elaboração dos Projetos;

- b) Ano 2014 – Execução das Obras;
- c) Ano 2015 – Início de Plano (1º ano de operação do sistema);
- d) Ano 2024 – Primeira Etapa (Ano 10);
- e) Ano 2034 – Final de Plano (Ano 20).

Houve, entretanto, atrasos no início da execução das obras que se iniciaram de fato no ano de 2018 e, conseqüentemente, adiando a conclusão do projeto. Será considerado para desenvolvimento do projeto que 100% da população dos bairros contemplados serão atendidas pelo sistema projetado no final de plano.

De acordo com dados retirados do Censo 2010, a população dos bairros beneficiados pela ETE era de 6.683 habitantes. Para o dimensionamento da ETE Galego foi realizado um estudo populacional, conforme pode ser observado na FIG. 6, que traz a projeção populacional do município com base nas diferentes projeções populacionais estudadas.

Figura 6- Diferentes projeções populacionais estudadas



Fonte: (SAS, 2013).

A projeção aritmética ficou visualmente na média das demais projeções, apresentando valores compatíveis com as populações medidas, além de não apresentar uma população muito elevada ao final do plano para a sede de Barbacena. As taxas de crescimento do método aritmético serão utilizadas para o crescimento populacional dos bairros contemplados. A seguir, é apresentado na TAB. 1 as taxas de crescimento adotadas para a sede de Barbacena.

Tabela 1- Dados sobre a taxa de crescimento da sede de Barbacena

2010 a 2015	2015 a 2024	2024 a 2034
1,43%	1,30%	1,16%

Fonte: (SAS, 2013), adaptado pelos autores.

Já na FIG. 7 a projeção populacional a ser usada no projeto do sistema de esgotamento sanitário dos bairros em questão – Projeção Aritmética.

Figura 7- Projeção populacional para a área atendida pela ETE

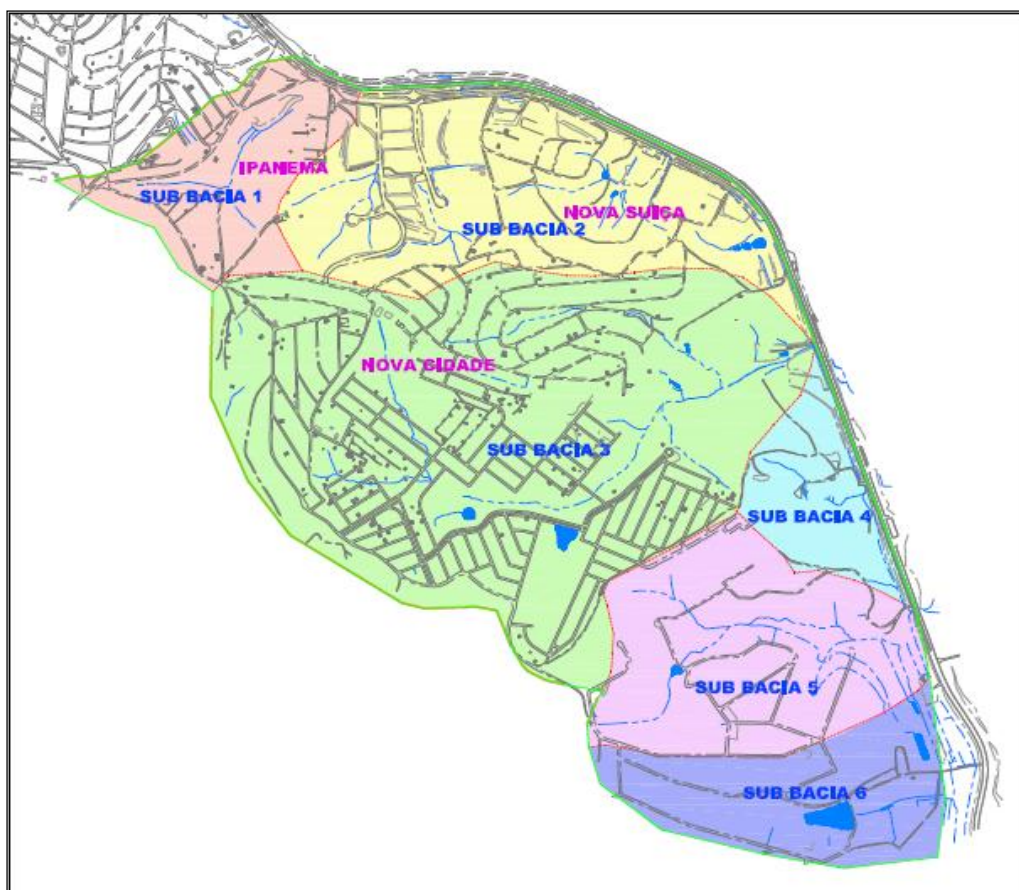
SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO - ETE GALEGO - BARBACENA MG														
QUADRO 3.4 - Evolução Populacional														
IBGE				taxas geométricas anuais										
2010	2015	2024	2034	2010/2015	2015/2024	2024/2034								
115.568	124.055	139.330	156.304	1,43	1,30	1,16								
<table><tr><th colspan="2">Taxas adotadas (%):</th></tr><tr><td>ano 2010 a 2015</td><td>1,43</td></tr><tr><td>ano 2015 a 2024</td><td>1,30</td></tr><tr><td>ano 2024 a 2034</td><td>1,16</td></tr></table>							Taxas adotadas (%):		ano 2010 a 2015	1,43	ano 2015 a 2024	1,30	ano 2024 a 2034	1,16
Taxas adotadas (%):														
ano 2010 a 2015	1,43													
ano 2015 a 2024	1,30													
ano 2024 a 2034	1,16													
EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO			Projeto Obras											
Ano	População	Alcance												
2010	6.683													
2011	6.778													
2012	6.875													
2013	6.973													
2014	7.073													
2015	7.174	1												
2016	7.267	2												
2017	7.362	3												
2018	7.457	4												
2019	7.554	5												
2020	7.652	6												
2021	7.751	7												
2022	7.852	8												
2023	7.954	9												
2024	8.057	10												
2025	8.150	11												
2026	8.244	12												
2027	8.340	13												
2028	8.436	14												
2029	8.534	15												
2030	8.632	16												
2031	8.732	17												
2032	8.833	18												
2033	8.935	19												
2034	9.039	20												

Fonte: (SAS, 2013).

2.8.4 Sub-bacias contribuintes

Para concretização do projeto foram identificadas em campo (seis sub-bacias), contribuintes dos bairros Ipanema, Nova Cidade, Jardim das Alterosas, Nova Suíça e Quintas da Mantiqueira na cidade de Barbacena (FIG. 8). A bacia principal dos bairros contemplados é a do Córrego Pinheiro Grosso. Assim a caracterização das sub-bacias de esgotamento se deu levando-se em conta os divisores naturais e limites físicos como ruas e avenidas (SAS, 2021).

Figura 8 - Sub-bacias contribuintes



Fonte: (SAS, 2021).

2.8.5 Concepção do sistema

De acordo com SAS (2021), a solução proposta para o Sistema de Esgotamento Sanitário dos bairros Ipanema, Nova Cidade, Jardim das Alterosas, Nova Suíça e Quintas da Mantiqueira na cidade de Barbacena será constituído pelo sistema de interceptação dos esgotos e por um único sistema de tratamento. Os recursos para concretização do projeto foram oriundos do antigo Ministério das Cidades, extinto desde 2019 substituído pelo Ministério do Desenvolvimento Regional, totalizando um investimento de R\$ 4.731.419,45.

Destes, R\$ 390.367,62 foram destinados aos serviços preliminares, R\$ 1.251.147,94 à rede do interceptor, R\$ 200.992,58 para conclusão da estação elevatória e R\$ 2.888.911,31 para a estação de tratamento propriamente dita.

Serão implantados interceptores secundários do Córrego Recreio margem direita e margem esquerda para a coleta dos esgotos da sub-bacia 3 e um interceptor principal do Córrego Pinheiro Grosso que encaminhará todo o efluente até o tratamento preliminar da Estação de Tratamento Galego às margens do córrego.

Na área da Estação de Tratamento será implantada uma unidade de recalque dos esgotos (Estação Elevatória Final) encaminhando os efluentes ao início do tratamento.

Quanto ao sistema de tratamento a ser utilizado, tendo em vista o tamanho das áreas disponíveis, o mesmo deverá ser constituído de unidades para tratamento tanto em nível primário quanto a nível secundário; o sistema prevê interligação de todas as unidades de tratamento (SAS, 2021).

2.8.6 Estação de Tratamento de Esgoto

De acordo com (SAS, 2013), o sistema de tratamento de esgoto adotado foi definido de forma a atender requisitos básicos como qualidade do efluente final de acordo com a legislação ambiental, custos compatíveis com a realidade da cidade, simplicidade operacional e demanda de área compatível com os locais disponíveis para a implantação da estação de tratamento. Dessa forma, o projeto é composto por nove unidades conforme apresentado a seguir.

2.8.6.1 Tratamento preliminar

O conjunto tratamento preliminar será composto de gradeamento e desarenador instalados em linha com condições de retirar todos os materiais grosseiros e sólidos finos carregados junto com o efluente (FIG.9). As grades são os primeiros equipamentos instalados nas plantas de tratamento de esgotos, com a finalidade de remover sólidos, como areia e lixo que podem ocasionar problemas nos equipamentos subsequentes nas várias etapas do processo.

Depois do gradeamento o efluente passará pelo desarenador onde será removida toda areia do esgoto. A areia é o material encontrado nos esgotos de maior dificuldade para remoção e manuseio.

Figura 9 - Tratamento preliminar



Fonte: Os autores, (2021).

2.8.6.2 Estação elevatória final

A estação Elevatória Final – EEF projetada possui vazão diária de 27,45 L/s altura manométrica de 12,18m, além de duas bombas, sendo uma principal e outra rodízio/reserva (FIG.10) (SAS, 2013).

Figura 10 – Estação elevatória



Fonte: Os autores (2021).

2.8.6.3 Reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB)

O reator UASB – *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* – é um reator anaeróbio de fluxo ascendente de alta eficiência. Trata-se de um modelo de reator totalmente fechado, onde o

tratamento biológico é feito pelo processo anaeróbio sem a presença de oxigênio. O esgoto é direcionado para base do reator passando por uma manta de microrganismos anaeróbios ocorrendo o afastamento da matéria orgânica. Logo após do tratamento o efluente é coletado por calhas instaladas na parte superior do reator, tal processo requer uma área para sua instalação, que pode ser de pequeno porte - fato que favorece quando não há uma disponibilidade de grandes áreas. Por ser um tratamento fechado existe a presença de gases coletados pelos queimadores (MENDONÇA *et al.*, 2017).

De acordo com SAS (2013), serão duas unidades do reator UASB com tempo de detenção de 8 horas para a vazão máxima, altura útil de cinco metros e de formato quadrado (FIG.11).

Figura 11 – Reator anaeróbio



Fonte: Os autores (2021).

2.8.6.4 Queimador de gás

O biogás gerado no processo de tratamento de esgoto, no Brasil, é captado e conduzido para queimadores que são equipamentos que promovem a destruição de elementos por meio de combustão. De certa forma, os queimadores controlam a combustão de efluentes que possam ser prejudiciais e tóxicos à saúde humana e ao meio ambiente. Na ETE Galego serão utilizados queimadores abertos, que são os tipos mais utilizados para combustão de gases provenientes de aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto (FIG.12) (KAMINSKI, 2020).

Figura 12 – Queimador de gás



Fonte: Os autores (2021).

2.8.6.5 Filtro biológico percolador

Os Filtros Biológicos Percoladores de alta taxa - taxas entre 20 e 30 m³/m²/dia - são recomendáveis prevendo-se, como segurança adicional, uma recirculação do efluente tratado, de forma a manter o leito biológico sempre molhado, principalmente nos períodos de baixa ocorrência de vazão afluente a ETE - durante a noite.

Essas unidades consistem de um leito de material de enchimento sobre o qual se espalha o esgoto a ser tratado. Na superfície deste material de enchimento aderem-se os microrganismos que farão a depuração da matéria orgânica solúvel do esgoto.

Na base do material de enchimento são construídos sistemas de drenagem para a coleta do esgoto tratado e dos sólidos biológicos excedentes que se desprendem do biofilme que vai se acumulando na superfície do enchimento. Este sistema de coleta também permite a aeração natural através da circulação do ar ambiente através do enchimento, o que garante a existência de aerobiose (SAS, 2013).

O projeto estudado é composto por duas unidades de filtro biológico percolador, conforme pode ser observado na FIG. 13, com diâmetro do tanque de 8 metros e profundidade

do meio de suporte de 2 metros, além disso, existe ainda o distribuidor rotativo equipamento que tem por finalidade executar o trabalho de distribuição de fluxo de efluente nos filtros biológicos (SAS, 2013).

Figura 13 – Filtro biológico percolador



Fonte: Os autores (2021).

2.8.6.6 Decantador secundário

De acordo com SAS (2013), o tanque de decantação possui uma geometria cilíndrica, formado por duas unidades com diâmetro de 7 metros, altura lateral de 3,30 metros e inclinação de fundo do tanque de 1:12. Possui fundo cônico, uma canaleta periférica de coleta e uma coluna central rodeada por um poço central de coleta (FIG. 14). É também conhecido como clarificador, pois além de remover o lodo, ele libera o efluente isento de lodos, denominado efluente clarificado.

O lodo mais pesado sedimenta, isto é, vai para o fundo da bacia, onde é conduzido para o poço central de remoção, que possui uma tubulação de descarte. O lodo mais leve flota, isto é, vai para a superfície do efluente, onde é retido por um sistema de cortina contínua e conduzido às caixas coletoras posicionadas na periferia interna do tanque, que possuem uma tubulação de descarte (SAS,2013).

O efluente clarificado é conduzido a uma calha contínua periférica externa ao tanque, controlado por um sistema de vertedores lineares, e encaminhado ao sistema por uma tubulação qualquer.

Figura 14 – Decantador secundário

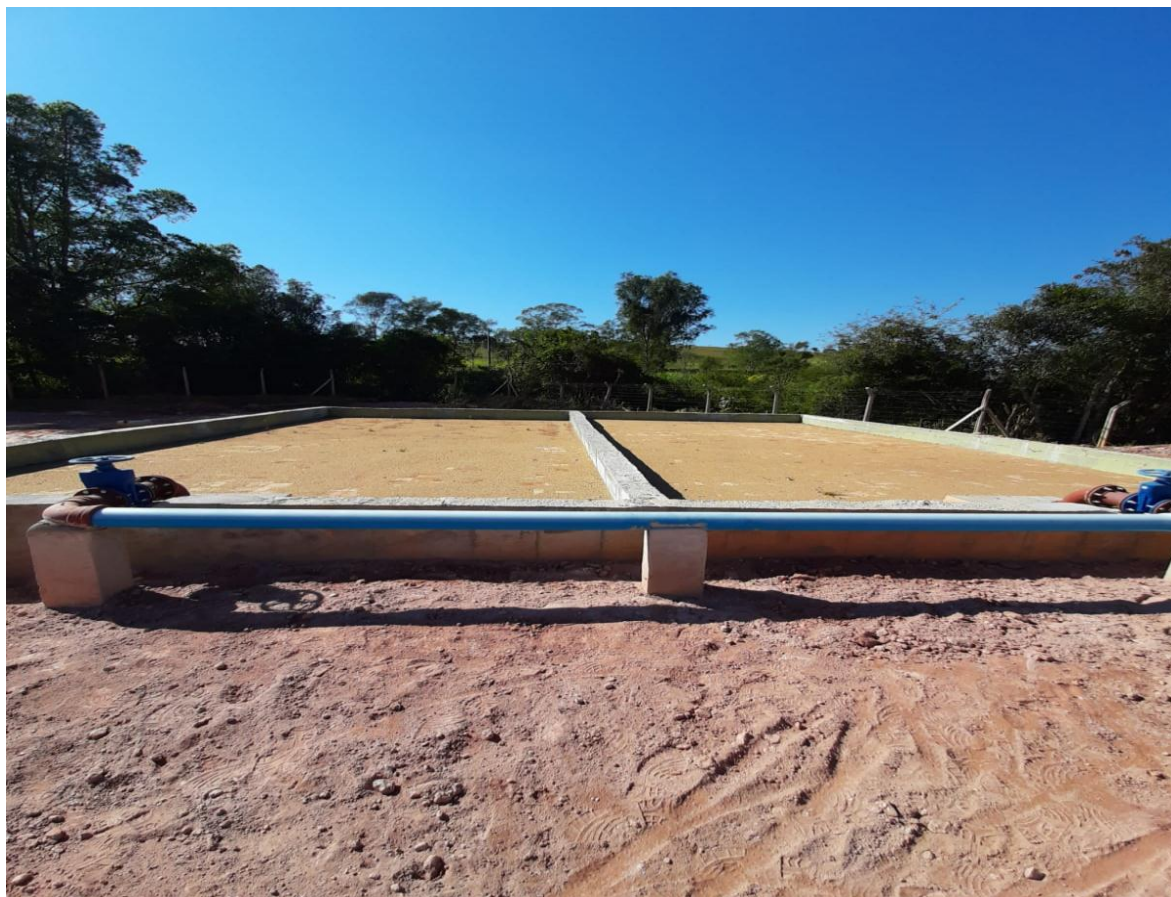


Fonte: Os autores (2021).

2.8.6.7 Leitos de secagem do lodo

No sistema da ETE Galego, o leito de secagem é a unidade destinada à desidratação final do lodo estabilizado gerado no reator e nos filtros (FIG.15). É composto por um módulo construído com material poroso e dreno do percolado no fundo. O lodo é disposto no módulo até uma altura máxima de 30 cm e depois de seco (umidade inferior a 60%), que ocorre em média em 20 dias. Passado o período de desidratação, o lodo é removido e destinado ao aterro sanitário (SAS, 2013).

Figura 15 – Leitos de secagem do lodo



Fonte: Os autores (2021).

2.8.6.8 Laboratório/administração

Destinado a serviços administrativos e apoio aos operadores. Será composto de uma sala para laboratório propriamente dito, equipada com bancada de granito e bojo profundo, armários em laminado e instalações adequadas ao fim que se destina, além de uma copa e banheiro (SAS, 2021).

2.8.7 Consumo por ano de água tratada nos bairros de abrangência do projeto

Levando em consideração o número de ligações nos bairros estudados, o total consumido por ano foi de 319.599 m³. Na TAB. 2 é possível observar a relação dos bairros por consumo e volume faturado.

Tabela 2 – Relação de consumo de água tratada por m³

Bairro	Nº de ligações	Nº de economias residenciais	Imóveis comerciais	Imóveis industriais	Consumo m³ (ano)	Volume faturado (ano) m³
IPANEMA	583	638	19	4	71889	122614
NOVA CIDADE	1519	1585	10	0	160142	306875
QUINTAS DA MANTIQUEIRA	28	28	0	0	2496	5150
NOVA SUIÇA	590	701	9	1	72885	130444
JARDIM DAS ALTEROSAS	85	92	1	0	12187	17003
TOTAL	2805	3044	39	5	319.599	582.086

Fonte: Adaptado (SAS, 2021)

2.8.8 Método de cobrança de água tratada e esgoto

De acordo com a Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento Básico de Minas Gerais (ARISB, 2021), é possível observar na FIG. 16 os valores da última revisão tarifária de água e esgoto para os serviços prestados pelo SAS, aplicados no município de Barbacena. Há de se ressaltar que os valores mostrados na tabela referentes ao esgoto incumbem apenas os custos com coleta, excetuando-se custos com tratamento.

Figura 16 - Valores de tarifas aplicadas

SERVIÇO MEDIDO	RESIDENCIAL	COMERCIAL (GRUPO 1)	COMERCIAL (GRUPO 2)
Faixa de consumo (m³)	Valores em R\$ por m³	Valores em R\$ por m³	Valores em R\$ por m³
Até 12	3,1312	5,2264	8,3345
13 a 15	3,7989		
16 a 20	5,2264		
21 a 25	6,7952		
26 a 30	8,3345	8,3345	8,6800
31 a 40	8,6800	8,6800	
41 a 50	10,0612	10,0612	10,0612
51 a 75	11,1665	11,1665	11,1665
76 a 100	12,4557	12,4557	12,4557
Acima de 100	15,0574	15,0574	15,0574
Tarifas Mínimas			
Classe	Água (R\$)	Esgoto (R\$)	Total (R\$)
Residencial até 12 m³	37,5742	18,7871	56,3613
Comércio grupo 1 (até 16 m³)	83,6220	41,8110	125,4329
Comércio grupo 2 (até 30 m³)	250,0335	125,0168	375,0503

Fonte: Adaptado (ARISB, 2021).

Segundo SNIS (2021), as tarifas cobradas e a política tarifária são de responsabilidade dos prestadores e da definição das entidades reguladoras. Conforme descrito na Lei n.º 11.445/2007, é objetivo da regulação a definição das tarifas que assegurem o equilíbrio

econômico e financeiro dos contratos como a modicidade tarifária, mediante mecanismos que induzam a eficiência e eficácia dos serviços e que permitam a apropriação social dos ganhos de produtividade.

O serviço de saneamento da região Noroeste do município de Barbacena é de responsabilidade da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA - que é regulada pela Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento do Estado de Minas Gerais (ASRAE-MG) de acordo com a Lei Federal 11.445/2007, regulamentada pelo decreto 7.217/2010, e com a Lei Estadual 18.309/2009, atualizada pela Lei 20.822/2013. Nessa região a tarifa do prestador para coleta e tratamento de esgoto é de 97,5% EDT - Esgoto dinâmico coletado e tratado - da tarifa de água tratada.

2.8.9 Custo de operação e manutenção da ETE – GALEGO

De acordo com Trennepohl, Soares e Kossatz (2017), os custos de operação e manutenção constituem-se como conjunto de tarefas para gerenciar uma empresa que opera em atividades do ramo do saneamento básico, como o tratamento de esgoto. Os custos de operação e manutenção incluem todas as atividades necessárias ao funcionamento diário da estação de tratamento de esgoto como pessoal, além de níveis gerencial, operacional, laboratorial, consumo de energia e água, veículos, substituição e manutenção de equipamentos, produtos e reagentes químicos para análises laboratoriais, transporte e disposição final de resíduos (ROSA, RODRÍGUEZ, JIMENEZ 2016).

No QUADRO 2, pode-se observar quatro grandes grupos de custos presentes na operação e manutenção da ETE, de acordo com (TRENNEPOHL; SOARES; KOSSATZ, 2017; RUÍZ-ROSA; GARCÍA-RODRÍGUEZ; MENDOZA-JIMÉNEZ, 2016).

Quadro 2- Divisão dos grupos de custos de operação e manutenção da ETE

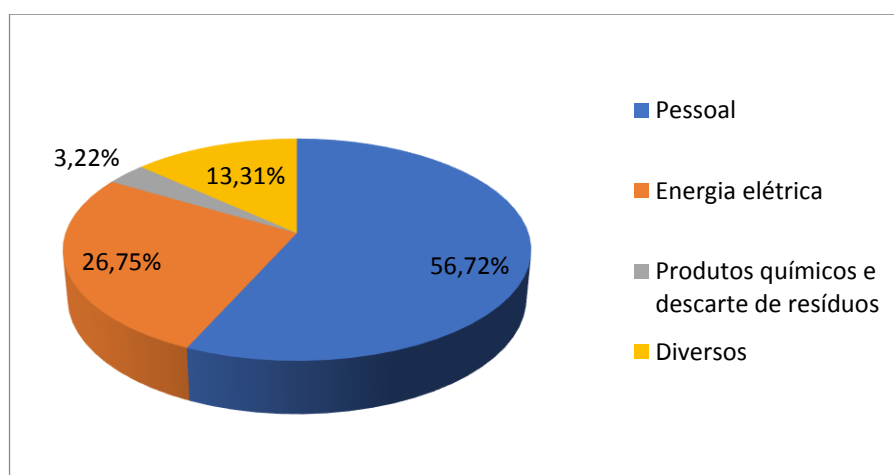
Grupo	Descrição
Pessoal	Equipe gerencial e administrativa; Equipe operacional; Equipe Laboratorial; contratos de zeladoria, jardinagem e segurança.
Energia elétrica	Fatura de energia elétrica.
Produtos químicos e descarte de resíduos	Produtos químicos; transporte e disposição final dos resíduos sólidos (lodo, areia e sólidos grosseiros).
Diversos	Aquisição de equipamentos e materiais diversos; fatura de água; reagentes químicos (laboratório).

Fonte: Adaptado de Trennepohl; Soares; Kossatz, 2017.

Para cálculos do custo de operação e manutenção foi levado em consideração valores encontrados em uma ETE com vazão e sistema de tratamento semelhante a do presente estudo com reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB), uma vez que a ETE estudada ainda não está em operação impossibilitando assim uma coleta fidedigna de dados.

Conforme Souza, Duarte, Tinôco (2021), observando o GRÁFICO 1, nota-se que 83,5% total dos custos referem-se ao pessoal e ao consumo energético em todos os meses analisados, sendo assim, os maiores componentes no custo total. O consumo com custos diversos representam 13,31% e os custos com produtos químicos e descartes de resíduos 3,22%.

Gráfico 1 - Percentual da composição total de custos por item



Fonte: Adaptado (SOUZA, DUARTE, TINÔCO 2021)

Ainda de acordo com Souza, Duarte, Tinôco (2021), durante o período analisado, o maior custo com operação e manutenção por metro cúbico mensal de esgoto tratado foi de R\$ 0,38 no ano de 2018. Usando como base o IGP-M através dos dados do Banco Central para correção deste valor obteve-se o recurso atualizado de R\$ 0,58 para 2021.

Sabe-se que nos bairros estudados a média do volume de água tratada consumida por mês é da ordem de 26633 m³ e aproximadamente 10,2 L/s por dia (SAS, 2021). Levando-se em consideração que o volume de esgoto que será tratado na ETE é o volume de água consumida, desta forma o custo mensal será de aproximadamente R\$ 15.447,14.

2.8.10 Faturamento de água e esgoto dos bairros estudados

Observa-se na TAB. 3 que o faturamento médio de água tratada nos bairros estudados no último ano foi estimado em R\$ 165.393,06. Levando-se em consideração o consumo em m³ disponível na TAB. 2 e o valor final faturado, é possível constatar uma discrepância entre esses dois indicadores. O principal motivo está diretamente ligado à característica socioeconômica dos bairros estudados, onde se prevalece a aplicação de tarifa mínima.

Tabela 3– Faturamento médio de água tratada no último ano

Bairro	Imóveis residenciais	Imóveis comerciais	Imóveis industriais	Total
Ipanema	R\$ 43.048,69	R\$ 908,81	R\$ 650,43	R\$44.607,93
Nova Cidade	R\$ 75.857,22	R\$ 843,94	R\$ 0,00	R\$76.701,16
Quintas da Mantiqueira	R\$ 1.051,96	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1.051,96
Nova Suíça	R\$ 38.346,20	R\$ 479,25	R\$ 375,06	R\$ 39.200,51
Jardim das Alterosas	R\$ 3.456,44	R\$ 375,06	R\$ 0,00	R\$ 3.831,50
				R\$ 165.393,06

Fonte: Adaptado, (SAS 2021).

De acordo com ARISB (2021), para SAS Barbacena a tarifa referente à prestação dos serviços de Esgotamento Sanitário é de 50% do valor da tarifa de água, sem distinção entre os tipos de economias.

Conforme apresentado na TAB. 4 o valor atualmente faturado de esgoto para os bairros estudados é de R\$ 82.696,53 mensais.

Tabela 4- Valor atual faturado de esgoto

Faturamento total de água tratada (mês)	Porcentagem sobre a água tratada	Valor faturado de esgoto (mês)
R\$ 165.393,06	50%	R\$ 82.696,53

Fonte: Adaptado (SAS, 2021)

2.8.11 Estimativa do faturamento com tratamento do esgoto após início de operação da ETE – GALEGO

Tomando como base o percentual de 97,5% aplicado atualmente no município de Barbacena pela COPASA para coleta e tratamento de esgoto sobre a água tratada, conforme observado na TAB. 5, o valor faturado de esgoto mensal será de aproximadamente R\$ 145.811,09, considerando a vazão diária calculada de 10,2 L/s, já aplicados os gastos com custos operacionais que englobam despesas com pessoal, energia elétrica, produtos químicos e descarte de resíduos além de custos diversos.

Tabela 5 – Valor faturado de esgoto após início de operação da ETE

Faturamento com água tratada (mês)	Porcentagem sobre a água tratada	Custos operacionais (mês)	Valor faturado de esgoto (mês)
R\$ 165.393,06	97,50%	R\$ 15.447,14	R\$ 145.811,09

Fonte: Os autores (2021)

A vazão de tratamento projetada para a ETE Galego é de 27,45 L/s por dia. Dessa forma, operando em sua capacidade de projeto e com custo operacional de R\$ 41.570,98 de acordo com a TABELA 6 o valor mensal faturado de esgoto ficaria acrescido de R\$ 246.592,29 elevando substancialmente sua viabilidade econômica.

Tabela 6 – Valor faturado de esgoto considerando a capacidade projetada da ETE

Faturamento com água tratada (mês)	Porcentagem sobre a água tratada	Custos operacionais (mês)	Valor faturado de esgoto (mês)
R\$ 445.101,91	97,50%	R\$ 41.570,98	R\$ 392.403,38

Fonte: Os autores (2021)

2.8.12 Estimativa do tempo de retorno de investimento do projeto

A análise do critério econômico para cada alternativa foi realizada por meio do tempo de retorno do investimento (*payback*) descontado. O tempo de retorno descontado é o período de tempo (meses ou anos) necessário para recuperar o investimento, considerando os efeitos de composição de juros do mercado durante a análise do projeto, ou seja, indica quanto tempo é necessário para que os benefícios se igualem aos investimentos (OLIVEIRA *et al.*, 2020). A taxa de juros adotada foi a Selic correspondente ao mês de outubro de 2021 a 6,25 % a.a.

Na TABELA 7 pode-se observar o tempo de retorno estimado considerando a ETE com vazão diária de tratamento de 10,2 L/s e também com a vazão projetada de 27,45 L/s.

Tabela 7 – Tempo de retorno do investimento

Vazão (L/s)	TMA anual (Selic %)	Investimento inicial (R\$)	Projeção do lucro mensal (R\$)	TIR (mensal %)	Tempo de retorno (meses)
10,2	6,25	4.731.41,45	63.114,56	0,81	95
27,45	6,25	4.731.419,45	169.852,42	3,07	33

Fonte: Os autores (2021)

Para obtenção do *payback* deve ser aplicado aos cálculos a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) usada como parâmetro para definir a rentabilidade mínima esperada do investimento, que pode ser baseada na taxa de juros básica da economia (Selic) e Taxa Interna de Retorno (TIR) que é um índice que indica a rentabilidade de um investimento em um determinado período de tempo.

3 CONCLUSÃO

Embora seja de extrema importância para a qualidade de vida humana, o saneamento básico ainda é um grande desafio na atualidade. O acesso aos serviços de saneamento é uma vertente que deve ser amplamente discutida, buscando integrar projetos para que se concretizem o acesso ao serviço. Com vistas a assegurar a qualidade e eficiência na prestação, manutenção e operação dos sistemas de saneamento básico, a Lei 14026/2020 atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico, ainda determina prazos para cumprimento de metas de ampliação e universalização da cobertura.

O objeto deste estudo nos traz a importância de se ter um planejamento bem elaborado buscando atender a vários critérios de desempenho. O dimensionamento é um fator crucial, ligado a isso o local de implantação deve ser criteriosamente estudado. Dessa forma, o projeto cumprirá seu papel em atender o maior número de economias de uma maneira otimizada.

Por meio deste, foram analisados dois cenários levando em consideração a capacidade de projeto da ETE e a real produção de esgoto dos bairros estudados. Observou-se que para a capacidade diária de esgoto gerado nos bairros de aproximadamente 10,2 L/s, a estrutura demonstrou ser superdimensionada, uma vez que sua capacidade de tratamento é muito superior ao total de efluente produzido nos bairros, gerando um tempo de retorno do investimento maior, cerca de 8 anos. Na contramão, operando em sua real vazão de projeto 27,45 L/s por dia, o tempo de retorno seria de aproximadamente 3 anos.

Dito isso, o estudo nos revela a necessidade de novas redes serem interligadas a fim de aumentar o volume de esgoto a ser tratado e consequentemente gerar uma maior receita, aumentando a viabilidade econômica financeira do projeto. O aumento da receita ainda poderia ser complementado com o reaproveitamento dos insumos produzidos pela ETE como o gás e o lodo, a reutilização desses subprodutos além de garantir uma correta disposição final de resíduos minimiza impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. S.; COTA, A. L. S.; RODRIGUES, D. F. **Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana**. *Ciência & Saúde Coletiva* 2020, v. 25, n. 10 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-812320202510.30712018>. Acesso em: 9 out. 2021.
- ARISB-MG – Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento Básico de Minas Gerais. **Nota Técnica 160/2021**. Belo Horizonte, 2021.
- BARBACENA, SAS- Serviço De Água E Saneamento. **Memorial Descritivo e Especificações Técnicas de Obras e Serviços**. 2013.
- BARBACENA- SAS- SERVIÇO DE ÁGUA E SANEAMENTO .Memorial descritivo e especificações técnicas de obras e serviços. BARBACENA, 2013.
- BRASIL, Lei nº 14.026, de 26 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, 15 jul. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 14 set. 2021.
- BRASIL. Ministério da Saúde; Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural**, 2019. Disponível em:
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília: SNS/MDR, 2020. 183 p.: il.
- BRUM, M. M.; SANAGIOTTO, D. G.; MARQUES, M. G. **Análise de características hidráulicas e parâmetros geométricos de estações elevatórias de esgoto**. 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/184420/001078984.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 out. 2021.
- CARTAXO, Amanda da Silva Barbosa *et al.* **Contaminantes emergentes presentes em águas destinadas ao consumo humano: ocorrência, implicações e tecnologias de tratamento**. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 8, p. 61814-61827, 2020.
- CARVALHO, Lucia. Silva *et al.* **Análise dos aspectos epidemiológicos da cólera no Brasil: Um estudo da última década**. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 3, n. 5, set/out. 2020, p. 13996-14007.
- CHERNICHARO, C. A. de L. **Reatores anaeróbios**. 2ª ed. ampliada e atualizada. Belo Horizonte: DESA – UFMG, 2016, v. 5, 379 p. ISBN 9788542301724.
- CNBB - CONFERÊNCIA NACIONAL DOS BISPOS DO BRASIL. **Casa Comum, nossa responsabilidade**. Texto Base. Editora CNBB, 2015.
- DÍAZ, R. R. L.; NUNES, L. R. **A evolução do saneamento básico na história e o debate de sua privatização no Brasil**. *Revista de Direito da Faculdade Guanambi* v.7, núm.2, pp. 1-23,

2020. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/6080/608065705003/html/> Acesso em: 09 out. 2021.

DRUMMOND, Carlos. **Novo marco regulatório tem potencial para aprofundar as desigualdades**. Carta Capital, São Paulo, 8 jul. 2020. Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/economia/novo-marco-regulatorio-tem-potencial-para-aprofundar-as-desigualdades/> . Acesso em: 15 set. 2021.

EDDY, H. P.; METCALF, L. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5. ed. Nova Iorque: Mc Graw Hill, 2016. 2008 p.

FERREIRA, Matheus Henrique Souza. **Novo marco legal do saneamento: uma análise das inovações à luz da lei no 14.026/2020**. 2021.

FREITAS, Neurisangelo Cavalcante *et al.* **Proposta de um sistema de apuração de custos para empresas de saneamento: um estudo de caso na companhia de água e esgoto do Ceará – Cagece**. In: Congresso Brasileiro De Custos, 16., 2009, Fortaleza. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/issue/view/5>. Acesso em: 18 out. 2021.
http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf/08d94216-fb09-468e-ac98-afb4ed0483eb. Acesso em: 09 out. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia e Estatísticas. Rio de Janeiro, 2021. **População**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/barbacena/panorama>. Acesso em 07 out. 2021.

INCT ETE’S Sustentáveis. **Principais métodos de tratamento de esgoto**. 19 de ago. 2019. Disponível em: <https://etes-sustentaveis.org/metodos-tratamento-de-esgoto/> . Acesso em: 16 set. 2021.

KAMINSKI, Giovana Fagundes. **Avaliação in-situ da eficiência de queimadores enclausurados de biogás em ETE’s no Paraná**. Curitiba, 2020. Disponível em: <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/trabalhoConclusaoWS?idpessoal=76595&idprograma=40001016075P3&anobase=2020&idtc=18>. Acesso em: 08 out. 2021.

MACHADO, G. C. X.M.P.; MACIEL, T. M. F. B.; THIOLLENT, M. **Uma abordagem integral para Saneamento Ecológico em Comunidades Tradicionais e Rurais**. Ciência & Saúde Coletiva 2021, v. 26, n. 4.

MACKENZIE, Davis. **Tratamento de águas para abastecimento e residuárias**. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2016. E-book. Disponível em: [https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595155633/epubcfi/6/50\[%3Bvnd.vst.idref%3Dcap-11.xhtml\]!/4\[texto-15\]](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595155633/epubcfi/6/50[%3Bvnd.vst.idref%3Dcap-11.xhtml]!/4[texto-15]). Acesso em: 05 out. 2021.

MARQUES, D. H. F.; CANÇADO, C. J; DE CAMPOS SOUZA, P. **Reflexões sobre o novo marco regulatório do saneamento básico: possíveis impactos no planejamento de Minas Gerais**. Texto para discussão. Fundação João Pinheiro, n. 15, 2021. Disponível em: http://fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2020/11/25.1.2021_TEXTO-PARA-DISCUSSAO-N.-15-1.pdf. Acesso em: 12 out. 2021.

MENDONÇA, M.J.C.; MOTTA, R.S. **Saúde e saneamento no Brasil**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Instituto de Pesquisas Econômicas e Aplicadas, Brasília/DF, 2005. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2079/1/TD_1081.pdf . Acesso em: 24 set. 2021.

MENDONÇA, S. R.; MENDONÇA, L. C. **Sistemas sustentáveis de esgotos**. São Paulo: Blucher, 2017. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521209614/pageid/0>. Acesso em: 08 out. 2021.

MINAS GERAIS. Secretaria de Planejamento e Gestão. **Edital de licitação: concorrência nº 1501560 - 68/2016**. Contratação de serviço de pesquisa para elaboração do Plano Estadual de Saneamento Básico no Estado de Minas Gerais (PESB-MG). Belo Horizonte: SEPLAG, 2016. 104 p. Disponível em: <http://www.compras.mg.gov.br/images/stories/arquivoslicitacoes/2017/SEPLAG/16.02.2017/edital-concorrencia-pesb-068.2016-secir.arsae.seplag-.pdf> . Acesso em: 14 set. 2021.

MOREIRA, J. T. M. **Alternativas de Aproveitamento do Lodo Gerado na Estação de Tratamento de Esgoto Pajuçara**, Maracanaú-CE. 2018. Disponível em: <http://dspace.agencia.gov.br:8080/conhecerhana/1784>. Acesso em: 09 out. 2021.

OHANA, Vitor. **Relator da ONU: novo marco do saneamento pode aprofundar desigualdade**. Carta Capital, São Paulo, 22 jan. 2020. Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/politica/relator-da-onu-novo-marco-do-saneamento-pode-aprofundar-desigualdade/> . Acesso em: 15 set. 2021. Coluna de jornal.

PAZ, Mariana Gutierrez Arteiro *et al.* **Os conflitos das políticas da água e do esgotamento sanitário: que universalização buscamos?**. Estudos Avançados 2021, v. 35, n. 102 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/rP6bXzMYnm94ZxdSQSQqfL/?lang=pt> Acessado 9 out. 2021.

ROCHA, Victoria Fernandes Rosa. **Guia Para Tomada de Decisão do Método de Tratamento de Esgoto Segundo as Normas ABNT 7229/93 e ABNT 13969/97.47f**. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2019.

ROSA, André Pereira *et al.* **Potencial energético e alternativas para o aproveitamento do biogás e lodo de reatores UASB: estudo de caso Estação de tratamento de efluentes Laboreaux (Itabira)**. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2016, v. 21, n. 2 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016123321> Acesso em: 07 out. 2021.

RUIZ-ROSA, I.; GARCÍA-RODRÍGUEZ, F.J.; MENDOZA-JIMÉNEZ, J. **Desenvolvimento e Aplicação de um Modelo de Gestão de Custos para Processos de Tratamento e Reuso de Águas Residuais**. *Journal of Cleaner Production*, v. 113, p. 299-310, jan. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.044>. Acesso em: 15 out. 2021.

SILVA, Antônio Pacheco. **História do Saneamento Básico**. Itu: Conselho de Regulação e Fiscalização, 2016. Disponível em: <https://itu.sp.gov.br/wp->

content/uploads/2016/ar_itu/conselho_regulacao_fiscalizacao/2016_11_09_6_reuniao_ord_co
nsregfis_ar_itu.pdf. Acesso em: 09 out. 2021.

SNIS- Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – **Institucional**. 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 09 set. 2021.

SOUSA, Lyanne Cibely Oliveira *et al.* **Avaliação de alternativas direcionadas à redução do consumo de água potável em residências: estudo de caso em Caruaru, PE, Brasil.** Ambiente Construído. 2020, v. 20, n. 4. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000400483>. Acesso em: 18 out. 2021.

SOUZA, B. M.; DUARTE, M. A. C.; TINÔCO, J. D. **Custos de operação e manutenção de estação de tratamento de esgotos por reator anaeróbio e lodos ativados.** Engenharia Sanitária e Ambiental. 2021, v. 26, n. 3 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019022> Acesso em: 5 Outubro 2021, pp. 505-515.

TRENNEPOHL, F.G.; SOARES, A.S.; KOSSATZ, B. **Levantamento dos custos de operação e manutenção (O&M) de ETA da região metropolitana de Florianópolis/SC.** In: Congresso Interamericano De Engenharia Sanitária E Ambiental, 27., 2017, São Paulo. Disponível em: http://www.evolvedoc.com.br/aesabesp/detalhes-2149_levantamento-dos-custos-de-operacao-e-manutencao-om-de-eta-da-regiao-metropolitana-de-florianoplissc Acesso em: 15 out. 2021.