



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS – IFG
CAMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

LYNIKER OLIVEIRA BORBA

APARECIDA DE GOIÂNIA
2019



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Lyniker Oliveira Borba

Matrícula: 20151090040279

Título do Trabalho: Viabilidade do Aproveitamento Energético do Biogás em Estação de Tratamento de Esgoto

Autorização - Marque uma das opções

1. (X) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG;
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____;
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG.

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Ap. de Goiânia, 03/02/2020.
Local Data

Lyniker Oliveira Borba
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS – IFG
CAMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

LYNIKER OLIVEIRA BORBA

VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Aparecida de Goiânia, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e desenvolvido na linha de pesquisa Águas e Meio Ambiente sob orientação do Me. Wilson Marques Silva.

APARECIDA DE GOIÂNIA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

LYNIKER OLIVEIRA BORBA

VIABILIDADE DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Aparecida de Goiânia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e desenvolvido na linha de pesquisa Água e Meio Ambiente sob orientação do Me. Wilson Marques Silva e co-orientação do Dr. Tiago Godoi Ribeiro.

Aprovado em 03 de Dezembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Me. Wilson Marques Silva (Presidente - orientador)

Me. Rosinete Fernandes Bandeira

Esp. João Victor Vilela Neves

VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO¹

Lyniker Oliveira Borba, Instituto Federal de Goiás - IFG
eng.lyniker@gmail.com

RESUMO

O aproveitamento do biogás, subproduto gerado através do tratamento de esgotos sanitários, formado por uma mistura de gases, principalmente dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4), é uma alternativa sustentável de geração de energia. Através da realização de ensaios e de aplicação de métodos teóricos é possível analisar a quantidade de energia fornecida pelo biogás gerado, visando eficiência energética, diversificação da matriz elétrica e redução na emissão de gases de efeito estufa (GEE). Pretende-se então avaliar o potencial energético do biogás em uma Estação de Tratamento de Esgoto na cidade de Aparecida de Goiânia, que conta com um Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente, por onde é feita a digestão da matéria orgânica presente no efluente. A partir dos dados obtidos de carga orgânica presente nos esgotos, analisa-se a eficiência de remoção da matéria orgânica no tratamento, sendo possível estimar a quantidade de energia fornecida pelo biogás gerado, avaliando-se a viabilidade de utilização do sistema como forma de aproveitamento energético.

Palavras-chave: Esgoto. UASB. Biogás. Energia. Renovável.

ABSTRACT

The biogas harnessing, a byproduct generated by the wastewater treatment, formed by a gases mixture, mainly carbon dioxide (CO_2) and methane (CH_4), is a sustainable alternative for energy generation. By conducting tests and applying theoretical methods it is possible to analyze the amount of energy supplied by the biogas generated, aiming at energy efficiency, diversification of the electrical matrix and reduction in greenhouse gas (GHG) emissions. The objective is to evaluate the biogas energy potential in a wastewater treatment plant in the city of Aparecida de Goiânia, which has an Upflow Anaerobic Sludge Blanket, where is digested the organic matter present in the effluent. Using the data obtained from the organic load present in the wastewater, the efficiency of organic matter removal in the treatment is analyzed, and it is possible to estimate the amount of energy supplied by the generated biogas, evaluating the viability of using the system as a way of energy harnessing.

Keywords: Wastewater. UASB. Biogas. Energy. Renewable.

1. INTRODUÇÃO

A busca por alternativas sustentáveis de geração de energia tem crescido de maneira constante visando a redução dos impactos ambientais decorridos das atividades humanas. O tratamento de esgotos domésticos, que possui um grande déficit de atendimento no Brasil e carece de investimentos é um dos responsáveis pelo aumento na concentração de gases de efeito estufa.

¹ BORBA, Lyniker. **Viabilidade do Aproveitamento Energético do Biogás em Estação de Tratamento de Esgoto**. IFG. Aparecida de Goiânia, 2019.

Torna-se interessante desenvolver mecanismos para aproveitamento de resíduos, buscando a minimização dos efeitos negativos ao meio ambiente com a inclusão de formas de energia alternativa, visto a necessidade de expansão do setor de saneamento.

Surge então, a possibilidade de exploração do potencial energético das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) que objetiva a melhoria do desempenho global do tratamento de esgoto, reduzindo a emissão de gases efeito estufa, colaborando para aumentar a eficiência energética global da estação de tratamento (COSTA, 2006).

Um dos métodos de tratamento de águas residuais presente nas ETE's é a utilização de reatores anaeróbios devido alguns fatores: eficiência na remoção da carga orgânica, área reduzida por se tratar de um sistema mais compacto em relação aos convencionais, o baixo custo de implantação e operação, a baixa produção de lodo, o baixo consumo de energia e a valorização dos subprodutos resultantes da degradação biológica (SALOMON, 2007).

Segundo Florêncio (1999), este reator consiste em um tanque de fluxo ascendente no qual microrganismos crescem dispersos, sem a necessidade de um material suporte, formando flocos ou grânulos densos com alta resistência mecânica que permanecem no reator.

O processo de digestão anaeróbia da matéria orgânica do reator reduz o potencial de carga orgânica do afluente e produz biogás como resíduo do processo, que é composto basicamente por 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de uma mistura de outros gases (FIGUEIREDO, 2011).

Pode-se então aproveitar os gases que são subprodutos do tratamento de esgotos domésticos a fim de reduzir os impactos ambientais. Os primeiros projetos de aproveitamento energético de biogás tiveram início na década de 1970, nos Estados Unidos, visando controlar as emissões de metano e aproveitar uma nova fonte de energia (ENSINAS, 2003).

Pretende-se então, estudar a viabilidade técnica, ambiental e econômica de aproveitamento energético do biogás, proveniente da decomposição da matéria orgânica dos esgotos sanitários. O estudo baseou-se em uma Estação de Tratamento de Esgoto, localizada na cidade de Aparecida de Goiânia, que tem como forma de tratamento secundário um *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) ou simplesmente Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente.

1.1. Objetivos

O objetivo geral do presente trabalho é avaliar o potencial energético do biogás, produzido através da decomposição de matéria orgânica em um reator anaeróbio de fluxo ascendente.

São objetivos específicos deste trabalho:

- Avaliar a eficiência da remoção de carga orgânica do sistema UASB;
- Estimar a produção de biogás, a partir da decomposição de matéria orgânica;
- Analisar o potencial teórico de geração de energia através do biogás;
- Identificar os resultados socioeconômicos e socioambientais pelo aproveitamento de um subproduto de características poluidoras.

2. ESGOTOS SANITÁRIOS

Os esgotos sanitários ou simplesmente esgotos, são definidos como as águas residuais de origem doméstica divididos em quatro grupos: sólidos em suspensão, matéria orgânica, nutrientes e organismos patogênicos (COSTA, 2006).

2.1. Matéria orgânica

Lima (2005) afirma que os microrganismos são responsáveis pela remoção da matéria orgânica, utilizando-a e consumindo o oxigênio durante o seu metabolismo. Assim, uma

grande quantidade de microrganismos obtém energia e matéria (VON SPERLING, 1995).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio utilizada por volume de efluente. Existe uma relação direta entre a quantidade de matéria orgânica biodegradável e quantidade de oxigênio necessário para que os microrganismos façam sua estabilização (LIMA, 2005).

Na realização do teste da DBO, amostras do efluente são inoculadas com microrganismos aeróbios no período padronizado de 5 dias em uma temperatura constante de 20°C. O oxigênio é então diluído até a saturação e ao final do ensaio pode-se determinar a quantidade de oxigênio que foi utilizado para cada diluição do efluente. Assim, a DBO equivale à carga orgânica que é removida pelos microrganismos aeróbios durante o ensaio

Assim como o oxigênio consegue degradar os compostos orgânicos, existem outros agentes oxidantes que executam o mesmo papel. A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é um teste padronizado que utiliza uma mistura de dicromato e ácido sulfúrico, catalisado com sulfato de prata em alta temperatura para que a reação ocorra rapidamente e toda matéria orgânica presente no efluente esteja oxidada (LIMA, 2005).

Os resultados de DQO estão diretamente ligados aos valores de DBO, isso se deve ao fato de que em ambos os testes é levada em consideração a concentração de matéria orgânica presente no efluente. Apesar de estarem relacionadas, os valores da DQO são superiores aos da DBO, isso porque a DQO oxida até mesmo a matéria orgânica não biodegradável do efluente. Parte do substrato no teste da DBO transforma-se em material celular e não é contabilizado pela oxidação (LIMA, 2005).

2.2. Tratamento

Os esgotos sanitários contêm, aproximadamente, 99,9% de água. A fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de tratar-se os esgotos (CHERNICHARO, 2007).

Para Van Haandel e Lettinga (1994), o objetivo principal do tratamento de esgoto é corrigir as suas características indesejáveis de tal maneira que seu uso ou disposição final possa ocorrer de acordo com as regras e critérios definidos pelas autoridades regulamentadoras.

O esgoto é tratado nas Estações de Tratamento de Esgoto - ETE para posterior lançamento nos corpos receptores e o tipo de tratamento varia de acordo com a região. Quando não ocorre o tratamento adequado do efluente, pode resultar na contaminação dos recursos hídricos ocasionando danos ao meio ambiente e transmissão de doenças (COSTA, 2006).

Von Sperling (1995) cita uma grande variedade de métodos de tratamento biológico, sendo os mais comuns: lagoas de estabilização, reatores anaeróbios, lodos ativados.

2.3. Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente

O reator anaeróbico de fluxo ascendente (RAFA) conhecido usualmente como UASB, é um tipo de tratamento biológico que favorece a organização física dos microrganismos anaeróbios, retendo-os dentro do sistema em grânulos biológicos (VAZOLLER, 1993).

Foresti (1994) explica que estes reatores apresentam características favoráveis à formação de grânulos, possibilitando elevado tempo de retenção celular, acomodando altas cargas orgânicas volumétricas em um curto tempo de detenção hidráulica.

O funcionamento do UASB consiste em receber o esgoto tratado preliminarmente e conduzi-lo até uma câmara superior do reator, que alimenta tubos difusores e conduzem o esgoto até o fundo. Na parte inferior, o esgoto em fluxo ascendente passa por uma manta de lodo rica em bactérias anaeróbias, que retém, degrada e estabiliza grande parte da matéria orgânica que a atravessa (ANDRADE NETO, 1997).

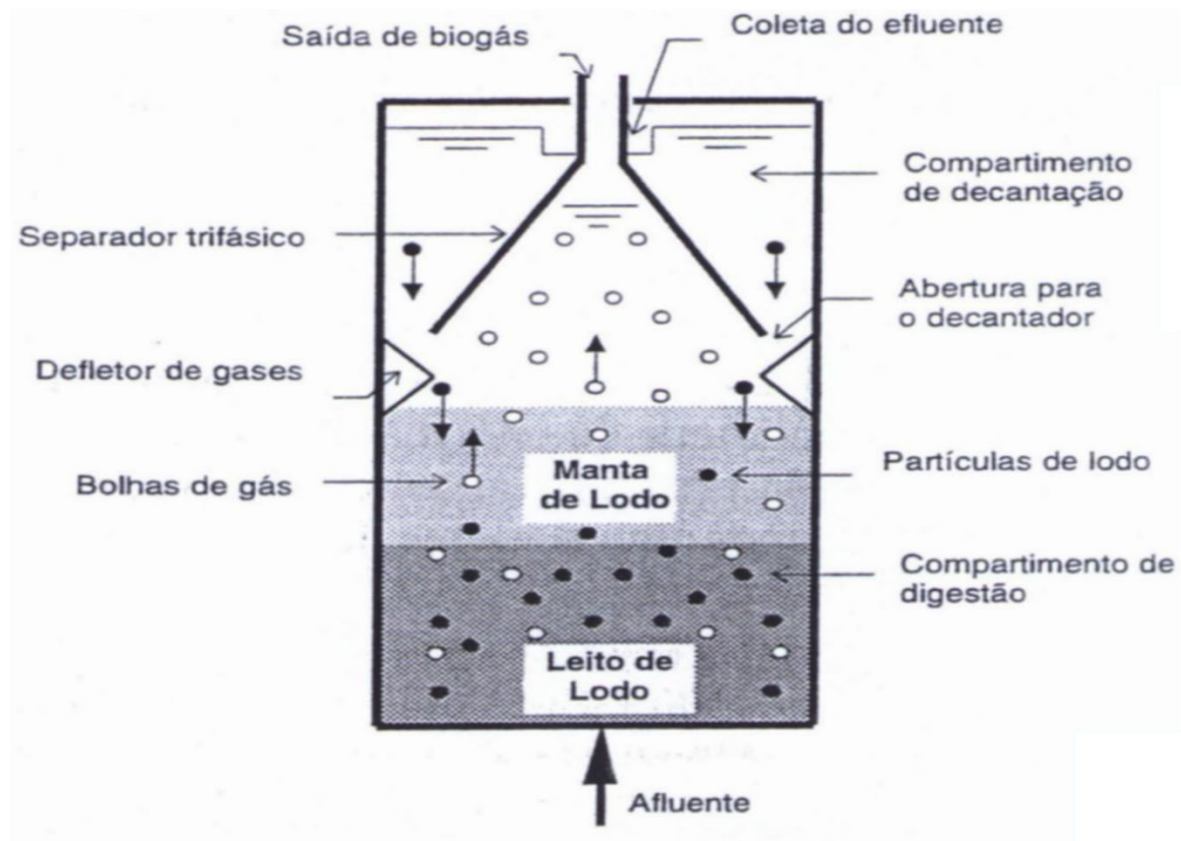
Jordão e Pessoa (2011), apresentam três fatores fundamentais no tratamento de esgotos utilizando reatores anaeróbios: grande acumulação da biomassa no interior do reator, melhor contato entre biomassa e despejo e uma melhor atividade da biomassa.

Os mesmos autores também expõem as partes principais que constituem um reator, sendo:

- Câmara de digestão: local onde se localiza a manta de lodo e se processa a digestão anaeróbia;
- Separador de fases: dispositivo físico que caracteriza uma zona de sedimentação e uma câmara de coleta de gases, separando as fases sólida, da líquida e gasosa, sendo identificado como um defletor de gases;
- Zona de transição: região entre a câmara de digestão e a zona de sedimentação superior;
- Zona de sedimentação: região onde o esgoto penetra pela abertura da parte inferior e alcança os vertedores de superfície, os quais retornam pela abertura das paredes para a zona de transição;
- Zona de acumulação de gás: região que coleta e acumula o gás produzido na fase de digestão.

A Figura 1 apresenta um esquema gráfico de um reator UASB.

Figura 1 - Representação esquemática de um UASB



Fonte: Jordão e Pessoa (2011)

3. BIOGÁS

O biogás como sendo a mistura gasosa, combustível, resultante da fermentação anaeróbia da matéria orgânica, constituída basicamente por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) (COSTA, 2006).

O biogás pode ser proveniente de resíduos sólidos ou líquidos de origem rural, urbano ou

industrial (CENBIO, 2004). O biogás é formado pela degradação de matéria orgânica, a partir de uma variedade de resíduos como: lixo doméstico, resíduos de atividades agrícolas e agropecuárias, lodo de esgoto, entre outros (FIGUEIREDO, 2011).

Dentre os fatores que mais influenciam a produção do biogás, França Junior (2008) destaca:

- Natureza dos substratos: os substratos nutritivos devem servir como fonte de alimento aos microrganismos que realizaram a decomposição da matéria orgânica e produção de biogás. Alguns minerais em doses fracas são indispensáveis às reações enzimáticas. Estes elementos são principalmente cálcio, magnésio, potássio, sódio, ferro, zinco, cobalto, molibdênio, cobre e manganês. Outros elementos, como carbono, nitrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre, têm uma importância muito grande no rendimento dos gases de fermentação.
- Composição dos resíduos: quanto maior a concentração de carga orgânica no resíduo, maior será a geração de biogás. Os principais nutrientes dos microrganismos são carbono, nitrogênio e sais orgânicos. O nitrogênio é encontrado principalmente nos dejetos humanos e de outros animais, enquanto os polímeros presentes nos restos de culturas representam a principal fonte de carbono.
- Umidade: o ideal é que o teor de água esteja entre 60% e 90% do volume total.
- Temperatura: a temperatura tem grande influência no processo de formação do metano. Isso porque a 10° C a atividade das bactérias é muito baixa e acima de 65° C as enzimas são destruídas pelo calor. A faixa ideal para produção de biogás está entre 32° C e 60° C.
- Impermeabilidade ao ar: as bactérias anaeróbias, responsáveis pelo processo, produzem apenas gás carbônico na presença de oxigênio.

O pH do meio influencia a digestão anaeróbia. Em meio ácido, a atividade enzimática das bactérias é anulada, enquanto em meio alcalino, as reações produzem anidrido sulfuroso e hidrogênio. A faixa ideal está entre 6,6 e 7,6 (COSTA, 2006).

As características físico-químicas do biogás se relacionam diretamente com as propriedades do metano e gás carbônico, visto que estes apresentam uma maior concentração no biogás.

A presença de substâncias não combustíveis na composição do biogás como, por exemplo, a água e o dióxido de carbono, resulta na diminuição de sua eficiência, pois essas substâncias absorvem parte da energia gerada (FIGUEIREDO, 2011).

O mesmo autor explica que a presença de vapor de água na composição do biogás prejudica as instalações utilizadas para conversão energética, podendo agir como agente corrosivo. A presença de gás carbônico também não é interessante, visto que o gás ocupa um volume desnecessário, resultando na necessidade de maior capacidade de armazenamento. Já o gás sulfídrico, mesmo em pequena concentração, acarreta a diminuição de eficiência e vida útil dos equipamentos. Desse modo, sistemas de purificação e limpeza de gases são desenvolvidos para corrigir as propriedades naturais do biogás, para que atenda às especificações técnicas dos equipamentos de conversão (COSTA, 2006).

A viabilidade de emprego do biogás para utilização energética se inicia pela equivalência energética entre o biogás e outros combustíveis. É necessário observar propriedades específicas como poder calorífico, contaminantes, acidez e pressão para que se tenha uma previsão do emprego adequado do biogás (COSTA, 2006).

O CENBIO (2004) apresenta de forma geral uma série de vantagens na produção de energia elétrica a partir do biogás:

- Geração de empregos;
- Geração de energia descentralizada a partir de uma fonte renovável;
- Contribuição para expansão do saneamento básico e tratamento do lixo;

- Possibilidade de receita extra, proveniente da energia gerada com o biogás;
- Redução da demanda de energia elétrica;
- Redução das emissões de metano para a atmosfera;
- Redução do consumo de combustíveis fósseis;
- Redução na geração de odor para as vizinhanças;

Além do potencial energético, o uso do biogás também está relacionado à redução de GEE. O Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) publicou em 2019 uma atualização das diretrizes e metodologias de estimativa das emissões de gases de efeito estufa. As emissões gasosas têm causado sérias preocupações a respeito dos impactos climáticos e ambientais. As emissões de gases do efeito estufa e ácidos estão atualmente em níveis que requerem ações imediatas para conter problemas severos no futuro (IPCC, 2007).

4. METODOLOGIA

Nesta seção serão apresentadas as informações relacionadas aos procedimentos realizados para desenvolvimento deste trabalho.

4.1. Objeto de estudo

O estudo é desenvolvido na ETE Santo Antônio, identificada na Figura 2, que faz parte do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da cidade de Aparecida de Goiânia, localizada às margens do córrego Santo Antônio.

Figura 2 - Localização da ETE Santo Antônio



Fonte: Google Earth (2019)

A ETE conta com sistemas de tratamento preliminar, primário e secundário por meio das seguintes unidades principais: gradeamento grosso, gradeamento fino, remoção de areia, tratamento anaeróbico por meio de reatores UASB (ver Figura 3), filtros biológicos percoladores

de alta taxa, decantadores secundários e desaguamento do lodo. O estudo leva em consideração apenas o tratamento secundário realizado pelos reatores UASB, uma vez que a produção da maior parte do biogás ocorre neste processo. Na Figura 4 é apresentado um esquema geral da Estação.

A ETE foi projetada para atender uma população final de 505.590 habitantes e uma vazão média de 1.10,5 l/s. Parte do sistema já está em operação e atende a cidade parcialmente.

Figura 3 - Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Figura 4 - Esquema geral da ETE Santo Antônio



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

4.2. Caracterização do efluente

Os reatores UASB foram projetados para atenderem critérios e parâmetros de forma a garantir uma eficiência na faixa de 65% a 70% de remoção de DBO do esgoto recebido na ETE, de modo a se ter um efluente com DBO de aproximadamente 140 mg/L, bem como para reter e digerir o lodo secundário produzido no tratamento complementar.

A população atendida, vazão média, carga orgânica de DBO e DQO, assim como outros dados são apresentados na Tabela 1, com informações do ano corrente, assim como uma expectativa para os próximos anos.

Tabela 1 - Características do sistema de tratamento

Parâmetros	Ano 2019	Ano 2024	Ano 2029	Ano 2034	Ano 2039	Ano 2043
População atendida (hab)	388.258	421.193	446.595	465.311	487.816	505.590
Qsanitária média (L/s)	799	859	904	937	978	1.011
Qsanitária dia maior contr. (L/s)	916	986	1.039	1.077	1.125	1.163
Qmáxsanit (L/s)	1.268	1.366	1.442	1.497	1.566	1.619
Carga DBO (kg/dia)	20.966	22.744	24.116	24.127	26.342	27.302
Conc. média DBO (mgO ₂ /L)	304	307	309	310	312	313
Carga DQO (kg/dia)	41.932	45.489	48.232	50.254	52.684	54.604
Conc. média DQO (mgO ₂ /L)	607	613	617	621	623	625

Fonte: Prestadora de serviços de Saneamento em Aparecida de Goiânia (2019)

4.3. Eficiência do tratamento

Para cálculo da eficiência do sistema de tratamento e índices de remoção da carga orgânica a forma mais usual se dá através da relação entre a diferença da carga orgânica de entrada e carga orgânica de saída, sobre a carga orgânica inicial.

Foram realizados ensaios para determinação do DBO de entrada do efluente, antes do tratamento no reator anaeróbio e após o tratamento. Na Tabela 2 é possível observar os valores de entrada e saída de DBO no efluente, assim como a eficiência do tratamento no UASB.

Tabela 2 - Eficiência na remoção de DBO

Mês	Média de DBO de Entrada	Média de DBO de Saída	Eficiência de tratamento
out/19	492	132	73%
set/19	460	89	81%
ago/19	140	10	93%
jul/19	341	77	77%
jun/19	335	136	59%
mai/19	573	146	75%
abr/19	426	121	72%
mar/19	443	137	69%
fev/19	563	182	68%
jan/19	601	177	71%
Média	437	121	74%

Fonte: Prestadora de serviços de Saneamento em Aparecida de Goiânia (2019)

4.4. Produção de biogás

A produção de biogás pode ser determinada pelo crescimento da biomassa ou pelo consumo da matéria orgânica. Os valores de biogás produzido foram baseados na relação teórica 0,35 m³ por quilograma de DBO removida, considerando condições normais de temperatura e pressão (METCALF & EDDY, 2003).

Considerando uma carga de DBO de entrada de 20.966 kg.dia⁻¹ e que 74% disso é tratado, a quantidade de biogás gerado é de 9.050 m³/dia.

4.5. Produção de energia

A produção de energia está diretamente ligada à quantidade de metano presente no biogás. Para estimar a geração de energia potencial na ETE em estudo é utilizado a seguinte equação:

$$\frac{P_{tce} = P_{ci} \cdot P_b \cdot n}{100}$$

Onde:

P_{tce} é o potencial teórico de produção de energia (Kcal.dia⁻¹);

P_{ci} é o poder calorífico inferior (Kcal.m⁻³);

P_b é a produção diária de biogás (m³.dia⁻¹);

n é a eficiência de conversão (%).

Considerando um poder calorífico inferior de 8.500 Kcal.m⁻³ (GENOVESE, 2006) uma produção diária de biogás de 9.050 m³.dia⁻¹, calculada através da carga orgânica removida e um percentual de 60% de metano presente no biogás, o potencial teórico de produção de energia é de 1.609.268 Kcal por dia.

A potência elétrica do biogás depende da eficiência e do rendimento da máquina térmica e do gerador utilizado, respectivamente. Considerando uma eficiência média de 30% e um rendimento de 90% é possível encontrar a potência elétrica do biogás através da equação:

$$\frac{P_{EBiogás} = P_{tce} \cdot 4,184 \cdot n_{tec} \cdot n_{gerador}}{86.400}$$

Onde:

$P_{EBiogás}$ é o potencial teórico de produção de energia elétrica (KW);

n_{tec} é a eficiência da máquina (%);

$n_{gerador}$ é o rendimento do gerador (%).

Considerando o tempo de operação do motor de 24 horas por dia tem-se a energia elétrica gerada pelo biogás em um dia.

$$\frac{P_{EBiogás} = 1.609.268 \cdot 4,184 \cdot 0,3 \cdot 0,9 \cdot 24}{86.400}$$

$$P_{EBiogás} = 505 \text{ KWh} \cdot \text{dia}^{-1}$$

4.6. Consumo de energia

O consumo mensal de energia elétrica demandado pela ETE Santo Antônio foi obtido através de dados fornecidos pela distribuidora de energia do estado de Goiás, no ano de 2019. O levantamento das informações está indicado na Tabela 3.

Tabela 3 - Consumo energético da ETE Santo Antônio

Mês	Consumo (Kwh)
out/19	24.291
set/19	21.518
ago/19	25.195
jul/19	24.909
jun/19	22.552
mai/19	24.381
abr/19	21.927
mar/19	22.246
fev/19	24.155
jan/19	24.387
Média	23.556

Fonte: Prestadora de serviços de Saneamento em Aparecida de Goiânia (2019)

5. RESULTADOS

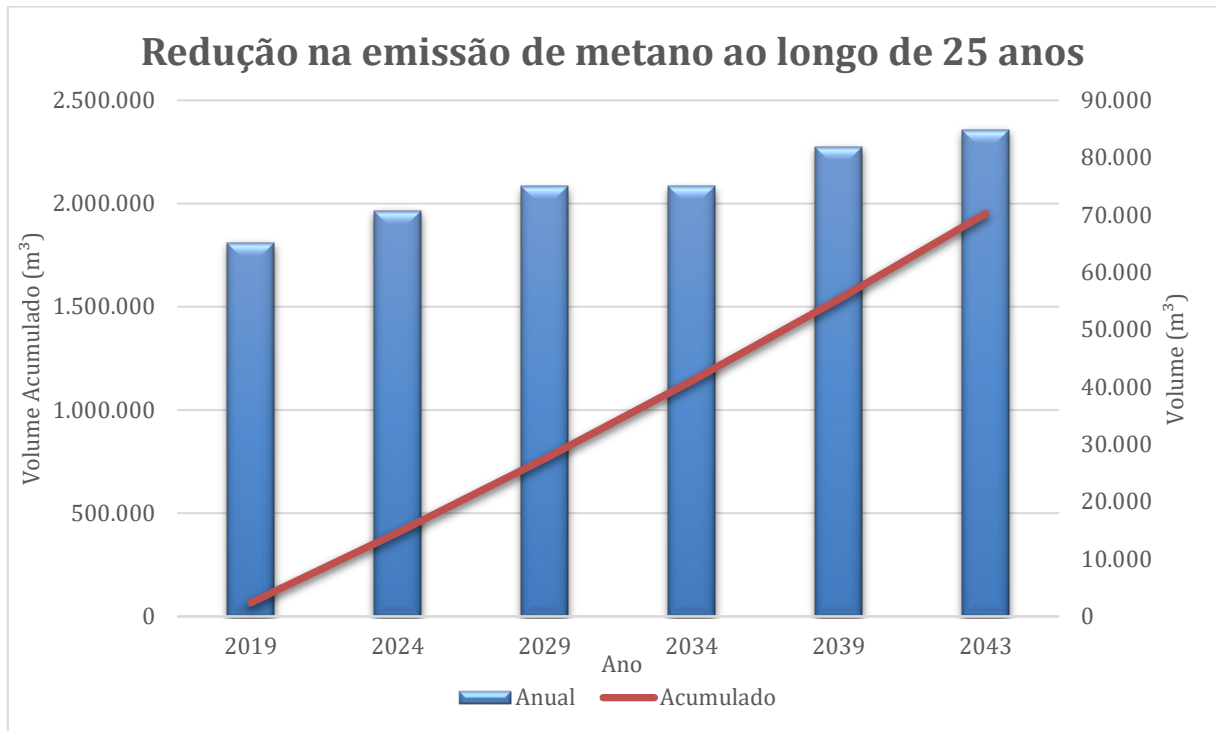
A análise dos dados obtidos através de ensaios possibilita verificar que o reator anaeróbio de fluxo ascendente cumpre seu papel na remoção de matéria orgânica. Com uma média de 74% de eficiência na remoção de carga orgânica, os critérios de projeto são atendidos.

A partir da carga orgânica tratada, tem-se a carga de DBO removida de $15.515 \text{ kg.dia}^{-1}$, produzindo um volume de biogás de $9.050 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$, volume considerável para a produção de energia.

O ganho com a geração de energia elétrica foi avaliado em função do consumo médio mensal da Estação de Tratamento de Esgoto, no período do ano corrente. A produção mensal de energia elétrica a partir do biogás de 15.150 KWh representa cerca de 64% do consumo de energia.

Além da eficiência energética garantida pela utilização do subproduto gerado no tratamento de esgoto doméstico, obtém-se uma importante redução nas emissões de GEE. A Figura 5 apresenta a estimativa do volume de metano que seria consumido na conversão do biogás em energia, totalizando um volume de quase 2 milhões de metros cúbicos do poluente, não lançado no meio, ao longo de 25 anos.

Figura 5 - Redução na emissão de metano



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

6. CONCLUSÕES

As estações de tratamento de esgoto sanitários representam as soluções essenciais para a disposição dos efluentes domésticos, considerando a necessidade do avanço do saneamento básico na sociedade.

A partir dos resultados obtidos conclui-se que a tecnologia empregada no processo de tratamento de esgotos sanitários da Estação estudada é eficiente sob a ótica da sustentabilidade ambiental. A remoção da carga orgânica do efluente, coloca-o em índices admissíveis para posterior lançamento em corpo receptor, sendo uma boa alternativa de tratamento.

A caracterização do efluente também permite quantificar o potencial de aproveitamento do biogás como fonte de energia renovável dentro da própria ETE. A produção de energia elétrica através do biogás é eficiente do ponto de vista financeiro, considerando que o subproduto utilizado é resultante do processo de digestão anaeróbia do tratamento de esgoto. A energia produzida supre mais de metade da demanda da Estação, além de contribuir para a diversificação da matriz energética brasileira.

Por fim, o aproveitamento do biogás na ETE pode reduzir a emissão total de metano, decorrente do tratamento dos efluentes líquidos. A implantação do sistema de coleta e aproveitamento do biogás geram impactos socioeconômicos e ambientais positivos, estimulando a adoção de práticas sustentáveis que reduzam os riscos ambientais.

REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, C.O. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários. Experiência brasileira.** ABES. 1997.

CENBIO. **Geração de energia elétrica a partir de Biogás de Tratamento de Esgoto.** Convênio Nº 2001.1.141.4.9 – USP/IEE/CENBIO – SABESP. Relatório técnico final. São Paulo, junho de 2004.

CHERNICHARO, C.A.L. Fundamentos da digestão anaeróbia. In: _____. **Reatores anaeróbios.** Belo Horizonte: UFMG, 1997.

COSTA, D. F. **Geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto.** 2006. 176 f. Dissertação de Mestrado – Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia (PIPGE) Universidade de São Paulo, 2006.

ENSINAS, A. V. **Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta em Campinas/SP.** Dissertação de mestrado da universidade de Campinas, UINICAMP. Campinas, 2003.

FIGUEIREDO, N. J. V. **Utilização de biogás de aterro sanitário para geração de energia elétrica – Estudo de caso.** 2011. 147 f. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Energia. Universidade de São Paulo, 2011.

FLORÊNCIO, M.L. **Sistemas de tratamento anaeróbio.** In: IV Curso de tratamento biológico de resíduos. Florianópolis / Santa Catarina CBAB, MCT/CNPq, CPGEQ/UFSC, CDB, 1999.

FORESTI, E. **Microbiologia da Digestão Anaeróbia.** São Paulo, 1999.

JUNIOR, A. T. F. **Análise do aproveitamento energético do biogás produzido numa estação de tratamento de esgoto.** 2008. 151 f. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista. 2008.

JORDÃO, E.P; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 6ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

LIMA, F. P. **Energia no tratamento de esgotos: Análise tecnológica e institucional para a conservação de energia e o uso do biogás.** 2005. 139 f. Dissertação de mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. Universidade de São Paulo, 2005.

SALOMON, K., R. **Avaliação Técnico-Econômica e Ambiental da Utilização do Biogás Proveniente da Biodigestão da Vinhaça em Tecnologias para Geração de Eletricidade,** 219 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Conversão de Energia) - Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, 2007.

van HAANDEL, A. C; LETTINGA, G. **Anaerobic sewage treatment: a practical guide for regions with a hot climate.** Chichester: John Wiley & Sons, 1994.

von SPERLING, M. Características das águas residuais. In: _____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: UFMG, 1995.

VAZOLLER, R. F. **Características e interações microbianas nos processos de tratamento biológico aeróbio e anaeróbio.** In: Curso de Processos Biológicos de Tratamento de Resíduos, 2, 1993, São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1993. p.18.