

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS MEDIANEIRA
ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA CADEIA PRODUTIVA DO BIOGÁS

LUCAS RAUL DRECKSLER

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA IMPLANTAÇÃO DE
PLANTA DE BIOGÁS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO NO MUNICÍPIO DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON-
PR**

MONOGRAFIA

MEDIANEIRA

2019

LUCAS RAUL DRECKSLER

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA IMPLANTAÇÃO DE
PLANTA DE BIOGÁS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO NO MUNICÍPIO DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON-
PR**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás da Universidade Federal Tecnológica do Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Janaína Camile Pasqual Lofhagen

MEDIANEIRA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA IMPLANTAÇÃO DE PLANTA DE
BIOGÁS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO NO
MUNICÍPIO DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON-PR

por

LUCAS RAUL DRECKSLER

Esta Monografia foi apresentada em 04 de maio de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás. O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dr^a. Janaína Camile Pasqual Lofhagen

Prof.(a) Orientador(a)

Prof. Dr. Rafael Arioli
Membro titular

Prof. Me. Marcos Gabriel Tragueta
Membro titular

RESUMO

DRECKSLER, Lucas R. **Título do trabalho:** ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA IMPLANTAÇÃO DE PLANTA DE BIOGÁS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO NO MUNICÍPIO DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR . 2019. Número total de folhas: 20. Monografia (Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2019.

O aumento da população mundial gera cada vez mais reflexos ao meio ambiente. Um desses reflexos é decorrente da deposição de rejeitos a céu aberto em aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto. Esse material, ao se decompor, gera gases responsáveis pelo efeito estufa, e se não destinado e tratado corretamente causa grandes prejuízos ao meio ambiente e também à saúde das populações. Pensando nisso, diversos estudos são realizados todos os anos com o intuito de transformar esse rejeito em uma solução sustentável. Uma alternativa é a decomposição anaeróbica da matéria orgânica proveniente esgoto sanitário doméstico, que após o correto tratamento se transforma em biogás, podendo este ser utilizado como fonte de energia elétrica, térmica e veicular, além de contribuir diretamente com o saneamento básico e o desenvolvimento sustentável. O município de Marechal Cândido Rondon possui rede coletora e trata parcialmente seu esgoto sanitário desde meados de 2013, porém, não possui mecanismos para aproveitamento do metano produzido nas lagoas de tratamento. O presente estudo teve como objetivo analisar a viabilidade técnica para implantação de uma planta de biogás na estação de tratamento de esgoto do município. Os resultados demonstram que o biogás gerado poderia ser utilizado como fonte de geração de energia, trazendo assim economia para o município, melhoria na qualidade de vida da população, além de geração de empregos e renda.

Palavras-chave: Biogás. Esgoto sanitário. Meio Ambiente.

ABSTRACT

DRECKSLER, Lucas R. **Título do trabalho:** TECHNICAL FEASIBILITY STUDY FOR IMPLEMENTATION OF BIOGAS PLANT IN DOMESTIC SEWAGE TREATMENT STATION IN THE MUNICIPALITY OF MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR. 2019. Number of sheets: 20. Monography (Specialization in Technologies of the Biogas Production Chain). Federal Technological University of Paraná, Medianeira, 2019.

The increase in the world's population is generating more and more repercussions on the environment. One of these effects is the deposition of open-air tailings in landfills and sewage treatment plants. This material, when decomposing, generates gases responsible for the greenhouse effect, and if not destined and treated properly it causes great damages to the environment and also to the health of the populations. With this in mind, several studies are carried out each year to transform this waste into a sustainable solution. An alternative is the anaerobic decomposition of organic matter from domestic sanitary sewage, which after the correct treatment becomes biogas, which can be used as a source of electric, thermal and vehicular energy, as well as directly contribute to basic sanitation and sustainable development. The municipality of Marechal Cândido Rondon has a collection network and partially treats its sanitary sewage since mid-2013, however, it does not have mechanisms to take advantage of the methane produced in the treatment lagoons. The present study had the objective of analyzing the technical viability for the implantation of a biogas plant in the sewage treatment plant of the municipality. The results demonstrate that the generated biogas could be used as a source of energy generation, thus bringing savings to the municipality, improving the quality of life of the population, as well as generating jobs and income.

Keywords: Biogas. Sanitary sewage. Environment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Localização ETE de Marechal C. Rondon	08
Figura 02: Vista Superior da ETE	09
Figura 03: Figura 3: Equação para obtenção da vazão doméstica média de esgoto sanitário	15
Figura 04: Dados de entrada de vazão do esgoto sanitário	16
Figura 05: Produção de metano e biogás	16
Tabela 01: Prestação de Serviços SAAE MCRondon	07
Tabela 02: Monitoramento do Efluente na ETE Guavirá	09
Tabela 03: Monitoramento da qualidade da água do corpo hídrico receptor, Rio Lajeado Guavirá	10
Tabela 04: Valores típicos de parâmetros físico-químicos do esgoto sanitário que chegam em uma ETE	14

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
1.1 JUSTIFICATIVA	5
1.2 OBJETIVO GERAL	5
1.2.1 Objetivos Específicos	6
1.3 O SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON	6
1.4 O SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON	7
1.5 O BIOGÁS EM MARECHAL CÂNDIDO RONDON	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 A VIABILIDADE TÉCNICA DO BIOGÁS	12
2.2 A VIABILIDADE ECONÔMICA DO BIOGÁS	12
2.3 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO SANITÁRIO	13
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	14
3.1 COLETA DE DADOS	15
3.2 ANÁLISE DOS DADOS.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5 CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS	19

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, muitos países fazem o tratamento e destinação adequada dos resíduos orgânicos, tornando-se uma prioridade política devido ao constante aumento da produção. Os resíduos orgânicos podem ser transformados em energia e também podem ser aproveitados como nutrientes, reduzindo assim a poluição e geração de gases responsáveis pelo efeito estufa (AL SEADI, 2008).

Uma alternativa para o aproveitamento desses resíduos é a digestão anaeróbica realizada dentro de biodigestores que visa extrair, principalmente de resíduos animais, o biogás que pode ser utilizado como energia térmica, elétrica e combustível de transporte, e também o biofertilizante que pode ser utilizado em lavouras e áreas verdes (BLEY, 2014).

Segundo dados do IBGE, em 2016 o Brasil contava com 65,9% dos domicílios ligados à rede de esgoto. O correto tratamento do esgoto doméstico, além de contribuir para a melhora do saneamento básico dos municípios, pode ser convertido em biogás que, por sua vez, pode ser transformado em energia elétrica ou mesmo abastecer veículos movidos a gás, tornando-se uma alternativa sustentável à um passivo ambiental.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a possibilidade de geração de energia após o tratamento do esgoto sanitário do município de Marechal Cândido Rondon e apresentar os resultados ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto da cidade de Marechal Cândido Rondon (SAAE), objetivando também a melhoria do saneamento básico, a geração de empregos e contribuir para o desenvolvimento econômico e social do município. Esta avaliação será feita por meio da caracterização dos efluentes que chegam até a ETE e tem como objetivo determinar o volume de metano produzido, os possíveis processos a serem empregados para geração de energia elétrica através do biogás além da eventual necessidade de purificação, armazenamento e destinação final.

1.1 JUSTIFICATIVA

O município de Marechal Cândido Rondon, no oeste do estado do Paraná, possui rede coletora de esgoto desde meados dos anos 1990, porém, apenas a partir do ano de 2013 as redes puderam ser conectadas aos domicílios e a estação de tratamento começou a operar. Atualmente, aproximadamente 4 mil ligações de esgoto estão ativas no município, o que corresponde a cerca de 24% da cobertura, se considerados o número de ligações ativas de distribuição de água no município (SAAE, 2017).

O biogás gerado a partir da digestão anaeróbia de resíduos sólidos ou líquidos constitui uma fonte de energia alternativa, contribuindo muito na questão ambiental, reduzindo os impactos ambientais da fonte poluidora, uma vez que o biogás é composto por uma mistura de gases, tendo o metano e o dióxido de carbono em maiores proporções. O potencial energético do biogás depende da quantidade de metano presente, que determina o seu poder calorífico (SALOMON; LORA, 2005).

O estudo para implantação de uma planta de biogás nas estações de tratamento objetiva demonstrar que é possível converter os rejeitos domésticos em ativos energéticos sustentáveis, tais como a produção de energia elétrica que pode ser enviada para a rede local via geração distribuída, a queima do biogás para simples produção de calor em caldeiras de indústrias ou aquecedores rurais, a utilização do biometano como combustível veicular e ainda o uso do biofertilizante que possui grande valor agrônômico.

1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a possibilidade de geração de energia após o tratamento do esgoto sanitário do município de Marechal Cândido Rondon e apresentar os resultados ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Marechal Cândido Rondon (SAAE), contribuindo para a melhoria do saneamento básico, geração empregos e tornando um município mais sustentável.

1.2.1 Objetivos Específicos

a) Analisar e utilizar indicadores da Estação de Tratamento de Esgoto para quantificação de produção volumétrica de metano para análise de viabilidade técnica para a implantação da planta de biogás.

1.3 O SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

O município de Marechal C. Rondon conta com o Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE - Autarquia Municipal criada através da Lei Municipal nº223/66 de 19 de agosto de 1966 e sancionada pelo Prefeito do Município na época, Dealmo Selmiro Poerch, com a finalidade de exercer no município de Marechal Cândido Rondon a responsabilidade pelo Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto. O Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Marechal Cândido de Rondon foi a primeira Autarquia Municipal do Paraná devidamente regulada, através do Consórcio Intermunicipal de Saneamento, a qual teve seu ingresso em 25 de setembro de 2007, autorizado pela Lei Municipal nº 3.791/2007 e posteriormente em 07 de julho de 2010, através do Termo de Convênio nº 019/2010. Atualmente o SAAE é encarregado da prestação de serviços de fornecimento de água tratada e esgotamento sanitário no município de Marechal Cândido Rondon e suas principais informações estão descritas na tabela a seguir:

Tabela 1 – Prestação de Serviços SAAE MCRondon, Novembro de 2017

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
Ligações ativas de água	17.630
Economias ativas de água	20.196
Ligações ativas de esgoto	4.034
Economias ativas de esgoto	4.967
Micromedicação	100%
Rede de água	577,94 Km
Rede de esgoto	114,35 km
Volume da água distribuído	4.893.831,76 m ³ /ano
Volume da água consumido	3.537.049 m ³ /ano
Volume da água faturado	4.022.106 m ³ /ano
Volume de esgoto coletado	538.586 m ³ /ano
Volume de esgoto faturado	586.062 m ³ /ano
Consumo de energia elétrica	4.882.397 kWh/ano
Reservatórios de água tratada	06 na sede urbana e 08 nos distritos
População atendida com abastecimento de água (sede municipal, distritos, linhas rurais)	51.960 hab (estimativa IBGE 2017 + crescimento populacional)
População atendida com coleta de esgoto (sede municipal)	11.699 hab (estimativa econ. res. ativa x taxa hab/econ)

Fonte: SAAE MCRondon (2017)

1.4 O SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

A Estação de Tratamento de Esgoto – ETE Guavirá fica localizada na área rural do município de Marechal Cândido Rondon, oeste do Paraná (figuras 1 e 2), e ainda está em início de operação. É constituída de tratamento preliminar: grade, desarenador e calha parshall, seguida por lagoas de estabilização conforme modelo denominado sistema australiano, com lagoas primárias anaeróbias seguidas de lagoas facultativas. Este sistema foi escolhido por existirem diversos similares implantados em cidades no interior do Paraná, que vem apresentando grande eficiência na remoção de cargas orgânicas e de micro-organismos, praticamente nenhum custo operacional e baixo custo de implantação, especialmente quando há disponibilidade de área. A ETE Guavirá entrou em operação em setembro de 2013 com capacidade instalada para atender uma população de 25.852 habitantes e

atualmente recebe uma vazão, em horários de pico, de aproximadamente 50 m³/h. Atualmente as três lagoas de tratamento instaladas estão recebendo efluentes, no entanto, o lançamento de efluente tratado no corpo hídrico receptor, o Córrego Lajeado Guavirá ocorre apenas em dias de chuva quando a vazão de efluentes aumenta significativamente na Estação de tratamento de esgoto. Os resíduos sólidos retirados no Gradeamento e na caixa de areia, são depositados em um contêiner e levados periodicamente ao aterro sanitário municipal. No ano de 2017, foram destinados ao aterro sanitário municipal, 40 m³ de rejeitos sólidos retirados do gradeamento e caixa de areia da ETE Guavirá (SAAE, 2017).



Figura 1. Localização da ETE no município
Fonte: Autor



Figura 2. Vista superior aproximada da ETE
Fonte: Autor

As tabelas 2 e 3 trazem o resumo do monitoramento de efluentes na ETE Guavirá e do corpo hídrico receptor realizado no ano de 2017.

Tabela 2: Monitoramento do efluente na ETE Guavirá

Monitoramento do efluente na ETE Guavirá											
	UNIDADE	Limite	Entrada	Saída 1	Saída 3						
DATA Análise			31/01/17		10/05/17		10/08/17		23/11/17		
Chuva últimas 48 h			NÃO		NÃO		NÃO		NÃO		
Nº do Laudo			32685	32684	36789	36788	41446	41445	45042-0	45043-0	45044-0
Vazão	m³/h	292,14									
OD (mg/L)	mg/L		0,14	1,01	0,16	0,77	0,07	0,16	0,46	0,49	9,94
pH		5 a 9	7,15	7,36	7,28	7,29	7,81	7,82	7,49	7,65	8,44
Mater. Sedimentáveis	mg/L	1	2	0,3	2,50	0,5	2,50	<0,1	4	<0,1	<0,1
DBO	mg/L	60	225	186	200	129	242	104	240	99	39
DQO	mg/L	150	391	556	361	244	528	250,4	492	212	167
Óleos e Graxas Totais	mg/L	70	30	28	51	4	38	<3,0	13	<3,0	<3,0
Óleos Minerais	mg/L	20	10	28	4	<3,0	7	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Óleos Veg. e Gord. Animal	mg/L	50	20	<3	47	<3,0	31	<3,0	11	<3,0	<3,0
Sol. Susp. Totais	mg/L	60	150	347	108	240	190	102,9	128,0	56,0	32
Temperatura		40									

LEGENDA: PONTO DE MONITORAMENTO:
 ENTRADA Calha Parshall
 SAÍDA 1 Saída da 1ª lagoa anaeróbia para a lagoa facultativa.
 SAÍDA 2 Saída da 2ª lagoa anaeróbia para a lagoa facultativa.
 SAÍDA 3 Saída da lagoa facultativa para o corpo hídrico receptor (A amostra foi coletada dentro da lagoa facultativa, porque no dia, não havia saída para o corpo hídrico receptor)

Fonte: SAAE MCRondon (2017)

Tabela 3: Monitoramento da qualidade da água no corpo hídrico receptor – Rio Lajeado Guavirá

Monitoramento da qualidade da água no corpo hídrico receptor - Rio Lajeado Guavirá									
PARÂMETRO	UNIDADE	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
DATA COLETA		16/02/17		18/05/17		10/08/17		24/11/17	
Chuva nas últimas 48 horas		Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
DBO	mg/L	3,1	2,8	0	0	<3,0	4,3	<10	<10
DQO	mg/L	11	11	<3,0	<3,0	10,5	5,5	<15	<15
Sol. Suspensos	mg/L	12	13	10	6	19,3	10,3	11,3	9,3
Oxigênio Dissolvido	mg/L	5,48	5,12	8,23	8,23	6,36	6,58	6,5	6,42
pH		7,04	7	7,46	7,23	4,51	6,67	7,22	7,3
Temperatura	°C					22,1	21,9		

LEGENDA: Montante 100 metros a montante do ponto de lançamento de efluentes tratados no corpo hídrico receptor; Jusante 100 metros a jusante do ponto de lançamento de efluentes tratados no corpo hídrico receptor

Fonte: SAAE MCRondon (2017)

1.5 O BIOGÁS EM MARECHAL CÂNDIDO RONDON

Desde o ano de 2009, o município de Marechal Cândido Rondon conta com o Condomínio de Agroenergia para Agricultura Familiar Ajuricaba, que tem a participação de 33 pequenas propriedades rurais, que atuam basicamente nas atividades de produção de grãos, bovinocultura e suinocultura, e que produzem aproximadamente 16 mil toneladas de resíduos orgânicos anualmente, e que se não destinados de forma correta podem causar sérios prejuízos para o meio ambiente. Há biodigestores em cada uma das 33 propriedades, e dessa forma, os dejetos são tratados e seus subprodutos consumidos ainda na propriedade como no caso do biofertilizante usado nas lavouras e que aumenta a produtividade de forma sustentável, e o biogás utilizado como gás de cozinha em substituição ao GLP. O excedente desta produção é enviado para um gasoduto de aproximadamente 25km que interliga as 33 propriedades e transporta o biogás para uma micro central termelétrica, onde é utilizado na secagem de grãos e na produção de energia elétrica. Em 2014, a micro central foi conectada à rede da Copel e passou a atuar em geração distribuída. Atualmente a produção do biogás é vendida para a Cooperativa Agroindustrial Copagrill. Este projeto foi idealizado pela Itaipu Binacional e conta com a parceria de diversas entidades, entre elas a prefeitura de Marechal

Cândido Rondon, EMATER, Fundação Parque Tecnológico Itaipu, e que deu origem ao Centro Internacional de Energias Renováveis - Biogás/CIBiogás, já foi aplicado em 10 cidades brasileiras, além de ter sido sugerido para ser replicado na linha Delta, no município de San Jose, no Uruguai, pois a região possui semelhanças com a região paranaense (CIBiogás, 2018).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O biogás é originário da digestão anaeróbica de material orgânico (decomposição por ação das bactérias), composto principalmente de metano e dióxido de carbono (CO₂). É produzido a partir de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris, resíduos agrícolas, esterco animal, esgoto doméstico e resíduos sólido urbano - aterros sanitários (ANP, 2018).

A digestão anaeróbica ocorre com ajuda do biodigestor, que é o reator biológico onde acontecem as etapas de hidrólise, acidogênese, acetogênese, metanogênese e sulfetogênese. Após essas etapas, temos como resultado o biogás e também a produção do biofertilizante. O biogás pode ser utilizado como fonte de calor, eletricidade e mobilidade. Sua produção traz benefícios, tais como, benefícios ambientais na destinação e tratamento adequado de efluentes e resíduos e reduzindo a emissão de gases do efeito estufa; benefícios sociais através da geração de empregos, aumento da qualidade de vida, acesso à energia, entre outros; além de benefícios econômicos com a comercialização dos subprodutos, transformando um passivo ambiental em um ativo energético com valor econômico.

Em condições ideais, o biogás é constituído por 40-80% de CH₄, sendo o restante composto por outros gases CO₂, H₂S, O₂ e N₂ (HOSSEINI et al, 2013).

No Brasil, a qualidade do biometano é regulamentada por meio da Resolução ANP nº 8/2015 e da Resolução ANP nº 685/2017. A primeira, trata da especificação do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais; já a segunda trata da especificação do biometano oriundo de aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto (ANP, 2018).

2.1 A VIABILIDADE TÉCNICA DO BIOGÁS

Antes de iniciar qualquer projeto na área do biogás, é de fundamental importância estudar sua viabilidade técnica. Em geral, os projetos de biogás surgem da disponibilidade de substrato com potencial de geração de biogás ou da demanda energética. Em ambos os casos é necessário considerar algumas etapas para que os recursos sejam utilizados de forma precisa. Assim, é fundamental que o arranjo tecnológico, que é o processo de iniciação de qualquer projeto de biogás, seja bem definido (FEAM, 2015).

Entre as principais etapas do arranjo tecnológico podemos citar:

- Seleção do substrato ou substratos;
- Pré-tratamento;
- Biodigestão;
- Tratamento/Filtragem do Biogás (remoção de gás sulfídrico e umidade);
- Armazenamento do biogás;
- Consumo do biogás;
- Armazenamento do digestato;
- Aplicação do Digestato.

Os arranjos tecnológicos podem ser definidos seguindo diferentes rotas, como por exemplo, a rota de geração energética com ou sem tratamento do biogás, ou ainda considerando o tempo de uso do gerador ao longo de um dia. Após a definição dos arranjos, passa-se a considerar os dados relativos a custos financeiros de implantação e viabilidade econômica do projeto (FEAM, 2015).

2.2 A VIABILIDADE ECONÔMICA DO BIOGÁS

A produção e utilização do biogás por si só já traz retorno ao meio ambiente, uma vez que os dejetos produzidos, se não tratados de forma adequada causam grande impacto ambiental. Porém, para garantir que se obtenha retorno financeiro a partir do produção de energia do biogás, é necessário que se faça a análise da

viabilidade econômica do projeto. Esse estudo leva em consideração os custos de operação, manutenção, retorno do investimento, etc. (FEAM, 2015).

Os custos devem ser calculados para uma melhor noção de investimento e retorno. Dessa forma, podemos separar os investimentos em dois grupos: o Capital Expenditures (CAPEX) que consiste no custo total de implantação da planta de biogás, e Operational Expenditures (OPEX) que consiste nos custos de manutenção e operação da planta (FEAM, 2015).

2.3 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO SANITÁRIO

Segundo Jordão e Pessoa (2011), as águas residuárias são caracterizadas pela determinação de parâmetros físicos, químicos e biológicos que indicam os processos e operações pelos quais deverá passar o esgoto sanitário até seu tratamento. Entre os parâmetro químicos, encontra-se a matéria orgânica, que é formada principalmente por proteínas, carboidratos e óleos, e representa 70% dos sólidos presentes nos esgotos.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é a unidade de medida indireta de quantificação da matéria orgânica que mede a quantidade de oxigênio dissolvido requerido pelos microorganismos para estabilizar a matéria orgânica. Dessa forma, quanto maior a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente no esgoto, maior será a DBO (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

Outra forma de quantificar a matéria orgânica é a demanda química de oxigênio (DQO). Na DQO, a oxidação da matéria orgânica é realizada por um reagente químico, e não pelo oxigênio. Além disso, não há a participação de microorganismos (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

O esgoto sanitário é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas, composto basicamente por água de banho, detergentes, sabão, águas de lavagens, fezes e urina.

Deste modo, a composição preponderante dos esgotos sanitários é a água, sendo representada por mais de 99%, mas ainda assim, com presença de diversos contaminantes, dentre os quais se destacam: sólidos suspensos, compostos orgânicos (40-60% de proteínas, 25-50% de carboidratos e cerca de 10% de óleos e graxas), nutrientes (nitrogênio e fósforo), metais, sólidos dissolvidos inorgânicos,

sólidos inertes, sólidos grosseiros, compostos não biodegradáveis, organismos patogênicos e ocasionalmente, contaminantes tóxicos decorrentes de atividades industriais ou acidentais (CAMPOS, 1999).

A tabela abaixo apresenta valores típicos de parâmetros físico-químicos do esgoto sanitário que chegam a uma estação de tratamento de esgoto:

Tabela 4: Valores típicos de parâmetros físico-químicos do esgoto sanitário que chegam em uma ETE

PARÂMETROS	Metcalf e Eddy (2016)		Sperling (2014)	
	Faixa	Típico	Faixa	Típico
Sólidos Totais (mgL ⁻¹)	390 - 1350	1100	700 - 1350	1100
Sólidos Suspensos Totais (mgL ⁻¹)	120 - 400	210	200 - 450	400
DBO ₅ ²⁰ (mgL ⁻¹)	110 - 500	350	200 - 500	350
DQO (mgL ⁻¹)	250 - 800	700	400 - 800	700
Nitrogênio Total	20 - 70	50	35 - 70	50
Nitrogênio Amoniacal (mgL ⁻¹)	12 - 45	25	20-40	30
Nitrito (mgL ⁻¹)	≅ 0	≅ 0	≅ 0	≅ 0
Nitrato (mgL ⁻¹)	≅ 0	≅ 0	≅ 0	≅ 0
Fósforo Total (mgL ⁻¹)	4 - 25	14	5 - 25	14
pH	6,7 - 7,5	7,0	6,7 - 7,5	7,0
Alcalinidade (mgL ⁻¹)	110 - 170	140	110 - 170	140
Óleos e Graxas (mgL ⁻¹)	50 - 170	110	55 - 170	110

Fonte: Metcalf e Eddy (2016) e Von Sperling (2014).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia de pesquisa escolhida para realização deste trabalho foi o estudo de caso. De acordo com Yin (2005), o estudo de caso é um estudo empírico que investiga um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e no qual são utilizadas várias fontes de evidência. Para tanto, foram utilizados dados relativos ao volume de produção de metano na Estação de Tratamento de Esgoto – ETE do município de Marechal Cândido Rondon, oeste do Paraná. De posse desses dados, serão levantadas as possibilidades de projetos e consequente viabilidade econômica de implantação de uma planta para aproveitamento do biogás gerado.

Para determinação do potencial de geração de metano na ETE, foram utilizados dados fornecidos pelo SAAE relativos ao período de janeiro a novembro de 2017.

3.1 COLETA DE DADOS

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Marechal Cândido Rondon (SAAE) forneceu dados relativos ao ano de 2017.

3.2 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados fornecidos foram submetidos ao programa ProBio 1.0 para estimar a capacidade de produção de biogás na ETE.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados fornecidos pelo SAAE de Marechal Cândido Rondon foram inseridos no programa ProBio 1.0, o qual é um programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB tratando esgotos domésticos. O programa foi desenvolvido por meio de uma parceria técnica e científica entre a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Cabe ressaltar que a ETE Guavirá não possui reator, e, portanto, os valores são considerados como estimativa.

Segundo Von Sperling (2014), a vazão doméstica média de esgotos (Qdmed) é calculada em função do número de moradores e do consumo médio de água de uma determinada localidade e é definida pela equação da figura 3, abaixo:

$$Qd_{med} = \frac{\text{população} \times QPC \times R}{1000} \quad (\text{m}^3/\text{dia})$$

Em que:

Qd_{med} = vazão média de esgotos (L/s);

População = n^o. de habitantes responsável pelo consumo de água (hab);

QPC = quota per capita de água consumida (L/hab.d);

R = coeficiente de retorno esgoto/água (variável de 0,6 a 1,0. Esse valor é adotado comumente como 0,8).

Figura 3: Equação para obtenção da vazão doméstica média de esgoto sanitário

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2014).

Dessa forma, para o município de Marechal Cândido Rondon adotou-se os seguintes dados:

- Número de habitantes atendidos pela rede de esgoto = 25.852
- QPC = 180 L/hab.d
- R = 0,8

O resultado apresentado pelo programa demonstra que ao aplicarmos a vazão doméstica média (Qd_{med}) do município e também a média da DQO afluyente das 4 coletas realizadas ao longo do ano de 2017, temos como resultado uma produção aproximada de 286,8m³ de biogás por dia, tendo esse biogás uma concentração de 69% de metano, como pode-se verificar nas figuras abaixo:

ProBio 1.0

Arquivos Ajuda

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada

População (Pop) hab **Vazão afluente (Q_{méd})** m³/dia

Contribuição de esgoto por habitante (QPC) L/hab.dia default

DQO afluente (C_{DQO-afluente}) mg/L default

Cenário de estimativa

Constantes e equivalência de unidades

Concentração de SO₄ no afluente (C_{SO₄}) mg/L

Eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}) %

Eficiência redução SO₄ (E_{SO₄}) %

Coef. produção lodo (Y) kgSV/kgDQOrem

Coef. produção DQO-lodo (K_{sólidos}) kgDQO-lodo/kgDQOrem

Temperatura operacional reator (T) °C

Fator de supersaturação de CH₄ na fase líquida (F_s)

Perda de CH₄ na fase gasosa com o gás residual (p_w) %

Outras perdas de CH₄ na fase gasosa (p_o) %

Valores default de acordo com a situação de estimativa:

	Pior	Típica	Melhor
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 4. Dados de entrada de vazão do esgoto sanitário

Fonte: Autor

Produção de metano e biogás

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Produção de metano e biogás

% de CH₄ no biogás (C_{CH₄}) %

Perda de CH₄ dissolvido no efluente (p_L) mg/L

Carga DQO convertida em CH₄ (DQO_{CH₄}) kgDQO-CH₄/dia

Fator correção temperatura (F_t) kgDQO/m³

Perda volumétrica de CH₄ com o efluente (Q_{L-CH₄}) m³/dia

Perda volumétrica de CH₄ com o gás residual (Q_{w-CH₄}) m³/dia

Outras perdas volumétricas de CH₄ (Q_{o-CH₄}) m³/dia

Produção real de CH₄ no biogás (Q_{REAL-CH₄}) m³/dia

Produção real de biogás (Q_{Biogás}) m³/dia

Figura 5. Produção de metano e biogás

Fonte: Autor

De posse destes resultados, podemos concluir que a ETE Guavirá produz uma quantidade significativa de biogás, porém, no modelo atual não o vem utilizando.

A produção da energia proveniente do biogás poderia ser utilizada dentro da própria planta ou integrada à rede elétrica por meio de geração distribuída, diminuindo assim os custos operacionais da estação de tratamento de esgoto, além de contribuir para redução do impacto ambiental causado pela emissão direta do metano na atmosfera.

Além do uso do biogás, o lodo produzido pós tratamento pode ser utilizado como biofertilizante, podendo ser distribuído a pequenos agricultores cadastrados.

5 CONCLUSÃO

Após a realização desse estudo, verificou-se que a ETE Guavirá tem potencial de geração de biogás de 286,8m³ por dia, o que seria suficiente para gerar 8.700 kWh de energia elétrica por mês. Isso seria suficiente para abastecer aproximadamente 44 casas populares ao longo do mês, considerando um consumo médio de 200 kW/h/mês.

Por fim, concluímos que são necessários estudos mais aprofundados acerca da produção do biogás gerado, bem como avaliar a melhor destinação para então realizar o modelo de estudo de viabilidade econômica para a ETE Guavirá.

REFERÊNCIAS

AL SEADI, T.; RUTZ, D.; PRASSL, H.; KÖTTNER, M., TOBIAS FINSTERWALDER, T.; VOLK, S.; JANSSEN, R. Biogas: handbook. Esbjerg (Dinamarca), University of Southern Denmark, 2008.

BLEY Jr., Cícero. Biogás: a energia invisível. São Paulo: Cibiogás; Ed. Abril; Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional 2014.

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Marechal Cândido Rondon

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – BRASIL. **Biometano**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biometano>> Acesso em: 20/12/2018.

HOSSEINI, S.E., WAHID, M.A. Desenvolvimento de combustão de biogás na geração de calor e energia combinados, Elsevier, Volume 40, Dezembro de 2013, Páginas 868–875.

CIBiogás – CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS-BIOGÁS – BRASIL. **Condomínio Ajuricaba**. Disponível em: <https://cibiogas.org/condominio_ajuricaba> Acesso em: 25/11/2018.

YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS – Guia Técnico Ambiental de Biogás na Agroindústria. 2015

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 7a ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2011.

METCALF, L.; EDDY, H.P. Wastewater engineering: Treatment, disposal and Reuse. 4th ed. Nova York: MacGraw-Hill, 2016.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2014

SALOMON Karina R.; LORA Electo E. S. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil. Revista Biomassa e Energia, v. 2, n. 1, p. 57-67, 2005. Disponível em: <https://www.academia.edu/35700888/ESTIMATIVA_DO_POTENCIAL_DE_GERA%C3%87%C3%83O_DE_ENERGIA_EL%C3%89TRICA_PARA_DIFERENTES_FONTES_DE_BIOG%C3%81S_NO_BRASIL_1_Energetic_Potential_Estimate_for_Electric_Energy_Generation_of_Different_Sources_of_Biogas_in_Brazil>. Acesso em: 20 fev. 2019.