

Trabalho de Conclusão de Curso

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS
PARA FINS ENERGÉTICOS DE UMA
LAGOA ANAERÓBIA EM ESCALA REAL
DE INDUSTRIA DE CONSERVAS
ALIMENTÍCIAS**

Alexia Cristina Ruediger

Florianópolis

2017



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental

Alexia Cristina Ruediger

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIÓGÁS PARA FINS ENER-
GÉTICOS DE UMA LAGOÁ ANAERÓBIA EM ESCALA REAL DE
INDUSTRIA DE CONSERVAS ALIMENTÍCIAS

Trabalho Conclusão do Curso de
Graduação em Engenharia Sani-
tária e Ambiental do Centro Tec-
nológico da Universidade Fede-
ral de Santa Catarina como re-
quisito para a obtenção do Título
de Bacharel em Engenharia Sa-
nitarista e Ambiental

Orientador: Prof. Paulo Belli Fi-
lho, Dr.

Coorientadora: Eng.^a Carolina
Bayer Cabral Gomes, MSc.

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC

Ruediger, Alexia

Avaliação da produção de biogás para fins energéticos de uma lagoa anaeróbia em escala real de indústria de conservas alimentícias / Alexia Ruediger; orientador, Paulo Belli Filho, coorientadora, Carolina Bayer Gomes Cabral, 2017. 139 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Indústria de Conservas. 3. Tratamento Anaeróbio. 4. Biogás. 5. Aproveitamento Energético. I. Belli Filho, Paulo. II. Cabral, Carolina Bayer Gomes. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

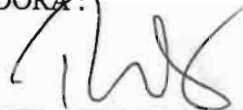
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS PARA FINS
ENERGÉTICOS DE UMA LAGOA ANAERÓBIA EM ESCALA
REAL DE INDUSTRIA DE CONSERVAS ALIMENTÍCIAS

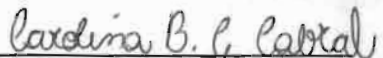
ALEXIA CRISTINA RUEDIGER

Trabalho submetido à Banca
Examinadora como parte dos
requisitos para Conclusão do
Curso de Graduação em
Engenharia Sanitária e
Ambiental – TCC II

BANCA EXAMINADORA:



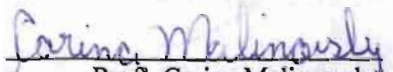
Prof.^a Paulo Belli Filho, Dr.
(Orientador)



Eng.^a Carolina Bayer Gomes Cabral, MSc.
(Co-orientadora)



Prof.^a Maria Eliza Nagel Hassemer, Dr.^a
(Membro da Banca)



Prof.^a Carina Malinowsky
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)
JUNHO/2017

Este trabalho é dedicado aos meus pais, que não mediram esforços em me fornecer, com muito amor, a melhor educação possível.

AGRADECIMENTOS

Não sei como os demais acadêmicos se sentem quando agradecem primeiramente a Deus, mas não quero que esse meu agradecimento seja mais um clichê dentre muitos. Talvez Deus não tenha influenciado diretamente no meu resultado, mas Ele me guiou através de algumas grandes dificuldades e sem o seu grande amor e bondade eu não teria chegado onde cheguei. Posso dizer que o Senhor é o pilar que me sustenta.

Minha família segue na lista de agradecimentos como uma base que posso confiar e me confortar, pois não irá ruir. Sem o suporte da família e a educação que me deram, não teria nem ingressado na faculdade, por isso posso me sentir realmente privilegiada.

Aos amigos que estiveram ao meu redor enquanto nos erguíamos a esse patamar, também meu muito obrigado. A experiência de cada um é somada para que juntos alcancemos um único objetivo, apesar da escolha de temas tão distintos.

Meus agradecimentos aos acadêmicos e profissionais que me auxiliaram na construção de um projeto com o rigor acadêmico necessário, guiando-me para a construção de um trabalho com o nível desejado e além disso, instigando-me a me destacar, buscando resultados além da expectativa inicial. Refiro-me ao orientador prof. Dr. Paulo Belli Filho, à co-orientadora MSc. Carolina Bayer Gomes Cabral e ao Prof. Dr. Ricardo Hartmann.

Tenho agradecimentos especiais ao diretor industrial John A. Ruediger, ao mestre de produção Jorge Guenther, ao Contramestre James Eduardo Souza, aos auxiliares de produção Ricardo Beyer e Maicon Santos Lima e ainda ao ex-presidente da Hemmer Marcos I. Ruediger. Esses profissionais me forneceram informações necessárias para a construção do trabalho, muito me ensinaram sobre os processos industriais e me engrandeceram com suas experiências nas suas profissões.

Agradeço à Elisa Achterberg, Lorena Pansard, Jahnet Ruediger, Rejane Jansen, Jaqueline Cremonini, Nicole Friedrich Neumann, Jaqueline Carneiro Kerber, Ana Júlia Maske e Thiago Zumach pelo grande apoio psicológico e emocional diante dessa etapa de mudanças na minha vida, muito obrigada.

A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.

(Arthur Schopenhauer)

RESUMO

O presente estudo avaliou o potencial de geração de energia a partir do biogás produzido pelo sistema de tratamento anaeróbio de uma indústria de conservas de alimentos de origem vegetal, situada em Blumenau/SC. O sistema de tratamento é composto por duas caixas de areia, uma peneira para retenção de sólidos grosseiros, decantador Dortmund, lagoa facultativa anaeróbia seguida por uma lagoa de polimento em série. Realizaram-se 7 coletas do despejo antes de depois da lagoa anaeróbia para análise de DQO, Sólidos Totais e Sólidos Suspensos. A vazão média registrada pelas coletas foi de 374 m³/dia, variando de 136 m³/dia a 522 m³/dia. A eficiência de remoção de DQO foi calculada em 58,7%, sendo que a média de entrada foi de 2124,0 mg/L e de saída 387 mg/L. O resultado de Sólidos Totais e Suspensos foi bastante variável, chegando a resultados negativos de eficiência na saída da lagoa anaeróbia. Assume-se, dessa forma, que a falta de remoção do lodo de fundo afeta negativamente na eficiência da lagoa, sendo necessário realizar a manutenção regularmente. O pH de entrada variou de 4,18 a 11,70, e na saída da lagoa anaeróbia mostrou regularidade, mantendo-se entre 6,31 e 7,02. A temperatura do líquido na entrada variou de 18 a 35 °C, e na saída de 19 a 28 °C, com média em 24°C. A produção de biogás foi estimada e teve média de 146,3 m³ biogás/dia, com composição de 65% de metano. A economia com lenha para a caldeira estimada para uma extrapolação anual foi de 142 m³ de lenha, evitando o corte de 47 árvores de eucalipto por ano. O potencial de produção de energia elétrica foi estimado em 466,7 kW/dia, que se utilizando no horário de ponta (3h/dia), seria suficiente para suprir 100% do gasto com o óleo diesel e 91,2% do consumido atualmente da concessionária nesse horário.

PALAVRAS CHAVE: Indústria de Conservas, Tratamento Anaeróbio, Biogás, Aproveitamento Energético.

ABSTRACT

The present study evaluated the potential of energy generation from the biogas produced by the anaerobic treatment system of a vegetable canning industry located in Blumenau/SC. The treatment system consists of two sandboxes, one for retention of coarse solids, Dortmund decanter, facultative anaerobic lagoon followed by a polishing pond in series. Seven dump collections were performed before and after the anaerobic lagoon for analysis of COD, Total Solids and Suspended Solids. The mean flow recorded by the collections was 374 m³/day, ranging from 136 m³/day to 522 m³/day. The COD removal efficiency was calculated in 58.7%, with the mean input being 2124.0 mg/L and the output 387 mg/L. The result of Total and Suspended Solids was quite variable, reaching negative efficiency results at the exit of the anaerobic lagoon. It is assumed, therefore, that the lack of removal of the bottom sludge negatively affects the efficiency of the lagoon, and it is necessary to perform the maintenance regularly. The inlet pH varied from 4.18 to 11.70, and at the anaerobic lagoon outlet showed regularity, remaining between 6.31 and 7.02. The temperature of the liquid at the entrance varied from 18 to 35 °C, and at the outlet from 19 to 28 °C, with an average of 24 °C. Biogas production was estimated and had an average of 146.3 m³Biogas/day, with a composition of 65% of methane. The savings on wood for the boiler estimated for an annual extrapolation was 142 m³ of firewood, avoiding the cutting of 47 eucalyptus trees per year. The electric power production potential was estimated at 466.7 kW/day, which would be used at rush hour (3h / day), would be enough to supply 100% of the diesel oil consumption and 91.2% of the current consumption at that time.

KEYWORDS: Canning Industry, Anaerobic Treatment, Biogas, Energy Use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Caldeira flamotubular.....	13
Figura 2 - Caldeira aquatubular.....	14
Figura 3 - Caldeira flamotubular com ante-fornalha de paredes de água....	15
Figura 4 - Representação esquemática de uma lagoa anaeróbia coberta....	20
Figura 5 – Fluxograma das etapas empregadas na metodologia.	22
Figura 6 – Localização da indústria no município de Blumenau/SC.	23
Figura 7 – Fluxograma do processo industrial: vegetais.	25
Figura 8 – Processo de limpeza mecânica do pepino (18/04/17).	27
Figura 9 – Cozimento da beterraba, com saída de efluente de coloração avermelhada direcionada ao sistema de drenagem – 07/02/17.....	27
Figura 10 – Lavagem de cogumelo para diminuir o teor de metabissulfito de sódio do produto.	28
Figura 11– Poço de bombeamento (26/01/17).	30
Figura 12– Peneira hidrostática (26/01/17).	31
Figura 13– Chegada do efluente recalcado no decantador Dortmund (21/02/17).....	31
Figura 14– Decantador Dortmund (21/02/17).....	32
Figura 15– Contentor de polietileno contendo Hidróxido de Sódio (soda cáustica) (21/02/17).....	32
Figura 16– Identificação de líquido perigoso no contentor de polietileno (21/02/17).....	33
Figura 17 – Tratamento secundário: lagoa anaeróbia (16/07/16).....	33
Figura 18 – Detalhe da lagoa anaeróbia, com presença de espuma e algas (16/07/16).....	34
Figura 19 – Detalhe da lagoa anaeróbia, com presença de espuma e algas (07/02/17).....	34
Figura 20 – Saída do efluente da lagoa anaeróbia por meio de três tubulações (16/07/16).....	35
Figura 21 – Lagoa facultativa anaeróbia (direita) e lagoa de polimento (esquerda), com caixa de passagem entre as mesmas (16/07/16).....	35
Figura 22 – Tratamento secundário: lagoa de polimento (16/07/16).	36
Figura 23 – Detalhe da lagoa de polimento, com resquícios de algas e coloração avermelhada (16/07/16).	36
Figura 24 – Detalhe da entrada do efluente na lagoa de polimento (após lagoa facultativa anaeróbia) (16/07/16).	37
Figura 25 – Detalhe da manta geotêxtil, presente em ambas as lagoas e detalhe da canalização de exaustão de ar para instalação (16/07/16).....	38
Figura 26 – Calha Parshall presente ao final do tratamento (16/07/16).	38
Figura 27 – Rio Testo próximo à indústria, corpo hídrico receptor do efluente tratado (16/07/16).....	39
Figura 28– Esquema do tratamento de efluentes instalado na indústria.....	39

Figura 29 – Indicação dos pontos de coleta “A”, “CP” e “E”.	42
Figura 30 – Amostras, da esquerda para a direita: Ponto E (CP-02), chegada do efluente recalcado no decantador Dortmund (Ponto A) e CP-01 (Ponto CP) (04/04/17).	42
Figura 31 - Instrumentos de medição: pHmetro PG1400 calibrado e termômetro.	43
Figura 32 – Medição de pH e temperatura das amostras. Da esquerda para a direita: CP-02 (Ponto E), chegada do efluente recalcado no decantador Dortmund (Ponto A) e CP-01 (Ponto CP) (18/04/17).	43
Figura 33 – Armazenagem das amostras na câmara frigorífica da fábrica a 2 – 5 °C (21/03/17).	44
Figura 34 – Realização da mistura das amostras coletadas no CP-02 (Ponto E) (21/03/17).	44
Figura 35 – Coleta de efluente e aferição de vazão pelo método balde e cronômetro na caixa de passagem entre as duas lagoas (Ponto E) (21/02/17).	46
Figura 36 – Gerador de energia WEG com motor Cummins, de capacidade nominal 450 KVA.	50
Figura 37 – Consumo mensal de energia elétrica no ano de 2016.	50
Figura 38 - Demanda de energia mensal no horário de ponta no ano de 2016.	51
Figura 39 – Vazões de entrada aferidas pelos métodos de proporção da água tratada na ETA e tempo de bombeamento da bomba de recalque.	55
Figura 40 – Variação da vazão ao longo do dia na saída da lagoa anaeróbia, medida a partir do método de balde e cronômetro.	56
Figura 41 – Relação entre vazão e DQO de entrada no sistema (ponto A).	57
Figura 42 – pH médio afluente (ponto A) ao longo dos dias de coleta.	58
Figura 43 – pH médio na saída da lagoa anaeróbia (ponto E) ao longo dos dias de coleta.	58
Figura 44 - Temperaturas médias do afluente (ponto A) e efluente (ponto E).	59
Figura 45 – Resultados de Sólidos Totais (ST) dos pontos de monitoramento ao longo da campanha de coleta.	60
Figura 46 - Estimativa de produção de biogás (65% CH ₄) nos dias de coleta.	64
Figura 47 – Extrapolação da estimativa de potencial energético do biogás a partir dos dados de entrada de DQO para o ano de 2016 para substituição de lenha.	66
Figura 48 - Extrapolação da estimativa de potencial energético do biogás a partir dos dados de entrada de DQO para o ano de 2016 para produção de energia elétrica.	67
Figura 49 – Simulação do uso do biogás em geradores de energia para diferentes produções pela ER-BR.	68

Figura 50 – Simulação de economia de energia com o uso dos geradores pela ER-BR.....	69
Figura 51 – Custos de implementação do sistema de gerador, painel manual, filtro de biogás e <i>start up</i> pela ER-BR.	69
Figura 52 – Tempo de <i>payback</i> , em meses, das alternativas analisadas pela ER-BR.....	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Composição do biogás.....	8
Quadro 2 - Comparação entre os custos de implementação de um sistema de aproveitamento energético de fontes alternativas de energia.	10
Quadro 3 – Comparação do poder calorífico inferior do metano, biogás e outros gases.	11
Quadro 4 – Equivalência energética de 1 Nm ³ de biogás a 65% de metano com outras fontes de energia,	11
Quadro 5 – Alternativas tecnológicas para armazenamento de biogás.....	19
Quadro 6 – Necessidade de remoção de compostos gasosos de acordo com a utilização do biogás.	20
Quadro 7 – Consumo anual de matérias-primas.....	23
Quadro 8 – Vazões médias de despejos estimadas para cada etapa do processo industrial.....	25
Quadro 9 – Parâmetros a serem analisados nas amostras de efluente e afluente e métodos.	45
Quadro 10 – Equivalência energética de 1m ³ de biogás a 65% de metano.	48
Quadro 11 – Consumo de energia elétrica total mensal no ano de 2017, consumo de óleo diesel e produção de energia pelo gerador.....	51
Quadro 12 - Resultados das análises de DQO, Sólidos Totais e Sólidos Suspensos aferidos ao longo das coletas e cálculo de eficiências.	54
Quadro 13 – Estimativa de economia financeira para os dias pesquisados com a substituição parcial de lenha por biogás na caldeira.	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DBO _{5,20}	Oxigênio consumido na degradação da matéria orgânica, a uma temperatura média de 20°C durante 5 dias.
DQO	Demanda química de oxigênio
ETE	Estação de tratamento de esgoto
GEE	Gases de efeito estufa
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
PCI	Poder calorífico inferior
ST	Sólidos totais
STF	Sólidos totais fixos
STV	Sólidos totais voláteis
SST	Sólidos suspensos totais
SSF	Sólidos suspensos fixos
SSV	Sólidos suspensos voláteis
UASB	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

CH ₄	Gás metano
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Gás carbônico
CO	Monóxido de carbono
H ₂	Gás hidrogênio
H ₂ O	Água
H ₂ S	Ácido sulfídrico (em solução aquosa)
N ₂	Gás nitrogênio
NH ₃	Amônia

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. OBJETIVO GERAL.....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. PROCESSO DE TRATAMENTO ANAERÓBIO DE EFLUENTES	4
3.1.1. Lagoas de Estabilização	6
3.1.1.1. Lagoas Anaeróbias	7
3.1.2. Biogás.....	8
3.1.2.1. Produção de Metano	9
3.1.2.2. Potencial Energético.....	10
3.2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA A UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS	12
3.2.1. PRODUÇÃO DE VAPOR	12
3.2.2. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	15
3.2.3. OUTRAS ESTRUTURAS	19
4. METODOLOGIA.....	22
4.1. INDÚSTRIA DE CONSERVAS DE VEGETAIS.....	22
4.1.1. Processo Industrial e Geração de Efluentes Líquidos.....	22
4.1.2. Sistema de Tratamento de Efluentes	28
4.2. COLETAS E ANÁLISES	40
4.3. ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE METANO E ENERGIA 47	
4.4. ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA	48
4.4.1. Utilização do Biogás para Geração de Energia Térmica.....	49
4.4.2. Utilização do Biogás para Geração de Energia Elétrica.....	49
5. RESULTADOS	53
5.1. RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE LÍQUIDO	53
5.1.1. Vazão.....	54
5.1.2. Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	56
5.1.3. pH.....	57
5.1.4. Temperatura.....	59
5.1.5. Sólidos	59

5.1.6. Alternativas Tecnológicas para Melhoria da Eficiência de Tratamento.....	61
5.2. ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS	63
5.3. ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA ENTRE AS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS	64
5.3.1. Produção de Vapor	65
5.3.2. Produção de Energia Elétrica.....	66
6. CONCLUSÕES	71
7. RECOMENDAÇÕES	72
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
9. ANEXOS.....	78
10. APÊNDICES	83

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, existe uma grande demanda energética para suprir automóveis, residências, comércios e indústrias em todo o mundo. Historicamente, as maiores fontes de energia têm sido a partir de combustíveis fósseis e hidroelétricas, além da energia nuclear. Ao longo das últimas décadas houve uma expansão na disponibilidade energética, principalmente nos países desenvolvidos. Porém, tem-se verificado a necessidade de explorar fontes alternativas e renováveis de energia, em função ora da poluição, gerada pela queima dos combustíveis fósseis, ora pela sazonalidade de potência das hidrelétricas, em função da dependência do regime de vazão.

Segundo o último balanço energético nacional realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2015 houve recuo na oferta de energia, com uma redução na energia hidráulica disponibilizada de 3,2% se comparado com o ano anterior. Apesar da menor oferta hídrica, a participação de renováveis na matriz elétrica aumentou de 74,6% para 75,5%, explicado pela queda da geração térmica a base de derivados de petróleo e ao incremento da geração a base de biomassa e eólica (EPE, 2016). As fontes de energia alternativas mais exploradas atualmente são, em sua maioria, de fontes renováveis e de baixo impacto ambiental. Exemplos são as energias eólica, fotovoltaica (solar), geotérmica (calor proveniente da Terra), maré motriz (marés), a partir da biomassa (decomposição de matéria orgânica) e a partir do biogás, sendo este foco deste estudo.

A alternativa de geração de energia a partir do biogás possui grande potencial, com pouca exploração ainda no Brasil. O biogás é uma mistura de gases formada a partir da degradação biológica de matéria orgânica na ausência de oxigênio (condição anaeróbia). Sua composição é variável de acordo com o tipo de tratamento e o substrato biodegradado, porém a maior parcela é geralmente de metano, com menores quantidades de gás carbônico, hidrogênio, compostos orgânicos voláteis, compostos nitrogenados, sulfetos, fosfatos e vapor de água. O metano (CH_4) é um gás incolor e inodoro com importante poder calorífico capaz de gerar energia. Além disso é considerado um dos gases contribuintes para o efeito estufa (GEE) e por esse motivo é necessária a eliminação do metano para que não seja lançado livremente na atmosfera. O gás sulfídrico (H_2S) é produzido quando o sistema não está em equilíbrio, com temperaturas abaixo das necessárias e/ou presença de oxigênio. Quando gerado, ele é responsável por maus odores que perturbam a vizinhança do empreendimento.

O presente trabalho avaliou a quantidade de biogás formado através de uma lagoa facultativa anaeróbia de tratamento de despejo industrial e seu potencial de geração de energia. Avaliou-se a quantidade e a qualidade do biogás produzido para verificar se são suficientes para a utilização do gás no local como fonte alternativa de energia. Além do benefício econômico, com a redução nos gastos com a tarifa de energia elétrica, trará também benefícios ambientais, pois evitará a emissão de gases do efeito estufa (GEE), como metano e gás carbônico. Outro importante benefício será social, pois o odor atualmente emanado do tratamento será potencialmente diminuído, evitando descontentamentos por parte das comunidades vizinhas.

A lagoa de tratamento está implantada no parque industrial da Cia Hemmer Ltda. de alimentos em conservas, empresa fundada em 1915 na cidade de Blumenau. Seu principal produto é pepino em conserva, porém são processados muitos outros alimentos, como molho de cachorro quente, chucrute, diversos condimentos, mel, outros vegetais em conserva, etc. Supõe-se que a carga orgânica afluyente (de entrada) na lagoa é suficiente para, em condições ótimas de tratamento, gerar uma parcela de metano suficiente para o biogás ser técnica e economicamente viável no aproveitamento energético do mesmo na própria indústria.

A primeira etapa do trabalho consistiu em diagnosticar a eficiência do tratamento anaeróbio e quantificar a produção do biogás e metano. Para isso, foram feitas aferições da qualidade do afluyente e do efluente, identificando as eficiências de remoção de alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade da água. A diferença entre os valores de entrada e saída do efluente indicaram a quantidade de matéria orgânica que foi retida pelo tratamento, transformando-se em metano e outros gases.

A partir da quantificação e qualificação do biogás produzido, foram identificados os arranjos tecnológicos possíveis para o aproveitamento do biogás na indústria. Nessa etapa, foram pesquisadas e avaliadas as melhores alternativas tecnológicas para o aproveitamento do biogás. As duas formas de aproveitamento da energia avaliadas foram a térmica, para utilização na caldeira e substituição da lenha; e elétrica, para redução de custos da empresa a longo prazo.

Após as soluções levantadas, foi possível avaliar previamente a viabilidade técnico-econômica da implementação de um sistema de aproveitamento do biogás. Com isso, pretendeu-se concluir se a utilização energética do biogás produzido pelo tratamento existente é vantajosa para a indústria.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial de geração de biogás produzido a partir de uma lagoa de tratamento de efluentes de uma indústria de conservas alimentícias, para fins energéticos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar a eficiência do tratamento anaeróbio e estimar a qualidade e quantidade da produção do biogás.
- Identificar os arranjos tecnológicos possíveis para o aproveitamento do biogás na indústria.
- Levantar dados para a viabilidade técnico-econômica da implementação de um sistema de aproveitamento energético do biogás.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. PROCESSO DE TRATAMENTO ANAERÓBIO DE EFLUENTES

As bactérias anaeróbias são pertencentes ao domínio Archea, as formas de vida mais antigas da Terra, existindo há 3,7 bilhões de anos, numa atmosfera livre de oxigênio. A partir do momento que a atmosfera passou a se encher de oxigênio, pelo surgimento de algas e cianobactérias, os microorganismos anaeróbios necessitaram encontrar ambientes em condições anaeróbias para poder sobreviver. Passaram então a se concentrar em pântanos, zonas úmidas, estômago de ruminantes, insetos e nos seres humanos. Nesses locais possuem a função de degradar a matéria orgânica, transformando em uma mistura de gases chamada biogás (SEGHEZZO et al, 2005).

O processo anaeróbio é uma alternativa de tratamento biológico que está cada vez mais presente em unidades de tratamento de águas residuárias e despejos industriais. Esse tipo de processo é vantajoso principalmente em países tropicais, onde o clima possui temperaturas maiores, como na América Latina e Índia (CHERNICHARO et al, 2015).

O calor é necessário pois as bactérias anaeróbias se reproduzem normalmente a uma baixa taxa, o que torna a estabilização da matéria orgânica lenta. Desse modo, as reações anaeróbias geram menos energia comparadas com as reações aeróbicas. A temperatura influencia no processo enzimático das bactérias formadoras de metano. Segundo Chernicharo (2007), a atividade das bactérias se torna muito baixa a 10°C, e acima de 65°C as enzimas são destruídas pelo calor. A faixa ideal para a produção de biogás está entre 32 e 37 °C. Seghezzeo (2004) afirma que o intervalo ótimo para a digestão mesofílica está entre 30 e 40 °C e, para temperaturas abaixo do intervalo ótimo, a taxa de digestão diminui cerca de 11% para cada grau centígrado, de acordo com a expressão de Arrhenius.

Entre as vantagens do tratamento anaeróbio estão a baixa geração de lodo; baixo consumo de energia; apresenta resistência a diferenças na entrada de carga e, por consequência, uma boa flexibilidade na operação; boa eficiência na remoção de DBO; e potencial de geração de metano, um gás de elevado poder calorífico que pode ser aproveitado como fonte de energia.

Algumas das desvantagens dos sistemas anaeróbios, são a insatisfatória remoção de nutrientes e patógenos; produção de efluente com aspecto desagradável e usualmente com qualidades insuficientes de acordo

com os padrões de lançamento; a partida do processo pode ser lenta, pois o lodo de semeadura deve estar adaptado; e a provável geração de maus odores devido à liberação de compostos sulfurosos.

O lodo excedente, além da baixa produção, é naturalmente estabilizado, com melhores características de desidratação e se encontra mais concentrado do que nos sistemas de tratamento aeróbico. No reator anaeróbico, a porcentagem de matéria orgânica convertida em lodo é de 5 a 15%, enquanto em condições anaeróbicas, essa parcela chega a 40% (CHERNICHARO, 2007).

Na digestão anaeróbia ocorrem diversos processos, pois não existem microorganismos capazes de transformar matéria orgânica complexa nos produtos finais do processo anaeróbico. De forma simplificada, segundo Von Sperling (1996), divide-se em duas etapas: a) liquefação da matéria orgânica e formação de ácidos (bactérias acidogênicas); e b) formação do metano (bactérias metanogênicas), onde ocorre a remoção do carbono orgânico do meio líquido pelo escape de CH_4 para a atmosfera. De forma mais elaborada, vários grupos de microorganismos realizam diferentes funções na degradação dos compostos, como apresentado a seguir.

1. Hidrólise

As bactérias fermentativas são as responsáveis pela degradação de orgânicos complexos, como carboidratos, proteínas e lipídeos em materiais dissolvidos mais simples, como açúcares, aminoácidos e peptídeos através de exoenzimas excretadas pelas bactérias.

Essa hidrólise ocorre de forma lenta na anaerobiose, sendo afetado por uma série de fatores, como temperatura, tempo de residência do substrato no reator, composição do substrato, tamanho das partículas, pH do meio e concentração de amônia e concentração de produtos da hidrólise (LETTINGA *et al*, 1996, citado por CHERNICHARO, 2007).

2. Acidogênese

Nesta fase, as bactérias fermentativas acidogênicas são as responsáveis por metabolizar os produtos solúveis da hidrólise, convertendo em compostos mais simples. Esses compostos incluem ácidos orgânicos como o acético, butírico e propiônico, e em menor proporção álcoois, gás carbônico, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio (LETTINGA, 1994).

Dos produtos metabolizados nessa etapa, apenas o hidrogênio e o acetato podem ser utilizados pelas bactérias metanogênicas. Em torno de 50% da DQO biodegradável é, no

entanto, convertida em propionato e butirato, que posteriormente é oxidado pelas bactérias acetogênicas (CHERNICHARO, 2007).

3. Acetogênese

As bactérias acetogênicas fazem parte de um grupo metabólico intermediário, oxidando parte dos produtos gerados na fase acidogênica (propionato e butirato) em substrato apropriado para as bactérias metanogênicas (hidrogênio, gás carbônico e acetato) (CHERNICHARO, 2007).

4. Metanogênese

Essa etapa final é realizada pelas bactérias metanogênicas, que utilizam ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono, ácido fórmico, metanol, metilaminas e monóxido de carbono como substrato. Os produtos finais são principalmente o metano e o dióxido de carbono. Em função das diferenças de utilização de substrato e produção de metano, essas bactérias são divididas em dois grupos, como apresentado a seguir (CHERNICHARO, 2007).

Metanogênicas acetoclásticas: são responsáveis por cerca de 60 a 70% de toda produção de metano a partir do acetato. Também são capazes de utilizar o hidrogênio e as metilaminas como substrato. Têm forma filamentosa, com grande importância na formação da trama bacteriana presente nos grânulos.

Metanogênicas hidrogenotróficas: essas bactérias utilizam o hidrogênio como doador de elétrons e o dióxido de carbono como aceptor de elétrons para produção de metano.

3.1.1. Lagoas de Estabilização

As lagoas de estabilização são largamente utilizadas no tratamento de despejos, principalmente em indústrias que possuem uma grande quantidade de componentes orgânicos e localizadas em áreas mais afastadas dos centros urbanos, onde o preço do metro quadrado de terreno é menos expressivo. Segundo Chernicharo (2015), 38% dos 273 tratamentos de águas residuárias e despejos consultados em seis países da América Latina (Brasil, Colômbia, Chile, República Dominicana, Guatemala e México) são sistemas de lagoas de estabilização. A maioria dos tratamentos por lagoa são em pequena escala, operando com menos de 25 L.s⁻¹. Nesse capítulo serão abordados dois modelos de lagoa de estabilização: anaeróbias e anaeróbias facultativas.

3.1.1.1. Lagoas Anaeróbias

Nesta configuração de tratamento, espera-se um ambiente estritamente anaeróbio, com baixa geração de lodo e alta conversão da matéria orgânica em biogás. Esses padrões são alcançados a partir da adição de uma alta carga de matéria orgânica por unidade de volume, fazendo com que a taxa de consumo de oxigênio seja muito superior à taxa de produção. O sistema deve ser, portanto, isento de oxigênio e de atividade fotosintetizadora, mas baseado em fermentação e reprodução anaeróbios (VON SPERLING, 1996).

A manutenção das condições ideais para as bactérias metanogênicas é fundamental, uma vez que haverá acúmulo de ácidos no sistema caso sua taxa de crescimento microbiano diminua. Por se tratar de um tratamento anaeróbio, é mais adequado em países de temperaturas mais elevadas. Segundo Von Sperling (1996), temperaturas abaixo de 20°C proporcionam eficiência na remoção de DBO abaixo de 50%, enquanto temperaturas maiores chegam a uma eficiência de 60%.

Quanto às dimensões, usualmente é uma lagoa profunda (de 3 a 5 metros) para evitar a penetração de oxigênio existente na superfície, advinda de trocas gasosas e eventual formação de algas. Com a profundidade, a área superficial é menor, o que confere uma vantagem desses sistemas em relação às demais lagoas de estabilização (VON SPERLING, 1996).

Uma das desvantagens das lagoas anaeróbias é que eficiência na remoção de DBO muitas vezes é insuficiente para os padrões de lançamento, sendo necessária a implantação de uma unidade de pós tratamento. Muitas vezes essa unidade é uma lagoa facultativa. A vantagem desse sistema de lagoas é a redução da área total utilizada em relação a um sistema composto apenas pela lagoa facultativa. Entre outras vantagens do tratamento de despejos por lagoa anaeróbia estão o baixo custo de operação e manutenção e o sistema simples de operação (VON SPERLING, 1996).

É preciso atentar para a localização desse sistema de lagoas e também para a operação desta lagoa especificamente, no que tange o impacto para as comunidades vizinhas. O tratamento anaeróbio de efluentes tem como consequência a eventual liberação de gás sulfídrico, que ocorre quando o sistema não está em equilíbrio. Portanto, é indicado que esse tipo de lagoa seja afastado de residências, para qualquer período de projeto. Ainda caso o pH do efluente esteja próximo à neutralidade, a maior parte dos sulfetos estará na forma de íon bissulfito HS^- , que não possui odor (VON SPERLING, 1996).

3.1.2. Biogás

Em sistemas anaeróbios, em torno de 70 a 90% da matéria orgânica biodegradável presente no despejo é convertida em biogás, segundo Cherricharo (2007). O gás é removido da fase líquida e eliminado do sistema, atingindo a atmosfera. O problema ambiental associado a esse processo está na grande porcentagem de metano que integra o biogás, uma vez que o CH₄ é um dos gases de efeito estufa (GEE).

O biogás é uma mistura de gases e é combustível, resultante da degradação anaeróbia de matéria orgânica. A proporção dos gases na mistura depende da matéria orgânica a ser digerida (substrato), do tipo de reator e dos parâmetros qualitativos do efluente. Entretanto, a mistura é constituída principalmente por metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂). Outros gases também estão presentes, em parcelas menores, como o nitrogênio (N₂), gás sulfídrico (H₂S), hidrogênio (H₂) e vapor de água (CABRAL, 2016).

O poder calorífico do biogás é relacionado diretamente com a quantidade de metano existente na mistura gasosa. A porcentagem de CH₄ no biogás varia bastante, sendo que em reatores anaeróbios de alta taxa, como UASB, podem chegar a parcelas de 70 a 80% (CABRAL, 2016). Outros valores mais citados na bibliografia apontam uma composição em ETEs com proporções de 40 a 90% de metano, 10 a 50% de dióxido de carbono, 0 a 3% de hidrogênio, 0 a 2,5% de nitrogênio, 0 a 1% de oxigênio, 0 a 3% de gás sulfídrico, 0,1 a 0,5% de amônia e ainda 0 a 0,1% de gás carbônico (COELHO *et al*, 2004; LOBATO, 2011).

O Quadro 1 apresenta os teores de componentes do biogás mais citados na bibliografia para tratamentos anaeróbios.

Quadro 1 – Composição do biogás.

Composição	Teor em volume (%)
Metano (CH ₄)	50 a 75
Dióxido de Carbono (CO ₂)	25 a 40
Hidrogênio (H ₂)	1 a 3
Nitrogênio (N ₂)	0,5 a 2,5
Oxigênio (O ₂)	0,1 a 1
Gás Sulfídrico (H ₂ S)	0,1 a 5
Amônia (NH ₃)	0,1 a 5
Monóxido de Carbono (CO)	0 a 0,1
Água (H ₂ O)	Variável

FONTE: GUSMÃO (2008); PINTO (2006).

3.1.2.1. Produção de Metano

Quanto à estimativa de produção de metano pelo sistema de tratamento anaeróbio, Farias (2012) propõe que 25% da DBO_{5,20} removida é convertida em metano. Segundo Lobato (2011), a perda de metano varia entre 20 a 50% do total, retido no lodo ou escapando para a atmosfera. Esses valores são importantes para estimativa de metano quando não é possível captar diretamente o biogás para análises.

Os fatores que podem afetar a eficiência de sistemas anaeróbios em produzir metano são apresentados a seguir.

- a) Composição química do resíduo: quanto maior a parcela orgânica do resíduo, mais biodegradável ele se torna. Resíduos com alta concentração de carboidratos, proteínas e lipídios proporcionam uma produção de metano maior, já a celulose, lignina e compostos artificiais dificultam a metanogênese;
- b) Impermeabilidade do ar: quanto menos oxigênio penetrar no meio líquido, menos dióxido de carbono (CO₂) será produzido, ampliando a faixa de produção de metano;
- c) Temperatura: as bactérias formadoras de metano são bastante sensíveis à temperatura, sendo que abaixo de 10 °C a atividade é muito baixa e acima de 65 °C as enzimas são destruídas pelo calor. Para bactérias mesofílica, recomenda-se temperaturas entre 32 e 37 °C, enquanto que para bactérias termofílica, a faixa é de 50 a 60 °C;
- d) pH: esse parâmetro influencia na taxa de crescimento das bactérias, que é ótimo entre 6,6 e 7,4. Recomenda-se manter uma faixa entre 6,0 e 8,0, que garante uma estabilidade de produção de metano. pH fora dessa faixa indica alguma anormalidade nas reações de metanogênese, o que afeta a eficiência de geração de biogás;
- e) Produção e consumo de ácidos orgânicos: um aumento na concentração de ácidos voláteis pode indicar um desequilíbrio no processo, uma vez que as reações de degradação anaeróbias são baseadas na produção de ácidos graxos e na degradação de seus compostos em metano;
- f) Alcalinidade: esse parâmetro é importante para o controle do pH, com o chamado efeito tampão. Quando a quantidade de ácidos voláteis presentes é pequena, a alcalinidade total é praticamente igual à alcalinidade em bicarbonato. E quando a concentração de ácido aumenta, são neutralizados pela alcalinidade em bicarbonato;

- g) Acidez: relacionada com a alcalinidade e pH. Quando a produção de ácidos voláteis é muito alta, consome rapidamente a alcalinidade do meio e reduz o pH, acidificando o meio;
- h) Nutrientes: existem nutrientes que são degradados mais rapidamente pelas populações microbianas. A ordem decrescente de importância é: nitrogênio, enxofre, fósforo, ferro, cobalto, níquel, molibdênio, selênio, riboflavina e vitamina B12.

Para estimar a composição do biogás, segundo Monte (2010), é necessário medir as parcelas de DQO que são convertidas em lodo, reduzidas a sulfatos e/ou removidas do sistema. A partir desses valores, calcula-se a DQO máxima convertida em metano e obtém-se a produção volumétrica máxima.

3.1.2.2. Potencial Energético

Em comparação com outras tecnologias, o uso do biogás para fins energéticos se mostra competitivo economicamente no mercado. O Quadro 2 mostra uma comparação entre os custos mínimo e máximo do biogás em relação a outras fontes alternativas de energia. Observa-se pelo quadro que o biogás possui maior vantagem do que motores a diesel (SOUZA *et al*, 2004).

Quadro 2 - Comparação entre os custos de implementação de um sistema de aproveitamento energético de fontes alternativas de energia.

Sistema	Energia (R\$/MWh)
Biogás	67 a 190
Fotovoltaico	200 a 400
Eólico	50 a 80
Biomassa	40 a 70
Motor Diesel	100 a 300
Micro Central Hidrelétrica	20 a 40

Fonte: Souza *et al*. (2004).

O Poder Calorífico Inferior (PCI) é o parâmetro utilizado para medir o potencial de energia de um composto, isto é, a medida exata do conteúdo energético útil do combustível. Corresponde à energia liberada de uma massa combustível sob forma de calor.

Segundo Ross *et al*. (1996), o metano puro pode alcançar um Poder Calorífico Inferior de aproximadamente 8.100 kcal/Nm³. O biogás, por possuir na sua composição o CO₂ e umidade, tem um PCI menor, sendo

de aproximadamente 5.300 kcal/Nm³ quando atinge a porcentagem de 65% de metano. Em seu estudo, Zilotti (2012) mostra que a combustão de 1 Nm³ de biogás, com 65% de CH₄ na mistura, libera 23.400 kJ de calor (5.590 kcal/Nm³), enquanto 1 Nm³ de CH₄ produz 36.000 kJ (8.600 kcal/Nm³). O Quadro 3 compara o PCI de alguns gases, em comparação com o metano e o biogás.

Quadro 3 – Comparação do poder calorífico inferior do metano, biogás e outros gases.

Gás	PCI (Kcal/m ³)
Metano	8.500
Propano	22.000
Butano	28.000
Gás de Cidade	4.000
Gás Natural	8.554
Biogás	5.500

Fonte: Genovese (2006).

O quadro mostra que a queima, *in natura*, do biogás pode trazer grandes benefícios energéticos, como o aquecimento de bombas hidráulicas e geradores de energia. Porém, a presença do CO₂ desacelera a taxa de liberação de calor que os outros combustíveis. Para a utilização do biogás como energia, muitas vezes é necessário realizar sua limpeza, ou seja, eliminação da proporção de gases e vapores que prejudiquem o processo de queima, como é o caso do dióxido de carbono e água.

Além destes, o gás sulfídrico, a siloxina e a umidade são contaminantes que podem gerar corrosão precoce dos equipamentos, diminuindo o rendimento e a vida útil do motor térmico utilizado (COELHO et al, 2006). Segundo Ross et al. (1996), os níveis de H₂S geralmente são formados em concentrações bastante variáveis, de 100 a 2000 ppm.

O Quadro 4 apresenta a equivalência energética do biogás comparada a outras fontes de energia segundo alguns autores.

Quadro 4 – Equivalência energética de 1 Nm³ de biogás a 65% de metano com outras fontes de energia,

Combustível (unidade de medida)	Ferraz e Ma- riell (1980)	Sganzeria (1983)	Nogueira (1986)	Ross <i>et al</i> (1996)	Barrera (2003)
Gasolina (l)	0,61	0,61	0,61	0,628	0,61

Combustível (unidade de medida)	Ferraz e Ma- riel (1980)	Sganzeria (1983)	Nogueira (1986)	Ross <i>et al</i> (1996)	Barrera (2003)
Querosene (l)	0,58	0,58	0,62	-	0,58
Diesel (l)	0,55	0,55	0,55	-	0,55
GLP (kg)	0,45	0,45	0,43	-	0,45
Gás natural (m ³)	-	-	-	0,6	
Álcool (l)	-	0,79	0,80	-	0,79
Carvão mineral (kg)	-	1,52	3,50	-	1,54
Lenha (kg)	-	1,52	3,50	1,602	1,54
Eletricidade (kWh)	1,43	1,43	-	-	1,43

Fonte: Quadro adaptado de Oliveira (2009); Ferraz e Mariel (1980), Sganzeria (1983), Nogueira (1986), Ross *et al* (1996) e Barrera (2003).

Segundo outros autores (COLDBELLA *et al*, 2006; SANTOS, 2000), 1 m³ de biogás é equivalente a 6,5 kWh de energia elétrica. Os sistemas de conversão de energia apresentam de 30 a 38% de eficiência, gerando de 1,95 a 2,47 kWh.

3.2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA A UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS

A legislação brasileira prevê a concessão de direito de exploração da eletricidade proveniente do biogás. Pode-se utilizar essa energia para o próprio consumo (autoprodutores), ou para comercialização da energia excedente (produtores independentes). A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) autoriza essas ações nos termos das Leis n° 9.427/96 e n° 9.074/95, bem como da Resolução n° 390/09 (BILLOTA & ROSS, 2015).

3.2.1. PRODUÇÃO DE VAPOR

Caldeiras são máquinas térmicas utilizadas muitas vezes em indústrias para transferência do calor do vapor produzido por combustão para a água, sem contato direto (ARAÚJO *et al*, 2014). A fornalha é abastecida com combustíveis de suficiente poder calorífico para elevar a temperatura da água até o ponto de ebulição, podendo ser sólidos, líquidos ou gases. Os combustíveis mais comuns são óleo diesel, lenha, turfa, carvão, biomassa, gás natural ou ainda biogás.

A água é canalizada pelo interior da máquina, permanecendo por tempo suficiente para seu aquecimento à temperatura adequada. Essa

água aquecida é utilizada em processos de cozimento, esterilização de alimentos, pasteurização, limpeza de ambientes e máquinas, entre outros.

Existem diversas concepções de caldeiras a vapor, divididas em duas categorias principais, as flamotubulares e aquatubulares. Naquelas, o calor produzido pela combustão dos combustíveis circula no interior de tubulações submersas em água. A transferência de calor da tubulação para a água a aquece gerando vapor. Já no tipo aquatubular, a água circula no interior de tubos expostos ao calor da combustão, aquecendo a água no interior dessa tubulação. (BIZZO, 2003).

Segundo Bizzo (2003), as caldeiras flamotubulares (Figura 1), com uma eficiência térmica de 80 a 90%, são geralmente utilizadas para pequenas capacidades de produção de vapor (até 10 ton/h) e baixas pressões (até 10 bar). Uma vantagem dessa concepção são a boa adaptabilidade a variações de pressão, pois a água acumulada no corpo da caldeira funciona como um pulmão de vapor, aplicando-se bem, portanto a indústrias onde o consumo é variável ao longo do tempo. Subdividem-se em verticais, horizontais, cornuália, Lancaster, multitubular, locomóvel, estacionária, marítima e escocesa, sendo a última o modelo industrial mais difundido no mundo. Nessa concepção, a fornalha está totalmente imersa em água. Seu dimensionamento deve garantir a combustão completa no seu interior, caso contrário pode ocorrer a reversão da chama e atingir diretamente os espelhos, o que diminui a vida útil da caldeira. Geralmente esse tipo de caldeira é operada apenas com combustíveis líquidos e gasosos, pois não há uma área adequada para instalação de grelhas no seu interior.

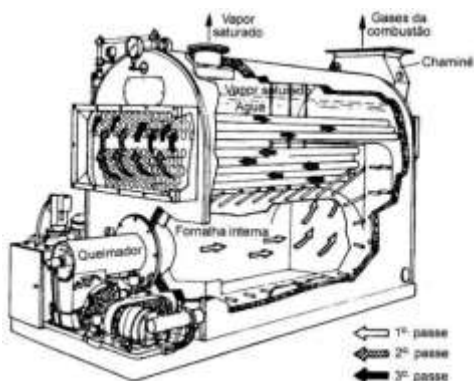


Figura 1- Caldeira flamotubular.

Fonte: BEGA (2003).

A concepção aquatubular das caldeiras (Figura 2) pode ser aplicado em faixas de produção e pressão maiores, atendendo desde pequenas fábricas a grandes centrais termelétricas. A água passa por dois tubos interligados: o tubulão superior e o inferior e circula por convecção natural. No inferior, a água é aquecida através da transferência do calor presente externamente e o vapor é liberado no tubulão superior, onde se dá a separação entre a fase líquida e vapor (FRANCISCO, 2012). Segundo Bizzo (2003), a capacidade varia de 15 a 150 ton/h e as pressões, de 90 a 100 bar. Entre as vantagens dessa concepção estão a maior segurança e eficiência térmica, além de serem mais versáteis na concepção do projeto. Em contrapartida, a complexidade construtiva é maior em relação às caldeiras flamotubulares (FRANCISCO, 2012).

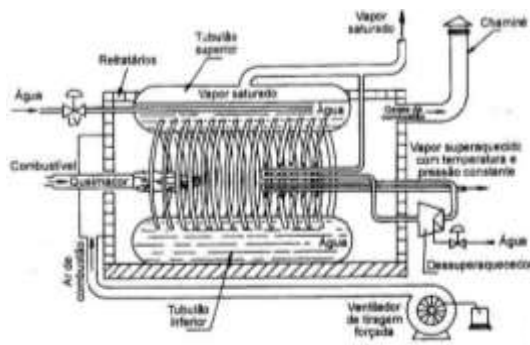


Figura 2 - Caldeira aquatubular.

Fonte: BEGA (2003).

Há ainda, a concepção de caldeiras mistas (Figura 3), que são, basicamente, caldeiras flamotubulares com uma antecâmara de combustão que possui paredes revestidas de tubos de água. Estas caldeiras surgiram da necessidade de utilizar combustíveis sólidos em caldeiras de pequena capacidade. A combustão dos sólidos ocorre nessa antecâmara, com grelhas de diversos tipos, criando o espaço necessário para esse tipo de combustível. São utilizados, principalmente, lenha, toras e cavaco. As cinzas são retiradas pela parte de baixo das grelhas (BIZZO, 2003).

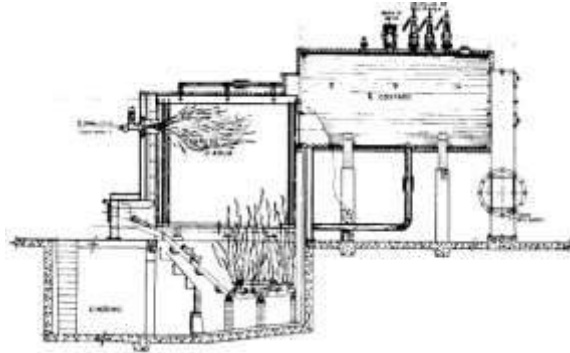


Figura 3 - Caldeira flamotubular com ante-fornalha de paredes de água.

Fonte: BEGA (2003).

Segundo Zanette (2009), existem poucas restrições quanto à qualidade do biogás para queima em caldeiras, sendo uma tecnologia bem estabelecida em países desenvolvidos e confiável. Recomenda que a pressão deve estar entre 8 e 25 mbar. A concentração de H_2S deve ser menor ou igual a 1000 ppm para evitar corrosão do equipamento, além de manter o ponto de orvalho a $150^{\circ}C$. Caso essa condição não seja atendida, é necessário realizar a purificação do biogás. Para tratamentos anaeróbios, geralmente a quantidade de H_2S permanece abaixo desse limite.

O gás mais utilizado em caldeiras é o gás natural, devido ao seu custo benefício. Colorado et al. (2009) mostrou que existe uma similaridade entre o uso do gás natural e biogás em máquinas térmicas, em termos de eficiência na geração de energia e as perdas de energia. Porém, com o uso do biogás, a temperatura foi ligeiramente inferior, devido à quantidade de CO_2 presente no gás, que desacelera as reações.

É interessante mencionar que atualmente o processo de combustão de lenha na caldeira libera uma fumaça espessa e escura na vizinhança. Segundo Billota & Ross (2015), o aproveitamento energético do biogás também promove a redução de emissão GEEs. O potencial de aquecimento global do metano é 28 vezes superior ao CO_2 . Utilizando-se o metano como combustível para produção de energia, é possível reduzir a quantidade de gás carbônico lançado na atmosfera.

3.2.2. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

O biogás produzido diariamente pode ser utilizado na produção de energia elétrica, tentando-se abater parcialmente o consumo de energia da

concessionária local e diminuindo custos. Os estudos necessários compreendem os equipamentos utilizados nesse processo e a produção efetiva de biogás, para estimar os horários que os mesmos devam entrar em operação, pois geralmente a vazão não é suficiente para suprir integralmente a demanda de energia da fábrica (OLIVEIRA, 2009).

Uma boa alternativa é a utilização da energia gerada no horário de ponta, das 18:00 às 21:00, quando a concessionária geralmente cobra taxas mais onerosas pela energia consumida. Caso a demanda de energia nesse horário seja menor do que a produção gerada pelo biogás, também é possível injetar a energia extra na rede da concessionária, revertendo em descontos na fatura. Como desvantagem da utilização da energia somente no horário de ponta, segundo Souza *et al.* (2004), quanto menor tempo de operação maior o custo de geração de energia elétrica, aumentando com isso tempo de retorno do investimento.

Os motores de combustão interna (ciclo Otto) são os usualmente utilizados para a queima do biogás. As vantagens da tecnologia envolvem a produção própria de energia para consumo e economia financeira em relação à energia proveniente da concessionária e a possibilidade de obtenção de receita adicional pela venda de excedente de energia. É necessário, porém, modificações nos sistemas de alimentação, ignição e taxa de compressão desses motores, para promover a queima do biogás. Como desvantagem, apresenta um baixo rendimento e muitas vezes é necessário realizar a purificação do biogás (ICLEI, 2009).

O funcionamento de motores de ciclo Otto ocorre em quatro etapas, por isso são chamados de 4 tempos. Aspiram a mistura ar-combustível antes de ser comprimida no interior dos cilindros. A combustão da mistura ocorre por centelha produzida pela vela de ignição (ICLEI, 2009).

Motores do tipo ciclo Diesel também podem ser utilizados com combustíveis gasosos, porém a inserção na câmara deve ser uma mistura de gás com 3 a 5% de diesel. Porém, motores a gás possuem um regime de funcionamento diferente dos motores a diesel, de forma que não basta alterar o motor para funcionamento no regime ciclo Otto. Essa “conversão” exige uma industrialização total do motor com redimensionamento do sistema de arrefecimento, turbina, ignição e injeção eletrônica. Para cada tipo de gás (biogás com alto, médio e baixo metano; GNV; GLP; gás de síntese) existe uma calibração diferente para o correto funcionamento e durabilidade do motor (ER-BR, 2017).

Dentre os motores disponíveis no mercado nacional, os únicos motores que apresentam bons rendimentos para o biogás com as tecnologias exclusivas desenvolvidas pela ER-BR foram os motores MWM (30 a 120 kVA) e os motores SCANIA OC 13 (250 a 420 kVA), com porcentagens

de metano entre 45 e 75%. Quanto maior a concentração de metano (%CH₄), menor será o consumo de biogás por parte dos grupos geradores (ER-BR, 2017).

A estimativa do custo e do tempo de retorno da utilização do biogás como combustível de geração de energia elétrica na indústria foi realizada utilizando-se os cálculos das equações a seguir (SOUZA, 2004; COELHO, 2015). Considera-se, para os cálculos, o investimento no motor gerador, do gasômetro, do gasto atual relacionado com obtenção de energia elétrica no horário de ponta.

$$C_e = (CAG + CAB)/PE \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

C_e: Custo de energia elétrica produzida via biogás (R\$/kWh);

CAB: Gasto anual com biogás (R\$/ano);

PE: Produção de eletricidade pela planta de biogás (kWh/ano).

$$CAG = (CIG \cdot FRC) + (CIG \cdot \frac{OM}{100}) \quad \text{Equação 2}$$

$$CAB = CB \cdot CNB \quad \text{Equação 3}$$

Sendo que:

CAG: Custo anualizado do investimento no conjunto motor gerador (R\$/ano);

CIG: Custo do investimento no motor gerador (R\$);

FRC - Fator de recuperação de capital;

OM: Custo com organização e manutenção (%/ano);

CB: Custo do biogás (R\$/m³);

CNB: Consumo de biogás pelo conjunto motor gerador (m³/ano).

A produção de eletricidade (PE) é dada por:

$$PE = Pot \cdot T \quad \text{Equação 4}$$

Pot: Potência nominal da planta (kW);

T - Disponibilidade anual da planta (horas/ano).

O fator de recuperação de capital é dado por

$$FRC = \frac{j \cdot (1 + j)^n}{(1 + j)^{n-1} - 1}$$

Equação 5

j: taxa de desconto (% a.a.);
n: anos para amortização do investimento.

O custo do biogás é dado por:

$$CB = \frac{CAB}{PAB}$$

Equação 6

Onde:

CAB: Custo anualizado do investimento no biodigestor (R\$/ano);
PAB: Produção anual de biogás (m³/ano).

$$CAB = (CIB \cdot FRC) + (CIB \cdot \frac{OM}{100})$$

Equação 7

Em que:

CIB - Custo de investimento no biodigestor (R\$) – nesse caso o investimento no biodigestor seria a compra e instalação da lona de cobertura da lagoa anaeróbia;

Para se verificar a viabilidade de geração de energia elétrica, determinou-se o tempo de retorno do investimento (TRI):

$$TRI = \frac{\ln(-k/(j - k))}{\ln(1 + j)}$$

Equação 8

Onde:

$$k = \frac{A}{CI} - \frac{OM}{100}$$

Equação 9

$$A = CI \cdot (FRC + \frac{OM}{100})$$

Equação 10

Sendo que:

TRI: Tempo de retorno (anos);

CI: Custo de investimento no sistema biodigestor/motor e gerador (R\$);

A: Gasto anual com energia elétrica adquirida na rede (R\$/ano);

OM: Gastos com amortização e manutenção da planta (R\$/ano).

3.2.3. OUTRAS ESTRUTURAS

Anteriormente à utilização do biogás em cada caso, é necessário captá-lo na lagoa, canalizar, armazenar e pode ser necessário também purificar. No caso da captação do biogás produzida por lagoas de estabilização, deve ser feita a cobertura da lagoa com uma geomembrana, a qual pode ser confeccionada de policloreto de vinil (PVC), polietileno de alta densidade (PEAD) ou borracha de etileno-propileno-dieno (EPDM) (PROBIOGAS, 2015b).

O Quadro 5 mostra as recomendações de tecnologias de armazenamento para diferentes pressões e quantidade de biogás produzidos.

Quadro 5 – Alternativas tecnológicas para armazenamento de biogás.

Propósito de Armazenamento	Pressão (psi)	Tecnologia de Armazenamento	Material	Volume (m ³)
Armazenamentos pequenos e intermediários para uso <i>in situ</i>	< 0,1	Cobertura flutuante	Plástico reforçado e não reforçado, borracha	Volume variável, geralmente menor do que a produção diária
	< 2	Bolsa de gás	Plástico reforçado e não reforçado, borracha	4,3 – 311,5 m ³
	2 – 6	Suporte de gás selado a água	Metal	99,1 m ³
		Bolsa de gás ponderada	Plástico reforçado e não reforçado, borracha	24,9 – 792,9
		Cobertura flutuante	Plástico e plástico reforçado	Volume variável, geralmente menor do que a produção diária
Possíveis alternativas para uso imediato ou posterior	10 – 2.900	Tanque de propano ou butano	Metal	56,6
	> 2.900	Cilindros de gás comerciais	Liga de aço	9,9

Fonte: KRICH *et al.*, (2005) *apud* ROSS *et al.*, (1996).

No armazenamento de biogás em lagoas, geralmente é realizado com uma cobertura de lona de PVC. Implanta-se geralmente um depósito

de pedra, tijolos e lonas de PVC 47 ou PEAD (OLIVEIRA, 2004). A Figura 4 apresenta esquematicamente uma lagoa anaeróbia coberta.

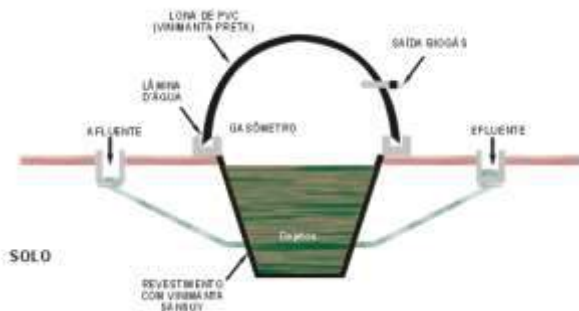


Figura 4 - Representação esquemática de uma lagoa anaeróbia coberta.

Fonte: IENGEP ([s.d.]).

Como vantagens, esse biodigestor possui baixos custos, pois a área superficial necessária é relativamente menor e a tecnologia associada é simples. Também existe facilidade e rapidez na construção, facilidade operacional e tratamento de efluentes de alta carga orgânica. Como desvantagem, é necessário um tratamento complementar, pois a eficiência não atende os padrões de lançamento, possuindo ainda grande quantidade de matéria orgânica (GUSMÃO, 2008).

Para aumentar o rendimento energético e a vida útil do sistema de conversão do CH_4 em energia elétrica ou na caldeira é necessário instalar filtros purificadores de biogás antes do seu uso. Independentemente da biomassa geradora do biogás (ETEs, dejetos de animais, etc.), o que importa é a sua qualidade, ou seja, a concentração de metano e quantidade de contaminantes presentes na sua composição (TRIGÁS, 2017).

Os filtros removem H_2S , que é um gás corrosivo; umidade, pois vapor de água absorve parte da energia gerada na combustão do CH_4 diminuindo o PCI; e CO_2 , pois sendo um gás inerte, também reduz o poder calorífico do biogás. (COELHO et al., 2006). O Quadro 6 apresenta a necessidade de remoção de compostos gasosos do biogás, de acordo com a tecnologia utilizada.

Quadro 6 – Necessidade de remoção de compostos gasosos de acordo com a utilização do biogás.

Aplicação	H_2S	CO_2	H_2O
Caldeiras	< 1000 ppm	Não	Não

Aplicação	H ₂ S	CO ₂	H ₂ O
Fogões	Sim	Não	Não
Cogeração	< 1000 ppm	Não	Condensação do vapor
Combustível veicular	Sim	Recomendável	Sim
Rede de gás natural	Sim	Sim	Sim

Fonte: IEA, 2005 *apud* Zanette (2009).

A retirada de gás sulfídrico, principal responsável pela redução da vida útil dos equipamentos, possui algumas alternativas para purificação. A retirada por óxido férrico consiste em passar a mistura por uma torre com preenchimento de óxido de ferro III (Fe₂O₃) e aparas de madeira. O gás injetado pela base da torre percorre o caminho ascendente e o gás sulfídrico é retido ao reagir com o óxido de ferro. Para regenerar o óxido de ferro, o mesmo é exposto ao ar, resultando em 3Fe₂O₃ e 3S₂ (OLIVEIRA, 2009).

A remoção de enxofre é estimada em 100 kg para cada 1,0 m³ de óxido de ferro. O mesmo processo pode ser feito substituindo o óxido de ferro por óxido de zinco (ZnO), porém é mais oneroso.

Coelho (2006), em seu estudo, utilizou o filtro de carvão ativado para remoção do H₂S gasoso, pelo princípio de adsorção. O H₂S solubilizado na água, utilizou-se secadores por refrigeração e filtros coalescentes. O sistema de purificação empregado foi dimensionado para garantir que as características do biogás estivessem dentro das especificações da microturbina utilizada.

Para remoção do gás carbônico, pode-se lavá-lo com água, sendo um processo simples, mas que consome muito recurso hídrico. Além disso, é dependente de temperaturas e pressões ideais além de ser pouco eficiente (OLIVEIRA, 2009).

Outra maneira de remover o CO₂ é com hidróxido de sódio (NaOH), potássio (KOH) ou cálcio [Ca(OH)₂] que também removem o H₂S. Quando o gás carbônico entra em contato com a solução de algum dos hidróxidos, ocorre a formação de bicarbonatos, sendo reações irreversíveis. Se o tempo de reação for suficiente, o gás sulfídrico também é removido. O mais barato é o hidróxido de cálcio, porém ocorre precipitação de cálcio (CaCO₃), que pode entupir bombas e outros equipamentos (OLIVEIRA, 2009).

4. METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os materiais e métodos utilizados para a condução do estudo. A

Figura 5 ilustra a dinâmica de pesquisa realizada.



Figura 5 – Fluxograma das etapas empregadas na metodologia.

4.1. INDÚSTRIA DE CONSERVAS DE VEGETAIS

4.1.1. Processo Industrial e Geração de Efluentes Líquidos

O presente estudo foi conduzido no sistema de tratamento de efluentes da Cia Hemmer Indústria e Comércio S/A, produtora de alimentos em conserva, no bairro de Badenfurt, em Blumenau/SC. A Figura 6 é referente à localização da indústria no município de Blumenau/SC. O mapa foi realizado através do Software ArcMap 10.3 - Student Version.

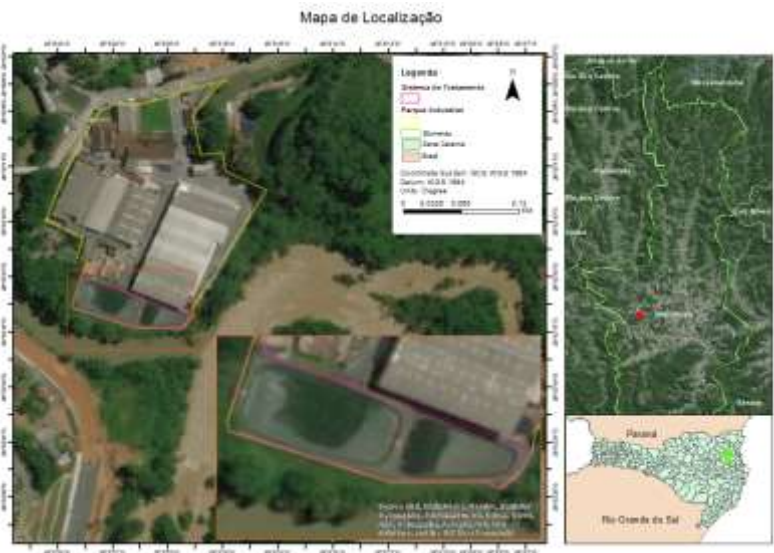


Figura 6 – Localização da indústria no município de Blumenau/SC.

Comercializa uma ampla gama de produtos produzidos e embalados na própria indústria, além de outros produtos nacionais e importados. A produção ocorre conforme a demanda e safras de vegetais. A mostarda, por exemplo, é produzida todos os dias e o pepino representa uma alta demanda de serviço nos seus períodos de safra.

Os insumos compreendem verduras, frutas, condimentos, conservantes e coadjuvantes de fabricação. A INTECH (1993) realizou um levantamento das quantidades médias anuais de matérias-primas consumidas. Esses valores estão defasados atualmente, porém a maior produção continua sendo de pepinos em conserva, com expressiva produção também de beterrabas, chucrute (repolho), cogumelos, azeitonas, mostarda, ketchup e molho de pimenta.

Quadro 7 – Consumo anual de matérias-primas.

Verduras	Consumo (kg/ano)	Frutas	Consumo (kg/ano)
Beterraba	103.400	Abacaxi	180.000
Celery	3.000	Ameixa	20.000
Cenoura	122.000	Figo	50.000
Champignon	40.000	Goiaba	30.000
Repolho	650.000	Mamão	15.000
Couve-flor	75.700	Pêra	20.000

Verduras	Consumo (kg/ano)	Frutas	Consumo (kg/ano)
Milho verde	52.000	Maçã	243.000
Pepino	1.300.000	Banana	50.000
Azeitona	18.033	Uva	20.000
Repolho roxo	25.000	Morango	7.000
Vagem	10.700		
Cebolinha	85.600		
Alho	10.000		
Ervilha	26.000		
Condimentos	Consumo (kg/ano)	Conservantes e Coadjuvantes de Fabricação	Consumo (kg/ano)
Cravo	165	Ácido sórbico	125
Canela	59	Ácido láctico	205
Endro	421	Ácido benzóico	350
Pimenta preta	1.150	Ácido cítrico	2.450
Pimenta vermelha	4.300	Bissulfato de sódio	300
Louro	370	Barrilha leve	2.700
Cominho	100	Sulfato de alumínio	4.400
Estragão	500	Hipoclorito de sódio	2.400
Baunilha	100	Soda cáustica	2.200
Cúrcuma	3.200	Açúcar	400.000
Gengibre	250	Sal	160.000
Molho Soja	2.900	Melado	5.000
Noz Moscada	272	Glucose	12.000
Mostarda amarela	50.000	Álcool	90.000
Mostarda holandesa	18.000		

Fonte: Adaptado de INTECH, 1993.

A água é utilizada na fábrica para a lavagem e descasque de insumos, nos processos de branqueamento, exaustão, cozimento, esterilização, resfriamento, concentração, dissolução de açúcares, na mistura do vinagre e na pasteurização (INTECH, 1993). O vapor gerado pela caldeira é utilizado nos processos de descasque, branqueamento, exaustão, cozimento, esterilização, dissolução de açúcares e pasteurização.

A recepção consiste no recebimento da matéria-prima, que é lavada visando a eliminação de pó, folhas e outros materiais aderidos. É utilizado um tanque de borbulhamento onde passa a matéria-prima. No descasque também se utiliza água após a retirada de talos, casca, partes podres e outros componentes indesejáveis. Esse processo pode ser manual ou mecânico (discos abrasivos e desgranadeira). O branqueamento é um pré-cozimento, utilizando-se tachos de cozimento com camisa de vapor, para inativação da atividade enzimática. Após o envase e a introdução do líquido para tempero (salmoura, sal, vinagre e/ou condimentos), é feito o fechamento e exaustão, criando-se um vácuo através de banho-maria. Utiliza-se túnel de exaustão com vapor direto. O cozimento e/ou esterilização

é feito para eliminar a atividade de microorganismos e é feito através do cozedor contínuo e autoclave. Finalizando, o produto, antes da rotulagem, passa por resfriamento por água fria ou jato de ar, realizado em circuito fechado com torre de resfriamento (INTECH, 1993). Na limpeza dos equipamentos e ambientes, é utilizada água aquecida com vapor gerado na caldeira e soda cáustica.

Dependendo do tipo de vegetal, os processos de descasque, branqueamento e/ou cozimento são suprimidos. O pepino, por exemplo, não passa pelo descasque e branqueamento. A

Figura 7 ilustra o fluxograma do processo industrial de vegetais.

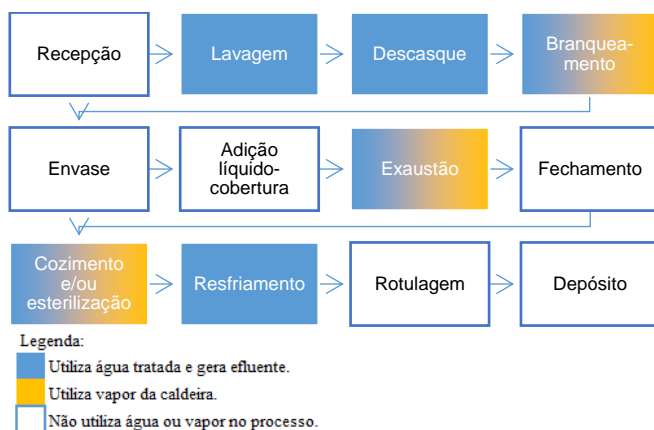


Figura 7 – Fluxograma do processo industrial: vegetais.

Fonte: Adaptado de INTECH, 1993.

As vazões de despejo para cada processo foram estimadas em 1993 pela INTECH, e são mostradas no Quadro 8. Considerou-se ainda 14 m³/dia de contribuição de esgotos sanitários na fábrica. Porém esse valor é bastante variável, pois a fábrica trabalha com um regime bastante variável de produção.

Quadro 8 – Vazões médias de despejos estimadas para cada etapa do processo industrial.

Vegetais e Frutas	Vazão (m ³ /d)
Lavagem	50
Descasque	30
Acabamento	20
Branqueamento	50

Vegetais e Frutas	Vazão (m³/d)
Adição de líquido de cobertura	7
Exaustão	20
Cozimento/esterilização	25
Resfriamento	50
Mostarda	
Limpeza	20
Vinagre	
Pasteurização	20
Limpeza	12
Esgoto Sanitário	14

Fonte: Adaptado de INTECH (1993).

Segundo Little *et al.* (1976), o efluente da indústria de conservas em salmoura é caracterizado pela alta concentração de sal, alta demanda de oxigênio, pH baixo e alta concentração de sólidos suspensos totais. Além disso, também possui uma alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

A técnica de conservar alimentos com água salmoura é uma das mais antigas registradas. O método convencional consiste no armazenamento do alimento em água salgada, incluindo um processo de fermentação natural por microorganismos que levam à produção de ácidos. O sal serve para controlar o crescimento microbiano e a combinação do sal e o baixo pH proporcionado pelos ácidos formados servem para preservar o alimento. Vários vegetais podem ser preservados dessa forma, sendo o pepino e o chucrute os mais conhecidos (LITTE *et al.*, 1976).

O pepino (Figura 8), produto com maior saída na empresa, utiliza água em abundância no processo de lavagem. Também gera efluentes no momento da limpeza de ambientes e tonéis, com presença nesse caso de restos do vegetal, vinagre e de NaCl no líquido. Em épocas de safra de pepino, as atividades na empresa concentram-se bastante na manipulação desse produto.



Figura 8 – Processo de limpeza mecânica do pepino (18/04/17).

A Figura 9 ilustra o processo de cozimento da beterraba. Percebe-se que o efluente possui uma forte coloração avermelhada, encaminhada ao sistema de drenagem. Essa coloração é bem visível na chegada do efluente ao tratamento.



Figura 9 – Cozimento da beterraba, com saída de efluente de coloração avermelhada direcionada ao sistema de drenagem – 07/02/17.

Na fabricação de cogumelos em conserva, outro produto importante da empresa, utiliza-se água tratada em abundância, pois é banhado até diminuir seu teor de metabissulfito de sódio a níveis adequados para consumo, de 2500 ppm para 50 ppm. O $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ é um composto inorgânico utilizado como conservante, antioxidante e esterilizante. A Figura 10 ilustra esse processo. Observa-se que a mangueira (à direita) injeta água no tanque, que transborda (à esquerda) e segue para a canalização através da declividade do chão.



Figura 10 – Lavagem de cogumelo para diminuir o teor de metabissulfito de sódio do produto.

No caso das azeitonas, estas são recebidas submersas em líquido de conserva (água salobra) em tonéis. Esse líquido é despejado diretamente para o sistema de tratamento, o que diminui o pH com o ácido láctico, oriundo do processo de fermentação da azeitona armazenada.

Quanto às frutas, atualmente fabrica-se no local apenas cereja em calda. O processo é semelhante ao dos vegetais, com diferencial na etapa de acabamento e na adição da calda, que é à base de açúcar. Quando há produção de frutas em calda não há despejo de efluentes, somente no momento da limpeza de máquinas e ambientes.

A fabricação de mostarda ocorre em todos os dias úteis e, apesar de não utilizar água tratada durante o seu processo, gera efluente líquido proveniente da limpeza dos tonéis, bombonas e equipamentos. O mesmo ocorre quando há fabricação dos demais molhos, como ketchup e maionese.

A produção de tomate seco gera um efluente com bastante teor de óleo, que gera espuma na lagoa anaeróbia. Essa espuma geralmente é desintegrada naturalmente ao longo do tempo, não sendo realizada limpeza da superfície da lagoa.

4.1.2. Sistema de Tratamento de Efluentes

A água utilizada na indústria é proveniente de sua Estação de Tratamento de Água (ETA) instalada nas dependências da indústria. A ETA trata uma vazão média de 8300 m³/mês e em 2016 foram 91.080.511 L de água tratada no total. A água é utilizada no processo industrial, na lavagem do ambiente de trabalho, equipamentos, máquinas e recipientes, nos banheiros e na caldeira. A água servida é coletada através de canalizações e

segue para o tratamento na Estação de Tratamento de Efluentes instalada no local. Ao final do período de funcionamento da fábrica, próximo das 20:00, 20 m³ de água são utilizados para retrolavagem dos filtros, sendo despejadas na rede de coleta de despejos. Atualmente as águas pluviais também são direcionadas ao tratamento, aumentando consideravelmente a vazão de entrada e saída da lagoa nos períodos de chuva.

No tratamento preliminar de efluentes, o líquido passa por dois tanques de sedimentação, onde grande parte da areia e sólidos mais pesados são retidos. Após os tanques, o efluente é acumulado em um poço de bombeamento (Figura 11) com duas bombas de recalque, uma de 60m³/h e outra submersa, de 30m³/h, como reserva. As bombas não são alternadas, a bomba submersa é utilizada apenas no caso de a principal estragar.

O efluente é recalcado quando atinge o nível da bomba seguindo para a peneira hidrostática, que segrega os sólidos grosseiros – restos de vegetais – do líquido (Figura 12). O efluente segue para o decantador do tipo Dortmund de área superficial quadrada (Figura 13 e Figura 14), um tanque de escoamento vertical não mecanizado, onde os sólidos mais finos sedimentam ao fundo do tanque. Após o decantador, o efluente recebe uma dosagem de soda cáustica líquida para elevar o pH (Figura 15 e Figura 16). A quantidade de NaOH em solução líquida utilizado varia de 850 a 1550 kg/mês, com média de 975 kg/mês.

Em seguida o efluente passa pelo tratamento secundário, composto por uma lagoa facultativa anaeróbia primária (Figura 17 a Figura 20) – recebendo o esgoto bruto – e uma lagoa de polimento (Figura 22 a Figura 24), em série. A lagoa facultativa anaeróbia possui um volume útil de 6.000 m³, com 6 metros de profundidade total, 51 metros de comprimento e 25 de largura. A lagoa de polimento possui uma área superficial de trapézio, com larguras de 18 m e de 10 m. Seu comprimento é de 42 metros e possui 2 metros de profundidade. Ambas as lagoas são revestidas por uma manta geotêxtil, com tubulações para retirada do ar no momento da instalação (Figura 25). Após a lagoa de polimento há uma Calha Parshall, um medidor de vazão do tipo hidráulico e não mecanizado (Figura 26), de onde segue para a disposição final no Rio Teste (Figura 27), que deságua no Rio Itajaí-Açú. O esquema da Figura 28 foi elaborado pela autora através do software AutoCad 2015 - Student Version.

Quanto à manutenção do reator, diariamente são adicionados 20 L de uma solução rica em microorganismos anaeróbios facultativos, preparada com leite e melado, para manutenção da biota. As bactérias adicionadas são diferentes para a época de safra de pepino, conforme recomendações do fornecedor.

O inóculo é adicionado com o objetivo de depurar a carga orgânica, consumir o lodo de fundo e controlar o odor. As bactérias são fixadoras de enxofre e fermentativas, para maximizar a produção de CO₂. O fornecedor explica que, como a entrada de carga orgânica é descontínua e há muita variação da qualidade do efluente, é necessário ajustar a biota para os períodos ociosos. São pagos mensalmente R\$ 3.493,00 para o fornecedor.

São adicionados na lagoa também 10 L/dia de hidróxido de sódio, para manter o pH da lagoa entre 6,0 e 8,0, ótima para a atividade anaeróbia (CHERNICHARO, 2007). Segundo o diretor industrial, o hidróxido de sódio líquido custa R\$ 1,64/kg e o consumo médio é de 1.500 kg/mês.

Eventualmente formam-se algas na superfície da lagoa, que são removidas a medida do necessário, diminuindo a produção de oxigênio na superfície da lagoa e permitindo a entrada de raios solares. Quanto à retirada do lodo de fundo, não são realizadas limpezas desde sua instalação. Ambas as lagoas possuem impermeabilização do fundo com manta geotêxtil, para impedir a contaminação do solo e águas subterrâneas.



Figura 11– Poço de bombeamento (26/01/17).



Figura 12– Peneira hidrostática (26/01/17).



Figura 13– Chegada do efluente recalcado no decantador Dortmund (21/02/17).



Figura 14– Decantador Dortmund (21/02/17).



Figura 15– Contendor de polietileno contendo Hidróxido de Sódio (soda cáustica) (21/02/17).



Figura 16– Identificação de líquido perigoso no contendor de polietileno (21/02/17).



Figura 17 – Tratamento secundário: lagoa anaeróbia (16/07/16).



Figura 18 – Detalhe da lagoa anaeróbia, com presença de espuma e algas (16/07/16).



Figura 19 – Detalhe da lagoa anaeróbia, com presença de espuma e algas (07/02/17).



Figura 20 – Saída do efluente da lagoa anaeróbia por meio de três tubulações (16/07/16).



Figura 21 – Lagoa facultativa anaeróbia (direita) e lagoa de polimento (esquerda), com caixa de passagem entre as mesmas (16/07/16).



Figura 22 – Tratamento secundário: lagoa de polimento (16/07/16).



Figura 23 – Detalhe da lagoa de polimento, com resquícios de algas e coloração avermelhada (16/07/16).



Figura 24 – Detalhe da entrada do efluente na lagoa de polimento (após lagoa facultativa anaeróbia) (16/07/16).



Figura 25 – Detalhe da manta geotêxtil, presente em ambas as lagoas e detalhe da canalização de exaustão de ar para instalação (16/07/16).



Figura 26 – Calha Parshall presente ao final do tratamento (16/07/16).



Figura 27 – Rio Testo próximo à indústria, corpo hídrico receptor do efluente tratado (16/07/16).

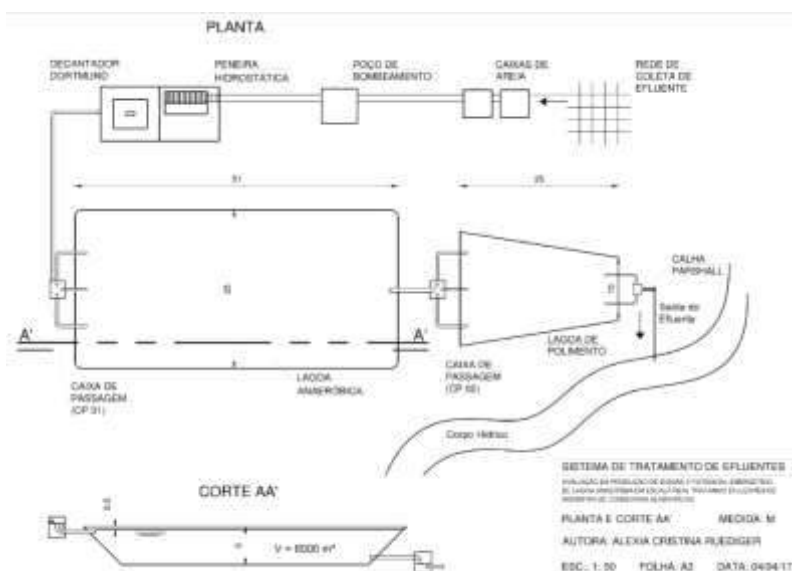


Figura 28– Esquema do tratamento de efluentes instalado na indústria.

4.2. COLETAS E ANÁLISES

Como o sistema não possui uma cobertura para captura do biogás produzido, a quantidade e qualidade do gás foi calculada. Para isso, foram necessários dados de qualidade do afluente e efluente a partir da coleta de amostras de dois pontos: próximo à entrada do efluente recalcado anteriormente ao decantador do tipo Dortmund e na caixa de passagem após a lagoa facultativa anaeróbia.

A indústria realiza a medição de DQO, pH, sólidos totais, sólidos suspensos e temperatura regularmente. As análises de DQO, sólidos totais e sólidos suspensos são feitas mensalmente pelo Laboratório de Análises de Águas e Efluentes (LANAE), do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), localizado no município de Blumenau/SC. São coletadas amostras em cinco pontos: chegada do efluente recalcado no decantador Dortmund, caixa de passagem anterior à lagoa anaeróbia (CP-01), na lagoa anaeróbia, na caixa de passagem entre as lagoas (CP-02) e calha Parshall. Os históricos de DQO, ST e SS foram utilizados para realizar os cálculos de extrapolação de produção de biogás, além de servir como subsídio para o conhecimento da variação mensal ao longo do ano da entrada e saída de carga orgânica no sistema de tratamento. O histórico de medições e análises realizadas pela fábrica foram disponibilizados e encontram-se no Anexo A.

O pH é medido diariamente em cinco pontos na superfície da lagoa. Além disso, há uma medição estratificada a cada dois dias, sendo esses valores também utilizados no presente estudo. A temperatura é medida diariamente, porém apenas na superfície das lagoas. Isto porque foi verificado que esse parâmetro varia apenas 1 a 2 °C com a profundidade. As medições de pH e temperatura realizadas encontram-se no Anexo B.

Como as amostras realizadas pela indústria são realizadas de forma simples, uma coleta por mês, percebeu-se a necessidade de amostragens compostas e com maior frequência. A produção na indústria varia semanalmente, afetando diretamente na quantidade e qualidade de efluente produzido. O intuito das coletas foi perceber essas variações de acordo com a produção e calcular uma eficiência média com maior precisão. Como as coletas foram realizadas entre o verão e o outono, pretende-se ajustar a eficiência para o restante do ano, com base em temperaturas médias e histórico de precipitação.

Foi escolhida uma periodicidade de coleta e análise quinzenal (exceto pelo dia 07/03/17), devido à sazonalidade de geração de efluentes depender da produção da indústria, que varia semanalmente e devido ao tempo de detenção da lagoa anaeróbia ser de 15 dias. O período total de

coleta compreendeu 4 meses, sendo 7 dias amostrados. Os parâmetros de pH, vazão e temperatura do líquido foram analisados *in loco*, no momento das coletas. Outras características do ambiente foram também colhidas, afim de se obter um maior detalhamento do ambiente e correlacionar com a eficiência da lagoa e a geração de biogás. Observações referentes ao ambiente foram anotadas, como presença de odor, formação de bolhas na superfície da lagoa, ventos, temperatura ambiente e condições climáticas. Também foi avaliado o tipo de produto produzido ou manipulado durante o dia de coleta, devido à variação da composição do biogás conforme a matriz orgânica a ser biodegradada.

A amostragem realizada foi do tipo composta (Equação 11) e manual, com um total de 10 coletas entre 7:30 e 21:00 horas - intervalo de 1:30 hora entre as coletas. Esse regime de coletas foi escolhido devido ao período de funcionamento da indústria, que é das 5:00 às 21:30. As maiores cargas de efluente são geradas das 9:00 às 17:00 com a produção e também após às 20:00 com a lavagem de equipamentos, recipientes e do ambiente de trabalho.

Cálculo dos volumes parciais da amostragem composta

$$v_i = \Delta' \cdot QI_i \quad \text{Equação 11}$$

Onde:

v_i : volumes parciais de amostragem;

$\Delta' = V_{fc} / \sum QI_i$: fator de redução de coleta;

QI_i : vazão instantânea no momento da coleta;

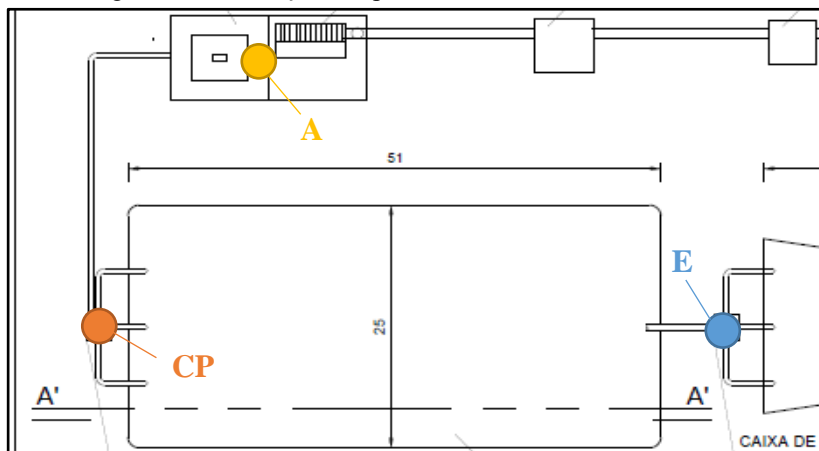
V_{fc} : Volume final de coleta.

Em adicional, foi identificada a necessidade de medir a influência do decantador Dortmund no processo para estipular melhor a eficiência da lagoa na remoção de DQO, Sólidos Totais e Sólidos Suspensos. Foram coletadas amostras na caixa de passagem (CP-01) - após o decantador - em 03 dias de análise. A amostragem nesse caso também foi composta, com 04 coletas entre as 7:30 e 21:00 - intervalos de 4:30 horas entre as coletas. Para a análise da eficiência de remoção dos parâmetros analisados na lagoa anaeróbia, foi calculada uma média de eficiência de remoção do decantador com os 3 dias de análise e diminuída dos demais resultados (7 dias), que englobaram o decantador e a lagoa.

A Figura 29 indica os locais onde foram realizadas as coletas, sendo “A” a chegada do efluente recalcado após a peneira hidrostática,

anterior ao decantador Dortmund; “CP” indica a caixa de passagem anterior à lagoa anaeróbia, onde foram realizadas apenas três coletas; e “E” é a caixa de passagem após a lagoa anaeróbia, onde foi realizado o método balde e cronômetro.

Figura 29 – Indicação dos pontos de coleta “A”, “CP” e “E”.



As amostras foram armazenadas em uma câmara frigorífica da fábrica a temperaturas de 2 a 4°C durante o período de coleta e até a entrega das amostras no laboratório no dia seguinte. A Figura 30 e Figura 34 mostram as etapas de coleta, com medição de temperatura, vazão e pH, armazenagem e mistura dos volumes da amostra composta.



Figura 30 – Amostras, da esquerda para a direita: Ponto E (CP-02), chegada do efluente recalado no decantador Dortmund (Ponto A) e CP-01 (Ponto CP) (04/04/17).



Figura 31 - Instrumentos de medição: pHmetro PG1400 calibrado e termômetro.



Figura 32 – Medição de pH e temperatura das amostras. Da esquerda para a direita: CP-02 (Ponto E), chegada do efluente recalcado no decantador Dortmund (Ponto A) e CP-01 (Ponto CP) (18/04/17).



Figura 33 – Armazenagem das amostras na câmara frigorífica da fábrica a 2 – 5 °C (21/03/17).



Figura 34 – Realização da mistura das amostras coletadas no CP-02 (Ponto E) (21/03/17).

O procedimento de análise foi conduzido pelo LANAE. Os parâmetros analisados e os métodos são mostrados no Quadro 9. Os métodos de ensaio foram feitos conforme instruções de APHA *et al.* (2012). Os resultados advindos da LANAE e obtidos em campo serão anotados, computados e tabelados.

Quadro 9 – Parâmetros a serem analisados nas amostras de efluente e afluente e métodos.

Parâmetro	Método	Local
DQO	8000 Hach	LANAE
pH	Direto, pHmetro portátil PG1400 calibrado	<i>In loco</i>
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	LANAE
Sólidos Suspensos	SMWW 2540 D	LANAE
Q _{entrada}	Indireto: avaliação do consumo de água e controle do tempo de bombeamento	<i>In loco</i>
Q _{saída}	Direto: balde e cronômetro	<i>In loco</i>
Temperatura	Direto, termômetro	<i>In loco</i>

A medição de vazão do tratamento se dá por meio de uma Calha Parshall após a lagoa de polimento, porém a mesma não caracteriza o regime de entrada e saída da lagoa facultativa anaeróbia, devido a variações no tempo de concentração nas duas lagoas. Por esse motivo, optou-se por calcular a vazão de entrada da lagoa indiretamente e foram cogitados dois métodos.

O primeiro método consiste na adoção de uma porcentagem do volume de água tratada consumida na indústria no dia da coleta, a saber, de 80% (Equação 12). Esse valor foi adotado segundo recomendação do diretor industrial. Para indústrias instaladas, a estimativa de vazão de despejos industriais deve ser realizada através da pesquisa no estabelecimento (TSUTYIA & SOBRINHO, 2011).

$$Q_{\text{entrada}} = 80\% \cdot V$$

Equação 12

Onde:

Q_{entrada}: Vazão de entrada na lagoa anaeróbia;

V: volume de água tratada na ETA durante o dia de coleta.

O segundo método baseia-se no cálculo do volume total recalado pela bomba no dia da coleta. A vazão de recalque foi multiplicada pelo tempo de funcionamento da bomba ao longo do dia, dividido pelo período de funcionamento da fábrica (Equação 13).

$$Q_{\text{entrada}} = (t \cdot Q_{\text{bomba}})/T \quad \text{Equação 13}$$

Onde:

t: tempo total que a bomba esteve ligada durante o dia de coleta;

Q_{bomba} : vazão de bombeamento (60m³/h);

T: período diário de funcionamento da fábrica (16,5 horas).

A vazão de saída da lagoa anaeróbia, por outro lado, foi aferida através do método do balde e cronômetro, na caixa de passagem instalada entre as duas lagoas (CP-02). Com um balde de volume máximo 18L, foi recolhido o volume de água entrando na caixa de passagem por um tempo determinado (Figura 35). Os intervalos de tempo utilizados variaram de 1 a 10 segundos. Sabe-se que o cálculo com um tempo de coleta maior determina melhor a vazão, mas durante algumas aferições as vazões estiveram próximo ou superior a 18 L/s, não sendo possível executar o método com intervalos maiores nesses casos.



Figura 35 – Coleta de efluente e aferição de vazão pelo método balde e cronômetro na caixa de passagem entre as duas lagoas (Ponto E) (21/02/17).

4.3. ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE METANO E ENERGIA

Para estimar a vazão de metano produzida na lagoa, utilizou-se a Equação 14, que considera a produção de sólidos no meio e permite o ajuste das condições de temperatura e pressão, conforme descrito por Metcalf & Eddy (2003), Andreoli *et al.* (2003) e Borhz *et al* (2010) para sistemas de tratamento anaeróbio.

$$DQO_{CH_4} = Q_{méd} * [(S_o - S) - Y * S_o] \quad \text{Equação 14}$$

Onde:

DQO_{CH_4} : Carga de DQO removida convertida em metano (kgDQO/dia);

$Q_{méd}$: Vazão média do sistema (m^3 /dia);

S_o : DQO afluyente (kgDQO/ m^3);

S : DQO efluente (kgDQO/ m^3);

Y : Coeficiente de produção de sólidos no sistema em termos de DQO, indicado de 0,11 a 0,23 kgSSV/kgDQO aplicada (utilizou-se 0,15 kgSSV/kgDQO);

Como se trata de um gás, é preciso normalizar o cálculo para as condições normais de temperatura e pressão (CNTP), através da Equação 15 e Equação 16.

$$Q_{CH_4} = DQO_{CH_4} / f(T) \quad \text{Equação 15}$$

$$f(T) = P * K_{DQO} / R * T \quad \text{Equação 16}$$

Onde:

Q_{CH_4} : Produção volumétrica de metano (m^3 /dia);

$f(T)$: Fator de correção de temperatura e de conversão massa/volume (kgDQO/ m^3);

P : Pressão atmosférica (atm);

K_{DQO} : DQO equivalente a 1 mol de metano (6400 kgDQO/mol);

R : Constante dos gases (8,314 Pa. m^3 /mol.K);

T : temperatura média do reator (273 + T) (K).

O valor de $f(T)$ resultou em 2,6 kgDQO/ m^3 , utilizando-se 23 °C como temperatura média do reator, sendo a temperatura média medida no efluente de saída da lagoa anaeróbia.

O potencial de geração de energia elétrica é estimado com base na vazão de metano e considerando um teor energético de 10 kWh/ m^3CH_4 e

a eficiência elétrica do conjunto moto-gerador de 36% (SILVEIRA *et al.*, 2015). A partir disso, a energia elétrica a ser gerada é calculada através da Equação 17.

$$P = Q_{CH_4, disponível} \cdot EA_{específica} \cdot \eta_{elétrico} \quad \text{Equação 17}$$

Onde,

P: Potencial de geração de energia elétrica (kWh/d);

Q_{CH_4} : Vazão de metano (m^3/d);

EA: Energia específica do metano;

$\eta_{elétrico}$: Eficiência elétrica do motogerador.

A potência elétrica do motor foi calculada dividindo por 3 horas, considerando a geração somente no horário de ponta (das 18 às 21 horas) onde a tarifa de energia é mais cara (três vezes maior do que a tarifa fora de ponta).

O potencial de geração de energia térmica foi calculado com base no Poder Calorífico Inferior (PCI). O metano puro pode alcançar um PCI de aproximadamente 8.100 kcal/Nm^3 , segundo Ross *et al.* (1996). O biogás, por possuir na sua composição o CO_2 e umidade, tem um PCI menor, sendo de aproximadamente 5.300 kcal/Nm^3 quando atinge a porcentagem de 65% de metano. O Quadro 10 apresenta a comparação em termos de energia do biogás com outros combustíveis.

Quadro 10 – Equivalência energética de $1m^3$ de biogás a 65% de metano.

Combustível	Equivalência	Unidade
Gás natural	0,6	m^3
Gasolina	0,628	L
Madeira parcialmente seca	1,602	kg

Fonte: Adaptado de Ross *et al.* (1996).

4.4. ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA

Em sequência ao trabalho, foram estudadas as alternativas tecnológicas para utilização do biogás como fonte de energia para a indústria. Após a instalação do gasômetro sobre a lagoa facultativa anaeróbica para captação do gás, os usos previstos analisados foram como fonte de calor para a caldeira e como fonte de energia elétrica.

Na caldeira, foi avaliado o potencial em forma de calor do biogás produzido e quanto combustível poderá substituir. Foi levantado o consumo médio de madeira utilizada na caldeira e os gastos relacionados.

Na geração de energia elétrica, foi realizado o cálculo do potencial de energia elétrica com a quantidade de metano gerada pela lagoa. Também foram levantados os custos relacionados à energia elétrica da indústria.

4.4.1. Utilização do Biogás para Geração de Energia Térmica

Alguns processos realizados na indústria necessitam de calor, como é o caso do descasque, branqueamento, exaustão, cozimento, esterilização, dissolução de açúcares e pasteurização. Para isso, há uma caldeira instalada na indústria há 25 anos, utilizada anteriormente em um hospital da região. Originalmente era movida a óleo diesel e foi adaptada para utilização de lenha como combustível.

O período de funcionamento da caldeira é das 4:30 às 16:30 de segunda a sexta-feira (200hmês). A lenha é adicionada à máquina térmica a medida que a fábrica demanda vapor para suas atividades. Essa demanda é bastante variável, podendo tanto quatro ou mais processos necessitarem de vapor ao mesmo tempo quanto não ser necessário nenhum vapor. Essa variação resulta em expurgo ocasional de vapor, pela válvula de escape.

A quantidade de vapor gerado mensalmente é, em média, de 376,8 toneladas, (1,884 ton/h). O combustível utilizado atualmente é a lenha de Eucalipto, comprada de fornecedores de cidades próximas. Em 2016, consumiu-se uma média de 314 m³ de lenha por mês, totalizando 3.771 m³ no ano. O valor pela lenha é de R\$ 45,00 /m³, sendo, portanto, o custo mensal médio com o combustível de R\$ 14.130,00.

4.4.2. Utilização do Biogás para Geração de Energia Elétrica

Dados obtidos na indústria mostram que o consumo médio mensal é de 123.603 kWh/mês para todas as atividades da fábrica. No horário de ponta, das 18:00 às 21:00, especificamente, utiliza-se uma média de 8.724 kWh/mês, sendo parte obtida por um gerador de energia e parte da concessionária, como medida de redução de custos. Já o horário de ponta teve variação de quase 7.000 kWh entre o maior consumo, em outubro/2016, e o menor, em janeiro/2016.

O gerador movido a óleo diesel comum está instalado há 14 anos na empresa e é uma composição de gerador WEG com motor Cummins

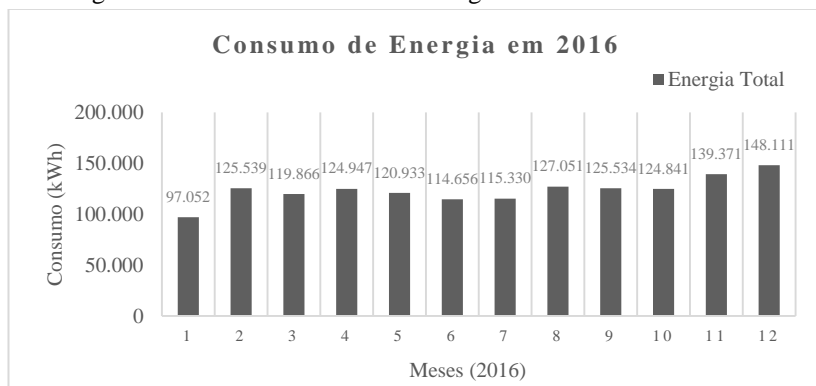
com 450 KVA de capacidade nominal. Em torno de 85 a 97% da demanda de energia no horário de ponta é suprida pelo gerador, e o restante é proveniente da concessionária. A Figura 36 apresenta o gerador em uso na indústria.



Figura 36 – Gerador de energia WEG com motor Cummins, de capacidade nominal 450 KVA.

A Figura 37 mostra a variação do consumo total de energia ao longo dos meses de 2016. O maior gasto foi registrado no mês de dezembro, com consumo mensal de 148.111 kWh e o menor em janeiro, com 92.160 kWh/mês.

Figura 37 – Consumo mensal de energia elétrica no ano de 2016.



Fonte: Dados obtidos da empresa.

O Quadro 11 apresenta os consumos de energia total, no horário de ponta e suprido pelo gerador no ano de 2016. Em torno de 85 a 97% da demanda de energia no horário de ponta é suprida pelo gerador, e o

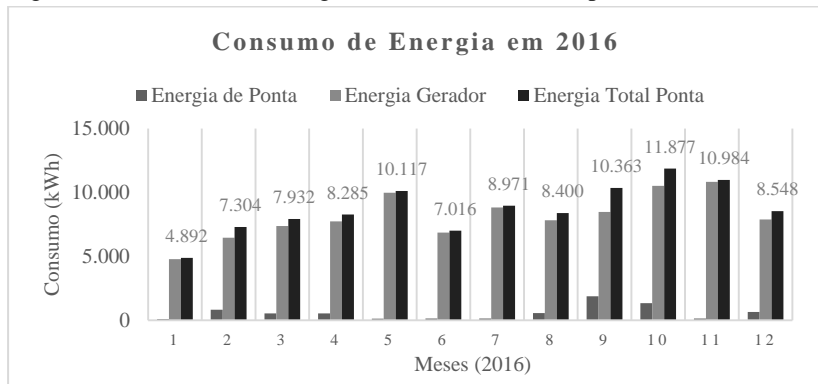
restante é proveniente da concessionária. Utilizam-se mensalmente uma média de 3.181 litros de diesel comum, que a um preço de R\$ 3,838 por litro (ANP, 2017), soma um gasto de R\$ 12.206,76 mensais. A Figura 38 mostra o gasto total no horário de ponta da empresa, a produção de energia pelo gerador e o consumo direto da concessionária nesse horário.

Quadro 11 – Consumo de energia elétrica total mensal no ano de 2017, consumo de óleo diesel e produção de energia pelo gerador.

	Total Energia	Energia Ativa	Energia na Ponta	Energia Gerador	Consumo Diesel (L)
jan.16	97.052	92.160	109	4.783	2.369
fev.16	125.539	118.235	833	6.471	3.582
mar.16	119.866	111.934	548	7.384	3.111
abr.16	124.947	116.662	537	7.748	2.728
mai.16	120.933	110.816	132	9.985	3.667
jun.16	114.656	107.640	146	6.870	2.821
jul.16	115.330	106.359	141	8.830	2.908
ago.16	127.051	118.651	565	7.835	2.922
set.16	125.534	115.171	1.878	8.485	3.250
out.16	124.841	112.964	1.348	10.529	3.420
nov.16	139.371	128.387	142	10.842	3.520
dez.16	148.111	139.563	656	7.892	3.680
Média	124.894	114.068	543	7.863	3.181
Soma	1.483.231	1.378.542	7.035	97.654	37.978

Fonte: Adaptado de dados obtidos da empresa (2017).

Figura 38 - Demanda de energia mensal no horário de ponta no ano de 2016.



Fonte: Dados obtidos da empresa.

A concessionária de energia local é a CELESC, que possui uma tarifa chamada horosazonal verde, de R\$ 0,30126/kWh, por kWh consumido em horário comum e R\$ 1,04231/kWh no horário de ponta ou de pico (das 18:00 às 21:00), na categoria em que a indústria está enquadrada. Dessa forma, é gasto em média R\$ 37.847,55 por mês com a energia total obtida da concessionária. Com o combustível do gerador, são gastos mensalmente uma média de 3.181 litros de diesel comum, que a um preço de R\$ 3,838 por litro (ANP, 2017), soma um gasto de R\$ 12.206,76 mensais.

5. RESULTADOS

Este estudo teve por objetivo estimar a vazão e composição do biogás gerado pela indústria de conservas de alimentos para avaliar a adoção de alternativas tecnológicas para o aproveitamento energético do gás.

Nesse capítulo, apresentam-se os resultados das coletas de amostras de efluente da lagoa facultativa anaeróbia estudada, com relação a vazão de despejo, pH, temperatura, DQO, sólidos totais, sólidos suspensos e estimativa vazão e composição de biogás. A partir da observação a campo e pesquisa sobre fatores que influenciam a eficiência do tratamento anaeróbio de efluentes, também são apresentadas sugestões de melhorias, objetivando potencializar a produção de metano.

A partir da estimativa feita, utilizaram-se os dados aplicando no estudo realizado sobre energia térmica em caldeiras e energia elétrica em geradores, permeando as demais tecnologias necessárias para instalação em cada caso. Estimou-se o tamanho do gasômetro e do armazenamento de biogás, do motor-gerador e da caldeira, além do dimensionamento de um purificador de biogás (caso necessário) para ambos os casos.

5.1. RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE LÍQUIDO

O mau cheiro, proveniente do ácido sulfídrico (H_2S) era mais perceptível no final da tarde ou logo antes de eventos de chuva. Isso pode ser relacionado à inversão térmica que ocorre na atmosfera nesses momentos, impedindo a dispersão do biogás, acumulando-o próximo à superfície da Terra (LISBOA, 2007).

O Quadro 12 mostra os resultados laboratoriais dos 07 dias de coleta para os parâmetros de DQO, Sólidos Totais, ST Fixos, ST Voláteis, Sólidos Suspensos Totais, SS Fixos e SS Voláteis, para os três pontos de coleta e as eficiências de remoção. Os laudos dos resultados, realizados pelo laboratório de análises, encontram-se em Anexo D. A descrição dos dias de coleta, com a produção de cada dia, temperatura ambiente, condições climáticas, odor e outras informações relevantes podem ser vistas no Apêndice A.

Para análise da eficiência da lagoa anaeróbia, foram calculadas as médias de eficiência do decantador, com os três últimos dias de medição. A partir disso, estimou-se a concentração na entrada da lagoa anaeróbia (CP-01 – ponto CP) para os dias que não foi realizada coleta nesse ponto

e calculada a eficiência da lagoa anaeróbia de remoção dos parâmetros analisados.

Quadro 12 - Resultados das análises de DQO, Sólidos Totais e Sólidos Suspensos aferidos ao longo das coletas e cálculo de eficiências.

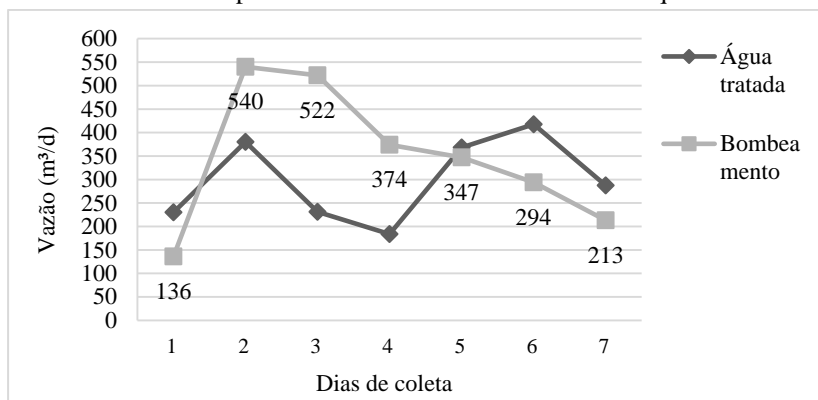
Local/ Descrição	Decan- tador (Ponto A)*	Caixa de Pas- sagem ante- rior à lagoa (Ponto CP)*,**	Caixa de Passagem posterior à lagoa (Ponto E)*	Remoção no decantador (A-CP)**	Eficiência decan- tador**	Remo- ção la- goa (CP'- E)**	Eficiência lagoa**
Parâmetro							
DQO (mg/L)	2124,0	1653,8	687,0	456,0	22,14%	966,8	58,7%
ST (mg/L)	4186,0	2741,0	2613,3	1391,7	38,57%	381,0	13,9%
STF (mg/L)	2854,0	1912,8	2058,0	1205,8	41,40%	100,8	5,3%
STV (mg/L)	1304,0	959,1	548,0	185,8	26,4%	443,1	45,1%
SST (mg/L)	406,7	306,7	106,0	118,3	27,84%	143,7	68,5%
SSF (mg/L)	68,0	58,8	14,0	16,7	13,51%	32,0	76,2%
SSV (mg/L)	283,3	220,0	80,0	126,0	41,33%	93,0	60,9%
Observações							
Valores em mg/L, exceto indicações de porcentagem							
*Resultados das análises							
**Calculado							

Tendo em vista a grande variação dos resultados nos últimos três dias de coleta, percebe-se que a média de eficiência do decantador pode não ser representativa. As discussões realizadas neste subitem levarão em consideração essa variação.

5.1.1. Vazão

Com a análise dos dois métodos cogitados para o cálculo da vazão de entrada, optou-se pelo método do cálculo da vazão recalçada pela bomba. A escolha baseou-se principalmente no fato de as águas pluviais serem captadas juntamente com os efluentes industriais, não sendo representativo, em eventos de chuva, o volume de água tratada utilizada no período de funcionamento da fábrica. Além disso, há outras entradas e saídas de líquidos durante o processo industrial, por exemplo os despejos de líquido de conserva de tonéis de azeitona, que representam grande volume quando há manipulação desse produto. A Figura 39 mostra as estimativas de vazão de entrada no sistema a partir dos dois métodos avaliados. A vazão média foi de 374 m³/dia, porém houve variações expressivas (136 a 540 m³/dia), que dependem muito da quantidade e qualidade de produção.

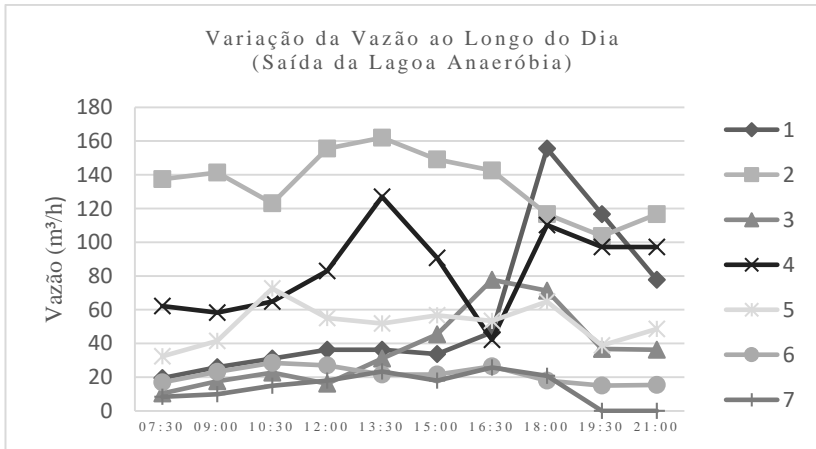
Figura 39 – Vazões de entrada aferidas pelos métodos de proporção da água tratada na ETA e tempo de bombeamento da bomba de recalque.



A partir da Figura 40 observa-se regularidade na vazão na saída da lagoa anaeróbia em 4 dos 7 dias de coleta, principalmente nas primeiras horas do dia, com picos a partir das 16:30. Nesse horário, inicia-se a primeira limpeza de equipamentos e ambientes na fábrica, geralmente com água quente e soda cáustica. A partir das 20:30 ocorre ainda uma segunda limpeza de equipamentos que produzem molhos e ambientes internos da fábrica.

Em 02 dias específicos houve grande variação da vazão na saída da lagoa anaeróbia. No segundo dia de coleta, a vazão de saída esteve alta devido a chuvas intensas e à grande produção de cogumelos nas duas semanas anteriores à coleta, que incrementaram o volume da lagoa. No dia 04, houve limpeza da fábrica às 13:30, devido a cursos que ocorreram com os funcionários nessa data. Esse dia também foi o que apresentou maior precipitação, sendo que também houve pancadas de chuva no dia 01 (das 17:00 às 19:00), no dia 06 (ao longo do dia) e no dia 07 (somente próximo às 12:00). No dia 05 é observado um pico de vazão às 10:30, que não teve relação com chuvas ou produção de alimentos que demandam quantidades elevadas de água. Nesse dia houve problemas operacionais na ETA, que pode ter levado a um perfil atípico na vazão.

Figura 40 – Variação da vazão ao longo do dia na saída da lagoa anaeróbia, medida a partir do método de balde e cronômetro.



5.1.2. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Com uma eficiência média de 22,1% de remoção de DQO no decantador, a eficiência média de remoção resultou em 58,7% na lagoa anaeróbia. Considerou-se a média das eficiências obtidas nos 07 dias de coleta, diminuída da eficiência de remoção da DQO média do decantador. A remoção média de DQO do decantador, calculada a partir dos resultados dos dias 5, 6 e 7, foi de 456 mg/L, variando de 282 a 647 mg/L. Em porcentagem, resultou em eficiências de remoção de 11,9 a 52,2%.

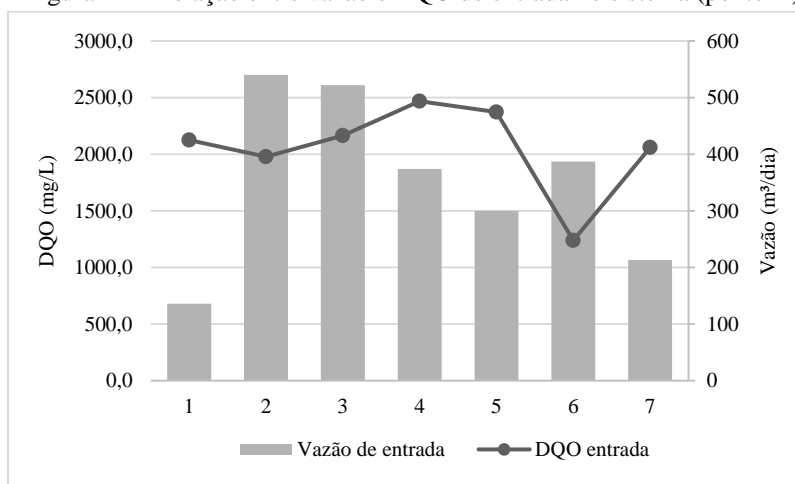
A eficiência de remoção de DQO no sistema decantador Dortmund e lagoa anaeróbia foi regular nas três primeiras coletas, com média de 68,1%. O quarto dia de coleta foi o dia com maior entrada de DQO, mas a eficiência de remoção de DQO teve uma queda para 55,3%. Esse dia foi atípico na fábrica, em virtude de palestras da vigilância sanitária que ocorreram durante todo o período com funcionários, sendo realizada a limpeza das máquinas e ambiente no início da tarde.

A partir do quinto dia de coleta (18/04/17), iniciaram-se as coletas também na caixa de passagem após o decantador, o que auxiliou na estimativa de eficiência da lagoa anaeróbia. Esse período corresponde à safra de pepino, em que a fábrica concentra esforços na limpeza, seleção, preparo e envase de pepino em salmoura e picles. O uso de água tratada e de vapor diminuem, pois não há cozimento de matéria prima.

No sexto dia de coleta houve uma grande baixa na entrada de DQO e na eficiência de remoção, sendo que a lagoa anaeróbia removeu apenas 35,8% da DQO (de 592 para 380 mg/L). Também pode ser relacionado à mudança do inóculo entre o quinto e o sexto dia de coleta. Esse procedimento é feito sempre que se inicia a safra de pepino. Um indicador dessa instabilidade da lagoa quanto às mudanças no ambiente é a variação do pH na saída, com uma média de 6,93, variou de 6,80 a 7,02, o que não ocorreu nos demais dias de análise.

A Figura 41 relaciona a vazão de entrada com a DQO de entrada do efluente. A partir do gráfico, observa-se que não há uma regularidade entre as duas grandezas. Mesmo relacionando com os dias de maiores chuvas, e, portanto, maiores contribuições de água pluvial no afluente, não foi possível estabelecer uma relação. Os dias de maior chuva foram o 4 e o 6, com pancadas curtas de chuva nos dias 1 e 7.

Figura 41 – Relação entre vazão e DQO de entrada no sistema (ponto A).

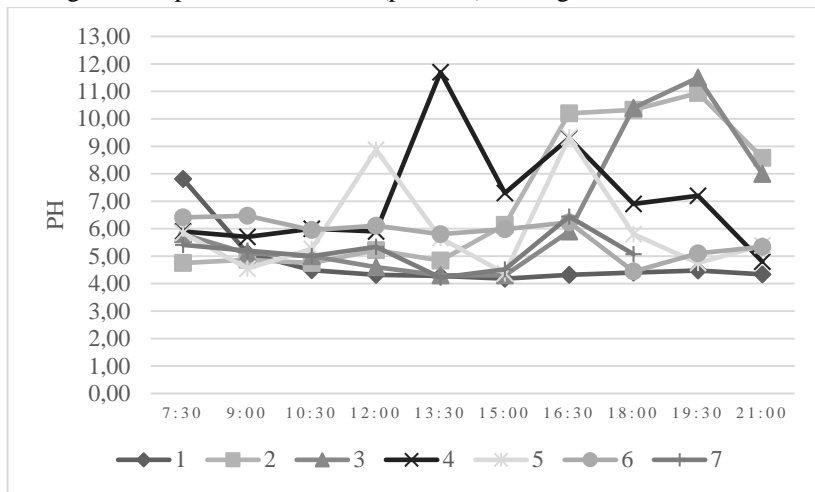


5.1.3. pH

O pH de entrada no sistema é bastante variável, dependendo das atividades da fábrica, como observado na Figura 42. Na produção, são utilizados diversos compostos ácidos em produtos, como vinagre. Durante eventos de limpeza, usam-se compostos básicos, como soda cáustica. Percebe-se que ao final da tarde, às 16:30, o pH de entrada é mais elevado, na faixa de 10 a 12, enquanto durante o dia ele pode chegar a 4.

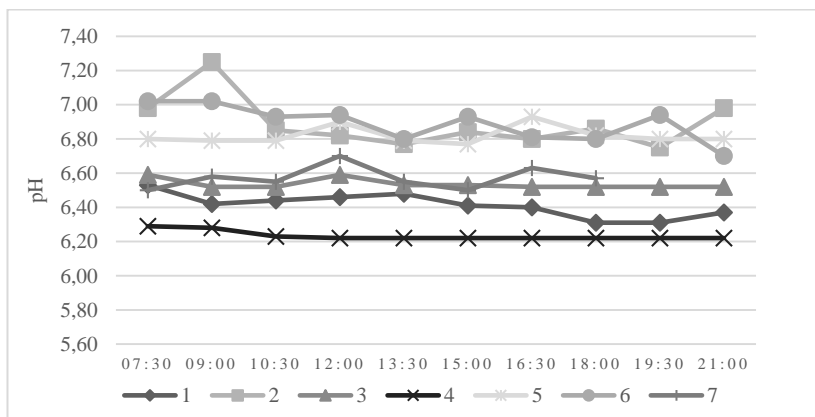
Percebe-se que no quarto dia de coleta a limpeza foi iniciada mais cedo, pois as 13:30 houve aumento do pH.

Figura 42 – pH médio afluente (ponto A) ao longo dos dias de coleta.



O pH na caixa de passagem CP-02 (saída da lagoa anaeróbia) mostrou bastante estabilidade durante os dias de coleta e no geral foram de 6,22 a 7,25 (Figura 43). A média geral do pH efluente ficou em 6,6, sendo ideal que fosse mais próximo a normalidade.

Figura 43 – pH médio na saída da lagoa anaeróbia (ponto E) ao longo dos dias de coleta.

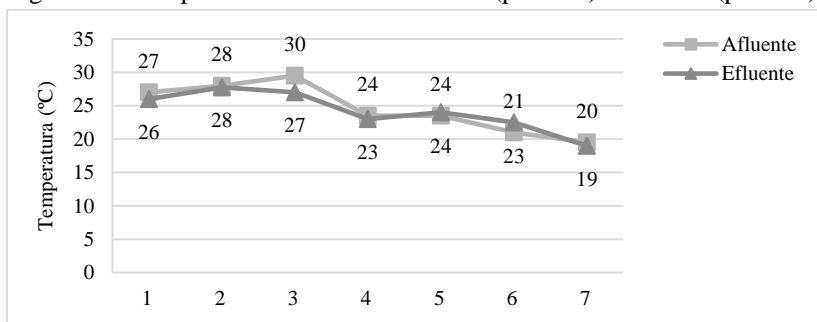


5.1.4. Temperatura

Quanto à temperatura do afluente, observou-se que ao longo dos dias houve uma variação de 2 a 13°C, dependendo do uso de vapor na fábrica. No quinto dia de coleta foi observada as maiores temperaturas, com pico às 15:00, com 35°C no afluente. A média geral da temperatura de entrada foi de 25°C. Já na saída, as temperaturas variaram muito pouco ao longo dos dias, de 1 a 3°C. As menores temperaturas foram registradas no sétimo dia de coleta, em maio/2017, época com temperaturas ambientes menores.

A temperatura do efluente na saída da lagoa anaeróbia esteve próxima a 27 °C no verão (campanhas de 1 a 4), o que indica grande estabilidade das condições da lagoa e padrões propícios à digestão anaeróbia. Já no outono (campanhas de 5 a 7), a temperatura caiu para uma média de 22°C. A Figura 44 mostra a temperaturas médias de entrada e saída da lagoa anaeróbia aferidas ao longo das campanhas de coleta.

Figura 44 - Temperaturas médias do afluente (ponto A) e efluente (ponto E).



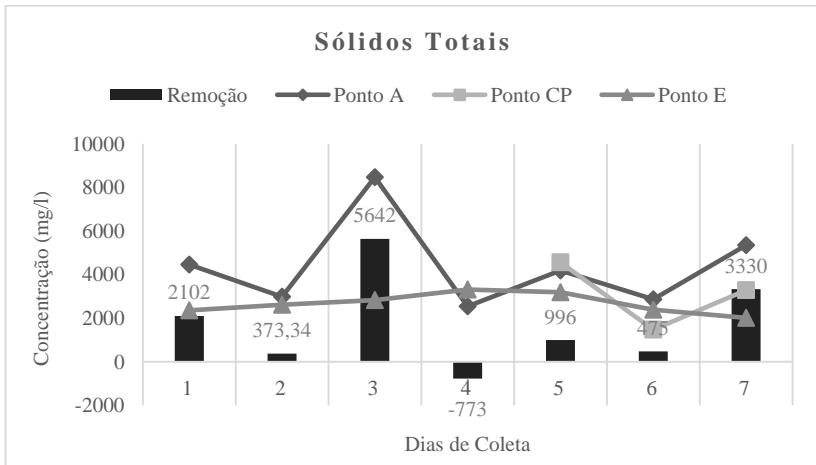
5.1.5. Sólidos

Quanto aos resultados de sólidos totais, suspensos, fixos e voláteis, observou-se uma grande variação nos valores, tanto na entrada do sistema, quanto na saída. A eficiência de remoção tanto no decantador e na lagoa anaeróbia variou bastante, apresentando inclusive valores negativos – amostras da saída com valores de sólidos maiores que a entrada.

No ponto A, os sólidos totais obtiveram uma média de 4.186 mg/L, variando de 2.542 a 8.472 mg/L. No ponto E os resultados foram mais homogêneos, com uma média de 2.613 mg/L. No decantador, a estimativa de remoção de sólidos totais foi de 38,6% e na lagoa anaeróbia, de 13,9%.

A Figura 45 apresenta os resultados nos pontos coletados para os sete dias analisados. No quarto dia houve maior concentração de sólidos na saída da lagoa do que na entrada. Isso pode ser relacionado à precipitação que ocorreu durante todo o dia de coleta. Como as águas pluviais são coletadas juntamente pelas estruturas de coleta de efluentes da indústria, a concentração de entrada foi a mais baixa registrada.

Figura 45 – Resultados de Sólidos Totais (ST) dos pontos de monitoramento ao longo da campanha de coleta.



Dentro de sólidos totais, a parcela de Sólidos Totais Fixos foi superior à de Sólidos Totais Voláteis em todas as amostras. Na chegada do efluente ao decantador (ponto A), a média de STF foi de 2.854 mg/L (69% dos ST), enquanto a média de STV foi de 1.304 mg/L (31%). A bibliografia aponta que a normalidade se dá em uma proporção de 55% STV e 45% STF.

A presença de sólidos voláteis indica a parcela orgânica de sólidos, que pode ser biodegradada. Fazendo-se a relação STV/ST, obteve-se uma média de 0,09 no ponto A e 0,04 no ponto E, indicando pouca concentração de sólidos biodegradáveis em relação a sais e materiais inorgânicos (fixos).

A remoção de Sólidos Totais Voláteis teve grande variação na eficiência ao longo dos dias de coleta. A média foi de 45,1%, para a lagoa anaeróbia, o que é considerado baixo. O decantador removeu uma média de 26,4% de STV.

A parcela de Sólidos Dissolvidos Totais foi maior do que a parcela de Sólidos Suspensos Totais, o que foi perceptível no aspecto do efluente, que possuía cor e baixa turbidez.

No geral, tanto o decantador quanto a lagoa anaeróbia obtiveram valores insatisfatórios de eficiência de remoção de sólidos totais. A lagoa anaeróbia possui uma média de ST de saída bastante elevada, o que pode estar relacionado à falta de limpeza do lodo de fundo. A autodepuração do lodo requerida com a adição de microorganismos não é suficiente, pois existe uma parcela considerável de sólidos biodegradáveis entrando no sistema.

5.1.6. Alternativas Tecnológicas para Melhoria da Eficiência de Tratamento

Para potencializar a produção de biogás e, principalmente, de metano, deve-se proporcionar um ambiente em condições ótimas para as bactérias metanogênicas, sensíveis a alterações do ambiente. São essenciais a) a ausência de oxigênio dissolvido na água; b) temperatura do líquido acima de 15 °C; e c) pH próximo a neutralidade ou acima de 7,0 (VON SPERLING, 1996).

Segundo Probiogas (2015a), uma forma de melhorar o desempenho da lagoa é o aquecimento do afluente, garantindo a operação nas faixas mesofílica ou termofílica. Isso aumenta a taxa de reprodução das bactérias, a degradação da matéria orgânica e, conseqüentemente, a maior taxa de produção de biogás.

Segundo Oliveira (2004), a eficiência do processo anaeróbio pode ser aumentada com a associação de um sistema de agitação e um sistema de aquecimento da lagoa, diminuindo o tempo de retenção hidráulica e aumentando a produção de biogás. O sistema de aquecimento da lagoa talvez não seja viável, porém a implantação de uma cobertura com lona preta pode incrementar a temperatura média do sistema, criando uma espécie de efeito estufa no interior. Além disso, o uso do vapor nos processos industriais beneficia o tratamento, uma vez que aumenta a temperatura média do despejo na entrada. Foi observado, durante o período de estudo, que o despejo é, muitas vezes, de água aquecida pelo vapor da caldeira e chega ao sistema com temperaturas variando de 19 a 32 °C, com uma média de 25 °C.

Segundo Probiogas (2015b), pode-se criar um ambiente de mistura completa, o que favorece a degradação da matéria orgânica. Isso pode ser feito através da instalação de agitadores mecânicos no fundo da lagoa, que promovem o contato dos microorganismos de forma mais eficiente

com a matéria orgânica. O sistema de agitação deve ser dimensionado, com agitadores lentos de fundo que não provoquem aeração da lagoa. Outra sugestão seria a adaptação do sistema para funcionar como um circuito de recirculação do efluente, aumentando a idade do lodo.

Quanto ao pH da lagoa, foi visto a partir das análises *in loco* que a manutenção do reator tem sido eficaz, uma vez que as medições de saída mantiveram grande regularidade do pH. Foram medidos valores de 6,22 a 7,25, com média de 6,59. Como esse valor está próximo à normalidade, considera-se bom para o metabolismo anaeróbio. Para ser ideal, no entanto, o pH deve aumentar para se tornar mais próximo de 7,00.

Objetivando potencializar a produção de metano, o regime da lagoa deve ser alterado para estritamente anaeróbia, substituindo o inóculo adicionado atualmente à lagoa. Atualmente as preocupações com a lagoa são evitar que emane odor na vizinhança, o que nem sempre é controlado; e a autodepuração do lodo de fundo. Ambas podem ser evitadas com a manutenção das condições ideais da lagoa e removendo o lodo de fundo regularmente.

Como visto nos resultados, a eficiência de remoção de sólidos está abaixo do padrão, muitas vezes com resultados maiores na saída do que na entrada da lagoa, principalmente na relação SSV/ST, que seria a parcela orgânica dos sólidos. Além disso, a parcela de sólidos totais fixos representa 69% dos ST, não sendo biodegradado pelas bactérias. Recomenda-se a realização da limpeza do lodo de fundo regularmente, sendo a periodicidade controlada a partir da medição de eficiência da lagoa em relação a remoção de ST e a relação SSV/ST.

A partir da instalação de um gasômetro cobrindo a superfície da lagoa, o ambiente poderá passar de facultativo anaeróbio para estritamente anaeróbio, uma vez que não haverá entrada de luz solar para fotossíntese e trocas gasosas com a atmosfera. Dessa forma, a faixa de biodigestão anaeróbia será maior, produzindo potencialmente maior quantidade de biogás. A faixa aeróbica será então menor ou ainda inexistente, diminuindo a produção de CO₂ e aumentando a porcentagem de CH₄. Outra vantagem indireta da instalação do gasômetro será a redução da dispersão de mau cheiro emanado do sistema de tratamento, evitando conflitos com a população vizinha.

A lona também auxiliará no aumento da temperatura do biodigestor como um todo, o que pode aumentar a eficiência da lagoa. Segundo Oliveira (2009), 90% da biodigestão é obtida com raios solares incidentes na lona preta. Essa condição pode auxiliar no outono e inverno e em dias que a fábrica não utiliza vapor em seus processos, como é o caso de época de safra de pepino.

Outra sugestão importante para aumentar a eficiência do sistema é a criação de uma rede de drenagem pluviais separada da coleta de águas servidas. Foi observado, através da comparação entre os métodos utilizados para estimar a vazão de entrada na ETE, que em eventos de chuva a vazão estimada pelo tempo de funcionamento da bomba de recalque era duas vezes superior à vazão disponibilizada pela ETA na indústria. O estudo realizado por Cabral (2016), aponta que a pluviosidade é correlacionada inversamente com a produção de biogás. Com uma carga orgânica maior, o sistema pode alcançar uma eficiência maior, uma vez que a razão alimento/bactéria também aumenta.

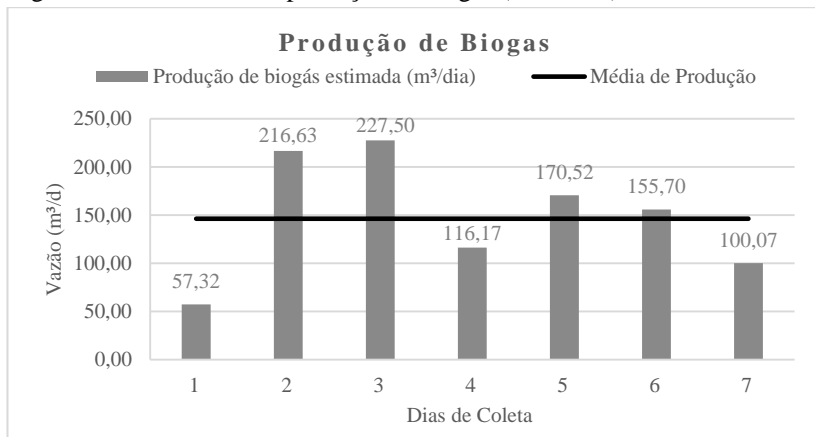
5.2. ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS

A vazão e composição do biogás foram estimados, uma vez que não há uma cobertura da lagoa para captar diretamente o biogás produzido. Com base nas análises, verificou-se uma eficiência de remoção de DQO média de 58,7% na lagoa anaeróbia.

Foi estimada, com base nas Equações 4, 5 e 6, uma produção média mensal de metano na lagoa anaeróbia de 95,1 m³/dia. Considerando o biogás formado com uma composição de 65% de metano, a produção média de biogás pela lagoa foi estimada em 146,3 m³Biogás/dia, que variou de 57,3 a 227,5 m³Biogás/dia. A Figura 46 apresenta a estimativa de biogás gerado pela lagoa nos dias de coleta.

Extrapolando-se, com os dados de DQO de entrada no decantador, do Anexo A, as temperaturas médias mensais, do Anexo B e utilizando as eficiências médias calculadas, a produção anual de biogás foi estimada em 44.475 m³ a 65% de metano.

Figura 46 - Estimativa de produção de biogás (65% CH₄) nos dias de coleta.



5.3. ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA ENTRE AS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

Tanto para utilização para produção de energia térmica, na caldeira flamotubular mista instalada na indústria e na utilização para produção de energia elétrica, com a injeção do combustível em um motor gerador é necessária a instalação da lona de cobertura na lagoa anaeróbia, para armazenamento e captação do biogás gerado.

Previu-se um volume de armazenamento de 250 m³, observando que o volume máximo de biogás gerado calculado foi de 227,5 m³/dia. A lona de cobertura da lagoa dimensionada para esse volume de armazenamento, sendo a área superficial da lagoa de 51 por 25 m, deve ser de 400 m² de manta a R\$20,00/m², resultando em R\$ 8.000 (TRIGÁS, 2017).

Além do gasômetro e estruturas de captação, segurança e armazenamento do biogás, é sempre necessário um purificador do biogás antes de utilizar no motor gerador, para eliminar gases corrosivos ao motor e prolongar sua vida útil. Apesar de algumas bibliografias apontarem que é dispensável a purificação para a caldeira para concentrações de H₂S abaixo de 1000 ppm, alguns fornecedores recomendam realizar a purificação do biogás previamente à caldeira também.

5.3.1. Produção de Vapor

Como a caldeira instalada foi projetada para combustíveis líquidos e adaptada para sólidos, seria necessário levantar custos e analisar a viabilidade técnica da adaptação da caldeira para utilização de biogás. Outra alternativa seria o levantamento de custos para uma nova caldeira, com capacidade de 5 ton/h de geração de vapor, movida a cavaco e biogás.

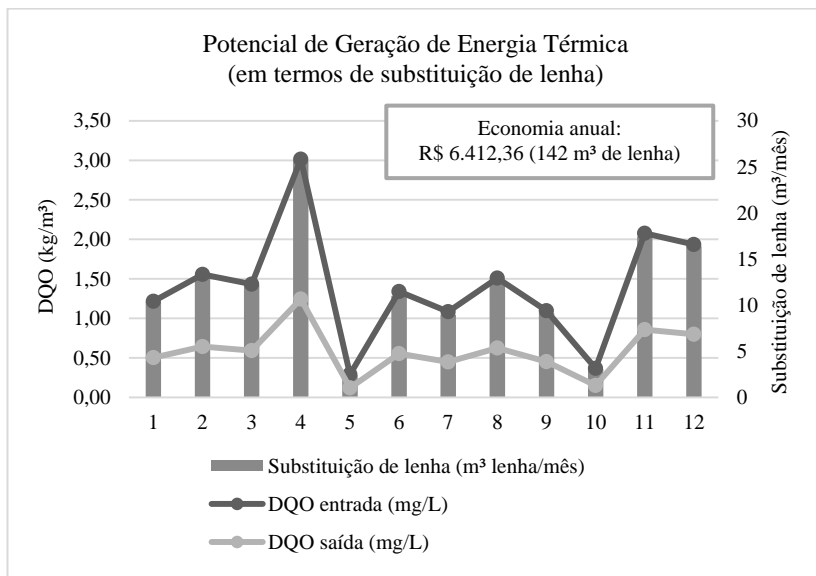
Comparando o poder energético do biogás a 65% de metano com a lenha, será possível substituir 7.591 kg de lenha por mês. Considerando a densidade do eucalipto como 500 kg/m³ (IPT, 1989), totaliza 14,1 m³ de lenha por mês, ou R\$632,59 de economia mensais. O Quadro 13 mostra o potencial para substituição de lenha e potencial de economia financeira nos dias estudados, utilizando-se uma relação de lenha/biogás de 1,602 (ROSS *et al*, 1996) e o preço do m³ de lenha em R\$ 45,00, segundo informações obtidas na fábrica.

Quadro 13 – Estimativa de economia financeira para os dias pesquisados com a substituição parcial de lenha por biogás na caldeira.

DIA	1	2	3	4	5	6	7	Média
Q biogás (m ³ biogás/dia)	57,3	216,6	227,5	116,2	170,5	155,7	100,1	146,3
Substituição de lenha (kg lenha/dia)	91,8	347,0	364,4	186,1	273,2	249,4	160,3	234,3
Substituição de lenha (m ³ lenha/dia)	0,184	0,694	0,729	0,372	0,546	0,499	0,321	0,469
Economia (R\$/dia)	8,26	31,23	32,80	16,75	24,58	22,45	14,43	21,09
Q biogás (m ³ biogás/mês)	1719,6	6498,8	6824,9	3485,1	5115,5	4670,9	3002,0	4387,5
Economia (R\$/mês)	247,93	936,99	984,01	502,48	737,55	673,45	432,83	632,59

Extrapolando-se a produção de biogás para o ano, considerando uma eficiência média de remoção de DQO pela lagoa anaeróbia de 58,7%, os dados de DQO da entrada medidos pela empresa em 2016 (Anexo A) e as médias de temperatura mensais em 2016 (Anexo B), observa-se uma economia de R\$ 6.412,36 anual com a substituição de 142 m³ de lenha de Eucalipto por biogás. Desconsideraram-se variações na eficiência da lagoa, de acordo com alterações da carga orgânica de entrada, alterações no pH, entre outros. A Figura 47 apresenta o resultado mensal da extrapolação para o ano de 2016.

Figura 47 – Extrapolação da estimativa de potencial energético do biogás a partir dos dados de entrada de DQO para o ano de 2016 para substituição de lenha.



5.3.2. Produção de Energia Elétrica

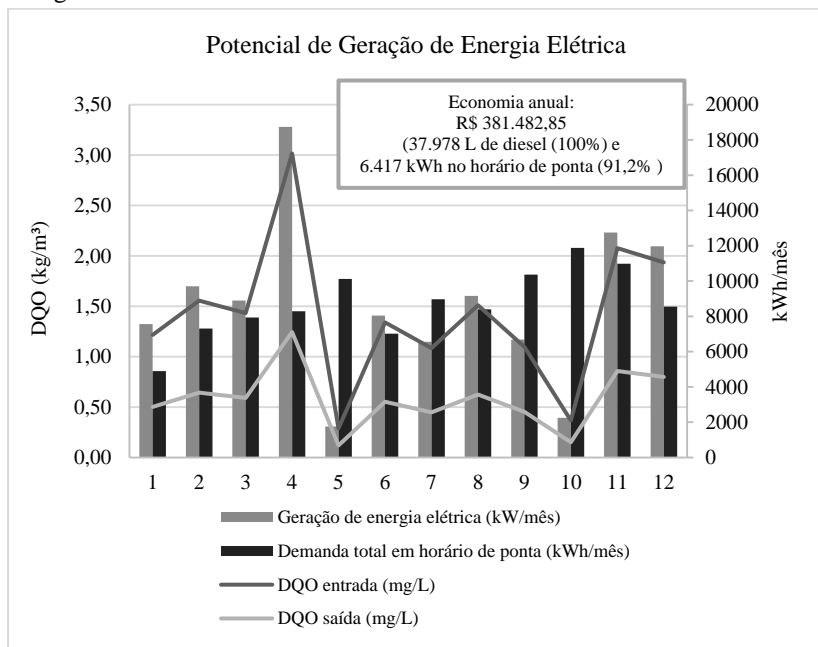
Com base na vazão de biogás média de 146,3 Nm³/d, calculou-se, considerando uma eficiência do gerador de 36% e um teor energético de 10 kWh/m³CH₄, uma produção média de energia elétrica de 466,7 kWh/d. Para utilização da energia somente no horário de ponta (3h/dia), calculou-se uma potência instalada do motor-gerador de 156 kW. Para utilização em 16,5 horas, período de funcionamento da fábrica, a potência ficaria em 28,3 kW, o que pode ser considerado como alternativa de uso. Caso for calculado para funcionamento 24h, o tamanho do motor seria menor e inviável, com potência de 19,4 kW

Considerando o consumo médio na ponta de 8.406 kWh/mês, ou seja, 382 kWh/dia (22 dias uteis por mês), 100% da demanda na ponta pode ser fornecida por um motor gerador a biogás. Substituindo o diesel utilizado no motor gerador atualmente, a um preço de R\$ 3,838 por litro (ANP, 2017), soma uma economia de R\$ 12.206,76 mensais.

Extrapolando-se a produção de biogás para o ano, da mesma forma que para o item anterior, resulta-se em um potencial de geração de 104.071 kWh anual, que seria próximo à demanda de energia no horário

de ponta atualmente (104.689 kWh anual). Essa energia poderia suprir a energia produzida pelo gerador a diesel (97.654 kWh/ano) e ainda 91,2% do consumo da concessionária no horário de ponta. A Figura 48 apresenta o resultado mensal da extrapolação para o ano de 2016.

Figura 48 - Extrapolação da estimativa de potencial energético do biogás a partir dos dados de entrada de DQO para o ano de 2016 para produção de energia elétrica.



Utilizando-se produções de biogás de 82, 190, 210 e 320 Nm³Biogás/dia, a ER-BR fez uma simulação de emprego do biogás em geradores e as horas de funcionamento por dia, conforme a Figura 49.

Horas de funcionamento por dia				
Nm³ biogás / dia	82	190	210	320
GMWM30	5,9	13,6	15,0	22,9
GMWM50	4,1	9,5	10,5	16
GMWM80	2,4	5,6	6,2	9,4
GMWM120	1,7	4,0	4,5	6,8

Energia gerada por mês em kWh - Ponta				
Nm³ biogás / dia	82	190	210	320
GMWM30	1800	1800	1800	1800
GMWM50	2880	2880	2880	2880
GMWM80	3960	4950	4950	4950
GMWM120	3825	6750	6750	6750

Energia gerada por mês em kWh - Fora de ponta				
Nm³ biogás / dia	82	190	210	320
GMWM30	1714	6343	7200	11914
GMWM50	1056	6240	7200	12480
GMWM80	0	4271	5241	10579
GMWM120	0	2346	3303	8569

Figura 49 – Simulação do uso do biogás em geradores de energia para diferentes produções pela ER-BR.

Fonte: ER-BR (2017).

Também a economia de energia foi calculada para horário de ponta e fora de ponta, sem consideração de custos com o gerador a diesel, conforme a Figura 50.

Custos de energia evitada em ponta por mês				
Nm³ biogás / dia	82	190	210	320
GMWM30	R\$ 1.876	R\$ 1.876	R\$ 1.876	R\$ 1.876
GMWM50	R\$ 3.002	R\$ 3.002	R\$ 3.002	R\$ 3.002
GMWM80	R\$ 4.128	R\$ 5.159	R\$ 5.159	R\$ 5.159
GMWM120	R\$ 3.987	R\$ 7.036	R\$ 7.036	R\$ 7.036

Custos de energia evitada fora de ponta por mês				
Nm³ biogás / dia	82	190	210	320
GMWM30	R\$ 516	R\$ 1.911	R\$ 2.169	R\$ 3.589
GMWM50	R\$ 318	R\$ 1.880	R\$ 2.169	R\$ 3.760
GMWM80	R\$ -	R\$ 1.287	R\$ 1.579	R\$ 3.187
GMWM120	R\$ -	R\$ 707	R\$ 995	R\$ 2.582

Custos totais de energia evitada - R\$ / mês				
Nm³ biogás / dia	82	190	210	320
GMWM30	R\$ 2.393	R\$ 3.787	R\$ 4.045	R\$ 5.465
GMWM50	R\$ 3.320	R\$ 4.882	R\$ 5.171	R\$ 6.762
GMWM80	R\$ 4.128	R\$ 6.446	R\$ 6.738	R\$ 8.347
GMWM120	R\$ 3.987	R\$ 7.742	R\$ 8.031	R\$ 9.617

Figura 50 – Simulação de economia de energia com o uso dos geradores pela ER-BR.

Fonte: ER-BR (2017).

Os custos para implementação dos sistemas, incluindo gerador, painel manual, filtro de biogás e *start up* foram estipulados conforme a Figura 51.

Custos incluindo gerador, painel manual, filtro de biogás e start up	
GMWM30	R\$110.000,00
GMWM50	R\$115.000,00
GMWM80	R\$150.000,00
GMWM120	R\$175.000,00

Figura 51 – Custos de implementação do sistema de gerador, painel manual, filtro de biogás e *start up* pela ER-BR.

Fonte: ER-BR (2017).

Dessa forma, a análise do tempo de retorno do investimento (*payback*) foi realizada pela empresa e resultou em tempos de 11 a 46 meses, conforme a Figura 52.

	Payback em meses			
Nm ³ biogás / dia	82	190	210	320
GMWM30	46	29	27	20
GMWM50	35	24	23	17
GMWM80	27	17	16	13
GMWM120	28	14	14	11

Figura 52 – Tempo de *payback*, em meses, das alternativas analisadas pela ER-BR.

Fonte: ER-BR (2017).

Analisando-se para uma produção média de 146,3 Nm³/d de biogás a 65% de metano estimada, utilizou-se a simulação da implementação do gerador GMWM 80, com a simulação de vazão de biogás de 82 Nm³/d. Dados os devidos cálculos, o funcionamento do gerador seria de aproximadamente 3 h/d, no horário de ponta, o que resultaria no retorno de investimento em aproximadamente 27 meses (2 anos e 3 meses). Somando-se com a implementação do gasômetro, o investimento deve se pagar em até 4 anos.

Com esses resultados, percebe-se a grande vantagem no investimento em sistemas no sentido de aproveitamento do biogás gerado pela lagoa anaeróbia instalada na indústria. Observou-se que há um grande potencial de aproveitamento do biogás formado na geração de energia elétrica. Além disso, existem alternativas tecnológicas viáveis para melhorar o processo de tratamento e maximizar a produção de biogás.

A instalação de um sistema de captação e utilização do biogás seria vantajoso economicamente, pela redução de gastos com o consumo de energia elétrica da concessionária, óleo diesel e lenha. Ambientalmente, isso também seria benéfico, aliado à redução de metano lançado na atmosfera. Outros benefícios são a redução de odores emanados na vizinhança e o marketing verde que pode ser explorado pela empresa.

6. CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A lagoa anaeróbia possui uma eficiência de remoção de DQO de 58,7%, com média de entrada de 1.653,8 mgDQO/L, que pode ser melhorada a partir da manutenção das condições ideais para as bactérias meta-nogênicas, sensíveis às condições climáticas.

O sistema de tratamento implantado na indústria possui eficiência adequada para atender os padrões exigidos pela legislação, considerando-se o tratamento complementar com a lagoa de maturação após a lagoa anaeróbia. Ressalta-se, porém, que há melhorias que podem ser feitas, no sentido de manutenção do biodigestor e decantador. Existem alternativas tecnológicas de melhoria do processo como um todo e para potencializar a produção de biogás, visando o aproveitamento energético.

A instalação do gasômetro refletirá indiretamente no aumento da produção de metano e redução na produção de CO₂, além de diminuir a emissão de maus odores para a vizinhança. Caso o gasômetro for opaco, os raios solares não atingirão a superfície da lagoa, impedindo a atividade de microorganismos aeróbicos ou anaeróbios facultativos. Além disso, com a mudança de regime, a injeção de solução contendo bactérias anaeróbicas facultativas poderá ser alternada conforme instruções do fornecedor.

Supõe-se que a entrada de águas pluviais no sistema afeta o tratamento, porém não foi possível isolar esse evento para análises mais acuradas. Seria necessário coletar amostras durante dias com a mesma característica de produção, de preferência seguidos, e com variação nas condições climáticas.

Conclui-se que os resultados de substituição da lenha na caldeira foram baixos para se dar continuidade à análise de viabilidade técnico-econômica, considerando-se a eficiência atual do tratamento na lagoa anaeróbia. A utilização do biogás na caldeira pode economizar 142 m³ de lenha por ano, o que traz benefícios ambientais, evitando o corte de aproximadamente 47 árvores de eucalipto anualmente. Essa medida também pode ser aproveitada para propaganda da marca com “marketing verde”.

Considerando o estudo realizado e o levantamento do potencial energético do biogás para utilização na caldeira e em gerador de energia, conclui-se que a geração de energia elétrica parece, a princípio, mais vantajosa para a indústria. Foi visto que o potencial do biogás formado seria suficiente para suprir o consumo do diesel utilizado em 100% e suprir até 91,2% do consumo de energia da concessionária no horário de ponta.

7. RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista as constatações efetuadas na presente pesquisa, sugerem-se algumas recomendações para trabalhos futuros:

- Com a instalação de um gasômetro na lagoa, será possível captar e analisar o biogás, a fim de identificar sua real composição, através de métodos analíticos. A partir dessa identificação mais apurada da qualidade e quantidade de metano, acurar-se-á a necessidade real de purificação e o potencial real de produção de energia;
- A análise de viabilidade técnico-econômica da adaptação da caldeira instalada para uso misto de lenha e biogás ou investimento em uma nova caldeira para essa finalidade;
- Análise de viabilidade técnico-econômica de implantação de um gerador movido a biogás, como alternativa para geração de energia elétrica em horário de ponta, alternando-se com o gerador movido a óleo diesel;
- Análise de adaptação do motor atual de diesel para biogás;
- Análise de substituição do combustível dos maquinários e veículos utilizados, como empilhadeiras. Segundo IEA (2005), a utilização do biogás como combustível segue a mesma configuração de motor que o gás natural. A desvantagem do uso do biogás para esse fim, entretanto, é a necessidade de diminuir a concentração de CO₂. Motores desse tipo exigem uma qualidade melhor do gás, então um estudo específico sobre sua viabilidade é interessante, necessitando implementar um purificador de alta eficiência e realizar outras melhorias no sistema de tratamento.
- Estudo do potencial de produção de biogás a partir da biodigestão anaeróbia dos resíduos sólidos provenientes da indústria. Trata-se de um resíduo formado essencialmente por matéria orgânica vegetal e representam em torno de 10 ton/mês.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANP – Agência Nacional de Petróleo. **Síntese dos Preços Praticados – Blumenau**. Disponível em <http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Municipio_Posto.asp>. Acesso em 22 mai. 2017.
- APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods For Examination Of Water And Wastewater**. 22 ed. New York: Public Health Association Inc, 2012.
- BARRERA, P. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 2003, 106 p.
- BEGA, E. A. **Instrumentação Aplicada ao Controle de Caldeiras**. Editora Interciência, 3 ed. Rio de Janeiro, 2003.
- BILOTTA, P., ROSS, B. Z. L. **Estimativa de geração de energia e emissão evitada de gás de efeito estufa na recuperação de biogás produzido em estação de tratamento de esgotos**. Eng. Sanit. Ambient. vol.21 no.2 Rio de Janeiro, 2015. DOI: 10.1590/S1413-41522016141477.
- BIZZO, W. A. **Geração, Distribuição e Utilização de Vapor, Apostila de Curso**. Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, 2003.
- CASSINI, S. T. (Coordenador). **Digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento de Biogás**. 1. Ed. Vitória: PROSAB/FINEP, 2003. 196p.
- CHERNICHARO, C. A. L. **Anaerobic reactors**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 380 p. (Biological Wastewater Treatment Series, v. 4). Published by IWA Publishing, Alliance House.
- CHERNICHARO, C. A. L., VAN LIER, J. B., NOYOLA, A., RIBEIRO, T. B. **Anaerobic sewage treatment: state of the art, constraints and challenges**. *Reviews In Environmental science and Biotechnology*, [s.l.], v. 14, n. 4, p.649-679, 21 set. 2015. Springer Science + Business Media.
- CABRAL, C. B. **Avaliação da produção de biogás para fins energéticos em reatores anaeróbios tratando esgoto sanitário**. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016. 139 p.

COELHO, S. T., VELÁZQUEZ, S. M. S. G., MARTINS, O. S., ABREU, F. C. **A conversão da fonte renovável biogás em energia**. Distrito Federal, 2006. Congresso Brasileiro de Planejamento Energético.

COLDEBELLA, A. **Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais**. 2006. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel- PR, 2006.

COLORADO, A. F., HERRERA, B. A., AMELI, A. A. **Performance of a Flameless combustion furnace using biogas and natural gas**. In: Bioresource Technology. 2009.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional, Relatório Síntese: ano base 2015**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em < https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2016_Web.pdf> Acesso em 30 de maio de 2017.

ER-BR. 2017. E-mail pessoal recebido no dia 26 mai. 2017.

FERRAZ, J. M. G., MARIEL, I. E. **Biogás, uma fonte alternativa de energia**. Brasil, 1980, 27p.

FRANCISCO, R. P. **Estudo termoquímico da queima de combustíveis em caldeiras usando balanços de energia**. Dissertação (Mestrado em Aproveitamento Energético) - Universidade Federal De São João Del-Rei, Minas Gerais, 2012.

GENOVESE, A. L., UDAETA, M. M., GALVAO, L. C. R. Aspectos energéticos da biomassa como recurso no Brasil e no mundo. In: **Encontro de energia no meio rural**. Campinas, 2006.

GUSMÃO, M. M. F. C. C., **Produção de biogás em diferentes sistemas de criação de suínos em Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2008.

ICLEI. **Manual de aproveitamento do biogás: Aterros sanitários. Volume 1. ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade, Secretariado para America Latina e Caribe.** Escritório de projetos no Brasil. São Paulo – SP. 2009. Disponível em:<www.resol.com.br/cartilha12/manual_iclei_brazil.pdf> Acesso em 16 mai. de 2017.

IEA. 2005. **Biogas production and utilisation.** Disponível em <http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/56_Task37booklet.pdf> Acesso em 12 mai. 2017.

IENGEPE. **O biodigestor.** Disponível em <<http://www.iengep.com.br/biodigestores.htm>> Acesso em 23 mai. 2017.

INTECH. **Licenciamento Ambiental de Operação – Cia Hemmer Indústria e Comércio – Projeto de Tratamento de Efluentes.** 1993. 45 p. Florianópolis/SC.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. **Sistema de Informações de Madeiras Brasileiras.** São Paulo: IPT, 1989. 291p. (Relatório No 27 078).

KRICH, K., AUGENSTEIN, D., BATMALE, J. P., BENEMANN, J., RUTLEDGE, B., SALOUR, D. (2005) **Biomethane from Dairy Waste: A Sourcebook for the Production and Use of Renewable Natural Gas in California.** USDA Rural Development, Western United Dairymen.

LISBOA, H. M. **Controle de Poluição Atmosférica: Cap. IV - Meteorologia e Dispersão.** Montreal, 2007.

LITTLE, L. W., LAMB III, J. C., HORNEY, L. F. (1976) **Characterization and treatment of brine wastewaters from the cucumber pickle industry.** UNC Wasterwater Research Center – Univeristy of North Carolina at Chapel Hill. Project No. A-079-NC.

LOBATO, L. C. S. **Aproveitamento Energético de Biogás Gerado em Reatores UASB Tratando Esgoto Doméstico.** Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais UFMG, Minas Gerais, 2011.

METCALF; EDDY. **Waste water engineering: treatment, disposal and reuse.** 4. ed. rev. New York: McGraw-Hill, 2003. 1819 p.

MONTE, M. M. **Contributo para o Estudo da Valorização Energética de Biogás em Estações de Tratamento de Águas Residuais**. 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2010.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão: A alternativa energética**. São Paulo, Nobel, 1986.

OLIVEIRA, R. D. **Geração de energia elétrica a partir de biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouros e as possibilidades no mercado de carbono**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica), Universidade de São Carlos, 2009.

PINTO, R. O. **Avaliação da digestão anaeróbia na bioestabilização de resíduos orgânicos, lodos de tanques sépticos, dejetos suínos e lixiviado**. 2006. 233 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PROBIOGAS. **Guia técnico ambiental de biogás na agroindústria**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ), 2015a. 160 p.: il.

PROBIOGAS. **Avaliação de opções para o tratamento de efluentes da produção de biogás**. Brasília: Ministério das Cidades, Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ), 2015b. 93 p.

ROSS, C. C.; DRAKE, T. J.; WALSH, J. L. **Handbook of biogas utilization**. 2ª ed. Atlanta: U.S. Department of Energy, 1996.

SANTOS, P. **Guia técnico de biogás**. Portugal: Centro para a Conservação de energia, 2000.

SEGHEZZO, L., ZEEMAN, G., LETTING, G. **Anaerobic sewage treatment**. Sub-Departamento de Tecnologia Ambiental, Wageningen University and Research Center, P.O.Box 8129, 6700 EV, Wageningen, Países Baixos. 2005.

SGANZERIA, E. **Biodigestor; uma solução**. Agropecuária, Porto Alegre, 1983.

SILVEIRA, B. et al. **Guia técnico de aproveitamento energético de biogás em estações de tratamento de esgoto**. Brasília, DF.: Ministério das Cidades, 2015. 183 p.

SOUZA, S. N. M., PEREIRA, W. C., PAVAN, A. A. 2004., **Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura**. Disponível em <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000100042&script=sci_arttext> Acesso em 22 mai. 2017.

TRIGÁS. 2017. E-mail pessoal recebido em 17 mai. 2016.

TSUTUYIA, M. T., SOBRINHO, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro: ABES; 2011, 3 ed. 547 p.

VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgoto: um manual para regiões de clima quente**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1994.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996. 134 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v. 3).

ZANETTE, A. L. **Potencial de aproveitamento energético do biogás no Brasil**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia; 2009.

ZILOTTI, H.A.R. **Potencial de produção de biogás em uma Estação de tratamento de esgoto de cascavel para a geração de energia elétrica**. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2012.

9. ANEXOS

ANEXO A: Histórico do monitoramento de parâmetros da lagoa facultativa anaeróbia.

Fonte: Cia Hemmer Ltda.

ANEXO B: Monitoramento do pH e temperatura na superfície da lagoa facultativa anaeróbia.

Fonte: Cia Hemmer Ltda.

ANEXO C: Histórico de demanda de energia elétrica e geração de energia pelo gerador a diesel na indústria em 2016.

Fonte: Cia Hemmer Ltda.

ANEXO D: Laudos das análises de DQO, Sólidos Totais e Sólidos Suspensos do efluente de entrada e saída da lagoa facultativa anaeróbia.

Fonte: LANAE/SENAI.

Coletas: Realizadas pela autora.

ANEXO A - Histórico do monitoramento de parâmetros da lagoa facultativa anaeróbica.

ANEXO B - Monitoramento do pH e temperatura na superfície da lagoa facultativa anaeróbia.

Peneira	7,78	5,65	5,04	5,56	5,39	6,60	4,75	5,50	5,12	8,29	7,18	5,84	4,69	5,12	9,61	6,56	5,27	9,06		5,47	6,46	4,81
Entrada Tanque	8,00	7,18	6,94	7,18	7,38	4,40	7,43	7,00	6,93	9,77	7,74	7,38	7,08	7,44	10,88	7,47	6,84	9,94		6,87	7,03	6,88
Entrada Lagoa 1	6,73	6,62	6,56	6,56	6,63	6,36	6,54	6,50	6,61	6,70	6,68	6,83	6,77	6,73	6,75	6,77	6,78	6,73		6,64	6,48	6,46
Divisão Lagoa 1	6,70	6,63	6,56	6,56	6,64	6,54	6,60	6,54	6,64	6,85	6,72	6,81	6,79	6,72	6,74	6,75	6,77	6,72		6,66	6,54	6,46
Saída Lagoa 2	6,89	6,77	6,72	6,75	6,72	6,58	6,72	6,66	6,72	6,87	7,00	6,97	6,91	6,89	6,93	6,95	7,00	6,87		6,83	6,64	6,68
Entrada Lagoa 3	7,31	6,87	6,79	6,85	6,85	7,00	6,83	6,64	6,82	6,85	7,00	7,07	7,05	6,95	7,02	7,06	7,04	7,00		7,10	6,72	6,70
Saída Lagoa 3	7,30	7,07	7,01	7,00	7,00	7,06	6,92	6,80	6,95	6,95	7,10	7,09	7,06	7,07	7,00	7,07	6,95		FERIADO	7,00	6,74	6,76

PONTOS DE ACORDO COM PROFUNDIDADE DA LAGOA

Profundidade	02/05/16	03/05/16	04/05/16	05/05/16	06/05/16	09/05/16	10/05/16	11/05/16	12/05/16	13/05/16	16/05/16	17/05/16	18/05/16	19/05/16	20/05/16	23/05/16	24/05/16	25/05/16	26/06/16	27/05/16	30/05/16	31/05/16
Temp. (°C)	14°C		17°C		18°C	20°C		27°C		24°C	17°C		14°C		16°C	14°C		15°C	FERIADO	16°C	16°C	
1 m	6,66		6,55		6,59	6,56		6,50		6,61	6,65		6,75		6,70	6,72		6,68		6,56	6,48	
2 m	6,62		6,54		6,58	6,56		6,46		6,60	6,64		6,73		6,70	6,72		6,66		6,54	6,44	
3 m	6,64		6,54		6,56	6,54		6,46		6,62	6,64		6,73		6,70	6,72		6,66		6,54	6,42	
4 m	6,63		6,54		6,56	6,54		6,46		6,62	6,58		6,73		6,70	6,72		6,66		6,54	6,42	
5 m	6,68		6,56		6,58	6,54		6,48		6,58	6,58		6,79		6,74	6,73		6,70		6,58	6,38	
6 m	6,77		6,72		6,70	6,70		7,00		6,70	6,64		6,81		6,75	6,73		6,75		6,62	6,38	

JUNHO

DATA	01/06/16	02/06/16	03/06/16	06/06/16	07/06/16	08/06/16	09/06/16	10/06/16	13/06/16	14/06/16	15/06/16	18/06/16	17/06/16	20/06/16	21/06/16	22/06/16	23/06/16	24/06/16	27/06/16	28/06/16	29/01/00	30/06/16
Peneira	3,48	5,69	8,09	5,33	4,55	4,98	4,72	5,45		5,86	4,75	4,56	8,55	6,85	6,92	5,86	5,43	5,68	5,04	4,95	4,78	5,05
Entrada Tanque	6,97	6,84	8,83	6,94	6,74	6,78	6,94	7,08	6,57	6,97	6,74	6,78	9,82	7,07	7,47	6,94	6,93	7,26	6,78	7,28	6,94	6,85
Entrada Lagoa 1	6,60	6,62	6,72	6,50	6,52	6,58	6,60	6,37	6,37	6,31	6,20	6,10	5,92	5,78	5,85	5,81	5,80	5,82	5,80	5,80	5,82	5,78
Divisão Lagoa 1	6,58	6,62	6,72	6,52	6,52	6,57	6,62	6,37	6,37	6,29	6,19	6,09	5,98	5,77	5,80	5,87	5,78	5,84	5,80	5,82	5,80	5,77
Saída Lagoa 2	6,75	6,77	6,85	6,79	6,68	6,70	6,71	6,51	6,46	6,48	6,33	6,23	6,00	5,94	5,94	5,88	5,85	5,90	5,94	5,92	5,94	5,90
Entrada Lagoa 3	6,81	6,87	6,97	6,90	6,77	6,81	6,78	6,57	6,85	6,52	6,39	6,28	6,02	5,98	6,00	5,97	5,97	5,92	6,21	6,00	5,98	5,78
Saída Lagoa 3	6,95	6,93	7,02	6,95	6,94	7,00	7,00	6,83	6,95	6,77	6,70	6,52	6,30	6,31	6,30	6,23	6,25	6,09	6,32	6,15	6,13	6,05

PONTOS DE ACORDO COM PROFUNDIDADE DA LAGOA

Profundidade	01/06/16	02/06/16	03/06/16	06/06/16	07/06/16	08/06/16	09/06/16	10/06/16	13/06/16	14/06/16	15/06/16	18/06/16	17/06/16	20/06/16	21/06/16	22/06/16	23/06/16	24/06/16	27/06/16	28/06/16	29/01/00	30/06/16
Temp. (°C)	15°C		14°C	14°C	11°C	11°C		10°C	8°C		11°C		12°C	13°C		13°C		14°C	14°C		14°C	
1 m	6,58		6,67	6,50	6,54	6,35	6,35	6,17	6,58	5,76	5,84	5,76	5,72	5,79	5,79	5,72	5,76	5,79	5,80	5,80	5,80	5,80
2 m	6,58		6,65	6,48	6,54	6,33	6,33	6,15	5,80	5,74	5,72	5,72	5,76	5,79	5,78	5,72	5,74	5,79	5,78	5,78	5,78	5,78
3 m	6,58		6,67	6,48	6,54	6,33	6,33	6,15	5,86	5,74	5,72	5,72	5,74	5,79	5,78	5,72	5,74	5,79	5,78	5,78	5,78	5,78
4 m	6,58		6,66	6,48	6,54	6,33	6,33	6,15	5,86	5,74	5,76	5,76	5,74	5,80	5,74	5,76	5,74	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80
5 m	6,58		6,72	6,62	6,60	6,44	6,54	6,33	5,96	5,84	6,00	6,33	6,00	5,97	6,00	6,33	6,25	6,09	6,32	6,15	6,13	6,05
6 m	6,62		6,72	6,65	6,68	6,60	6,64	6,56	6,56	7,00	6,25	6,41	6,19	6,43	6,43	6,19	6,43	6,43	6,43	6,43	6,43	6,43

JULHO

DATA	01/07/16	04/07/16	05/07/16	06/07/16	07/07/16	08/07/16	11/07/16	12/07/16	13/07/16	14/07/16	15/07/16	18/07/16	19/07/16	20/07/16	21/07/16	22/07/16	25/07/16	26/07/16	27/07/16	28/07/16	29/07/16
Peneira	8,57	4,83	6,77	5,20	9,68	7,16	7,3	6,17	4,32	4,79	6,41		5,53	4,79	6,92	7,01		6,38	4,95	5,06	5,84
Entrada Tanque	9,53	7,18	7,34	6,88	10,47	7,93	7,50	6,93	6,88	7,04	7,39	6,84	7,38	7,28	7,63	7,67	6,68	7,38	7,44	6,93	7,53
Entrada Lagoa 1	5,88	5,86	5,86	5,88	6,08	6,14	6,13	6,05	5,92	5,92	5,92	5,92	5,88	5,61	5,89	5,88	5,95	6,01	6,00	6,07	6,05
Divisão Lagoa 1	5,84	5,86	5,84	5,86	6,03	6,07	6,09	6,04	5,93	5,94	5,74	5,94	5,88	5,60	5,87	5,88	5,95	6,00	6,01	6,07	6,04
Saída Lagoa 2	5,94	6,02	6,03	6,01	6,21	6,28	6,25	6,21	6,02	6,11	5,88	6,09	6,03	5,72	6,05	5,98	6,10	6,15	6,14	6,25	6,23

Entrada Lagoa 3	6,00	6,08	6,03	6,03	6,25	6,31	6,55	6,23	6,09	6,07	5,88	6,61	6,17	5,76	6,06	6,05	6,49	6,17	6,20	6,28	6,29
Saída Lagoa 3	6,13	6,15	6,13	6,11	6,35	6,39	6,51	6,33	6,27	6,23	6,07	6,57	6,28	6,00	6,22	6,22	6,42	6,25	6,27	6,35	6,29

PONTOS DE ACORDO COM PROFUNDIDADE DA LAGOA

Profundidade	01/07/16	04/07/16	05/07/16	06/07/16	07/07/16	08/07/16	11/07/16	13/07/16	14/07/16	15/07/16	18/07/16	19/07/16	20/07/16	21/07/16	22/07/16	25/07/16	26/07/16	27/07/16	28/07/16	29/07/16
Temp. (C°)	15°C	16°C	16°C	17°C	17°C	14°C	16°C	17°C	17°C	16°C	11°C	16°C	16°C	14°C	14°C	14°C	14°C	13°C	14°C	14°C
1 m	5,84	5,84	5,84	5,84	6,03	6,07	5,92	5,71	5,90	5,63	5,86	5,92	5,63	5,86	5,82	5,92		6,02		6,03
2 m	5,83	5,83	5,84	5,84	6,02	6,07	5,91	5,68	5,88	5,63	5,85	5,92	5,63	5,85	5,92	5,92		6,01		6,02
3 m	5,83	5,83	5,84	5,84	6,02	6,07	5,91	5,68	5,88	5,65	5,85	5,92	5,65	5,85	5,92	5,92		6,01		6,02
4 m	5,83	5,84	5,84	5,84	6,04	6,07	5,91	5,68	5,88	5,65	5,83	5,92	5,65	5,83	5,92	5,92		6,01		6,02
5 m	5,86	5,86	5,92	6,05	6,07	5,94	5,68	5,89	5,89	5,65	5,83	5,94	5,65	5,83	5,94	6,03		6,03		6,05
6 m	6,20	6,07	6,13	6,38	6,18	5,96	5,68	6,00	6,00	5,82	6,02	6,03	5,82	6,02	6,03	6,21		6,21		6,30

AGOSTO

DATA	01/08/16	02/08/16	03/08/16	04/08/16	05/08/16	08/08/16	09/08/16	10/08/16	11/08/16	12/08/16	15/08/16	16/08/16	17/08/16	18/08/16	19/08/16	22/08/16	23/08/16	24/08/16	25/08/16	26/08/16	29/08/16	30/08/16	31/08/16
Peneira		5,18		6,21	5,14	4,68	4,03	4,92	4,56	4,95	7,35	5,37	4,07	6,41	10,30	6,00	6,52	5,32	6,00	4,77	4,55	5,05	4,63
Entrada Tanque	6,64	6,84	7,24	7,43	6,93	6,97	7,28	7,27	7,08	7,86	6,88	7,38	6,74	11,40	6,60	6,00	7,38	6,74	6,40	6,93	6,97	7,08	6,84
Entrada Lagoa 1	6,08	6,05	6,00	5,85	6,02	6,20	6,15	6,21	6,20	6,29	6,19	6,21	6,17	6,38	6,25	6,42	6,32	6,39	6,43	6,35	6,35	6,35	6,35
Divisão Lagoa 1	6,09	6,05	6,01	5,86	6,03	6,21	6,17	6,21	6,20	6,27	6,19	6,22	6,17	6,39	6,32	6,44	6,38	6,39	6,43	6,41	6,36	6,34	6,34
Saída Lagoa 2	6,31	6,21	6,21	6,00	6,14	6,40	6,35	6,33	6,33	6,42	6,37	6,41	6,33	6,38	6,34	6,56	6,46	6,58	6,64	6,58	6,60	6,62	6,62
Entrada Lagoa 3	6,66	6,27	6,21	6,07	6,16	6,42	6,38	6,39	6,40	6,47	6,42	6,43	6,40	6,38	6,40	6,64	6,50	6,58	6,64	6,58	6,67	6,69	6,69
Saída Lagoa 3	6,54	6,30	6,23	6,06	6,44	6,35	6,44	6,48	6,46	6,48	6,46	6,42	6,44	6,40	6,45	6,62	6,60	6,67	6,72	6,87	6,73	6,78	6,78

PONTOS DE ACORDO COM PROFUNDIDADE DA LAGOA

Profundidade	01/08/16	02/08/16	03/08/16	04/08/16	05/08/16	08/08/16	09/08/16	10/08/16	11/08/16	12/08/16	15/08/16	16/08/16	17/08/16	18/08/16	19/08/16	22/08/16	23/08/16	24/08/16	25/08/16	26/08/16	29/08/16	30/08/16	31/08/16
Temp. (C°)	16°C	16°C	14°C	14°C	16°C	14°C	14°C	13°C	13°C	13°C	15°C	20°C	20°C	18°C	15°C	26°C	20°C	20°C	16°C	18°C	19°C	19°C	19°C
1 m	5,98			5,83	6,27	6,17	6,15	6,17	6,18	6,20		6,16	6,16	6,23	6,30		6,49		6,39	6,36		6,35	6,35
2 m	5,98			5,83	6,27	6,15	6,15	6,17	6,20	6,20		6,15	6,15	6,24	6,28		6,49		6,37	6,35		6,35	6,35
3 m	5,98			5,84	6,27	6,15	6,15	6,17	6,19	6,19		6,15	6,15	6,23	6,29		6,49		6,36	6,32		6,35	6,35
4 m	5,98			5,84	6,27	6,15	6,15	6,17	6,19	6,15		6,15	6,21	6,28	6,29		6,49		6,36	6,32		6,38	6,38
5 m	6,20			5,86	6,27	6,17	6,17	6,19	6,19	6,15		6,15	6,21	6,28	6,28		6,33		6,36	6,41		6,38	6,38
6 m	6,27			5,90	6,30	6,25	6,17	6,21	6,21	6,20		6,20	6,21	6,21	6,27		6,41		6,36	6,46		6,39	6,39

SETEMBRO

DATA	01/09/16	02/09/16	05/09/16	06/09/16	07/09/16	08/09/16	09/09/16	12/09/16	13/09/16	14/09/16	15/09/16	16/09/16	19/09/16	20/09/16	21/09/16	22/09/16	23/09/16	26/09/16	27/09/16	28/09/16	29/09/16	30/09/16
Peneira	5,19			10,81	10,68	9,53	9,40	8,69	5,50	4,91	5,84	7,62	7,76	5,67	5,37	4,48	8,95	6,36	5,26	5,89	6,93	6,30
Entrada Tanque	7,38			11,63	11,77	10,88	10,63	9,53	7,16	7,08	6,87	8,83	8,23	7,06	6,94	7,38	9,64	6,74	6,93	7,09	7,64	7,43
Entrada Lagoa 1	6,38			6,74	6,75	6,74	6,52	6,52	6,43	6,40	6,48	6,35	6,43	6,48	6,57	6,40	6,39	6,49	6,38	6,26	6,30	6,18
Divisão Lagoa 1	6,35			6,65	6,63	6,63	6,48	6,45	6,43	6,41	6,37	6,34	6,43	6,45	6,46	6,39	6,37	6,46	6,45	6,27	6,25	6,18
Saída Lagoa 2	6,60			6,86	6,85	6,73	6,62	6,67	6,62	6,62	6,59	6,58	6,65	6,61	6,67	6,63	6,54	6,59	6,66	6,32	6,40	6,27
Entrada Lagoa 3	6,67			6,87	6,87	6,82	6,67	7,04	6,66	6,70	6,62	6,65	6,75	6,65	6,74	6,65	6,61	7,05	6,64	6,45	6,43	6,40
Saída Lagoa 3	6,78			6,84	6,89	6,85	6,85	6,88	6,83	6,83	6,75	6,88	6,88	6,71	6,84	6,71	7,71	6,93	6,75	6,55	6,53	6,50

PONTOS DE ACORDO COM PROFUNDIDADE DA LAGOA

Profundidade Temp. (C°)	01/09/16	02/09/16	05/09/16	06/09/16	07/09/16 14°C	08/09/16	09/09/16 18°C	12/09/16 20°C	13/09/16	14/09/16	15/09/16	16/09/16 17°C	19/09/16 18°C	20/09/16 16°C	21/09/16	22/09/16	23/09/16 17°C	26/09/16 16°C	27/09/16	28/09/16 17°C	29/09/16	30/09/16 16°C		
1 m		FERIADO	FOLGA		6,62		6,53	6,40		6,40		6,29	6,36	6,42			6,34	6,40		6,25		6,16		
2 m				6,59		6,49	6,39		6,39		6,39		6,29	6,36	6,42			6,33	6,39		6,23		6,14	
3 m						6,59	6,49	6,42		6,39		6,39		6,29	6,36	6,42			6,33	6,39		6,23		6,14
4 m						6,59	6,49	6,43		6,39		6,39		6,29	6,39				6,33	6,40		6,21		6,14
5 m						6,58	6,48	6,43		6,40		6,40		6,36	6,50	6,43			6,42	6,41		6,21		6,14
6 m						6,51	6,48	6,46		6,44		6,44		6,41	6,51	6,47			6,43	6,48		6,25		6,14

OCTUBRO

DATA	03/10/16	04/10/16	05/10/16	06/10/16	07/10/16	10/10/16	11/10/16	12/10/16	13/10/16	14/10/16	17/10/16	18/10/16	19/10/16	20/10/16	21/10/16	24/10/16	25/10/16	26/10/16	27/10/16	28/10/16	31/10/16
Penreira	7,38	5,47	4,79	5,38	5,41	4,87	4,68		5,62	5,45	4,54	4,89	4,21	4,55	5,13	5,26	4,87	4,39	4,41	4,64	5,09
Entrada Tanque	7,63	6,97	7,03	7,33	7,05	6,88	6,94		7,08	6,87	6,36	6,94	6,78	6,74	7,19	6,64	6,94	7,28	6,87	6,74	6,54
Entrada Lagoa 1	6,21	6,16	6,12	6,10	6,05	6,33	6,23		6,12	6,02	6,52	6,59	6,57	6,66	6,64	5,98	6,07	5,82	5,74	5,96	6,02
Divisão Lagoa 1	6,20	6,18	6,14	6,13	6,05	6,46	6,32		6,07	6,04	6,64	6,64	6,71	6,67	6,61	6,00	6,00	5,82	5,75	5,98	6,02
Saída Lagoa 2	6,34	6,32	6,32	6,30	6,18	6,61	6,55		6,31	6,20	6,90	6,75	6,98	6,93	7,00	6,16	6,20	5,89	5,94	6,14	6,25
Entrada Lagoa 3	6,71	6,32	6,41	6,34	6,23	6,92	6,48		6,25	6,27	6,43	6,28	6,28	6,30	6,18	6,43	6,08	5,95	5,94	6,21	6,70
Saída Lagoa 3	6,66	6,53	6,51	6,50	6,39	6,80	6,48		6,45	6,39	6,50	6,46	6,41	6,50	6,41	6,68	6,65	6,20	6,05	6,34	6,77

PONTOS DE ACORDO COM PROFUNDIDADE DA LAGOA

Profundidade Temp. (C°)	03/10/16 15°C	04/10/16	05/10/16 18°C	06/10/16	07/10/16 16°C	10/10/16 17°C	11/10/16	12/10/16	13/10/16	14/10/16 18°C	17/10/16 19°C	18/10/16	19/10/16 19°C	20/10/16	21/10/16 19°C	24/10/16 20°C	25/10/16	26/10/16 19°C	27/10/16	28/10/16 16°C	31/10/16 18°C
1 m	6,17		6,14		6,04	6,17				6,00	6,04		5,96		5,80	5,80		5,77		5,96	5,95
2 m	6,14		6,14		6,00	6,10				5,98	5,96		5,90		5,77	5,77		5,77		5,95	5,89
3 m	6,14		6,14		6,02	6,09				5,97	5,96		5,88		5,77	5,78		5,74		5,91	5,80
4 m	6,14		6,14		6,02	6,09				5,93	5,96		5,84		5,73	5,78		5,71		5,73	5,80
5 m	6,14		6,14		6,02	6,09				5,91	5,98		5,84		5,71	5,78		5,70		5,57	5,80
6 m	6,14		6,14		6,04	6,17				5,91	6,09		5,86		5,97	5,98		5,90		5,86	6,02

NOVEMBRO

DATA	01/11/16	02/11/16	03/11/16	04/11/16	07/11/16	08/11/16	09/11	10/11/16	11/11/16	14/11/16	15/11/16	16/11/16	17/11/16	18/11/16	21/11/16	22/11/16	23/11/16	24/11/16	25/11/16	28/11/16	29/11/16	30/11/16
Penreira	7,38		8,30	5,05	8,42	4,88	5,20	6,01	5,20		4,82	4,84	5,34	4,95	6,84	4,87	6,60	4,25	7,26	4,63	4,85	10,84
Entrada Tanque	7,63		9,63	6,88	9,27	6,83	7,04	7,28	7,26		6,37	6,77	6,38	6,97	6,78	7,04	6,68	7,84	6,38	6,76	11,68	
Entrada Lagoa 1	6,21		6,27	6,16	6,09	6,18	6,32	6,20	6,14		5,94	5,92	5,84	5,84	5,89	5,73	5,74	5,70	5,93	5,88	5,95	6,11
Divisão Lagoa 1	6,20		6,41	6,21	6,07	6,20	6,32	6,20	6,17		5,95	5,93	5,84	5,85	5,89	5,73	5,73	5,71	5,87	5,88	5,95	6,07
Saída Lagoa 2	6,34		6,46	6,46	6,29	6,54	6,61	6,60	6,45		6,14	6,04	6,00	6,03	6,02	5,88	5,84	5,84	5,93	6,09	6,02	6,13
Entrada Lagoa 3	6,71		6,39	6,40	6,75	6,25	6,27	6,34	6,23		6,95	6,05	5,98	6,01	6,72	5,87	5,87	5,83	5,95	6,29	5,98	6,21
Saída Lagoa 3	6,66		6,58	6,52	6,70	6,46	6,46	6,36	6,42		6,84	6,37	6,19	6,23	6,70	6,21	6,20	6,18	6,13	6,26	6,14	6,25

PONTOS DE ACORDO COM PROFUNDIDADE DA LAGOA

Profundidade Temp. (C°)	01/11/16 15°C	02/11/16	03/11/16	04/11/16 19°C	07/11/16 20°C	08/11/16	09/11 21°C	10/11/16	11/11/16 19°C	14/11/16	15/11/16	16/11/16 20°C	17/11/16	18/11/16 19°C	21/11/16 19°C	22/11/16	23/11/16 20°C	24/11/16	25/11/16 20°C	28/11/16 22°C	29/11/16	30/11/16 19°C
----------------------------	------------------	----------	----------	------------------	------------------	----------	---------------	----------	------------------	----------	----------	------------------	----------	------------------	------------------	----------	------------------	----------	------------------	------------------	----------	------------------

ANEXO C - Histórico de demanda de energia elétrica e geração de energia pelo gerador a diesel na indústria em 2016.

2016

FATUR.	MÊS	TOTAL ENERGIA	ENERGIA ATIVA	ENERGIA NA PONTA	ENERGIA GERADOR	CONSUMO DIESEL (l)
01.16	jan.16	97.052	92.160	109	4.783	2.369
02.16	fev.16	125.539	118.235	833	6.471	3.582
03.16	mar.16	119.866	111.934	548	7.384	3.111
04.16	abr.16	124.947	116.662	537	7.748	2.728
05.16	mai.16	120.933	110.816	132	9.985	3.667
06.16	jun.16	114.656	107.640	146	6.870	2.821
07.16	jul.16	115.330	106.359	141	8.830	2.908
08.16	ago.16	127.051	118.651	565	7.835	2.922
09.16	set.16	125.534	115.171	1.878	8.485	3.250
10.16	out.16	124.841	112.964	1.348	10.529	3.420
11.16	nov.16	139.371	128.387	142	10.842	3.520
12.16	dez.16	148.111	139.563	656	7.892	3.680
						3180,5

ANEXO D - Laudos das análises de DQO, Sólidos Totais e Sólidos Suspensos do efluente de entrada e saída da lagoa facultativa anaeróbia.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			349/17
Endereço		Cidade	UF
R: Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data de Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.065.209-08	26/01/2017	27/01/2017	5829364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem
Alexia Cristina Ruediger - Amostra A1

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	2124,00	-	mg/L O2
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	68,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	346,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	278,00	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	4462,00	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	3264,00	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	1198,00	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E AFLUENTES

Observações	0
-------------	---

Responsável Técnico	Marli Conrado CRQ 13100437 Químico
---------------------	--

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue de Laboratório
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados na "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA RELATÓRIO.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			350/17
Endereço		Cidade	UF
R: Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data de Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.065.209-08	26/01/2017	27/01/2017	5829364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem
Alexia Cristina Ruediger - Amostra E1

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	887,00	-	mg/L O2
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	14,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	106,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	92,00	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	2360,00	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	1812,00	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	548,00	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E EFLUENTES

Observações	0
-------------	---

Responsável Técnico	Marli Conrado CRQ 13100467 Químico
---------------------	--

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados no "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES RELATÓRIOS.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			583/17
Endereço		Cidade	UF
R: Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data da Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.065.209-08	07/02/2017	08/02/2017	5829364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	

Identificação do Ponto de Amostragem
Alexia Cristina Ruediger - Amostra A2

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	1978,00	-	mg/L O2
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	10,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	58,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	48,00	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	2986,67	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	1650,00	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	1336,67	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E EFLUENTES

Observações	0
-------------	---

Responsável Técnico	Mari Conrado CRQ 13100437 Químico
---------------------	---

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados no "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES RELATÓRIOS.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			584/17
Endereço		Cidade	UF
R: Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data de Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.065.209-08	07/02/2017	08/02/2017	5829364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem
Alexia Cristina Ruediger - Amostra E2

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	625,00	-	mg/L O2
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	2,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	13,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	11,00	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	2613,33	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	2073,33	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	540,00	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E AFLUENTES

Observações:	0
--------------	---

Responsável Técnico	Marli Conrado CRQ 13100437 Químico
---------------------	--

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados no "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES RELATÓRIOS.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			842/17
Endereço		Cidade	UF
R: Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data de Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
065.065.209-08	21/02/2017	23/02/2017	5829364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Simplex	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem
Cia Hemmer - Amostra E3

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	689,00	-	mg/L O ₂
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	10,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	90,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	80,00	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	2830,00	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	2058,00	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	772,00	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E EFLUENTES

Observações	0
-------------	---

Responsável Técnico	Marii Conrado CRQ 13100432 Químico
---------------------	--

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados na "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem PPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES RELATÓRIOS.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			843/17
Endereço		Cidade	UF
R: Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data de Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.065.209-08	21/02/2017	23/02/2017	5829364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Simples	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem
Cia Hammar - Amostra P3

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	2164,00	-	mg/L O2
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	80,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	830,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	750,00	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	6472,00	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	6402,00	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	2070,00	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E EFLUENTES

Observações	0
-------------	---

Responsável Técnico	Marli Conrado CRQ 13100437 Química
---------------------	--

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados no "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES RELATÓRIO.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recibo
Alexia Cristina Ruediger			1251/17
Endereço		Cidade	UF
R: Heinz Scheidemanntal, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data de Entrega (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.065.209-08	21/03/2017	22/03/2017	5829364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem
Alexia Cristina Ruediger - Amostra A4

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	2468,00	-	mg/L O2
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	43,33	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	728,67	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	683,34	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	2542,00	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	1238,00	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	1304,00	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E EFLUENTES

Observações	0
-------------	---

Responsável Técnico	Martli Conrad CRQ 13100437 Química
---------------------	--

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados no "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES RELATÓRIOS.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			1252/17
Endereço		Cidade	UF
R: Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data de Amostragem	Data de Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.065.209-08	21/03/2017	22/03/2017	5829364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem
Alexia Cristina Ruediger - Amostra E4

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	1104,00	-	mg/L O2
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	20,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	216,67	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	196,67	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	3315,00	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	2617,50	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	697,50	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E EFLUENTES

Observações	0
-------------	---

Responsável Técnico	Marli Conrado CRQ 13100487 Químico
---------------------	--

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados no "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES RELATÓRIOS.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			1462/17
Endereço		Cidade	UF
R: Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data de Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.065.209-08	04/04/2017	05/04/2017	5829364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem
Alexia Cristina Ruediger - Amostra A5

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	2372.00	-	mg/L O ₂
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	50.00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	425.00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	375.00	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	4186.00	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	2854.00	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	1332.00	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E EFLUENTES

Observações	0
-------------	---

Responsável Técnico	Marli Conrado CRQ 1310043 Químico
---------------------	---

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados na "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem PPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES RELATÓRIOS.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			1463/17
Endereço		Cidade	UF
R: Heinz Scheidemann, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data de Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.065.209-08	04/04/2017	05/04/2017	5829364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem:
Alexia Cristina Ruediger - Amostra E5

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	864,00	-	mg/L O2
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	178,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	330,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	152,00	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	3190,00	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	2686,00	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	504,00	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E EFLUENTES

Observações	0
-------------	---

Responsável Técnico	Marli Conrado CRQ 13100437 Química
---------------------	--

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados no "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES RELATÓRIOS.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			1464/17
Endereço		Cidade	UF
R: Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data de Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.065.209-08	04/04/2017	05/04/2017	5829384
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem
Alexia Cristina Ruediger - Amostra CP5

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	2090,00	-	mg/L O2
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	86,67	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	306,67	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	220,00	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	4562,00	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	2950,00	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	1612,00	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E EFLUENTES

Observações	0
-------------	---

Responsável Técnico	Marli Conrado CRQ 13100437 Químico
---------------------	--

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados no "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA RELATÓRIO.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

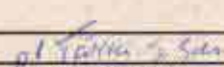
Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			1778/17
Endereço		Cidade	UF
R: Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data de Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.065.209-08	19/04/2017	19/04/2017	5829364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem
Alexia Cristina Ruediger - Amostra A6

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	1239,00	-	mg/L O2
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	74,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	322,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	248,00	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	2865,00	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	2162,50	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	702,50	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E EFLUENTES

Observações	0
-------------	---

Responsável Técnico	 Marl Conrado CRQ 13100437 Químico
---------------------	---

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados no "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES RELATÓRIOS.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			1779/17
Endereço		Cidade	UF
R. Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data de Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.085.209-08	19/04/2017	19/04/2017	5829354
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem
Alexia Cristina Ruediger - Amostra CP6

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	592,00	-	mg/L O2
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	36,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	158,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	122,00	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	1473,33	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	956,67	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	516,66	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E EFLUENTES

Observações:	0
--------------	---

Responsável Técnico:	<p><i>pl. Farm. J. Sues</i> Marli Conrado CRQ 13100437 Químico</p>
----------------------	--

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados na "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015-004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES RELATÓRIOS.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			1780/17
Endereço		Cidade	UF
R: Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data de Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.065.209-08	19/04/2017	19/04/2017	5829364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	

Identificação do Ponto de Amostragem
Alexia Cristina Ruediger - Amostra E6

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	380,00	-	mg/L O2
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	4,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	33,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	29,00	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	2390,00	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	1840,00	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	550,00	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E AFLUENTES

Observações	0
-------------	---

Responsável Técnico	<p><i>pt. Tania S. Soares</i></p> <p>Marli Conrado CRQ 13100437 Químico</p>
---------------------	---

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
 -- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados no "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
 -- Procedimento de Amostragem PR-8LIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015-004.
 -- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES RELATÓRIOS.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			2007/17
Endereço		Cidade	UF
R: Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data de Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.065.209-08	02/05/2017	03/05/2017	5629364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem:
Alexia Cristina Ruediger - Amostra E6

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	1604,00	-	mg/L O2
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	106,67	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	373,33	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	266,67	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	3285,00	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	2410,00	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	875,00	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E EFLUENTES

Observações	0
-------------	---

Responsável Técnico	Mari Conrado CRQ 13100437 Química
---------------------	---

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados na "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES RELATÓRIOS.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			2008/17
Endereço		Cidade	UF
R. Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data de Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.065.209-08	02/05/2017	03/05/2017	5829364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem
Alexia Cristina Ruediger - Amostra A7

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	2060,00	-	mg/L O ₂
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	123,33	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	406,67	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	283,34	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	5347,50	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	4112,50	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	1235,00	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E EFLUENTES

Observações	0
-------------	---

Responsável Técnico	Marti Conrado CRQ 13100487 Químico
---------------------	--

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados no "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES RELATÓRIOS.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			2009/17
Endereço		Cidade	UF
R: Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data de Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.065.209-08	02/05/2017	03/05/2017	5829364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem
Alexia Cristina Ruediger - Amostra E7

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	491,00	-	mg/L O ₂
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	42,50	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	117,50	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	75,00	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	2017,50	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	1660,00	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	357,50	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E EFLUENTES

Observações	0
-------------	---

Responsável Técnico	Mari Conrado CRC 13100437 Químico
---------------------	---

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados no "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE RELATÓRIO.

LANAE
Laboratório de Análises de Águas e Efluentes
Relatório de Análise

Cliente			Nº Recebimento
Alexia Cristina Ruediger			2007/17
Endereço		Cidade	UF
R. Heinz Scheidemantel, nº 333		Blumenau	SC
CNPJ	Data da Amostragem	Data da Entrada (Laboratório)	Inscrição Estadual
085.066.209-08	02/05/2017	03/05/2017	5829364
Tipo de Amostragem	Tipo de Amostra	Responsável Amostragem	Temperatura
Composta	ÁGUA RESIDUAL	Cliente	-

Identificação do Ponto de Amostragem
Alexia Cristina Ruediger - Amostra CP7

Parâmetro	Metodologia	Resultado	Incerteza	Unidade
DQO	8000 Hach	1604,00	-	mg/L O2
Sólidos Suspensos Fixos	SMWW 2540 E	106,67	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	SMWW 2540 D	373,33	-	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	SMWW 2540 E	266,67	-	mg/L
Sólidos Totais	SMWW 2540 B	3285,00	-	mg/L
Sólidos Totais Fixos	SMWW 2540 E	2410,00	-	mg/L
Sólidos Totais Voláteis	SMWW 2540 E	875,00	-	mg/L

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE
ÁGUAS E EFLUENTES

Observações	ESTE RELATÓRIO SUBSTITUI O EMITIDO ANTERIORMENTE.
-------------	---

Responsável Técnico	Marli Conrado CRQ 13100437 Químico
---------------------	--

- Para amostras coletadas pelo cliente, os resultados deste relatório referem-se a amostra entregue ao Laboratório.
- A metodologia utilizada na obtenção de resultados está baseada nos padrões publicados no "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater - 22th Edition". A metodologia de amostragem segue SMWW, 22th Edition, Método 1060 B e C.
- Procedimento de Amostragem PR-BLIII-015 e Plano de Amostragem FPR-015 004.
- É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES RELATÓRIO.

10. APÊNDICES

APÊNDICE A: Descrição dos eventos de coleta.

DESCRIÇÃO DOS EVENTOS DE COLETA

No primeiro dia de coleta, 26/01/2017, o tempo esteve ameno nas primeiras horas do dia (de 18 a 25°C) e quente entre as 9:00 e 17:00 (atingindo 33°C). Entre as 17:00 e 19:00 ocorreu uma chuva forte, diminuindo a temperatura. Foi observado que essa condição afetou bastante a vazão do efluente, uma vez que o nível da lagoa aumentou e o poço de recalque se encheu mais rapidamente. Isto porque as águas pluviais escoam pelo chão da fábrica e são conduzidos às canalizações de coleta de efluente. Quanto à produção, houve descasque, limpeza e cozimento de repolho e recebimento de azeitonas, despejando no tratamento o líquido em salmoura no qual é recebido. A mostarda é processada todos os dias, o que gera efluente no momento da limpeza de toneis, bombonas e equipamentos. Esse efluente possui conservantes e ácidos, que diminuem o pH e promovem uma coloração amarelada ao efluente.

No dia 07/02/17, segundo dia de coleta, o céu permaneceu nublado durante todo o dia e a temperatura esteve amena (de 19 a 29°C). O odor esteve bastante forte na caixa de passagem (CP-02) nas primeiras horas da manhã. A produção nesse dia foi de mostarda, cogumelos, beterraba, ketchup, tomate seco e pepino. O odor do cogumelo esteve bastante perceptível na chegada do efluente nas primeiras horas da manhã. Isso porque a lavagem do cogumelo perdurou a noite anterior e a manhã toda, o que também promoveu uma vazão alta na chegada e na saída da lagoa. O processo de cozimento e resfriamento da beterraba durante o dia aumentou a temperatura do efluente na chegada e conferiu coloração avermelhada ao líquido. À partir das 13:00 o odor do tratamento se tornou mais perceptível na vizinhança. Com o início da limpeza de equipamentos e do chão da fábrica a partir das 16:30, o pH na chegada do efluente aumentou de 6 para próximo de 11.

No terceiro dia, 21/02/17, o céu estava aberto com poucas nuvens durante todo o período. O clima esteve quente (21 a 32°C) e seco. Não foi perceptível o odor do tratamento durante o dia na vizinhança, porém das 9 às 12:00 o odor da soda cáustica utilizada para a lavagem de tomate seco era marcante na chegada do efluente. A produção foi de azeitonas e tomate seco durante o período da manhã e de tarde foi iniciado o cozimento da beterraba. Também houve produção de ketchup, todavia este não promove despejos de efluentes. A partir das 16:30 a vazão de saída esteve consideravelmente maior e a temperatura de

chegada do efluente também, em virtude do início da limpeza de equipamentos e ambientes com água quente. Às 18:00 foi perceptível o aumento do pH na chegada devido ao sabão e à soda cáustica utilizada na limpeza.

O dia 04/04/2017, quarto evento de coleta, foi atípico na fábrica, pois houveram diversas palestras ao longo do período, influenciando na produção, que encerrou a maioria das atividades no início da tarde. As condições climáticas se caracterizaram por pancadas de chuva ao longo de todo o período de coleta. Foi perceptível o aumento do pH - de 6 para 12 - no início da tarde, quando ocorreu a limpeza da fábrica. A produção no período da manhã foi de cogumelos, tomates secos e cebolinha, sendo que destes apenas os cogumelos geram efluente. A vazão na ETE esteve mais relacionada às chuvas que ocorreram durante três dias seguidos na região do que com a produção na fábrica. Isso porque a água pluvial escorre superficialmente na área industrial até as canalizações de coleta de efluente, aumentando a vazão do sistema. O odor esteve forte próximo às 12:00, mesmo com chuva moderada e foram perceptíveis bolhas de biogás escapando da lagoa em todo o período.

No sexto evento de coleta, dia 18/04/17, o tempo esteve nublado com pancadas de chuva e eventuais aberturas de sol. Entre a última coleta e esta, houve substituição do inóculo de bactérias adicionado na lagoa anaeróbica. Percebeu-se que o pH se manteve próximo a neutralidade (média 7,02), o que aponta uma melhoria no tratamento. A produção continua sendo de pepino, devido ao período de safra, isso confere ao efluente um teor de NaCl elevado.

O último dia, 02/05/17, sétimo dia, foi nublado com pancadas de chuva durante a manhã e abertura de sol a tarde. A cor da lagoa estava verde, indicando presença de algas. Os funcionários comentam que quando a água está verde, o sistema não gera odores. Foi um dia atípico na fábrica pois as atividades foram encerradas às 18:00. Dessa forma, houve coleta apenas até esse horário, considerando-se vazão igual a zero para as demais horas. Foi utilizado pouco vapor, o que implica na chegada de águas com temperaturas mais baixas no sistema. A produção foi de pepino, com descasque de cebola para o preparo do molho e ao final do dia foi iniciada a lavagem de cogumelos.

Amostra N° 01

Data da coleta: 26/01/17
 Condições climáticas: Sol até às 16:00. Chuva forte das 17:00 as 19:00
 Temperatura ambiente: 18 - 33 °C

Observações: *O odor é presente no poço de inspeção e menos marcante na chegada ao decantador. Não é perceptível nos arredores de manhã, porém às 16:30 o odor era mais sensível na vizinhança. Foram visualizadas bolhas de gás na superfície da lagoa pela parte da tarde e após a chuva a ocorrência de bolhas cessou. Água quente utilizado em limpeza também compõe o efluente.*

Produção: *Mostarda (todos os dias), manipulação de repolho e de azeitona (adicionando efluente extra - salmoura).*

Período de funcionamento 16,5 horas
 Volume de água tratada 287831 L/dia
 Coeficiente de retorno: 0,8
 Volume efluente (consumo de água): 230,2648 m³/dia
 Vazão (consumo de água) 14,0 m³/h

Vazão de bombeamento: 60 m³/h
 Tempo de funcionamento da bomba durante o dia: 136 min

Volume efluente (bombeamento): 136 m³
 Vazão (bombeamento) 8,2 m³/h

Volume Total das Amostras 0,75 L

Afluente (A1)				
Horário:	Vazão Utilizada (m³/h):	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	8,24	7,81	26	0,075
09:00	8,24	5,11	27	0,075
10:30	8,24	4,49	27	0,075
12:00	8,24	4,32	27	0,075
13:30	8,24	4,28	28	0,075
15:00	8,24	4,18	28	0,075
16:30	8,24	4,32	28	0,075
18:00	8,24	4,4	25	0,075
19:30	8,24	4,48	24	0,075
21:00	8,24	4,34	25	0,075
Média	8,24	4,37	27	

Efluente (E1)					
Horário:	Vazão Medida (L/s):	Vazão Utilizada (m³/h)	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	1,5	5,4	6,53	25	0,03
09:00	2	7,2	6,42	26	0,03
10:30	2,4	8,64	6,44	26	0,04
12:00	2,8	10,08	6,46	27	0,05
13:30	2,8	10,08	6,48	27	0,05
15:00	2,6	9,36	6,41	27	0,04
16:30	3,6	12,96	6,40	26	0,06
18:00	12	43,2	6,31	26	0,20
19:30	9	32,4	6,31	26	0,15
21:00	6	21,6	6,37	24	0,10
Média	2,8	10,08	6,42	26	

Amostra Nº 02

Data da coleta: 07/02/17
 Condições climáticas: Nublado.
 Temperatura ambiente: 19 - 29 °C

Observações: *O odor esteve bastante forte no poço de inspeção após a lagoa anaeróbica. Na entrada, esteve perceptível o odor do cogumelo. O processo de cozimento da beterraba, de manhã, aumentou a temperatura do efluente na chegada e conferiu coloração avermelhada. A partir das 13:00 o odor se espalhou pela vizinhança. A temperatura permaneceu amena durante o dia. Às 16:30 começou o processo de limpeza de equipamentos e o pH de entrada aumentou.*

Produção: *Mostarda (todos os dias), cogumelo (importante vazão com alto teor de H2S), azeitonas (volume de água salmoura), beterraba (cozimento; calor e cor).*

Período de funcionamento 16,5 horas
 Volume de água tratada 475000 L/dia
 Coeficiente de retorno: 0,8
 Volume efluente (consumo de água): 380 m³/dia
 Vazão (consumo de água) 23,0 m³/h

Vazão de bombeamento: 60 m³/h
 Tempo de funcionamento da bomba durante o dia: 540 min

Volume efluente (bombeamento): 540 m³

Vazão (bombeamento) 32,7 m³/h

Volume Total das Amostras 0,75 L

Afluente (A2)				
Horário:	Vazão Utilizada (m³/h):	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	32,7	4,75	26	0,075
09:00	32,7	4,87	27	0,075
10:30	32,7	4,75	28	0,075
12:00	32,7	5,22	28	0,075
13:30	32,7	4,84	30	0,075
15:00	32,7	6,14	29	0,075
16:30	32,7	10,2	30	0,075
18:00	32,7	10,33	28	0,075
19:30	32,7	10,94	29	0,075
21:00	32,7	8,58	27	0,075
Média	32,73	5,68	28	

Efluente (E2)					
Horário:	Vazão Medida (L/s):	Vazão Utilizada (m³/h)	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	10,6	38,2	6,98	27	0,08
09:00	10,9	39,2	7,25	27,5	0,08
10:30	9,5	34,2	6,85	28	0,07
12:00	12	43,2	6,82	27	0,09
13:30	12,5	45,0	6,77	28	0,09
15:00	11,5	41,4	6,84	28	0,08
16:30	11	39,6	6,80	28	0,08
18:00	9	32,4	6,86	27	0,06
19:30	8	28,8	6,75	27	0,06
21:00	9	32,4	6,98	28	0,06
Média	10,75	38,7	6,845	27,75	

Amostra Nº 03

Data da coleta:
 Condições climáticas:
 Temperatura ambiente: °C

Observações: *Na parte da manhã o odor do tratamento não esteve presente na vizinhança. No entanto, a chegada do efluente possuía perto das 9:00 forte odor da soda cáustica. Foi observado uma grande quantidade de bolhas de gás escapando pela superfície da lagoa durante todo o dia. A partir das 16:30 a temperatura da água na entrada aumentou consideravelmente em virtude do início da limpeza dos equipamentos e ambientes com água quente. As 18:00 foi perceptível o aumento do pH na chegada devido ao sabão e à soda cáustica utilizada na limpeza. As 21:00 foi perceptível o odor ardente de pimenta (devido à capsina), na chegada do efluente, proveniente do despejo do resto da mistura da malagueta e limpeza de equipamentos.*

Produção: *Azeitona (despejo de salmoura), tomate seco (lavação com soda cáustica). Beterraba (cozimento) a partir das 13:00. Produção de ketchup, mas não influencia no efluente.*

Período de funcionamento horas
 Volume de água tratada L/dia
 Coeficiente de retorno:
 Volume efluente (consumo de água): m³/dia
 Vazão (consumo de água) m³/h

Vazão de bombeamento: m³/h
 Tempo de funcionamento da bomba durante o dia: min

Volume efluente (bombeamento): m³

Vazão (bombeamento) m³/h

Volume Total das Amostras L

Afluente (A3)				
Horário:	Vazão Utilizada (m³/h):	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	31,6	5,8	26	0,075
09:00	31,6	5,1	28	0,075
10:30	31,6	5	29	0,075
12:00	31,6	4,6	30	0,075
13:30	31,6	4,3	29	0,075
15:00	31,6	4,3	30	0,075
16:30	31,6	5,9	32	0,075
18:00	31,6	10,4	30	0,075
19:30	31,6	11,5	30	0,075
21:00	31,6	8	28	0,075
Média	31,64	5,45	29,5	

Efluente (E3)					
Horário:	Vazão Medida (L/s):	Vazão Utilizada (L/min)	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	0,8	2,9	6,59	26	0,02
09:00	1,4	4,9	6,52	26	0,04
10:30	1,8	6,3	6,52	27	0,05
12:00	1,25	4,5	6,59	27	0,03
13:30	2,4	8,6	6,53	28	0,06
15:00	3,5	12,6	6,53	28	0,09
16:30	6	21,6	6,52	28	0,16
18:00	5,5	19,8	6,52	27	0,15
19:30	2,8	10,2	6,52	27	0,08
21:00	2,8	10,1	6,52	27	0,07
Média	2,6	9,4	6,52	27	

Amostra N° 04

Data da coleta: 21/03/17
 Condições climáticas: Pancadas de chuva
 Temperatura ambiente: 19 - 26 °C

Observações: *Houve pancadas de chuva durante todo o dia. O odor esteve perceptível próximo às 12:00, mesmo com a chuva moderada que houve nesse horário. O dia foi atípico na fábrica em virtude de palestras da vigilância sanitária que ocorreram durante todo o período com funcionários da fábrica. No início da tarde pararam a maioria das atividades e foi feita limpeza, que ocasionou aumento da vazão no sistema e do pH e temperatura na chegada. A espuma formada na superfície é devido à manipulação do tomate, que libera óleo.*

Produção: *Cogumelos (lavagem durante a noite e manhã), cebolinha, tomate seco.*

Período de funcionamento 16,5 horas
 Volume de água tratada 229566 L/dia
 Coeficiente de retorno: 0,8
 Volume efluente (consumo de água): 183,6528 m³/dia
 Vazão (consumo de água) 11,1 m³/h

Vazão de bombeamento: 60 m³/h
 Tempo de funcionamento da bomba durante o dia: 374 min

Volume efluente (bombeamento): 374 m³

Vazão (bombeamento) 22,7 m³/h

Volume Total das Amostras 0,75 L

Afluente (A4)				
Horário:	Vazão Utilizada (m³/h):	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	22,7	5,9	22	#####
09:00	22,7	5,7	23	#####
10:30	22,7	6	24	#####
12:00	22,7	5,9	29	#####
13:30	22,7	11,7	29	#####
15:00	22,7	7,3	24	#####
16:30	22,7	9,3	24	#####
18:00	22,7	6,9	22	#####
19:30	22,7	7,2	21	#####
21:00	22,7	4,8	21	#####
Média	22,67	6,45	23,5	

Efluente (E4)					
Horário:	Vazão Medida (L/s):	Vazão Utilizada (m³/h)	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	4,8	17,3	6,29	23	0,06
09:00	4,5	16,2	6,28	23	0,05
10:30	5,0	18,0	6,23	24	0,06
12:00	6,4	23,0	6,22	23	0,07
13:30	9,8	35,3	6,22	24	0,11
15:00	7	25,2	6,22	24	0,08
16:30	3,25	11,7	6,22	24	0,04
18:00	8,5	30,6	6,22	23	0,10
19:30	7,5	27,0	6,22	23	0,09
21:00	7,5	27,0	6,22	22	0,09
Média	6,7	24,1	6,22	23	

Amostra Nº 05

Data da coleta: 04/04/17
 Condições climáticas: Parcialmente nublado.
 Temperatura ambiente: 21 - 28 °C

Observações: Durante todo o dia não foi perceptível odor. O tempo esteve nublado no começo da manhã e ensolarado no restante do período. Houve formação de bolhas na lagoa, visíveis na superfície da lagoa e até mesmo audíveis próximo às 12:00. Problemas operacionais na ETA, compra de caminhões pipa para suprir a fábrica, a água acabou próximo das 17:00.

Produção: Produção de pepino e picles (alto consumo de sal). Descasque de cebola para preparo do molho de pepino.

Período de funcionamento 16,5 horas
 Volume de água tratada 460086 L/dia
 Coeficiente de retorno: 0,8
 Volume efluente (consumo de água): 368,0688 m³/dia
 Vazão (consumo de água) 22,3 m³/h

Vazão de bombeamento: 60 m³/h
 Tempo de funcionamento da bomba durante o dia: 347 min
 Volume efluente (bombeamento): 347 m³
 Vazão (bombeamento) 21,0 m³/h

Volume Total das Amostras 0,75 L

Picles: pepino fermentado.

Afluente (E5)

Horário:	Vazão Utilizada (m³/h):	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	21,03	5,85	22	0,075
09:00	21,03	4,55	22	0,075
10:30	21,03	5,27	23	0,075
12:00	21,03	8,87	24	0,075
13:30	21,03	5,66	24	0,075
15:00	21,03	4,37	35	0,075
16:30	21,03	9,33	25	0,075
18:00	21,03	5,8	25	0,075
19:30	21,03	4,75	23	0,075
21:00	21,03	5,39	23	0,075
Média	21,03	5,525	23,5	

Efluente (E5)

Horário:	Vazão Medida (L/s):	Vazão Utilizada (m³/h)	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	2,5	9,0	6,80	23	0,05
09:00	3,2	11,5	6,79	23	0,06
10:30	5,6	20,2	6,79	24	0,11
12:00	4,3	15,3	6,90	24	0,08
13:30	4,0	14,4	6,79	24	0,08
15:00	4,4	15,8	6,77	25	0,08
16:30	4,1	14,8	6,93	24	0,08
18:00	5	18,0	6,82	24	0,09
19:30	3	10,8	6,80	24	0,06
21:00	3,75	13,5	6,80	24	0,07
Média	4,1	14,6	6,80	24	

Efluente - Após Dortmund (CP05)

Horário:	pH:	Tempe-	Volume
07:30	7,4	22	0,19
12:00	11,7	21	0,19
16:30	9,5	26	0,19
21:00	9,6	23	0,19
Média	9,5	22,5	

Amostra Nº 06

Data da coleta: 18/04/17
 Condições climáticas: Nublado com pancadas de chuva e aberturas.
 Temperatura ambiente: 18 - 23 °C

Observações: O inóculo que é adicionado todos os dias foi mudado devido à safra de pepino. Percebeu-se que o pH esteve neutro no início da manhã e decalou a 6,80 até as 12:00, mantendo-se assim até o final do período de coleta. Na vizinhança não foi perceptível o odor do tratamento.

Produção: Safra de pepino (água salobra) e no final do período iniciou-se a lavagem de cogumelos.

Período de funcionamento 16,5 horas
 Volume de água tratada 521966 L/dia
 Coeficiente de retorno: 0,8
 Volume efluente (consumo de água): 417.5728 m³/dia
 Vazão (consumo de água) 25,3 m³/h

Vazão de bombeamento: 60 m³/h
 Tempo de funcionamento da bomba durante o dia: 294 min
 Volume efluente (bombeamento): 294 m³
 Vazão (bombeamento) 17,8 m³/h
 Volume Total das Amostras 0,75 L

Afluente (A6)				
Horário:	Vazão Utilizada (m³/h):	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	17,82	6,41	20	0,075
09:00	17,82	6,47	21	0,075
10:30	17,82	5,95	23	0,075
12:00	17,82	6,11	22	0,075
13:30	17,82	5,8	22	0,075
15:00	17,82	5,98	21	0,075
16:30	17,82	6,23	21	0,075
18:00	17,82	4,44	21	0,075
19:30	17,82	5,1	21	0,075
21:00	17,82	5,34	20	0,075
Média	17,82	5,965	21	

Efluente (E6)					
Horário:	Vazão Medida (L/s):	Vazão Utilizada (m³/h)	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	4,7	16,9	7,02	23	0,06
09:00	6,4	23,1	7,02	22	0,08
10:30	7,9	28,5	6,93	23	0,10
12:00	7,5	27,0	6,94	23	0,09
13:30	6,0	21,6	6,80	23	0,08
15:00	6,0	21,6	6,93	23	0,08
16:30	7,3	26,4	6,81	22	0,09
18:00	5,0	18,0	6,80	22	0,06
19:30	4,2	15,0	6,94	22	0,05
21:00	4,3	15,4	6,70	22	0,05
Média	6,0	21,6	6,93	22,5	

Efluente - Após Dortmund (CP06)			
Horário:	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	6,3	20	0,19
12:00	9,3	21	0,19
16:30	5,6	21	0,19
21:00	6,5	21	bv
Média	6,4	21	

Amostra N° 07

Data da coleta: 02/05/17

Condições climáticas: Nublado com eventuais pancadas de chuva e aberturas.

Temperatura ambiente: 17 - 22 °C

Observações:

A cor da lagoa estava verde, indicando presença de algas. Funcionários comentam que quando a água está verde, o sistema não gera odores. Foi um dia atípico na fábrica pois as atividades foram encerradas as 18:00. Dessa forma, houve coleta apenas até as 18:00, considerando-se vazão igual a zero para as demais horas. Foi utilizado pouco vapor, o que implica na chegada de águas com temperaturas mas baixas no sistema.

Produção:

Safra de pepino (água salobra), descasque de cebola e no final do período iniciou-se a lavagem de cogumelos.

Período de funcionamento 13 horas

Volume de água tratada 359231 L/dia

Coeficiente de retorno: 0,8

Volume efluente (consumo de água): 287,3848 m³/dia

Vazão (consumo de água) 22,1 m³/h

Vazão de bombeamento: 60 m³/h

Tempo de funcionamento da bomba durante o dia: 213 min

Volume efluente (bombeamento): 213 m³

Vazão (bombeamento) 12,9 m³/h

Volume Total das Amostras 0,75 L

Afluente (A7)				
Horário:	Vazão Utilizada (m³/h):	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	12,91	5,41	18	0,075
09:00	12,91	5,20	18	0,075
10:30	12,91	5,00	20	0,075
12:00	12,91	5,34	19	0,075
13:30	12,91	4,22	20	0,075
15:00	12,91	4,52	20	0,075
16:30	12,91	6,44	20	0,075
18:00	12,91	5,07	19	0,075
19:30	12,91	-	-	0,075
21:00	12,91	-	-	0,075
Média	12,91	5,135	19,5	

Efluente (E7)					
Horário:	Vazão Medida (L/s):	Vazão Utilizada (m³/h)	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	2,3	8,4	6,50	19	0,05
09:00	2,8	9,9	6,58	19	0,05
10:30	4,1	14,9	6,55	19	0,08
12:00	5,0	18,0	6,70	19	0,10
13:30	6,5	23,4	6,55	20	0,13
15:00	5,0	18,0	6,50	19	0,10
16:30	7,1	25,7	6,63	19	0,14
18:00	5,8	20,8	6,57	19	0,11
19:30	0,0	0,0	-	-	0,00
21:00	0,0	0,0	-	-	0,00
Média	4,6	16,4	6,56	19	

Efluente - Após Dortmund (CP07)			
Horário:	pH:	Temperatura do líquido (°C):	Volume Utilizado (L):
07:30	10,3	19	0,19
12:00	5,1	19	0,19
16:30	4,6	19	0,19
Média	5,1	19	