



**Eduardo dos Santos**

**AVALIAÇÃO DE UM TROCADOR DE CALOR DE TUBOS CONCÊNTRICOS,  
CONTRACORRENTE PARA AQUECIMENTO DE DEJETOS SUÍNOS**

**Horizontina - RS**

**2017**



**Eduardo dos Santos**

**AVALIAÇÃO DE UM TROCADOR DE CALOR DE TUBOS CONCÊNTRICOS,  
CONTRACORRENTE PARA AQUECIMENTO DE DEJETOS SUÍNOS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica na Faculdade Horizontina, sob orientação do Professor Me. Adalberto Lovato.

**Horizontina - RS**

**2017**

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso**

**“AVALIAÇÃO DE UM TROCADOR DE CALOR DE TUBOS CONCÊNTRICOS,  
CONTRACORRENTE PARA AQUECIMENTO DE DEJETOS SUÍNOS”**

**Elaborado por:**

**Eduardo dos Santos**

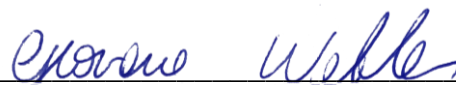
Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Mecânica

Aprovado em: dd/mm/2017  
Pela Comissão Examinadora



---

Me. Adalberto Lovato  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



---

Me. Geovane Weblar  
FAHOR – Faculdade Horizontalina



---

Me. Marlene Bieger  
FAHOR – Faculdade Horizontalina

**Horizontalina - RS  
2017**

## **AGRADECIMENTO**

Aos meus pais, principais responsáveis pela minha educação e caráter, a pessoa que sou hoje devo a eles.

Aos colegas e amigos, pelos momentos e lembranças que passamos juntos e pelos obstáculos que superamos.

Ao orientador Adalberto Lovato pela confiança em mim depositada para que este trabalho fosse realizado.

Agradeço ainda a FAHOR, aos professores e funcionários que me acompanharam durante a graduação.

"A felicidade não se resume na ausência de problemas, mas sim na capacidade de lidar com eles."

(Albert Einstein)

## RESUMO

O presente trabalho se refere a área de transferência de calor aplicada na suinocultura. Analisa-se um trocador de calor concêntrico de fluxo contracorrente onde a água quente é o fluido que aquece o dejetos suíno frio. Temperaturas foram medidas em diversas condições reais de operação de um trocador de calor concêntrico em um sistema de biodigestor onde o aquecimento da água se dá pelo aproveitamento do calor dos gases de exaustão de um conjunto motor gerador movido a biogás, formando um ciclo fechado de geração de combustível, geração de energia elétrica e geração de calor para melhorar o desempenho do sistema digestor como um todo. As medições revelaram que o calor gerado pelos gases de exaustão não é uniforme variando segundo a variação de demanda de energia elétrica. O fluxo de água de aquecimento é uniforme, porém, o fluxo de dejetos é variável com o tempo. Mas as variações de troca de calor revelaram uma distribuição normal, de modo que os valores médios corroboraram a aplicação das formulações teóricas aplicadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Engenharia Mecânica. Transferência de calor. Trocador Contracorrente. Suinocultura. Biodigestores.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Biodigestor do tipo Batelada .....	18
Figura 2 - Modelo de Biodigestor Indiano.....	20
Figura 3 – Modelo de Biodigestor Chinês .....	21
Figura 4 – Modelo de Biodigestor Canadense .....	22
Figura 5 – Processo de digestão anaeróbica do biogás.....	24
Figura 6 – Relação entre produção de biogás e aumento da Temperatura .....	26
Figura 7 – Trocador de calor concêntrico com diferentes regimes de escoamento ..	29
Figura 8 – Trocador de calor compacto.....	30
Figura 9 – Tipos de escoamento em trocadores de calor compacto .....	30
Figura 10 – Trocador de calor casco e tubo.....	31
Figura 11 – Diagrama do processo de biodigestão da granja Luis Gerhardt .....	38
Figura 12 – Termostato digital Full Gauge TI-44E.....	39
Figura 13 – Conversor Digital Full Gauge CONV32 .....	40
Figura 14 – Posicionamento dos Sensores para coleta de dados.....	40
Figura 15 – Termômetro digital em funcionamento .....	41
Figura 16 – Grupo-gerador movido a biogás instalado na Granja Gerhardt.....	42
Figura 17 – Trocador de calor do tipo casco .....	43
Figura 18 – Vista seccionada do trocador de calor de tubos concêntricos.....	43
Figura 19 – Trocador de calor de tubos concêntricos .....	44
Figura 20 – Diagrama do fluxo de temperaturas dos fluidos .....	47
Figura 21 - Monitoramento de temperatura no dia 02/11/2017 .....	48
Figura 22 - Monitoramento de temperatura no dia 02/11/2017 – 15h30min.....	49
Figura 23 – Monitoramento de temperatura no dia 02/11/2017 – 9h25min.....	50
Figura 24 – Monitoramento de temperatura no dia 03/11/2017.....	51
Figura 25 - Variação de temperaturas para dejetos .....	51
Figura 26 - Variação de temperaturas para água.....	52

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Potencial de rendimento máximo de gás por tonelada de matéria seca de diferentes substratos .....	23
Quadro 2 – Propriedades termofísicas da água saturada .....	44
Quadro 3 – Valores iniciais do problema.....	45
Quadro 4 – Demonstração dos resultados calculados .....	46



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 TEMA .....	12
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	12
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA .....	12
1.4 HIPÓTESE .....	13
1.5 OBJETIVOS .....	13
1.5.1 Objetivo geral .....	13
1.5.2 Objetivos específicos.....	13
1.6 JUSTIFICATIVA .....	13
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
2.1 BIOGÁS.....	16
2.1.1 Histórico do Biogás .....	16
2.1.2 Meios de produção.....	17
2.1.3 Processos de produção do Biogás.....	18
2.1.3.1 Processo de Produção descontínuo (Batelada) .....	18
2.1.3.2 Processo de Produção contínuo .....	19
2.1.4 Modelos de Biodigestores .....	19
2.1.4.1 Biodigestor Modelo Indiano .....	19
2.1.4.2 Biodigestor Modelo Chinês.....	20
2.1.4.3 Biodigestor Modelo Canadense .....	21
2.1.5 Substratos .....	22
2.1.6 Fundamentos do processo de Biodigestão .....	23
2.1.7 Resultantes do Processo.....	26
2.2 TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	27
2.2.1 Condução .....	27
2.2.2 Convecção .....	28
2.3 TROCADORES DE CALOR.....	28
2.3.1 Tipos de trocador de calor.....	29
2.3.2 Coeficiente Global de Transferência de Calor.....	31
2.3.3 Análise de Trocadores de calor .....	33
2.3.4 Considerações Fluidodinâmicas.....	35
<b>3 MÉTODOS</b> .....	<b>38</b>
3.1 PROPOSTA METODOLÓGICA .....	38
3.2 PROCEDIMENTOS.....	38
3.2.1 Processo de biodigestão da granja Luis Gerhardt.....	38

3.2.2 Coleta de dados .....	39
<b>4 RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>42</b>
4.1 GRANJA LUIS GERHARDT .....	42
4.2 RESULTADOS PRÁTICOS .....	44
4.3 RESULTADOS MEDIDOS .....	46
4.3.1 Monitoramento 02/11/2017 .....	47
4.3.2 Monitoramento 03/11/2017 .....	50
4.3.3 Variação de Temperatura .....	51
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>
ANEXO A – AMOSTRAGEM DE DADOS COLETADOS 02/11/2017 .....	56

## 1 INTRODUÇÃO

A economia do noroeste do estado do Rio Grande do Sul, tem na suinocultura um fator econômico muito importante. No entanto, se isso economicamente traz riqueza para região ao mesmo tempo é um grande poluidor das águas e também do ar, devido a emissão do gás metano. Para ignorar este problema, umas das iniciativas que pode-se tomar é a instalação de biodigestores, que vai trazer como benefício um maior retorno financeiro para o suinocultor, gerando fonte de energia a partir do gás juntamente com a produção de biofertilizante resultante do digestato.

Sob o ponto de vista ambiental, quem ganha é toda a sociedade, pois quando os dejetos não são tratados há a poluição das águas direta e indiretamente, o que acaba por afetar o solo. Mas com o uso de biodigestores, esses fatores são amenizados, o que acarreta na melhoria do problema e ao mesmo tempo na condição econômica.

A implementação do biodigestor é uma operação complexa que envolve o trabalho sincronizado de quatro tipos de micro-organismos, três gêneros de bactérias e um gênero de arqueia. Para que a reprodução desses micro-organismos sejam uniformes e permanentes, atendendo as expectativas e resultados, é preciso que a temperatura de trabalho dentro do biodigestor não sofra variação, para que isso ocorra é necessário a entrada do dejetos já em uma temperatura adequada para as bactérias, o qual é possível com a instalação de um trocador de calor.

Então, o presente trabalho analisa o comportamento de um trocador de calor concêntrico, contracorrente para aquecimento de dejetos suínos. A pesquisa está distribuída da seguinte forma, na seção primária do trabalho é apresentado a contextualização, em seguida na seção primária dois é apresentado o embasamento teórico, já no capítulo três é apresentado detalhadamente os métodos utilizados e no capítulo quatro os resultados obtidos.

## 1.1 TEMA

O tema se insere nos meios da transferência de calor.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O tema delimita-se na transferência de calor em tubos concêntricos, contracorrente com fluídos água-dejeto para uso em aquecimento de dejetos suínos, realizado no período de agosto a novembro de 2017, aplicado na Granja Luis Gerhardt, localizado no interior de Santo Cristo, Rio Grande do Sul.

## 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Grupos geradores são máquinas utilizadas para produzir energia elétrica a partir de outros tipos de combustível. Nesse trabalho, o combustível utilizado foi o biogás, proveniente de dejetos animais da granja de suinocultura Luis Gerhardt, localizada no município de Santo Cristo (RS).

Sabendo do impacto da variação de temperatura na proliferação dos micro-organismos no biodigestor e tendo conhecimento do potencial energético dos gases de exaustão do motor para aquecimento de água, foi construído um trocador de calor para fazer o aproveitamento desta energia térmica e utiliza-lo no aquecimento dos dejetos antes do contato com a biomassa armazenada no biodigestor, assim mantendo uma temperatura de entrada de biomassa equivalente.

Porém, na prática, este trocador de calor, com comprimento total de seis metros, não atinge a temperatura ideal dos dejetos em sua saída para a entrada no biodigestor, a qual, a partir de estudos é em torno de 37°C.

Com esta argumentação, surge a pergunta: as equações usadas para o dimensionamento de trocadores de calor garantem uma temperatura ideal de proliferação dos micro-organismos produtores de biogás no interior dos biodigestores?

## 1.4 HIPÓTESE

Um trocador de calor linear contracorrente, com camisa de água quente obtém resultados compatíveis com a aplicação das fórmulas de transferência de calor, utilizando o cálculo de Coeficiente global, equação de energia e taxa de transferência aplicados para o fluido água-água.

## 1.5 OBJETIVOS

### 1.5.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho de um trocador de calor visando o aproveitamento da energia térmica de um motor de combustão interna, com funcionamento a partir do biogás, para aquecimento de dejetos suínos.

### 1.5.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo do projeto de avaliar o desempenho de um trocador de calor visando o aproveitamento da energia térmica de um motor de combustão interna, as seguintes etapas se fazem necessárias:

- a) Fazer um estudo teórico de troca de calor em tubos concêntricos.
- b) Selecionar equipamento para medição no local do estudo.
- c) Aferir e instalar equipamentos para medição de temperatura.
- d) Coleta de dados
- e) Análise dos resultados.

## 1.6 JUSTIFICATIVA

Com a alta nos preços pagos para o consumo de energia elétrica, há um impacto significativo para os produtores no setor rural, tanto no que diz respeito nas atividades de produção, dentre elas, pecuária, suinocultura, cultivo agrícola quanto para seu próprio consumo.

Dentre os possíveis meios de contornar este impacto, está o desenvolvimento e implementação de alternativas com intuito de geração de energia. O foco deste

projeto segue a criação da suinocultura. Neste ramo o biodigestor é uma das alternativas tecnológicas mais promissoras para o segmento, pela grande quantidade de biomassa e energia elétrica produzida como consequência.

Ao implementar um sistema de biodigestores em sua propriedade, o agricultor acaba por utilizar os recursos disponíveis de forma mais racional, o que antes não traria resultados econômicos para o agricultor, com o sistema, reduz a dependência do uso de fontes provedoras de energia e aumento dos recursos para cultivo de plantações.

O aumento da renda do agricultor não é a única vantagem presente com a instalação do biodigestor, há diminuição do impacto ambiental, uma vez que auxilia na correta destinação dos dejetos dos animais. Como a função do biodigestor, é receber e armazenar os dejetos em um ambiente fechado e impermeabilizado, ocorre o processo de decomposição, no qual o líquido gerado pode ser utilizado como fertilizante orgânico e o biogás produzido pode ser drenado para a queima ou utilizado na produção de energia térmica ou elétrica.

Essa alternativa impede que os resíduos sejam despejados na natureza, sem tratamento, preservando solos, rios e ainda reduzindo a emissão de gases de efeito estufa por capturar o gás gerado nesse processo.

Com perspectivas de aumento da produção de suínos no Brasil para os anos de 2017/2018, segundo a Embrapa, o Brasil aumentará sua exportação de suínos em 32% com relação aos anos de 2015/2016. Como resultado, mais matéria orgânica proveniente desta cultura será produzida, assim, será necessário o estudo de meios de conter esta alta produção, como melhorar o desempenho dos biodigestores e todo o sistema envolvido no processo.

Um dos meios de melhorar o desempenho dos biodigestores é entender o processo de digestão anaeróbica, o qual depende da ação de três gêneros de bactérias e de uma arqueia. Esses micro-organismos reproduzem-se e desenvolvem-se em faixas de temperaturas bem definidas. Assim durante o processo de biodigestor do dejetos armazenados, com a reprodução dos micro-organismos na temperatura de reprodução distinta, a nova biomassa que entrará em contato com o biodigestor, estando com a temperatura diferente do dejetos

armazenado, causa uma queda de temperatura, diminuindo assim a proliferação das bactérias/arqueia e reduzindo a produção de biogás.

O projeto pretende impactar com a diminuição de tempo para a produção de biogás e da biomassa, assim, agilizando todo o processo. Para isso, deverá ser levado em conta a utilização de novos materiais, mais resistentes para manter o processo estável, como exemplo, a utilização do aço inox o AISI 316, o qual possui alta resistência a corrosão química e à oxidação, sendo utilizado em equipamentos da indústria química.

Estas propriedades do aço inox o AISI 316 são fundamentais para o uso em trocadores de calor aplicado na suinocultura, devido à fermentação anaeróbica que ocorre durante o manejo dos dejetos até o biodigestor, há a ocorrência de formação de ácidos, que por consequência podem deteriorar as paredes dos tubos, se aplicado em um material com baixa resistência a corrosão.

Voltado aos estudos que abrangem às áreas dos trocadores de calor em relação ao biogás, não se possui informações concretas quanto a transferência de calor utilizando dejetos animais, uma vez que estes dejetos são uma mistura de fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pelos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo criatório. Não é possível determinar as propriedades dessa matéria como *Yunus A.Çengel* e *Frank P. Incropera* determinaram as propriedades de transferência de calor entre fluidos água – água.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção é iniciada com a apresentação dos principais conceitos relacionados ao estudo do biogás. Primeiro, se faz uma introdução sobre a evolução e o funcionamento de biodigestores para a produção de biogás. Na sequência, se apresenta os tipos de transferência de calor, sua ligação com os trocadores de calor e por último, é apresentado o modelo de trocador utilizado no projeto e os cálculos para definição do dimensionamento do trocador de calor para uma melhor eficiência do sistema.

### 2.1 BIOGÁS

Para a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (2006, p.7), “o biogás é uma mistura de gases que resulta da degradação anaeróbica de matéria orgânica, essa matéria pode ser proveniente de resíduos sólidos de aterros sanitários, de efluentes industriais e de esgotos domésticos tratados pelo processo anaeróbico.”

Como fonte de energia renovável, o biogás possui a capacidade de ser utilizado na substituição dos combustíveis mais usados na atualidade como o gás liquefeito do petróleo (GLP), como combustível para geração de energia elétrica, lenha, gasolina, geração de energia térmica e na alimentação de motores. (OLIVEIRA, 2009).

#### 2.1.1 Histórico do Biogás

Em 1776, Alessandro Volta recolheu gás do Lago de Como para examiná-lo. Seus resultados mostraram que a formação do gás depende de um processo de fermentação e que o gás pode formar uma mistura explosiva com o ar. Louis Pasteur tentou, em 1884, produzir biogás de esterco de cavalo coletado das estradas de Paris. Juntamente com o estudante Gavon, ele conseguiu produzir 100 L de metano a partir de 1 m<sup>3</sup> de biomassa fermentada a 35 ° C. Pasteur afirmou que esta taxa de produção deveria ser suficiente para cobrir os requisitos de energia para a iluminação pública de Paris. (DEUBLEIN E STEINHAUSER, 2008).

Enquanto Pasteur produzia energia a partir de esterco de cavalo, em 1897 as lâmpadas de rua de Exeter começaram a funcionar com gás de águas residuais. Este



desenvolvimento sugeriu que mais e mais biogás poderia ser produzido por plantas de purificação anaeróbica para águas residuais. A maioria do biogás, no entanto, ainda era desperdiçada para a atmosfera. (DEUBLEIN E STEINHAUSER, 2008).

Segundo Deublein e Steinhauser (2008) apud Pederiva (2012, p. 3) “em 1939 na cidade de Kampur, na Índia, o Institute Gobár Gás (Instituto de Gás de Esterco), foi onde surgiu à primeira usina de gás de esterco, e seu objetivo principal era tratar os dejetos animais, obter biogás e aproveitar o biofertilizante. Após a utilização do biogás na Índia, como fonte de energia, a China motivou-se a adotar tal tecnologia a partir de 1958, e em 1972, já possuíam aproximadamente 7,2 milhões de biodigestores em atividade.”

Em 1970, a demanda por biogás aumentou, impulsionada pela crise do petróleo, foi trazida para o Brasil a tecnologia dos biodigestores, a Emater instalou em 1979 o primeiro biodigestor modelo chinês na Granja do Torto em Brasília. (PALHARES, 2008).

Mais tarde, na década de 1990, a tecnologia de biogás foi estimulada por dois motivos, a rentabilidade do uso do poder derivado do biogás e a Lei de gestão de reciclagem e prevenção e evasão de resíduos, que foi implementada em 1994 e resultou em maiores custos de eliminação de resíduos sólidos. (DEUBLEIN E STEINHAUSER, 2008).

Para Silva (2013, p. 17), “o uso do biogás para a produção de energia elétrica é uma tecnologia bem difundida, seu uso não está restrito somente às granjas de suinocultura e outras propriedades rurais que produzem a biomassa, podendo também, num futuro não muito distante, ser utilizado para a produção de energia elétrica em centros urbanos e industriais, que geram grandes quantidades de biomassa todos os dias. (DEUBLEIN E STEINHAUSER, 2008).

### **2.1.2 Meios de produção**

Na natureza o processo de produção é amplamente encontrado, ocorrendo no fundo dos lagos, em poços, pântanos e no rúmen dos ruminantes. Por perspicácia, o homem começou a beneficiar-se e a melhorar uma parte deste processo natural, no qual agora por meio de diversos tipos de modelos de

biodigestores tem-se um controle das características necessária para a produção (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE, 2010).

### 2.1.3 Processos de produção do Biogás

Pelas diversas aplicabilidades que os biodigestores possuem, eles podem ser classificados em processo de produção descontínuo, mais conhecido como batelada, e processo de produção contínuo.

#### 2.1.3.1 Processo de Produção descontínuo (Batelada)

Nesse processo a biomassa é colocada dentro da câmara de digestão do biodigestor e em seguida, fechada hermeticamente, onde o único fluxo de saída é somente para o gás. Após o processo de fermentação concluído, cerca de 3 a 6 meses, a matéria restante é descarregada e o biodigestor é limpo e novamente recarregado, para reiniciar o processo. (FERREIRA, 2013).

Segundo Oliveira (2009), “a instalação desse tipo de biodigestor, devido às suas características, pode ser feita com a utilização de somente um tanque ou vários tanques em série.”. Assim, quando um tanque começar o processo de produção do biogás, outro é carregada, tendo um fluxo constante de produção de biogás.

Na Figura 1, é apresentado um biodigestor do tipo Batelada.

Figura 1 - Biodigestor do tipo Batelada



**Fonte:** Oliveira (2009)

### 2.1.3.2 Processo de Produção contínuo

Nos biodigestores de tipo contínuo, a matéria prima, semilíquida, é inserida no processo em intervalos de tempo curto e regulares, estes dejetos possuem decomposição fácil e a fonte de abastecimento fica nas proximidades, os resíduos e o gás resultantes do processo, são produzidos de forma contínua. (SOARES E SILVA, 2010).

Para Ferreira (2013), os biodigestores contínuos “São construídos de forma que possam ser abastecidos diariamente, permitindo que cada entrada de material orgânico a ser fermentado exista uma saída de material já fermentado. ”

### 2.1.4 Modelos de Biodigestores

Com o passar do tempo, vários tipos e modelos de biodigestores foram construídos ao redor do mundo, cada um com características e meios de aplicação diferentes, tipos como digestores de batelada, contínuo, descontínuo, vertical e horizontal tendo em base os modelos indianos, chinês, filipino e o mais recente, o moderno.

Segundo Soares e Silva (2010), os biodigestores mais conhecidos são o chinês e o indiano, os quais são do tipo de operação contínua e também, pelo baixo custo, alto rendimento e fácil manuseio, são os mais utilizados no Brasil.

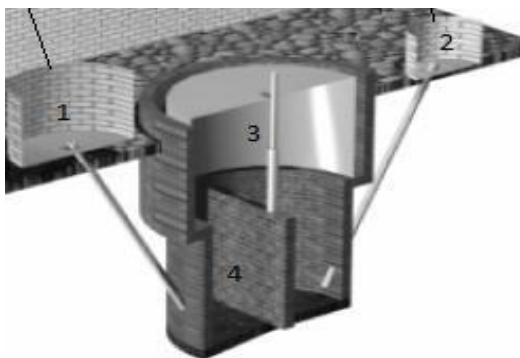
Os biodigestores modernos devem ser construídos de tal maneira que satisfaçam as exigências e comodidades dos usuários. Precisam mostrar-se, ao mesmo tempo, modernos e simples, economicamente acessíveis, de fácil funcionamento e manutenção. Os biodigestores necessitam ainda de rigorosa operação e monitoramento, que obedeça a critérios técnicos garantidores de êxito.

#### 2.1.4.1 Biodigestor Modelo Indiano

Na Figura 2 é representado o modelo de um biodigestor indiano, onde, conforme Shubeita (2014), “possui quatro componentes principais: reservatório de biomassa (1), reservatório de biofertilizante (2), cúpula de gás (3) e tanque de fermentação (4). Ele possui uma cúpula para armazenar gás, sendo que a sua estrutura inferior, enterrada no solo, se movimenta conforme a quantidade de gás.

Quando se enche de biogás, a cúpula sobe em volta de uma guia de metal. Essa guia é móvel e a pressão é constante. ”

Figura 2 - Modelo de Biodigestor Indiano



**Fonte:** Shubeita (2014)

Neste modelo de biodigestor o processo de fermentação é rápido, por ser enterrado, aproveitando a temperatura do solo que fornece pouca variação. Também, outro fator neste modelo que favorece a fermentação é uma divisão que separa o dejetos já em processo do novo que está entrando, assim, evitando uma transferência de temperatura entre a matéria nova e velha, a qual, iria reduzir o processo de fermentação, desfavorecendo a ação das bactérias e reduzindo a produção de biogás. (SHUBEITA, 2014).

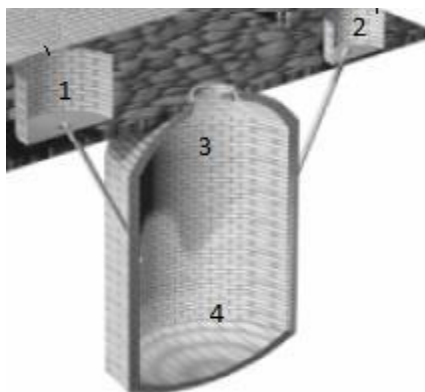
Um dos pontos negativos para a instalação desse modelo de biodigestor, segundo Soares e Silva (2010), é o impacto ambiental que pode causar, se não for feito um estudo e análise para a sua construção pode acabar ocorrendo danos aos lençóis freáticos, por infiltração. Sendo assim, sua implantação é indicada para terrenos superficiais.

#### 2.1.4.2 Biodigestor Modelo Chinês

O modelo de biodigestor chinês, Figura 3, foi desenvolvido para os pequenos produtores, é um modelo de peça única, mais rústico que o modelo indiano e é todo construído em alvenaria, diminuindo o custo de implantação e por ser enterrado no solo acaba por ocupar menos espaço na propriedade. (SHUBEITA, 2014).

Soares e Silva (2010), salienta que devido a construção da cúpula ser fixa, a área de reserva de gás é menor, não se expandindo, levando a conclusão que este modelo é mais indicado para a produção de biofertilizantes.

Figura 3 – Modelo de Biodigestor Chinês



**Fonte:** Shubeita (2014).

Para Shubeita (2014), o modelo chinês “também tem um reservatório de biomassa (1), reservatório de biofertilizantes (2), cúpula de gás (3) e fermentador (4). Diferente do modelo indiano, o chinês não possui uma divisão no fermentador. O dejetos de entrada é fermentado e ao final do processo removido para o reservatório de biofertilizante. Por ser construído com tijolos sofre com problemas estruturais como rachaduras e vazamento de gás.”

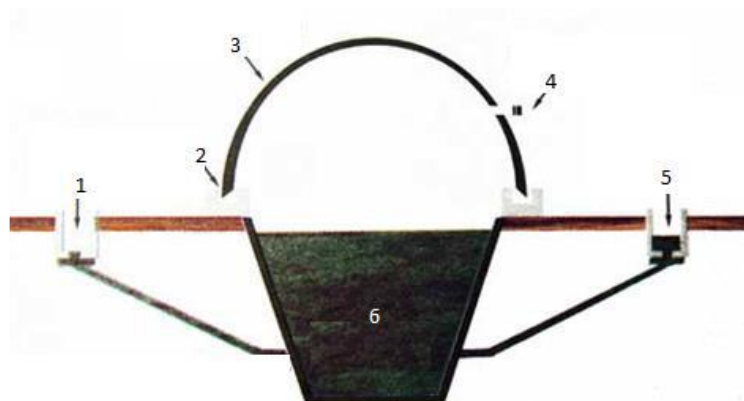
#### 2.1.4.3 Biodigestor Modelo Canadense

Este modelo de biodigestor é do tipo horizontal, construído em alvenaria, possui uma largura maior que a profundidades, com isso, há uma área maior de exposição ao sol, resultando, uma grande produção de biogás. Modelo que pode ser construído enterrado ou não, seu maior empecilho para implementação é o alto custo de sua cúpula, é um plástico maleável que infla conforme a produção de biogás.(CASTANHO E ARRUDA, 2008).

Na Figura 4 é apresentado o esquema da implantação de uma modelo de biodigestor Canadense, onde Shubeita (2014) explica que é formado por uma lagoa de biomassa (6) coberta por uma cúpula de lona (3), que vai inflando conforme a quantidade de biogás é produzida. Ele possui um reservatório de entrada de biomassa (1), um sistema de vedação da cúpula de lona (2), uma saída de gás (4) e

uma saída para o reservatório de biofertilizante (5). Esse modelo de biodigestor possui uma grande área de exposição solar e a sua largura é maior que a profundidade, o que possibilita uma boa produção de gás.

Figura 4 – Modelo de Biodigestor Canadense



**Fonte:** Shubeita (2014).

### 2.1.5 Substratos

Segundo Deublein e Steinhauser (2008), todos os tipos de biomassa podem ser utilizados como substratos, desde que contenham carboidratos, proteínas, gorduras, celulose e hemicelulose como componentes principais.

Para um melhor processo de biodigestão é importante que alguns pontos sejam levados em consideração ao selecionar a biomassa, os quais afetam a estabilidade e a eficiência do processo. O conteúdo da substância orgânica adequado para o processo de fermentação selecionado, o potencial de formação do gás, matéria com substratos livres de agentes patogênicos e o conteúdo de substâncias nocivas e lixo devem ser baixos para permitir que o processo ocorra sem problemas. (DEUBLEIN E STEINHAUSER, 2008)

Os principais substratos utilizados na produção de biogás no mundo são matérias primas obtidas a partir do processamento industrial (vinhaça de cana, polpa de café, resíduos do processamento de arroz e etc.), o lodo gerado no processo de tratamento de esgoto sanitário, resíduos animais, os quais destacam-se dejetos de suínos, da avicultura e de bovinos e resíduos agrícolas, como restos de vegetais, grãos e frutas.

O Quadro 1 mostra o potencial de rendimento máximo de gás por tonelada de matéria seca de diferentes substratos.

Sendo, “ST” os sólidos totais presentes no substrato e “SV” os sólidos voláteis, a parcela de sólidos que acabam por se transformar em gás.

Quadro 1 - Potencial de rendimento máximo de gás por tonelada de matéria seca de diferentes substratos

SUBSTRATOS	ST (%)	SV/ST (%)	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t SV	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t substrato
Milho - resíduos da colheita	35	92	251	81
Palha de Trigo	86	92	188	148
Dejetos de bovino	8 – 11	75 – 82	120 – 300	12 – 18
Dejetos de suíno	7	75 – 85	200 – 450	12 – 24
Dejetos de galinhas	32	63 – 80	150 – 270	42 – 54
Vinhaça de Cana	3 – 5	75 – 85	376	6
Polpa de Café	20	93	244	45

**Fonte:** Deublein e Steinhauser (2008)

Os parâmetros de produção do metano a partir do esgoto sanitário não estão representados na tabela acima, pois, segundo Jende et al. (2015) “A produção de biogás depende da quantidade de matéria orgânica presente no esgoto e das características do reator. ”, porem, com o esgoto, não é possível quantificar pela grande variedade de matéria orgânica misturada no substrato.

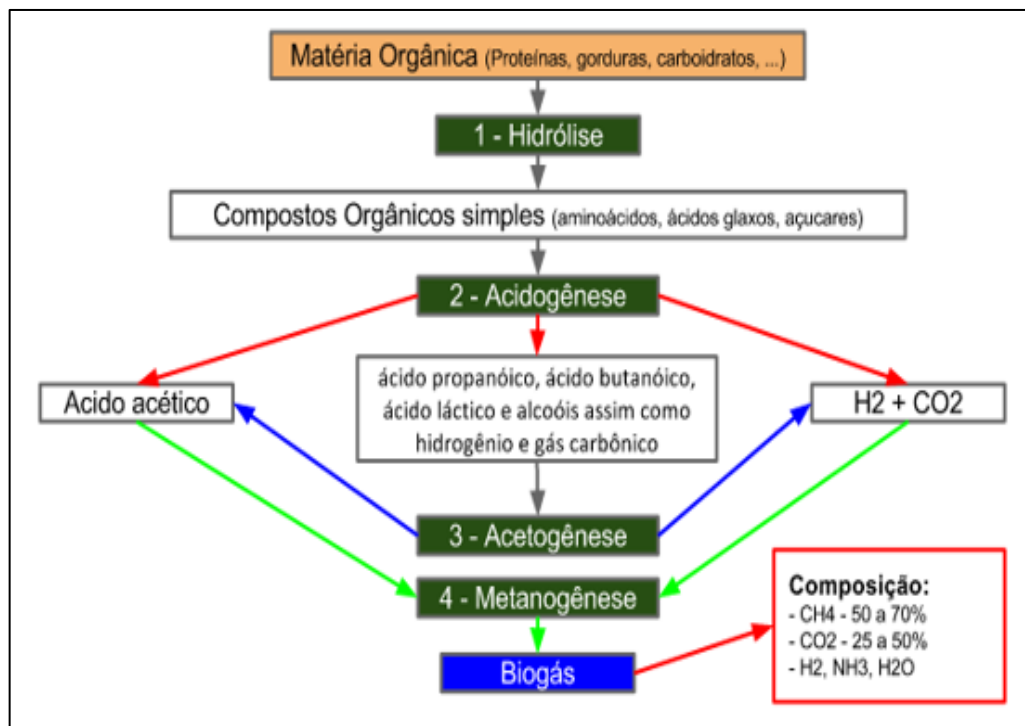
### 2.1.6 Fundamentos do processo de Biodigestão

O Processo de biodigestão do biogás para Silva (2013, p. 19) apud Zachow (2000) “ é formado pela digestão anaeróbica de algumas espécies de bactérias, que atuam na ausência de oxigênio. Essas bactérias atacam a estrutura de materiais orgânicos complexos, produzindo compostos simples como metano, dióxido de carbono e biofertilizantes, extraindo a energia e os compostos necessários para o seu crescimento.”

A mistura de gás resultante consiste principalmente em metano, entre 50% e 75% do volume, e dióxido de carbono, entre 25% e 50% do volume, o restante do biogás também contém pequenas quantidades de hidrogênio, sulfureto de hidrogênio, amônia e outros vestígios de gases. A composição do gás é essencialmente determinada pelos substratos, processo de fermentação e pelas diferentes ferramentas utilizadas no processo (FNR, 2010).

O processo de digestão anaeróbica, Figura 5, como um todo se divide em basicamente quatro etapas, hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

Figura 5 – Processo de digestão anaeróbica do biogás



Fonte: Adaptado de FNR (2010)

Com a entrada de compostos orgânicos complexos (proteínas, carboidratos e lipídios) no biodigestor, inicia o primeiro estágio, com a hidrólise, onde o complexo composto do material de partida são decompostos em substâncias mais simples como, aminoácidos, açúcares e ácidos graxos. Neste processo, as bactérias hidrolíticas envolvidas liberam enzimas que decompõem o material por meios bioquímicos (FNR, 2010).

Os compostos intermédios formados pela hidrólise, são então “quebrados” durante a fase acidogênica, por meio da fermentação, as bactérias fermentativas acidogênicas formam ácidos graxos de cadeia curta, dióxido de carbono e hidrogênio. Além disso, pequenas quantidades de ácido láctico e os álcoois também são formados. A natureza dos produtos formados nesta fase é influenciada pela concentração do hidrogênio no processo (FNR, 2010).

Na fase da acetogênese, há a formação de ácido acético, o qual são então convertidos por bactérias acetogênicas em substâncias precursoras do biogás (ácido



acético, hidrogênio e dióxido de carbono). Nessa etapa, a pressão parcial de hidrogênio é particularmente importante para o processo, o excessivo teor de hidrogênio impede a conversão dos produtos intermediários da acidogênese, como consequência, inibição da metanogênese, próxima etapa do processo, pelo acúmulo de ácidos orgânicos.

Para que essa inibição do processo não aconteça, as bactérias acetogênicas e as arqueas metanogênicas devem coexistir em um ambiente próximo de uma comunidade, com o consumo de hidrogênio juntamente com dióxido de carbono durante a formação do metano pelas arqueas metanogênicas, assim, garantindo um ambiente com níveis aceitáveis de hidrogênio para a bactéria acetogênica (FNR, 2010).

Na fase final da geração de biogás, a metanogênese, o ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono são convertidos em metano pelas arqueas metanogênicas estritamente anaeróbias. Os metanógenos hidrogenotróficos produzem metano a partir de hidrogênio e dióxido de carbono, enquanto as bactérias formadoras de metano acetoclâmico produzem metano por clivagem de ácido acético (FNR, 2010).

Essencialmente, as quatro fases da degradação anaeróbia ocorrem simultaneamente em um processo de estágio único. No entanto, as bactérias envolvidas nas fases de degradação têm requisitos diferentes em termos do habitat, requisitos como PH, necessidade nutricional, temperatura, umidade e anaerobiose estrita. Um meio termo deve ser encontrado no processo tecnológico para garantir essa interação do ambiente com as fases do processo (FNR, 2010).

Como o foco do projeto trata da melhoria do processo por meio de aquecimento do dejetos com o uso de um trocador de calor dimensionado, o único fator variante que impacta no processo é a temperatura, os outros requisitos como o PH, necessidade nutricional, umidade e anaerobiose estrita se manterão os mesmos com o processo implantado.

### 2.1.6.1 Temperatura de biodigestão

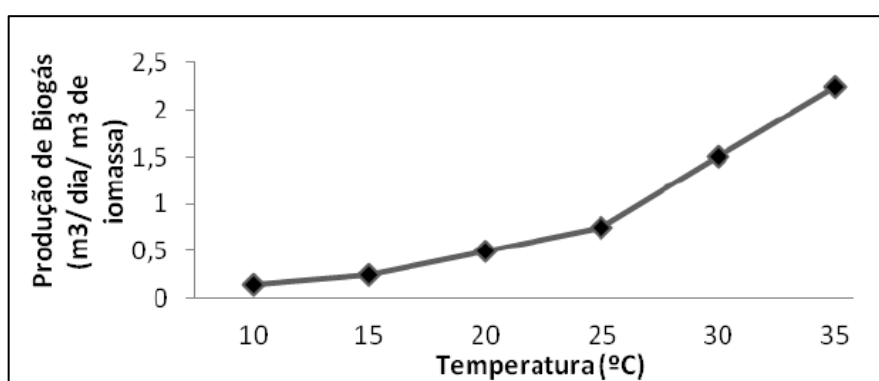
Conforme Craveiro et al. (1982) apud Rizzoni et al. (2012, p.9), “as reações químicas e bioquímicas sofrem influência direta da temperatura, afetando o processo de digestão anaeróbia, contudo variações bruscas de temperatura podem levar o processo de digestão ao desequilíbrio e morte das bactérias digestoras.”

O processo de biodigestão se faz mais efetivo na faixa mesofílica em que a temperatura ideal esteja em torno de 37° C.

A maioria das bactérias familiares formadoras de metano têm o seu melhor crescimento na temperatura mesofílica, na qual o processo de biodigestão se faz mais efetivo, com temperaturas variando entre 37 e 42 ° C (FNR, 2010).

A Figura 6 representa o aumento de produção de biogás por dia em relação ao aumento da temperatura.

Figura 6 – Relação entre produção de biogás e aumento da Temperatura



Fonte: Adaptado de Oliveira (2009) apud Rizzoni et al. (2012, p.9)

### 2.1.7 Resultantes do Processo

Os principais componentes do biogás, resultantes do processo de biodigestão, são o metano (CH<sub>4</sub>), gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e o gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S). Seu potencial energético pode ser avaliado pelo seu poder calorífico, este diretamente relacionado com o percentual de metano presente na composição do biogás. (LINS ET AL, 2015)

Já o biofertilizante produzido no processo tem grande aproveitamento energético como adubos orgânicos e também impacta na proteção climática, uma vez que permite reduções significativas de emissões dos gases (FNR, 2010).

## 2.2 TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Conforme Bergman et al. (2016), “transferência de calor (ou calor) é energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperaturas no espaço”, ou seja, quando dois corpos estiverem em temperaturas diferentes, sempre haverá a troca de calor.

A aplicação da transferência de calor abrange-se a diversas áreas, é frequentemente encontrada em sistemas de engenharia, no próprio corpo humano que está em constante troca de calor, rejeitando calor para o ambiente. Muitos utensílios domésticos são projetados atendendo os princípios da transferência de calor, alguns exemplos como fogões elétricos e a gás, aquecedores e ar condicionados, geladeiras e freezers, ferros de passar e até mesmo casas energeticamente eficientes projetadas para minimizar o ganho de calor no verão e perda de calor no inverno (ÇENGEL, 2012).

Há três diferentes tipos de processos de transferência de calor, condução, convecção e radiação. Estes processos são diferenciados pelos modos de transferência de calor entre os corpos. O modo de transferência por radiação será desconsiderado deste trabalho, pois o trocador de calor é isolado do meio externo, assim, desconsiderado.

### 2.2.1 Condução

A transferência de calor por condução se dá pelos níveis das atividades atômicas e moleculares nos materiais, Bergman et al. (2016) diz que “a condução pode ser vista como a transferência de energia das partículas mais energéticas para as menos energéticas de uma substância devido as interações entre partículas. ”

A condução pode ocorrer em sólidos, líquidos ou gases. Nos líquidos e gases, a condução ocorre pelos movimentos aleatórios das moléculas gerando colisões e difusões. Já nos sólidos, ela acontece no transporte de energia por elétrons livres a partir das combinações das vibrações das moléculas em rede (ÇENGEL, 2012).

Para Çengel (2012), a geometria, o tipo de material, a espessura e a diferença de temperatura no meio em que está submetido, são alguns fatores que influenciam diretamente na taxa de condução de calor.

### **2.2.2 Convecção**

Bergman et al. (2016), diz que “o modo de transferência de calor por convecção abrange dois mecanismos. Além da transferência de energia devido ao movimento molecular aleatório (difusão), a energia também é transferida através do movimento global, ou macroscópico, do fluido. ”. Este movimento do fluido indica que em qualquer instante, um grande número de moléculas está se movendo coletivamente ou como agregados, este movimento, na presença de um gradiente de temperatura é o que contribui para a transferência de calor.

No momento do contato térmico, há um diferencial de temperaturas entre a superfície do material e do fluido, assim, possibilitado a troca de calor. Porém, deve-se levar em conta o movimento relativo entre os dois meios trocando calor. Braga Filho (2004) cita o exemplo de um prato de sopa, que ao mexe-la com uma colher, ela esfria mais rapidamente, por isso, este meio de transferência de calor é muito eficaz e utilizado em trocadores de calor.

## **2.3 TROCADORES DE CALOR**

Os trocadores de calor são dispositivos que facilitam a troca de calor entre dois fluidos que se encontram em diferentes temperaturas, sem contato direto entre os meios de troca de calor, assim, evitando a mistura entre um e outro. Há uma gama de aplicações para os trocadores de calor na rotina do homem, desde sistemas de aquecimento e ar-condicionado doméstico a processos químicos e produção de potência em grandes usinas. (ÇENGEL, 2012).

No processo de troca de calor, geralmente estão envolvidos a convecção do fluido e a condução pelas paredes dos trocadores. Para o cálculo e análise do trocador de calor é possível utilizar o coeficiente global de transferência de calor, que representa a ação dos dois meios de transferência de calor agindo no processo. (ÇENGEL, 2012).

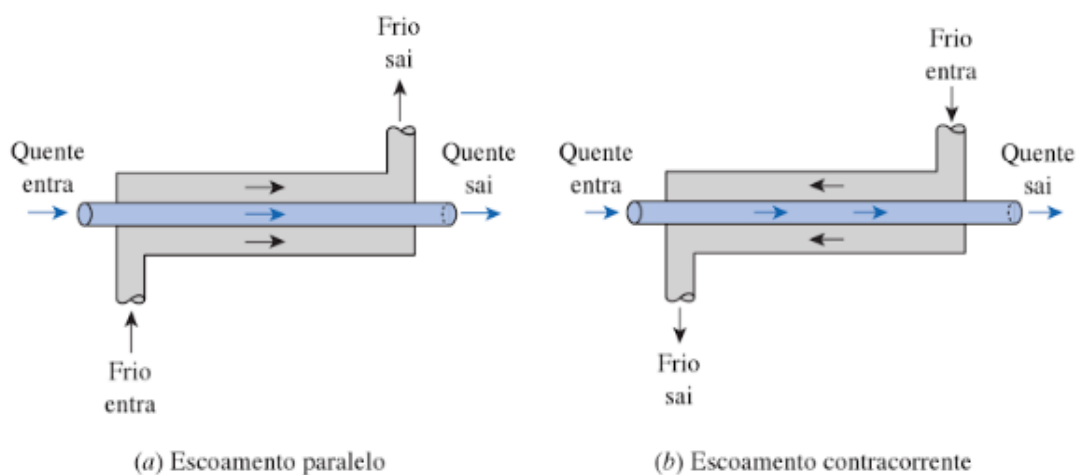
Nesta etapa do projeto serão apresentados a variedade de tipos e os parâmetros de desempenho para avaliar e dimensionar um trocador de calor.

### 2.3.1 Tipos de trocador de calor

Na área da engenharia são estudados os requisitos e restrições para a aplicação de trocadores de calor em diversos processos, por isso, são classificados em função da configuração do escoamento e do tipo de construção (BERGMAN ET AL.,2016).

O modelo mais simples de trocador de calor para Çengel (2012), é constituído por dois tubos concêntricos de diferentes diâmetros, este modelo é nomeado como tubos concêntricos, tubo duplo ou bitubular, como representado na Figura 7. Um fluido entra no trocador de calor através do tubo menor ao mesmo tempo que outro escoo pelo espaço anular entre os dois tubos. Este arranjo de escoamento pode ser classificado de duas formas, escoamento paralelo, representado pela Figura 7-a, no qual, tanto o fluido frio como o quente entram na mesma extremidade e escoam no mesmo sentido de direção. O outro meio, é o escoamento contracorrente, mostrado na Figura 7-b, neste caso, os fluidos entram no trocador de calor em extremidades opostas e escoam em direções opostas.

Figura 7 – Trocador de calor concêntrico com diferentes regimes de escoamento



**Fonte:** Adaptado de Çengel (2012)

Outro trocador de calor bastante utilizado é o compacto, projetado para realizar a troca de calor em uma grande superfície de transferência de calor por unidade de volume. Este modelo permite o alcance de altas taxas de transferência de calor entre dois fluidos em um pequeno volume, suas principais aplicações são

em radiadores de carros e trocadores de calor de turbina a gás, a Figura 8 é representado um trocador de calor compacto (ÇENGEL, 2012).

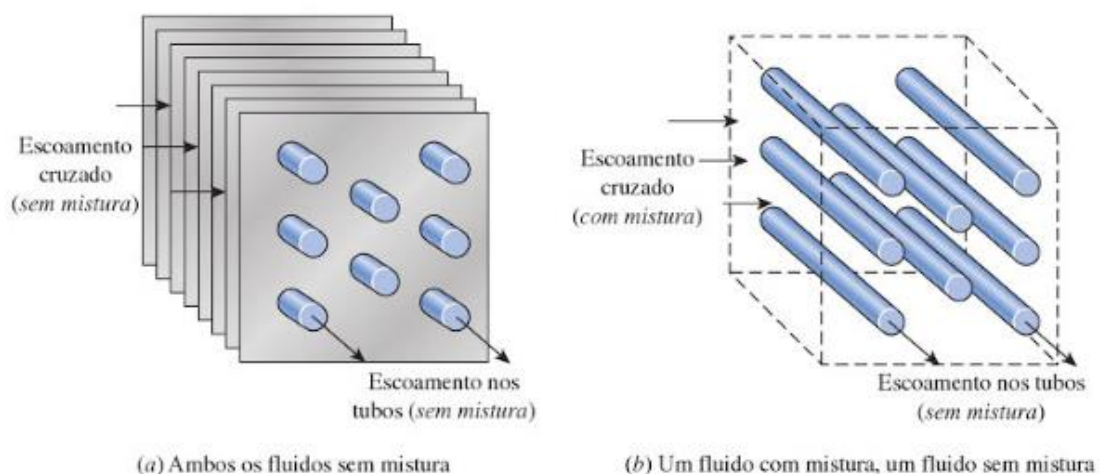
Figura 8 – Trocador de calor compacto



**Fonte:** Adaptado de Çengel (2012)

Este trocador de calor possui uma configuração de escoamento chamada de escoamento cruzado, o qual é classificado em escoamento com mistura e sem-mistura, a Figura 9, representa os dois tipos de escoamento em trocadores de calor compacto.

Figura 9 – Tipos de escoamento em trocadores de calor compacto



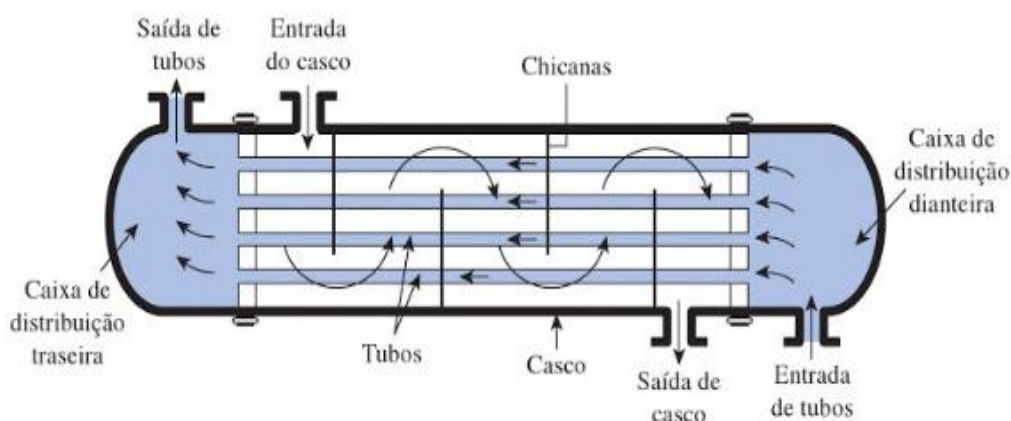
**Fonte:** Adaptado de Çengel (2012)

Çengel (2012), explica que o escoamento cruzado, representado na Figura 9-a, é chamado sem mistura, já que as placas forçam o escoamento do fluido através de um determinado espaço entre elas e evitam que ele se mova na direção transversal. No escoamento cruzado com mistura, Figura 9-b, o fluido está livre para

avançar na direção transversal, assim a variação de temperatura ocorre principalmente na direção do escoamento principal.

Outra configuração comum, mais aplicada no setor industrial, é o trocador de calor casco e tubo, este modelo conta com um grande número de tubos acondicionados no interior de um casco, os tubos são montados em sentido paralelo ao do casco, mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Trocador de calor casco e tubo



**Fonte:** Adaptado de Çengel (2012)

Seu funcionamento baseia-se na transferência de calor ocorrendo no fluido escoando no interior dos tubos, enquanto o outro fluido escoava fora do tubo, mas no interior do casco. Outra característica desse modelo de trocador de calor é quanto a sua classificação, a qual varia de acordo com o número de passe envolvidos no casco e nos tubos (ÇENGEL, 2012).

### 2.3.2 Coeficiente Global de Transferência de Calor

No processo de escoamento de fluidos separados por uma parede sólida, ocorre primeiramente a transferência de calor do fluido quente para a parede por convecção, através da parede por condução, e da parede para o fluido frio por convecção (ÇENGEL, 2012).

Levando em consideração às resistências térmicas de condução e convecção em relação ao coeficiente global de transferência de calor que é a quantidade de calor que um fluido consegue transferir para outro, é apresentada a seguinte equação para resistência térmica, respectivamente. (ÇENGEL, 2012).

$$R_{parede} = \frac{\text{Ln}\left(\frac{D_0}{D_i}\right)}{2\pi kL} \quad (1)$$

$$R = R_{total} = R_i + R_{parede} + R_0 = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{\text{Ln}\left(\frac{D_0}{D_i}\right)}{2\pi kL} + \frac{1}{h_o A_o} \quad (2)$$

Sendo:

$k$  – Condutividade térmica do material

$\text{Ln}$  – Logaritmo natural

$A_i$  – Área da superfície interna da parede que separa os fluidos

$A_o$  – Área da superfície externa

Segundo Çengel (2012), em um trocador de calor é necessário combinar todas as resistências térmicas no caminho do fluxo de calor em uma única resistência  $R$ , assim, expressando a taxa de transferência de calor entre dois fluidos como

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T}{R} = U A_s \Delta T = U_i A_i \Delta T = U_o A_o \Delta T \quad (3)$$

Sendo:

$\Delta T$  – Diferença de temperatura

$R$  – Resistencia térmica

$A$  – Área da superfície

$U$  – Coeficiente global de transferência de calor

O coeficiente global de transferência de calor, representado por  $U$ , cuja unidade é  $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ , que é idêntica à unidade do coeficiente de convecção comum ( $h$ ). Como  $\Delta T$  varia com a posição no trocador de calor, torna-se necessário cancelá-lo, assim, a equação se reduz a

$$\frac{1}{U A_s} = \frac{1}{U_i A_i} = \frac{1}{U_o A_o} = R = \frac{1}{h_i A_i} + R_{parede} + \frac{1}{h_o A_o} \quad (4)$$



Sendo:

h – Coeficiente de convecção comum

R – Resistência térmica

A – Área da superfície

U – Coeficiente global de transferência de calor

Na Equação 2 são representados dois coeficientes globais de transferência de calor ( $U_i$  e  $U_0$ ), o motivo para Çengel (2012), é que o trocador de calor possui duas superfícies de transferência de calor ( $A_i$  e  $A_0$ ), que geralmente não possui as mesmas dimensões.

Para Çengel (2012) apud Silva (2013, p.35), “quando a espessura da parede do tubo é pequena e feita de um material com alta condutividade térmica, a resistência térmica da parede pode ser desprezada ( $R_{parede} = 0$ ) e as superfícies interna e externa do tubo são praticamente iguais ( $A_i \approx A_0 \approx A_t$ ).”.Então, o coeficiente global de transferência de calor é simplificado para a equação

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o} \quad (5)$$

Sendo:

h – Coeficiente de convecção comum

U – Coeficiente global de transferência de calor

### 2.3.3 Análise de Trocadores de calor

Em busca de projetar e prever o desempenho de um trocador de calor, o engenheiro tem a responsabilidade de relacionar a taxa total de transferência de calor e grandezas como: as temperaturas de entrada e saída de fluídos e a área superficial disponível para a transferência de calor, para apresentar argumentos na hora de selecionar o melhor tipo de trocador de calor na aplicação desejada e também mostrar as melhores temperaturas de escoamento no determinado trocador de calor (BERGMAN ET AL.,2016).

Estas relações podem ser obtidas com a aplicação da taxa total de transferência de calor entre fluidos quentes e frios considerando a troca de calor com a vizinhança desprezível, assim como a admissão de calores específicos constantes em fluidos que não passam por mudança de fase. A aplicação da equação de energia pode ser vista nas Equações (6) e (7), onde os subscritos q e f significam, respectivamente, quentes e frios (BERGMAN ET AL.,2016).

$$q = \dot{m}_q c_{p,q} (T_{q,ent} - T_{q,sai}) \quad (6)$$

$$q = \dot{m}_f c_{p,f} (T_{f,sai} - T_{f,ent}) \quad (7)$$

Sendo:

$\dot{m}$  – Vazão mássica

$c_p$  – Calor específico

$T_{ent}$  – Temperatura de entrada

$T_{sai}$  – Temperatura de saída

As temperaturas apresentadas nas Equações (6) e (7) referem-se às temperaturas médias dos fluídos nas localizações indicadas, estas equações são independentes da configuração do escoamento e do tipo do trocador de calor (BERGMAN ET AL.,2016).

Outra expressão que utiliza a diferença de temperaturas  $\Delta T$  entre fluidos quente e frio relacionando-se com a taxa de transferência de calor total é representado por

$$\Delta T \equiv T_q - T_f \quad (8)$$

Segundo Bergman et al. (2016) a taxa de transferência de calor também pode ser expressa de forma similar à Lei de Newton do resfriamento com o coeficiente global de transferência de calor U usado no lugar de um único coeficiente de transferência de calor h. Como há a variação do  $\Delta T$  na posição do trocador de calor, é necessária uma equação para taxa de forma

$$q = UA \Delta T_{lm} \quad (9)$$

Onde  $\Delta T_{lm}$  é a média de diferenças de temperaturas, a qual é expressa como

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{q,ent} - T_{f,sai}) - (T_{q,sai} - T_{f,ent})}{\ln\left[\frac{(T_{q,ent} - T_{f,sai})}{(T_{q,sai} - T_{f,ent})}\right]} \quad (10)$$

Sendo:

$T_{q,ent}$  – Temperatura quente de entrada

$T_{q,sai}$  – Temperatura quente de saída

$T_{f,ent}$  – Temperatura fria de entrada

$T_{f,sai}$  – Temperatura fria de saída

Para Çengel (2012) apud Silva (2013, p.38), “a diferença de temperatura média logarítmica  $\Delta T_{lm}$  mostra a diferença de temperatura média entre os fluidos quente e frio. A diferença de temperatura média aritmética  $\Delta T_{ma}$  é sempre maior que  $\Delta T_{lm}$ , superestimando a taxa de transferência de calor entre os dois fluidos. Por isso, a  $\Delta T_{lm}$  sempre deve ser utilizada para determinação da taxa de transferência de calor em um trocador de calor.”

Para Bergman et al. (2016) as Equações (6) e (7) podem ser usadas para efetuar uma análise de trocadores de calor. Contudo, antes é necessário a forma específica de  $\Delta T_{lm}$ .

### 2.3.4 Considerações Fluidodinâmicas

Em busca do coeficiente global de transferência de calor, é necessário encontrar o tipo de escoamento atuante em um tubo circular, isso é determinado pelo número de Reynolds, a equação para o número de Reynolds com escoamento incompressível em regime estacionário se reduz a (BERGMAN ET AL.,2016).

$$Re_D = \frac{4 \dot{m}}{\pi D \mu} \quad (11)$$

Sendo:

$\dot{m}$  – Vazão mássica

$D$  – Diâmetro do tubo

$\mu$  – Viscosidade

A partir do resultado encontrado na Equação (11), pode-se determinar o tipo de escoamento atuante no tubo, o qual pode ser tubular ou laminar, fator determinante para sequência de cálculos.

Brunetti (2008), diz que Reynolds, em seus experimentos, verificou que para tubos, é observado o seguinte comportamento:

- Escoamento laminar quando o número de Reynolds for inferior a 2000 ( $Re_D < 2000$ );
- Escoamento de transição para valores entre 2000 e 2400 ( $2000 < Re_D < 2400$ );
- Escoamento turbulento para número de Reynolds superior a 2400 ( $Re_D > 2400$ ).

Uma das propriedades variáveis para o cálculo do coeficiente global de transferência de calor é o coeficiente de transferência de calor por condução,  $h_i$  e  $h_o$ , o qual é encontrado de maneiras diferentes na Equação do número de Nusselt que varia conforme o tipo de escoamento, turbulento ou laminar. (BERGMAN ET AL., 2016).

Para escoamento turbulento o número de Nusselt é encontrado pela equação

$$Nu_D = 0,023 Re_D^{4/5} Pr^{0,4} \quad (12)$$

Sendo:

$Re$  – Número de Reynolds

$Pr$  – Número de Prandtl

No caso do escoamento laminar desenvolvido em uma região anular, região entre tubos, o valor para o número de Nusselt é obtido através da razão do diâmetro

interno e diâmetro externo pela tabela disposta no Bergman et al. (2016, p.327 – TABELA 8.2)

Sabendo o tipo de escoamento e tendo conhecimento do número de Nusselt é possível calcular o coeficiente de transferência de calor associados as regiões internas e externas do tubo, equações representadas como

$$Nu_i = \frac{h_i D_h}{k} \quad (13)$$

$$Nu_e = \frac{h_e D_h}{k} \quad (14)$$

Sendo:

$h_i$  – Coeficiente de transferência de calor da região interna do tubo

$h_e$  – Coeficiente de transferência de calor da região externa do tubo

$k$  – Condutividade Térmica

$D_h$  – Diâmetro hidráulico

O diâmetro hidráulico,  $D_h$ , é variável dependendo do tipo de superfície do tubo atuante. Se o valor calculado for em uma região entre tubos, região anular é dado pela equação

$$D_h = D_e - D_i \quad (15)$$

Já, para regiões onde há somente uma parede de tubo, o diâmetro hidráulico é considerado o mesmo que o diâmetro interno do tubo.

### 3 MÉTODOS

O presente capítulo apresenta a forma em que foram dirigidas as coletas de dados da pesquisa e a apresentação da situação encontrada no trocador de calor de tubos concêntricos, contracorrente, instalado na granja Luis Gerhardt.

#### 3.1 PROPOSTA METODOLÓGICA

A proposta metodológica segue o método de abordagem dedutiva, procurando comparar os resultados da aplicação da fórmula de coeficiente global de transferência de calor com os dados coletados nas medições de temperatura.

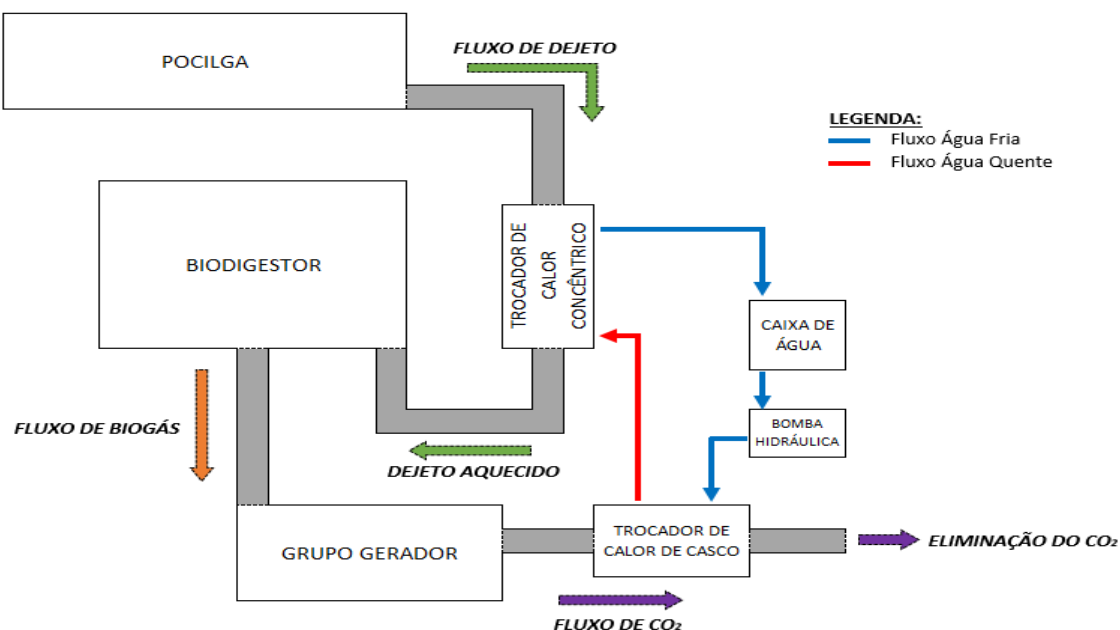
#### 3.2 PROCEDIMENTOS

É descrito a seguir o ambiente onde foi realizado o experimento, Granja Luis Gerhardt, e após, o modo de coleta de dados.

##### 3.2.1 Processo de biodigestão da granja Luis Gerhardt

Com o processo de fermentação dos dejetos no biodigestor, eliminação de gases e geração de energia elétrica interligados pode-se observar o seguinte fluxograma de todo o processo da granja Gerhardt, como representado na Figura 11.

Figura 11-Diagrama do processo de biodigestão da granja Luis Gerhardt



Fonte: O autor (2017)

Todo o processo é baseado na entrada de matéria no processo, ou seja, com a liberação de dejetos pela pocilga, o trocador de calor de tubos concêntricos, aquece o dejetos para uma melhor eficiência na fermentação das bactérias no biodigestor, esse aquecimento é proveniente da troca de calor entre os gases de exaustão, liberados com a queima do biogás pelo grupo gerador, e pela água passando no trocador de calor de tubos concêntricos. Os dois trocadores de calor estão conectados ao mesmo sistema de linhas de água, o qual também possui uma caixa de água como reservatório e uma bomba hidráulica para dar vazão no sistema. Os gases de exaustão utilizados no aquecimento da água, após este processo, são liberados para o ambiente.

No sistema, há o controle de vazão apenas para a água que é aquecida no trocador de calor de casco, o controle do dejetos varia dependendo do fluxo diário que parte da pocilga, não é uma vazão constante.

### 3.2.2 Coleta de dados

Para a coleta de dados de temperatura, foi utilizado o termômetro digital TI-44E, Figura 12, o qual segundo descrição técnica da Full Gauge, é um termômetro com entrada para até quatro sensores com comunicação serial para conexão ao Sitrad. Cada entrada de sensor pode ser configurada individualmente através do menu de funções avançadas, onde o usuário ativa ou desativa a utilização de cada sensor e ajusta o offset de calibração dos mesmos.

Figura 12 – Termostato digital Full Gauge TI-44E



**Fonte:** Full Gauge (2017)

Quanto ao armazenamento e análise dos dados, foi utilizado o software Sitrad da Full Gauge Controls para gerenciamento das instalações de refrigeração, aquecimento e climatização. Para a coleta de dados, um dos funcionários da granja

foi instruído e treinado para monitorar e gravar os dados em forma de planilha de excel, coleta feita no fim de cada dia.

Para a conversão dos dados do termômetro TI-44E ao software Sitrad, foi usado o aparelho CONV32, Figura 13, que tem por função realizar a comunicação entre os controladores e o computador, através da conversão do sinal dos controladores para o USB do computador.

Figura 13 – Conversor Digital Full Gauge CONV32



**Fonte:** Full Gauge (2017)

Foram posicionados quatro sensores de temperatura do tipo termistor nas entradas e saídas de dejetos e da água. O sensor termistor segundo fornecedor, utiliza a diferença de temperatura que gera uma variação de resistência no sensor, assim alterando a corrente que passa através do componente. Os posicionamentos dos sensores podem ser vistos na Figura 14.

Figura 14 – Posicionamento dos Sensores para coleta de dados



**Fonte:** Autor (2017)



Sendo:

Sensor 1 – Temperatura de entrada do dejetto.

Sensor 2 – Temperatura de saída da Água.

Sensor 3 – Temperatura de entrada da Água.

Sensor 4 – Temperatura de Saída do dejetto.

Na Figura 15 é apresentado o termômetro digital em funcionamento e instalado com os quatro sensores de temperatura em funcionamento.

Figura 15 – Termômetro digital em funcionamento



**Fonte:** Autor (2017)

## 4 RESULTADOS E ANÁLISES

### 4.1 GRANJA LUIS GERHARDT

Localizada em Santo Cristo, interior do Rio Grande do Sul, conta com 3 biodigestores do modelo canadense, os quais são alimentados com dejetos de cerca de 10 mil porcos.

O biogás proveniente dos biodigestores são direcionadas para um grupo-gerador movido a biogás, composto por um alternador da linha G i-Plus da marca WEG, de 150 kVA e motor de marca MWM, com potência de 200 CV, como pode ser visto na FIGURA 16.

Figura 16 – Grupo-gerador movido a biogás instalado na Granja Gerhardt



**Fonte:** Autor (2017)

Na propriedade há dois tipos de trocadores de calor instalados, um de modelo casco e outro de tubos concêntricos, cada um com função distintas no sistema.

O trocador de calor do tipo casco, Figura 17, utiliza o calor térmico dos gases de exaustão do grupo-gerador para realizar a troca térmica entre os gases de exaustão e a água que será usada no segundo trocador de calor.

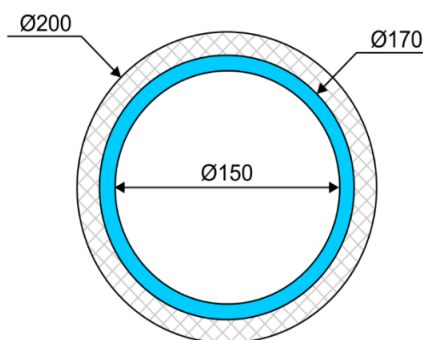
Figura 17 – Trocador de calor do tipo casco



**Fonte:** Autor (2017)

Quanto ao trocador de calor de tubos concêntricos, é feita sua aplicação para o aquecimento dos dejetos suínos, tendo comprimento de 6 metros, possuindo 3 camadas de tubo de aço inox AISI 316, onde a primeira camada serve de passagem dos dejetos suínos, tendo diâmetro de 150 mm, a segunda camada tem função de dar o fluxo de entrada e saída da água quente proveniente do trocador de calor do tipo casco, tubo possuindo diâmetro de 170 mm. Já a terceira camada, com diâmetro de 200 mm, possui espessura de 30 mm de fibra de vidro para isolamento do calor interno, assim, evitando a perda de calor para o meio externo. A Figura 18 representa um corte seccionado do trocador de calor de tubos concêntricos.

Figura 18 – Vista seccionada do trocador de calor de tubos concêntricos



**Fonte:** Autor (2017)

Na Figura 19 é mostrado o trocador de calor de tubos concêntricos instalado na propriedade

Figura 19 – Trocador de calor de tubos concêntricos



Fonte: Autor (2017)

## 4.2 RESULTADOS PRÁTICOS

Para a aplicação das equações teóricas, em busca do comprimento total do trocador de calor concêntrico, foi utilizada como base a Equação (5), coeficiente global de transferência de calor por convecção, obtida pela combinação das equações (2) e (3), disponíveis na página 32.

As propriedades utilizadas para a água, podem ser encontradas em Bergman et al (2016, p.640), e estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Propriedades termofísicas da água saturada

Propriedades						
Tabela A.6 - Água						
Temperatura	→	$T_q$	→	47 °C	→	320 K
Calor específico	→	$C_p$	→	4180	J/(kg.K)	
Viscosidade	→	$\mu$	→	477,00	→	0,000477 N.s/m <sup>2</sup>
Condutividade Térmica	→	$k$	→	0,64	W/(m.k)	
Tabela A.6 - Água						
Temperatura	→	$T_q$	→	22 °C	→	295 K
Calor específico	→	$C_p$	→	4181	J/(kg.K)	
Viscosidade	→	$\mu$	→	959,00	→	0,000959 N.s/m <sup>2</sup>
Condutividade Térmica	→	$k$	→	0,606	W/(m.k)	
Número de Prandtl	→	$Pr$	→	6,62		

Fonte: Autor (2017)

Seguindo, foi preciso a taxa de calor requerida, esta, pode ser encontrada através da Equação (6), página 32, para isso alguns valores iniciais do problema são necessários, estes valores estão disponíveis no Quadro 3.

Quadro 3 – Valores iniciais do problema

Valores do Problema					
Diâmetro interno (Di)	→	$D_i$	→	150	mm → 0,15 m
Vazão mássica (Di)	→	$\dot{m}_q$	→	0,18	kg/s
Temperatura de entrada (Di)	→	$T_{q,ent}$	→	45	°C
Diâmetro interno (De)	→	$D_e$	→	170	mm → 0,17 m
Vazão mássica (De)	→	$\dot{m}_f$	→	0,5	kg/s
Temperatura de entrada (De)	→	$T_{f,ent}$	→	21	°C

**Fonte:** Autor (2017)

Os valores de temperaturas disponíveis a cima, foram obtidos pela média dos dados coletados nas medições, estes dados estão disponíveis no ANEXO A – AMOSTRAGEM DE DADOS COLETADOS 02/11/2017.

Tendo o valor da taxa de transferência de calor, foi possível calcular a temperatura de saída do dejetto do trocador de calor, a partir da Equação (7), disponível na página 33. Possuindo os valores de temperatura das quatro entradas e saídas dos fluidos, pode-se calcular a média de diferença de temperaturas, Equação (10), página 34.

Uma das variáveis mais importantes na busca pelo comprimento do trocador de calor é em relação ao tipo de escoamento do fluido, como visto na Figura 13, o trocador de calor possui duas áreas de troca térmica, sendo necessário calcular o regime atuante nestas seções, a partir do número de Reynolds, Equação (11), página 35.


Na seção de área menor, foi encontrado um regime turbulento, sendo possível aplicação direta nas Equações (12) e (13), encontradas na página 36, estas equações resultam no coeficiente de transferência de calor da região interna do tubo, uma das variáveis para o cálculo da Equação (5).

A outra seção, de área maior, teve como resultado um regime laminar, utilizando as Equações (11), (14) e (15), respectivamente, disponíveis na página 35, 36 e 37. O número de Nusselt, uma das variáveis para a equação (14), foi calculado através de interpolação utilizando a tabela disponível em Bergman et al (2016, p.350).

Com todas as variáveis encontradas, foi possível calcular a Equação (5), e conseqüentemente a Equação (9), assim, descobrindo o comprimento do trocador de calor, equação disponível na página 34.

As equações foram calculadas utilizando o Excel e os resultados estão disponíveis no Quadro 4.

Quadro 4 – Demonstração dos resultados calculados

Cálculos			
$q$	→	4514,4	W
$T_{f, sai}$	→	23,15948	°C
$\Delta T_{In}$	→	19,8584	°C
			
Escoamento Interno		Escoamento Anular	
$Re_D$	→	4427,8	
$Nu_D$	→	40,46	
$h_i$	→	163,46	
$Re_D$	→	1502,2	
$Nu_D$	→	5,63	Valor Tabelado
$D_h$	→	0,02	
$h_e$	→	180,16	
$U$	→	85,7	W/(m <sup>2</sup> .k)
$L$	→	5,6	m

Fonte: Autor (2017)

### 4.3 RESULTADOS MEDIDOS

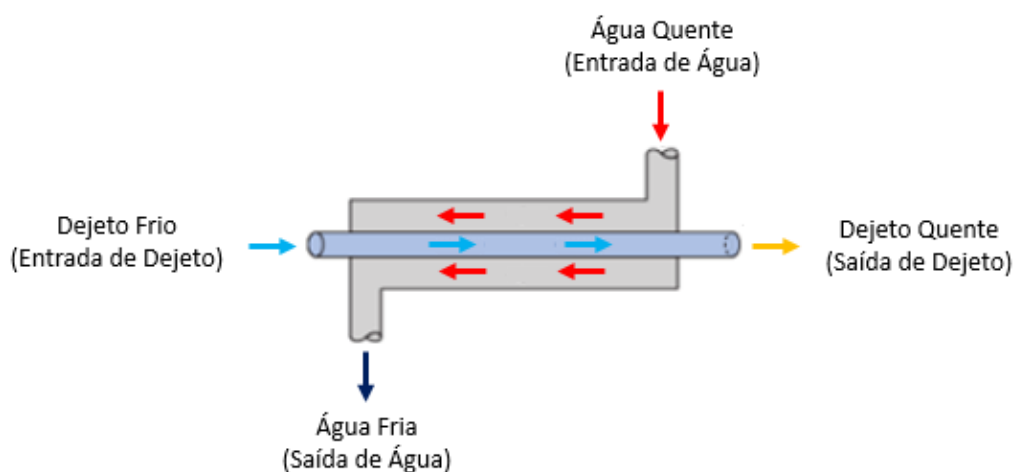
A coleta de dados foi feita em dois dias, tendo um total de 3049 mapeamentos de temperaturas, para a análise foram utilizadas doze horas no período diurno, das oito horas da manhã até as oito horas da noite, o período noturno foi desconsiderado por apresentar dados anormais. Os dados foram dispostos em forma de uma planilha de Excel, a partir de onde foi possível gerar gráficos para um melhor entendimento.

Os dados coletados referentes ao dia 02 de novembro de 2017 estão disponíveis no ANEXO A – AMOSTRAGEM DE DADOS COLETADOS 02/11/2017.

### 4.3.1 Monitoramento 02/11/2017

Como base para a análise dos resultados gráficos, foram usadas as temperaturas de entrada e saída de água (quente e frio), entrada e saída dos dejetos como a diferença de temperatura entre a entrada e a saída do mesmo, na Figura 20 é apresentado um diagrama do fluxo de temperaturas dos fluidos. Estes dados irão servir de parâmetros para determinar a variação da temperatura do dejetos em relação da variação de temperatura da água que entra no sistema do trocador de calor.

Figura 20 – Diagrama do fluxo de temperaturas dos fluidos

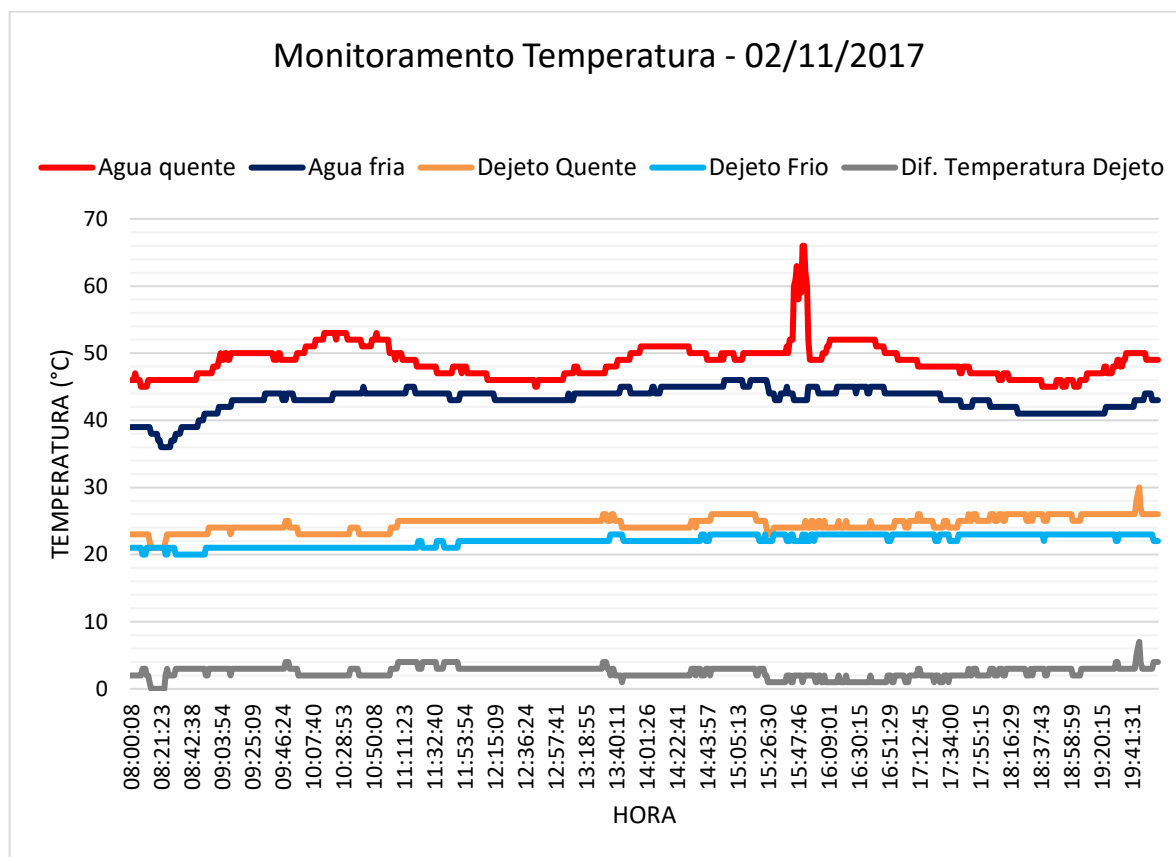


**Fonte:** Autor (2017)

A Figura 21 apresenta o monitoramento de dados coletados referente ao dia 02 de novembro de 2017.

Analisando os dados do Figura 21, percebe-se uma variação de cerca de 5 graus ao longo do dia, ficando em torno de 48°C. Apenas nas 15 horas e 30 minutos houve uma variação maior, onde a temperatura máxima da água chegou em um pico de 66°C.

Figura 21 - Monitoramento de temperatura no dia 02/11/2017



Fonte: Autor (2017)

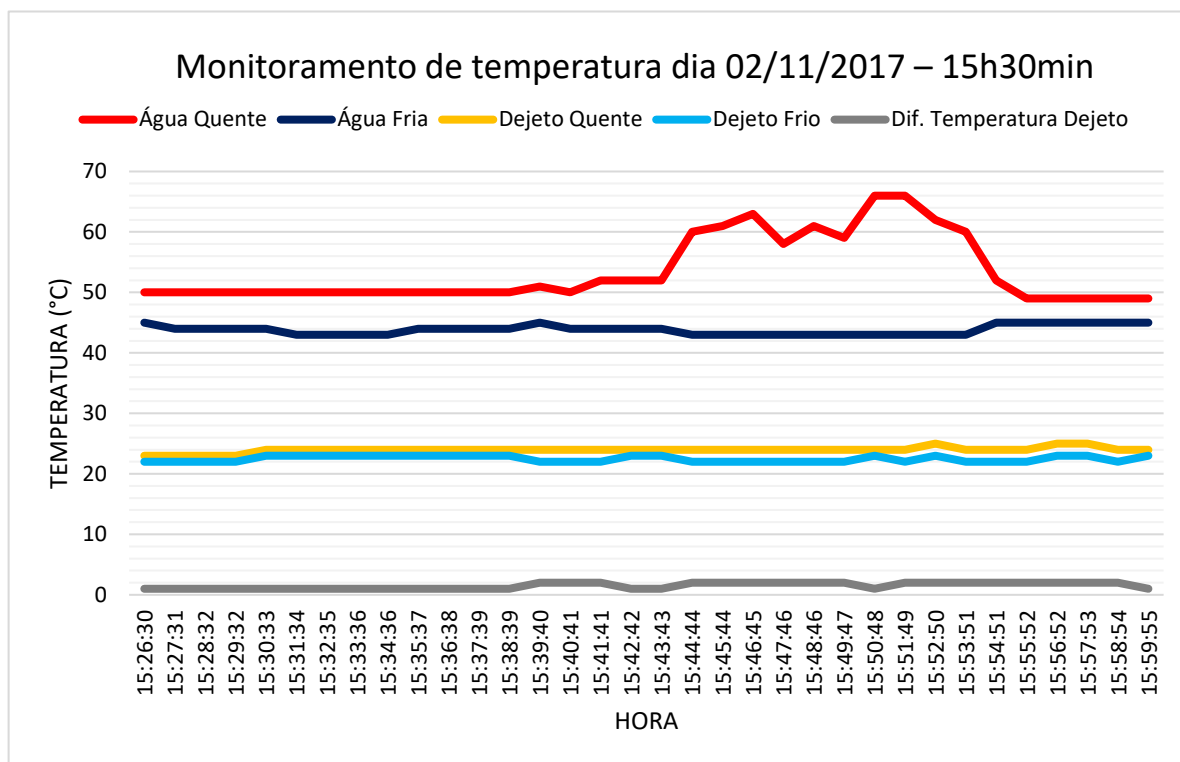
Estas variações de temperatura são causadas por diversos fatores, para a água, a baixa demanda de energia causa uma menor potência no motor, gerando menos calor. Condições climáticas podem influenciar na troca térmica do sistema e dependendo do fluxo da água, faz com que passe em velocidade reduzida pelos tubos do trocador de calor, por consequência, aumenta a temperatura do fluido. Já, o principal fator que influencia na variação de temperatura dos dejetos é a diferença de fluxo durante o dia, o qual durante um período pode passar pelas tubulações quantidades que ocupam toda a secção, ou em outras, apenas um filete, assim, variando o tempo e área de troca de calor.

Ao isolar o horário de pico da Figura 21, obtém-se a Figura 22, o qual possui um comportamento anômalo que se explica a seguir.

Para teste, foi reduzido o fluxo da água do sistema, assim, a água com velocidade reduzida passa pelo trocador de calor de casco, o qual realiza a troca térmica, e consequentemente causa um pico de temperatura de 66°C, como pode ser visto na Figura 22.



Figura 22 - Monitoramento de temperatura no dia 02/11/2017 – 15h30min



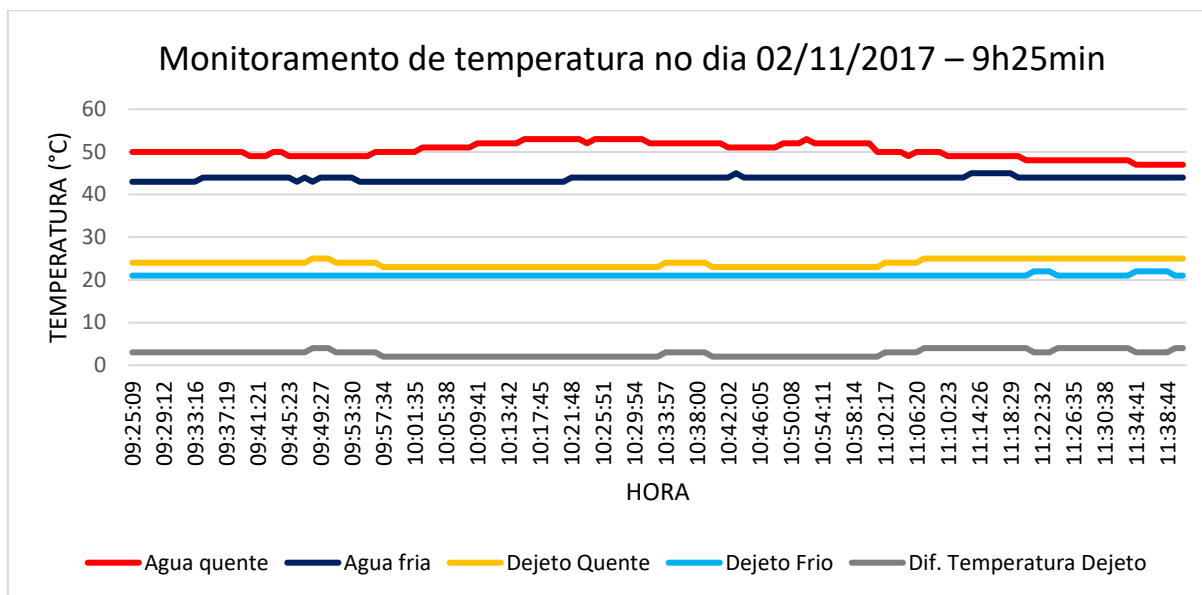
Fonte: Autor (2017)

Um ponto levantado com esta variação de temperatura é o grande aumento de temperatura da água quente que não afeta a temperatura de saída de água e a diferença de temperatura do dejetto.

Outro ponto visível no Figura 21, é um pequeno aumento na temperatura de entrada de água com a diminuição da temperatura de saída do dejetto, como pode ser visto separadamente no Figura 23.

Os fatores atuantes nesta variação, para a água quente, é a alta demanda de energia, fazendo o grupo gerador exercer uma maior potência que acaba por gerar maior calor. Porém, nota-se que a temperatura de saída do dejetto não aumenta, pelo contrário, se mantém o mesmo, mas uma certa redução, isso pode ser causado por um fluxo maior do dejetto pela tubulação.

Figura 23 – Monitoramento de temperatura no dia 02/11/2017 – 9h25min



Fonte: Autor (2017)

Esse fluxo maior de dejetos é causado pela abertura total das comportas da pocilga que controlam a saída de dejetos para o biodigestor, o qual é variável, dependendo da quantidade de dejetos gerados pelos suínos também como do momento da limpeza.

#### 4.3.2 Monitoramento 03/11/2017

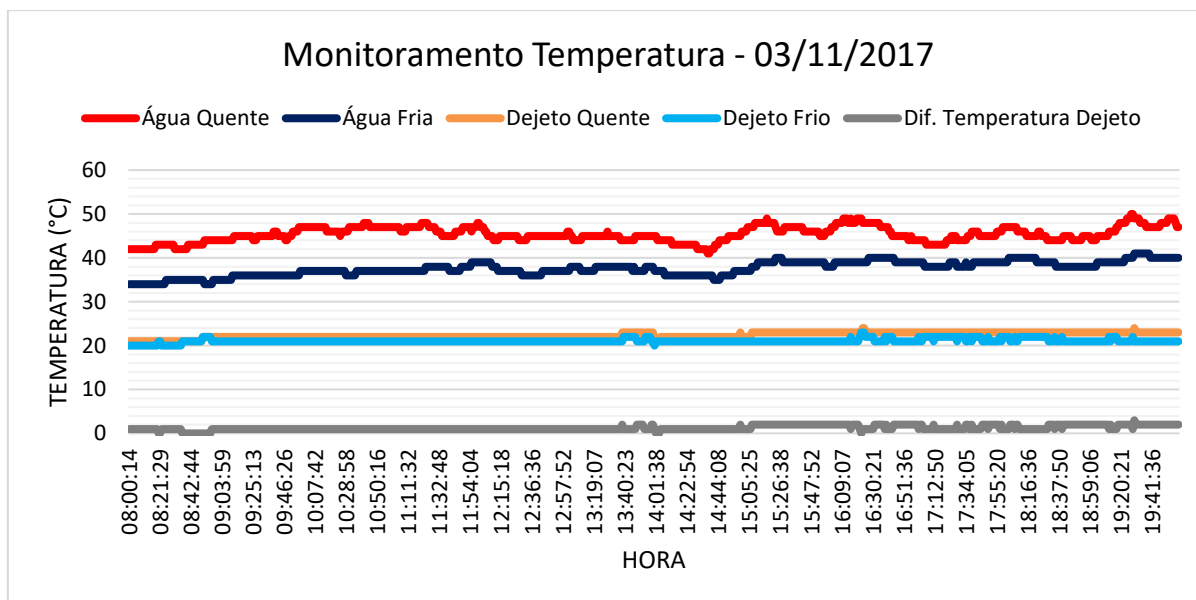
No dia seguinte, foram usados os mesmos métodos anteriores, somente o teste de redução do fluxo da água não foi realizado. Os valores encontrados para o dia 03 de novembro estão apresentados na Figura 24.

Anteriormente, em 02 de novembro, dia de feriado nacional, a maioria dos equipamentos da Granja não estavam em funcionamento, como pode ser visto na Figura 21 pela pouca variação de temperatura causada na entrada de água, concluindo que o grupo gerador não teve uma alta exigência.

Já no dia 03 de novembro, por ser um dia normal de trabalho, percebe-se a grande quantidade de pequenas variações de temperatura na entrada de água quente, pressupondo-se que houve uma frequência maior na exigência do grupo gerador.

Outros pontos como a diferença de temperatura do dejetos se manteve constante, apesar da variação de temperatura da água.

Figura 24 – Monitoramento de temperatura no dia 03/11/2017

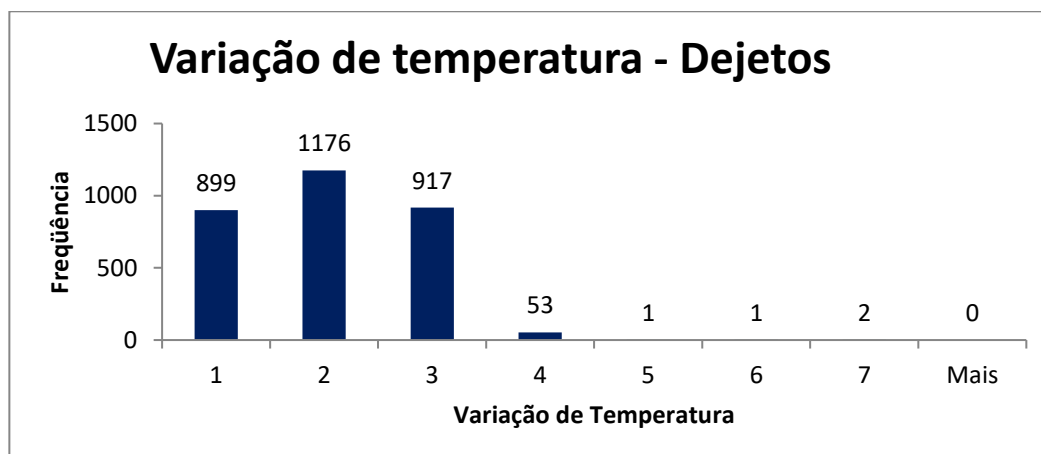


Fonte: Autor (2017)

#### 4.3.3 Variação de Temperatura

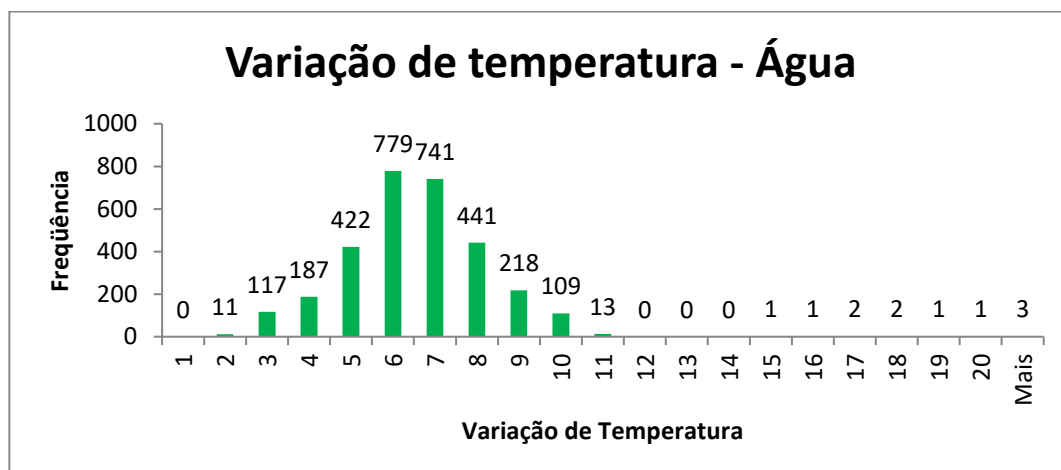
Após a análise dos resultados de frequência com que a variação de temperatura se repetia, verificou-se a existência de uma aleatoriedade com valores em uma distribuição normal tanto para a variação de temperatura do dejetos como para a variação de temperatura da água, conforme podem ser vistos nas Figuras 25 e 26.

Figura 25 - Variação de temperaturas para dejetos



Fonte: Autor (2017)

Figura 26 - Variação de temperaturas para água



Fonte: Autor (2017)

## CONCLUSÃO

Na comparação entre os valores encontrados a partir dos cálculos teóricos com os dados de temperaturas coletados, para a temperatura de entrada e saída do sistema água-água, água quente e água fria em contracorrente levaram a determinação do comprimento de 5,9 metros, por meio de cálculos. No experimento com o trocador de calor de 6,0 metros, a partir da coleta de dados foram obtidas temperaturas semelhantes tanto para a água como para o dejetos, assim, a hipótese apresentada no projeto foi corroborada.

No entanto, deve-se considerar que o cálculo teórico foi feito com a vazão média real como se ela fosse uniforme durante todas as 12 horas, o que não acontece na prática. Por outro lado, o número de Reynolds revelou que um dos fluxos é laminar e outro turbulento, já no caso real pode se considerar um movimento dos dois líquidos como turbulento, um deles por conter muitos elementos sólidos e pastosos e no outro por que na camisa externa a turbulência da água é provocada por um helicóide existente.

Analisando a coleta de dados de temperaturas, um ponto relevante, é a frequente variação de temperatura da água quente que passa pelo trocador de calor de casco, foi observado que ela ocorre pela demanda de consumo de energia do grupo-gerador, o qual, quando necessita de uma maior potência, gera maior calor e vice-versa.

Percebeu-se também, a pouca influência da variação de temperatura da água quente sobre a temperatura de saída do dejetos, um dos fatores determinantes foi a quantidade de fluxo de dejetos que passa pela seção do tubo do trocador de calor, que hoje é desconhecida, pela grande variação que possui durante o dia.

Voltado para pergunta do problema, as equações usadas para o dimensionamento de trocadores de calor garantem sim a temperatura ideal para proliferação dos micro-organismos, porém, deve-se ter o conhecimento dos parâmetros do sistema, como a média do fluxo de vazão que passa pelo sistema para poder determinar o comprimento necessário para atingir a temperatura adequada.

Como sugestão para os próximos trabalhos, fazer a coleta de medidas de temperatura com diversos valores de vazão e que se mantenham uniformes durante um certo intervalo de tempo, com o objetivo de obter uma média de distribuição normal do fluxo de vazão dos dejetos dentro do trocador de calor.

## REFERÊNCIAS

- BERGMAN, T. L. et al. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 7ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- BRUNETI, F. **Mecânica dos fluidos**. 2.ed. São Paulo: Pearson, 2008.
- CASTANHO, D. S.; ARRUDA, H. J. **Biodigestores**. IN: VI Semana de Tecnologia em Alimentos. Anais. Ponta Grossa, 2008.
- ÇENGEL, Yunus A. **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática**. Tradução da 3ª Ed. Americana. São Paulo: McGraw-Hill, 2012.
- DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A.; **Biogas form waste and renewable resources**. Deggendorf: Federal Republic of Germany, ISBN 978-3-527-31841-4, 2008.
- FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V. (FNR).; **Guide to biogás from production use**. Gülzow, FNR, 2010.
- FERREIRA, Jandira.; **Produção de biogás e funcionamento de biodigestores no ensino de ciências**. Anais: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.
- JENDE, Oliver et al.; **Tecnologias de digestão anaeróbia com relevância para o Brasil: substratos, digestores e uso de biogás / Probiogás**. Brasília, DF : Ministério das Cidades, ISBN: 978-85-7958-039-0, 2015.
- LINS, L. P. et al.; **Composição média do biogás de diferentes tipos de biomassa**. Rio de Janeiro, RJ: IV Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, 2016
- OLIVEIRA, R. D.; **Geração de energia elétrica a partir do biogás pela fermentação anaeróbica de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado carbono**. São Carlos. TFC, 2009.
- RIZZONI, L. B. et al.; **Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos suínos**. Alfenas, MG: Revista científica eletrônica de medicina veterinária – ISSN: 1679-7353, 2012.
- SHUBEITA, F. M. et al.; **Um estudo sobre monitoramento de controle de biodigestores de pequena escala**. Porto Alegre: PUCRS, 2014.
- SILVA, W. B.; **Dimensionamento de um trocador de calor para aproveitamento de energia térmica proveniente de um grupo gerador a biogás: uma aplicação na Granja de suinocultura Colombari**. Anais: Universidade Estadual do Paraná – Unioeste. Foz do Iguaçu, 2013.
- SOARES, R. C.; SILVA. R. C. M.; **Evolução histórica do uso do biogás como combustível**. Cuiabá, MT: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, 2010.

### ANEXO A – AMOSTRAGEM DE DADOS COLETADOS 02/11/2017

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	08:00:08	21	39	46	23
02/11/2017	08:01:09	21	39	46	23
02/11/2017	08:02:09	21	39	46	23
02/11/2017	08:03:10	21	39	47	23
02/11/2017	08:04:11	21	39	46	23
02/11/2017	08:05:12	21	39	46	23
02/11/2017	08:06:12	21	39	46	23
02/11/2017	08:07:13	21	39	45	23
02/11/2017	08:08:14	20	39	45	23
02/11/2017	08:09:15	20	39	45	23
02/11/2017	08:10:16	20	39	45	23
02/11/2017	08:11:16	21	39	45	23
02/11/2017	08:12:17	21	39	46	23
02/11/2017	08:13:18	21	39	46	22
02/11/2017	08:14:18	21	38	46	21
02/11/2017	08:15:19	21	38	46	21
02/11/2017	08:16:20	21	38	46	21
02/11/2017	08:17:21	21	38	46	21
02/11/2017	08:18:21	21	38	46	21
02/11/2017	08:19:22	21	37	46	21
02/11/2017	08:20:22	21	37	46	21
02/11/2017	08:21:23	21	36	46	21
02/11/2017	08:22:24	21	36	46	21
02/11/2017	08:23:25	21	36	46	21
02/11/2017	08:24:25	20	36	46	22
02/11/2017	08:25:26	20	36	46	23
02/11/2017	08:26:27	21	36	46	23
02/11/2017	08:27:27	21	36	46	23
02/11/2017	08:28:28	21	37	46	23
02/11/2017	08:29:29	21	37	46	23
02/11/2017	08:30:30	21	37	46	23
02/11/2017	08:31:30	20	38	46	23
02/11/2017	08:32:30	20	38	46	23
02/11/2017	08:33:31	20	38	46	23
02/11/2017	08:34:32	20	38	46	23
02/11/2017	08:35:32	20	39	46	23
02/11/2017	08:36:33	20	39	46	23
02/11/2017	08:37:34	20	39	46	23
02/11/2017	08:38:35	20	39	46	23
02/11/2017	08:39:36	20	39	46	23
02/11/2017	08:40:36	20	39	46	23
02/11/2017	08:41:37	20	39	46	23
02/11/2017	08:42:38	20	39	46	23



<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	08:43:39	20	39	46	23
02/11/2017	08:44:39	20	39	46	23
02/11/2017	08:45:40	20	39	46	23
02/11/2017	08:46:41	20	39	47	23
02/11/2017	08:47:41	20	40	47	23
02/11/2017	08:48:42	20	40	47	23
02/11/2017	08:49:43	20	40	47	23
02/11/2017	08:50:43	20	40	47	23
02/11/2017	08:51:44	20	41	47	23
02/11/2017	08:52:45	21	41	47	23
02/11/2017	08:53:46	21	41	47	23
02/11/2017	08:54:46	21	41	47	24
02/11/2017	08:55:48	21	41	47	24
02/11/2017	08:56:49	21	41	47	24
02/11/2017	08:57:50	21	41	48	24
02/11/2017	08:58:50	21	41	48	24
02/11/2017	08:59:51	21	41	48	24
02/11/2017	09:00:52	21	41	48	24
02/11/2017	09:01:53	21	42	49	24
02/11/2017	09:02:53	21	42	50	24
02/11/2017	09:03:54	21	42	49	24
02/11/2017	09:04:55	21	42	49	24
02/11/2017	09:05:55	21	42	50	24
02/11/2017	09:06:56	21	42	50	24
02/11/2017	09:07:56	21	42	49	24
02/11/2017	09:08:57	21	42	49	24
02/11/2017	09:09:57	21	42	50	23
02/11/2017	09:10:58	21	43	50	24
02/11/2017	09:11:59	21	43	50	24
02/11/2017	09:12:59	21	43	50	24
02/11/2017	09:14:00	21	43	50	24
02/11/2017	09:15:01	21	43	50	24
02/11/2017	09:16:02	21	43	50	24
02/11/2017	09:17:02	21	43	50	24
02/11/2017	09:18:03	21	43	50	24
02/11/2017	09:19:04	21	43	50	24
02/11/2017	09:20:05	21	43	50	24
02/11/2017	09:21:06	21	43	50	24
02/11/2017	09:22:07	21	43	50	24
02/11/2017	09:23:07	21	43	50	24
02/11/2017	09:24:08	21	43	50	24
02/11/2017	09:25:09	21	43	50	24
02/11/2017	09:26:10	21	43	50	24
02/11/2017	09:27:10	21	43	50	24
02/11/2017	09:28:11	21	43	50	24
02/11/2017	09:29:12	21	43	50	24

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	09:30:13	21	43	50	24
02/11/2017	09:31:13	21	43	50	24
02/11/2017	09:32:15	21	43	50	24
02/11/2017	09:33:16	21	43	50	24
02/11/2017	09:34:16	21	44	50	24
02/11/2017	09:35:17	21	44	50	24
02/11/2017	09:36:18	21	44	50	24
02/11/2017	09:37:19	21	44	50	24
02/11/2017	09:38:20	21	44	50	24
02/11/2017	09:39:20	21	44	50	24
02/11/2017	09:40:20	21	44	49	24
02/11/2017	09:41:21	21	44	49	24
02/11/2017	09:42:22	21	44	49	24
02/11/2017	09:43:22	21	44	50	24
02/11/2017	09:44:23	21	44	50	24
02/11/2017	09:45:23	21	44	49	24
02/11/2017	09:46:24	21	43	49	24
02/11/2017	09:47:26	21	44	49	24
02/11/2017	09:48:26	21	43	49	25
02/11/2017	09:49:27	21	44	49	25
02/11/2017	09:50:28	21	44	49	25
02/11/2017	09:51:29	21	44	49	24
02/11/2017	09:52:29	21	44	49	24
02/11/2017	09:53:30	21	44	49	24
02/11/2017	09:54:31	21	43	49	24
02/11/2017	09:55:32	21	43	49	24
02/11/2017	09:56:33	21	43	50	24
02/11/2017	09:57:34	21	43	50	23
02/11/2017	09:58:34	21	43	50	23
02/11/2017	09:59:34	21	43	50	23
02/11/2017	10:00:35	21	43	50	23
02/11/2017	10:01:35	21	43	50	23
02/11/2017	10:02:36	21	43	51	23
02/11/2017	10:03:37	21	43	51	23
02/11/2017	10:04:37	21	43	51	23
02/11/2017	10:05:38	21	43	51	23
02/11/2017	10:06:39	21	43	51	23
02/11/2017	10:07:40	21	43	51	23
02/11/2017	10:08:40	21	43	51	23
02/11/2017	10:09:41	21	43	52	23
02/11/2017	10:10:42	21	43	52	23
02/11/2017	10:11:42	21	43	52	23
02/11/2017	10:12:42	21	43	52	23
02/11/2017	10:13:42	21	43	52	23
02/11/2017	10:14:43	21	43	52	23
02/11/2017	10:15:44	21	43	53	23

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	10:16:44	21	43	53	23
02/11/2017	10:17:45	21	43	53	23
02/11/2017	10:18:46	21	43	53	23
02/11/2017	10:19:46	21	43	53	23
02/11/2017	10:20:47	21	43	53	23
02/11/2017	10:21:48	21	44	53	23
02/11/2017	10:22:48	21	44	53	23
02/11/2017	10:23:49	21	44	52	23
02/11/2017	10:24:50	21	44	53	23
02/11/2017	10:25:51	21	44	53	23
02/11/2017	10:26:52	21	44	53	23
02/11/2017	10:27:52	21	44	53	23
02/11/2017	10:28:53	21	44	53	23
02/11/2017	10:29:54	21	44	53	23
02/11/2017	10:30:55	21	44	53	23
02/11/2017	10:31:55	21	44	52	23
02/11/2017	10:32:56	21	44	52	23
02/11/2017	10:33:57	21	44	52	24
02/11/2017	10:34:57	21	44	52	24
02/11/2017	10:35:58	21	44	52	24
02/11/2017	10:36:59	21	44	52	24
02/11/2017	10:38:00	21	44	52	24
02/11/2017	10:39:00	21	44	52	24
02/11/2017	10:40:01	21	44	52	23
02/11/2017	10:41:02	21	44	52	23
02/11/2017	10:42:02	21	44	51	23
02/11/2017	10:43:03	21	45	51	23
02/11/2017	10:44:04	21	44	51	23
02/11/2017	10:45:05	21	44	51	23
02/11/2017	10:46:05	21	44	51	23
02/11/2017	10:47:06	21	44	51	23
02/11/2017	10:48:07	21	44	51	23
02/11/2017	10:49:08	21	44	52	23
02/11/2017	10:50:08	21	44	52	23
02/11/2017	10:51:09	21	44	52	23
02/11/2017	10:52:09	21	44	53	23
02/11/2017	10:53:10	21	44	52	23
02/11/2017	10:54:11	21	44	52	23
02/11/2017	10:55:12	21	44	52	23
02/11/2017	10:56:13	21	44	52	23
02/11/2017	10:57:13	21	44	52	23
02/11/2017	10:58:14	21	44	52	23
02/11/2017	10:59:15	21	44	52	23
02/11/2017	11:00:16	21	44	52	23
02/11/2017	11:01:16	21	44	50	23
02/11/2017	11:02:17	21	44	50	24

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	11:03:18	21	44	50	24
02/11/2017	11:04:18	21	44	50	24
02/11/2017	11:05:19	21	44	49	24
02/11/2017	11:06:20	21	44	50	24
02/11/2017	11:07:21	21	44	50	25
02/11/2017	11:08:21	21	44	50	25
02/11/2017	11:09:22	21	44	50	25
02/11/2017	11:10:23	21	44	49	25
02/11/2017	11:11:23	21	44	49	25
02/11/2017	11:12:24	21	44	49	25
02/11/2017	11:13:25	21	45	49	25
02/11/2017	11:14:26	21	45	49	25
02/11/2017	11:15:27	21	45	49	25
02/11/2017	11:16:28	21	45	49	25
02/11/2017	11:17:28	21	45	49	25
02/11/2017	11:18:29	21	45	49	25
02/11/2017	11:19:30	21	44	49	25
02/11/2017	11:20:31	21	44	48	25
02/11/2017	11:21:31	22	44	48	25
02/11/2017	11:22:32	22	44	48	25
02/11/2017	11:23:33	22	44	48	25
02/11/2017	11:24:33	21	44	48	25
02/11/2017	11:25:34	21	44	48	25
02/11/2017	11:26:35	21	44	48	25
02/11/2017	11:27:36	21	44	48	25
02/11/2017	11:28:37	21	44	48	25
02/11/2017	11:29:38	21	44	48	25
02/11/2017	11:30:38	21	44	48	25
02/11/2017	11:31:39	21	44	48	25
02/11/2017	11:32:40	21	44	48	25
02/11/2017	11:33:40	21	44	48	25
02/11/2017	11:34:41	22	44	47	25
02/11/2017	11:35:41	22	44	47	25
02/11/2017	11:36:42	22	44	47	25
02/11/2017	11:37:43	22	44	47	25
02/11/2017	11:38:44	22	44	47	25
02/11/2017	11:39:45	21	44	47	25
02/11/2017	11:40:45	21	44	47	25
02/11/2017	11:41:46	21	44	47	25
02/11/2017	11:42:47	21	44	47	25
02/11/2017	11:43:47	21	43	47	25
02/11/2017	11:44:48	21	43	47	25
02/11/2017	11:45:49	21	43	48	25
02/11/2017	11:46:49	21	43	48	25
02/11/2017	11:47:50	21	43	48	25
02/11/2017	11:48:51	21	43	48	25

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	11:49:51	22	43	48	25
02/11/2017	11:50:52	22	44	48	25
02/11/2017	11:51:53	22	44	47	25
02/11/2017	11:52:54	22	44	48	25
02/11/2017	11:53:54	22	44	48	25
02/11/2017	11:54:55	22	44	48	25
02/11/2017	11:55:56	22	44	47	25
02/11/2017	11:56:57	22	44	47	25
02/11/2017	11:57:57	22	44	47	25
02/11/2017	11:58:58	22	44	47	25
02/11/2017	11:59:59	22	44	47	25
02/11/2017	12:01:00	22	44	47	25
02/11/2017	12:02:00	22	44	47	25
02/11/2017	12:03:01	22	44	47	25
02/11/2017	12:04:02	22	44	47	25
02/11/2017	12:05:03	22	44	47	25
02/11/2017	12:06:03	22	44	47	25
02/11/2017	12:07:04	22	44	47	25
02/11/2017	12:08:05	22	44	47	25
02/11/2017	12:09:05	22	44	47	25
02/11/2017	12:10:06	22	44	46	25
02/11/2017	12:11:07	22	44	46	25
02/11/2017	12:12:08	22	44	46	25
02/11/2017	12:13:08	22	44	46	25
02/11/2017	12:14:09	22	44	46	25
02/11/2017	12:15:09	22	43	46	25
02/11/2017	12:16:10	22	43	46	25
02/11/2017	12:17:11	22	43	46	25
02/11/2017	12:18:12	22	43	46	25
02/11/2017	12:19:12	22	43	46	25
02/11/2017	12:20:13	22	43	46	25
02/11/2017	12:21:14	22	43	46	25
02/11/2017	12:22:15	22	43	46	25
02/11/2017	12:23:15	22	43	46	25
02/11/2017	12:24:16	22	43	46	25
02/11/2017	12:25:17	22	43	46	25
02/11/2017	12:26:17	22	43	46	25
02/11/2017	12:27:18	22	43	46	25
02/11/2017	12:28:19	22	43	46	25
02/11/2017	12:29:19	22	43	46	25
02/11/2017	12:30:20	22	43	46	25
02/11/2017	12:31:21	22	43	46	25
02/11/2017	12:32:22	22	43	46	25
02/11/2017	12:33:22	22	43	46	25
02/11/2017	12:34:23	22	43	46	25
02/11/2017	12:35:24	22	43	46	25

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	12:36:24	22	43	46	25
02/11/2017	12:37:25	22	43	46	25
02/11/2017	12:38:26	22	43	46	25
02/11/2017	12:39:27	22	43	46	25
02/11/2017	12:40:28	22	43	46	25
02/11/2017	12:41:28	22	43	46	25
02/11/2017	12:42:29	22	43	46	25
02/11/2017	12:43:30	22	43	45	25
02/11/2017	12:44:30	22	43	45	25
02/11/2017	12:45:32	22	43	46	25
02/11/2017	12:46:33	22	43	46	25
02/11/2017	12:47:34	22	43	46	25
02/11/2017	12:48:35	22	43	46	25
02/11/2017	12:49:35	22	43	46	25
02/11/2017	12:50:36	22	43	46	25
02/11/2017	12:51:37	22	43	46	25
02/11/2017	12:52:37	22	43	46	25
02/11/2017	12:53:38	22	43	46	25
02/11/2017	12:54:38	22	43	46	25
02/11/2017	12:55:39	22	43	46	25
02/11/2017	12:56:40	22	43	46	25
02/11/2017	12:57:41	22	43	46	25
02/11/2017	12:58:41	22	43	46	25
02/11/2017	12:59:42	22	43	46	25
02/11/2017	13:00:43	22	43	46	25
02/11/2017	13:01:43	22	43	46	25
02/11/2017	13:02:44	22	43	46	25
02/11/2017	13:03:45	22	43	47	25
02/11/2017	13:04:45	22	43	47	25
02/11/2017	13:05:46	22	43	47	25
02/11/2017	13:06:47	22	44	47	25
02/11/2017	13:07:47	22	43	47	25
02/11/2017	13:08:48	22	43	47	25
02/11/2017	13:09:49	22	43	47	25
02/11/2017	13:10:50	22	44	48	25
02/11/2017	13:11:51	22	44	48	25
02/11/2017	13:12:51	22	44	48	25
02/11/2017	13:13:52	22	44	47	25
02/11/2017	13:14:53	22	44	47	25
02/11/2017	13:15:53	22	44	47	25
02/11/2017	13:16:54	22	44	47	25
02/11/2017	13:17:55	22	44	47	25
02/11/2017	13:18:55	22	44	47	25
02/11/2017	13:19:56	22	44	47	25
02/11/2017	13:20:56	22	44	47	25
02/11/2017	13:21:57	22	44	47	25

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	13:22:58	22	44	47	25
02/11/2017	13:23:59	22	44	47	25
02/11/2017	13:25:00	22	44	47	25
02/11/2017	13:26:00	22	44	47	25
02/11/2017	13:27:01	22	44	47	25
02/11/2017	13:28:02	22	44	47	25
02/11/2017	13:29:02	22	44	47	25
02/11/2017	13:30:03	22	44	47	25
02/11/2017	13:31:04	22	44	47	26
02/11/2017	13:32:05	22	44	47	26
02/11/2017	13:33:05	22	44	48	26
02/11/2017	13:34:06	22	44	48	25
02/11/2017	13:35:07	22	44	48	25
02/11/2017	13:36:08	23	44	48	25
02/11/2017	13:37:09	23	44	48	26
02/11/2017	13:38:09	23	44	48	26
02/11/2017	13:39:10	23	44	48	25
02/11/2017	13:40:11	23	44	48	25
02/11/2017	13:41:12	23	44	49	25
02/11/2017	13:42:12	23	44	49	25
02/11/2017	13:43:13	23	45	49	25
02/11/2017	13:44:14	23	45	49	24
02/11/2017	13:45:14	22	45	49	24
02/11/2017	13:46:15	22	45	49	24
02/11/2017	13:47:16	22	45	49	24
02/11/2017	13:48:16	22	45	49	24
02/11/2017	13:49:17	22	45	49	24
02/11/2017	13:50:18	22	44	50	24
02/11/2017	13:51:18	22	44	50	24
02/11/2017	13:52:19	22	44	50	24
02/11/2017	13:53:20	22	44	50	24
02/11/2017	13:54:21	22	44	50	24
02/11/2017	13:55:21	22	44	50	24
02/11/2017	13:56:22	22	44	50	24
02/11/2017	13:57:23	22	44	51	24
02/11/2017	13:58:23	22	44	51	24
02/11/2017	13:59:24	22	44	51	24
02/11/2017	14:00:25	22	44	51	24
02/11/2017	14:01:26	22	44	51	24
02/11/2017	14:02:27	22	44	51	24
02/11/2017	14:03:27	22	44	51	24
02/11/2017	14:04:28	22	44	51	24
02/11/2017	14:05:29	22	45	51	24
02/11/2017	14:06:30	22	45	51	24
02/11/2017	14:07:30	22	44	51	24
02/11/2017	14:08:31	22	44	51	24

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	14:09:32	22	44	51	24
02/11/2017	14:10:32	22	44	51	24
02/11/2017	14:11:33	22	45	51	24
02/11/2017	14:12:34	22	45	51	24
02/11/2017	14:13:35	22	45	51	24
02/11/2017	14:14:35	22	45	51	24
02/11/2017	14:15:36	22	45	51	24
02/11/2017	14:16:37	22	45	51	24
02/11/2017	14:17:38	22	45	51	24
02/11/2017	14:18:38	22	45	51	24
02/11/2017	14:19:39	22	45	51	24
02/11/2017	14:20:40	22	45	51	24
02/11/2017	14:21:40	22	45	51	24
02/11/2017	14:22:41	22	45	51	24
02/11/2017	14:23:42	22	45	51	24
02/11/2017	14:24:43	22	45	51	24
02/11/2017	14:25:44	22	45	51	24
02/11/2017	14:26:45	22	45	51	24
02/11/2017	14:27:45	22	45	51	24
02/11/2017	14:28:46	22	45	51	24
02/11/2017	14:29:47	22	45	51	24
02/11/2017	14:30:47	22	45	51	24
02/11/2017	14:31:48	22	45	50	24
02/11/2017	14:32:49	22	45	50	25
02/11/2017	14:33:49	22	45	50	25
02/11/2017	14:34:50	22	45	50	25
02/11/2017	14:35:51	22	45	50	24
02/11/2017	14:36:52	22	45	50	25
02/11/2017	14:37:53	22	45	50	25
02/11/2017	14:38:54	22	45	50	25
02/11/2017	14:39:54	23	45	50	25
02/11/2017	14:40:55	23	45	50	25
02/11/2017	14:41:56	23	45	50	25
02/11/2017	14:42:56	22	45	50	25
02/11/2017	14:43:57	22	45	49	25
02/11/2017	14:44:58	22	45	49	25
02/11/2017	14:45:59	23	45	49	25
02/11/2017	14:47:00	23	45	49	26
02/11/2017	14:48:00	23	45	49	26
02/11/2017	14:49:01	23	45	49	26
02/11/2017	14:50:02	23	45	49	26
02/11/2017	14:51:02	23	45	49	26
02/11/2017	14:52:03	23	45	49	26
02/11/2017	14:53:04	23	45	49	26
02/11/2017	14:54:05	23	45	50	26
02/11/2017	14:55:05	23	45	49	26



<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	14:56:06	23	46	50	26
02/11/2017	14:57:07	23	46	50	26
02/11/2017	14:58:08	23	46	50	26
02/11/2017	14:59:08	23	46	50	26
02/11/2017	15:00:09	23	46	50	26
02/11/2017	15:01:10	23	46	50	26
02/11/2017	15:02:11	23	46	50	26
02/11/2017	15:03:12	23	46	49	26
02/11/2017	15:04:12	23	46	49	26
02/11/2017	15:05:13	23	46	49	26
02/11/2017	15:06:14	23	46	49	26
02/11/2017	15:07:14	23	46	49	26
02/11/2017	15:08:15	23	46	49	26
02/11/2017	15:09:16	23	45	50	26
02/11/2017	15:10:17	23	45	50	26
02/11/2017	15:11:17	23	45	50	26
02/11/2017	15:12:18	23	45	50	26
02/11/2017	15:13:19	23	45	50	26
02/11/2017	15:14:20	23	46	50	26
02/11/2017	15:15:21	23	46	50	26
02/11/2017	15:16:22	23	46	50	26
02/11/2017	15:17:23	23	46	50	26
02/11/2017	15:18:24	23	46	50	25
02/11/2017	15:19:24	23	46	50	25
02/11/2017	15:20:25	22	46	50	25
02/11/2017	15:21:26	22	46	50	25
02/11/2017	15:22:27	22	46	50	25
02/11/2017	15:23:28	22	46	50	25
02/11/2017	15:24:28	23	46	50	25
02/11/2017	15:25:29	22	46	50	24
02/11/2017	15:26:30	22	45	50	23
02/11/2017	15:27:31	22	44	50	23
02/11/2017	15:28:32	22	44	50	23
02/11/2017	15:29:32	22	44	50	23
02/11/2017	15:30:33	23	44	50	24
02/11/2017	15:31:34	23	43	50	24
02/11/2017	15:32:35	23	43	50	24
02/11/2017	15:33:36	23	43	50	24
02/11/2017	15:34:36	23	43	50	24
02/11/2017	15:35:37	23	44	50	24
02/11/2017	15:36:38	23	44	50	24
02/11/2017	15:37:39	23	44	50	24
02/11/2017	15:38:39	23	44	50	24
02/11/2017	15:39:40	22	45	51	24
02/11/2017	15:40:41	22	44	50	24
02/11/2017	15:41:41	22	44	52	24

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	15:42:42	23	44	52	24
02/11/2017	15:43:43	23	44	52	24
02/11/2017	15:44:44	22	43	60	24
02/11/2017	15:45:44	22	43	61	24
02/11/2017	15:46:45	22	43	63	24
02/11/2017	15:47:46	22	43	58	24
02/11/2017	15:48:46	22	43	61	24
02/11/2017	15:49:47	22	43	59	24
02/11/2017	15:50:48	23	43	66	24
02/11/2017	15:51:49	22	43	66	24
02/11/2017	15:52:50	23	43	62	25
02/11/2017	15:53:51	22	43	60	24
02/11/2017	15:54:51	22	45	52	24
02/11/2017	15:55:52	22	45	49	24
02/11/2017	15:56:52	23	45	49	25
02/11/2017	15:57:53	23	45	49	25
02/11/2017	15:58:54	22	45	49	24
02/11/2017	15:59:55	23	45	49	24
02/11/2017	16:00:55	23	45	49	24
02/11/2017	16:01:56	23	44	49	25
02/11/2017	16:02:57	23	44	49	25
02/11/2017	16:03:58	23	44	49	24
02/11/2017	16:04:58	23	44	50	24
02/11/2017	16:05:59	23	44	50	25
02/11/2017	16:07:00	23	44	50	24
02/11/2017	16:08:00	23	44	51	24
02/11/2017	16:09:01	23	44	51	24
02/11/2017	16:10:01	23	44	52	24
02/11/2017	16:11:02	23	44	52	24
02/11/2017	16:12:03	23	44	52	24
02/11/2017	16:13:03	23	44	52	24
02/11/2017	16:14:04	23	44	52	24
02/11/2017	16:15:05	23	45	52	24
02/11/2017	16:16:05	23	45	52	25
02/11/2017	16:17:06	23	45	52	24
02/11/2017	16:18:07	23	45	52	24
02/11/2017	16:19:08	23	45	52	24
02/11/2017	16:20:09	23	45	52	24
02/11/2017	16:21:10	23	45	52	25
02/11/2017	16:22:10	23	45	52	24
02/11/2017	16:23:11	23	45	52	24
02/11/2017	16:24:11	23	45	52	24
02/11/2017	16:25:12	23	45	52	24
02/11/2017	16:26:12	23	45	52	24
02/11/2017	16:27:13	23	45	52	24
02/11/2017	16:28:13	23	44	52	24

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	16:29:14	23	45	52	24
02/11/2017	16:30:15	23	45	52	24
02/11/2017	16:31:16	23	45	52	24
02/11/2017	16:32:16	23	45	52	24
02/11/2017	16:33:17	23	45	52	24
02/11/2017	16:34:18	23	45	52	24
02/11/2017	16:35:18	23	45	52	24
02/11/2017	16:36:19	23	44	52	24
02/11/2017	16:37:20	23	44	52	24
02/11/2017	16:38:20	23	45	52	25
02/11/2017	16:39:21	23	45	52	24
02/11/2017	16:40:22	23	45	52	24
02/11/2017	16:41:22	23	45	52	24
02/11/2017	16:42:23	23	45	51	24
02/11/2017	16:43:24	23	45	51	24
02/11/2017	16:44:25	23	45	51	24
02/11/2017	16:45:25	23	45	51	24
02/11/2017	16:46:26	23	45	51	24
02/11/2017	16:47:27	23	45	51	24
02/11/2017	16:48:27	23	44	50	24
02/11/2017	16:49:28	23	44	50	24
02/11/2017	16:50:29	22	44	50	24
02/11/2017	16:51:29	22	44	50	24
02/11/2017	16:52:30	22	44	50	24
02/11/2017	16:53:31	23	44	50	24
02/11/2017	16:54:32	23	44	50	24
02/11/2017	16:55:32	23	44	50	25
02/11/2017	16:56:33	23	44	50	25
02/11/2017	16:57:34	23	44	49	25
02/11/2017	16:58:34	23	44	49	25
02/11/2017	16:59:35	23	44	49	25
02/11/2017	17:00:36	23	44	49	25
02/11/2017	17:01:36	23	44	49	25
02/11/2017	17:02:37	23	44	49	24
02/11/2017	17:03:38	23	44	49	24
02/11/2017	17:04:39	23	44	49	24
02/11/2017	17:05:39	23	44	49	25
02/11/2017	17:06:40	23	44	49	25
02/11/2017	17:07:41	23	44	49	25
02/11/2017	17:08:41	23	44	49	25
02/11/2017	17:09:42	23	44	49	25
02/11/2017	17:10:43	23	44	49	25
02/11/2017	17:11:44	23	44	48	26
02/11/2017	17:12:45	23	44	48	26
02/11/2017	17:13:45	23	44	48	25
02/11/2017	17:14:46	23	44	48	25

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	17:15:47	23	44	48	25
02/11/2017	17:16:47	23	44	48	25
02/11/2017	17:17:48	23	44	48	25
02/11/2017	17:18:49	23	44	48	25
02/11/2017	17:19:49	23	44	48	25
02/11/2017	17:20:50	23	44	48	25
02/11/2017	17:21:51	23	44	48	25
02/11/2017	17:22:52	23	44	48	24
02/11/2017	17:23:52	22	44	48	24
02/11/2017	17:24:53	22	44	48	24
02/11/2017	17:25:54	22	44	48	24
02/11/2017	17:26:54	23	44	48	24
02/11/2017	17:27:55	23	43	48	24
02/11/2017	17:28:56	23	43	48	24
02/11/2017	17:29:57	23	43	48	25
02/11/2017	17:30:57	23	43	48	25
02/11/2017	17:31:58	23	43	48	25
02/11/2017	17:32:59	23	43	48	24
02/11/2017	17:34:00	22	43	48	24
02/11/2017	17:35:00	22	43	48	24
02/11/2017	17:36:01	22	43	48	24
02/11/2017	17:37:02	22	43	48	24
02/11/2017	17:38:02	22	43	48	24
02/11/2017	17:39:03	22	43	48	24
02/11/2017	17:40:04	23	43	48	25
02/11/2017	17:41:04	23	43	47	25
02/11/2017	17:42:05	23	42	47	25
02/11/2017	17:43:06	23	42	48	25
02/11/2017	17:44:07	23	42	48	25
02/11/2017	17:45:07	23	42	48	25
02/11/2017	17:46:08	23	42	48	25
02/11/2017	17:47:09	23	42	48	26
02/11/2017	17:48:10	23	42	47	25
02/11/2017	17:49:10	23	42	47	25
02/11/2017	17:50:11	23	43	47	26
02/11/2017	17:51:12	23	43	47	26
02/11/2017	17:52:12	23	43	47	26
02/11/2017	17:53:13	23	43	47	25
02/11/2017	17:54:14	23	43	47	25
02/11/2017	17:55:15	23	43	47	25
02/11/2017	17:56:15	23	43	47	25
02/11/2017	17:57:16	23	43	47	25
02/11/2017	17:58:17	23	43	47	25
02/11/2017	17:59:17	23	43	47	25
02/11/2017	18:00:18	23	43	47	25
02/11/2017	18:01:18	23	43	47	25

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	18:02:19	23	42	47	26
02/11/2017	18:03:20	23	42	47	26
02/11/2017	18:04:21	23	42	47	26
02/11/2017	18:05:21	23	42	47	25
02/11/2017	18:06:22	23	42	47	25
02/11/2017	18:07:23	23	42	47	25
02/11/2017	18:08:23	23	42	46	26
02/11/2017	18:09:24	23	42	46	26
02/11/2017	18:10:25	23	42	46	26
02/11/2017	18:11:26	23	42	47	25
02/11/2017	18:12:27	23	42	47	25
02/11/2017	18:13:27	23	42	47	26
02/11/2017	18:14:28	23	42	47	26
02/11/2017	18:15:29	23	42	46	26
02/11/2017	18:16:29	23	42	46	26
02/11/2017	18:17:30	23	42	46	26
02/11/2017	18:18:31	23	42	46	26
02/11/2017	18:19:31	23	42	46	26
02/11/2017	18:20:32	23	42	46	26
02/11/2017	18:21:32	23	41	46	26
02/11/2017	18:22:33	23	41	46	26
02/11/2017	18:23:34	23	41	46	26
02/11/2017	18:24:34	23	41	46	26
02/11/2017	18:25:35	23	41	46	26
02/11/2017	18:26:36	23	41	46	26
02/11/2017	18:27:36	23	41	46	25
02/11/2017	18:28:37	23	41	46	25
02/11/2017	18:29:38	23	41	46	25
02/11/2017	18:30:39	23	41	46	26
02/11/2017	18:31:39	23	41	46	25
02/11/2017	18:32:40	23	41	46	26
02/11/2017	18:33:41	23	41	46	26
02/11/2017	18:34:41	23	41	46	26
02/11/2017	18:35:42	23	41	46	26
02/11/2017	18:36:43	23	41	46	26
02/11/2017	18:37:43	23	41	46	26
02/11/2017	18:38:44	23	41	45	26
02/11/2017	18:39:45	22	41	45	25
02/11/2017	18:40:45	23	41	45	25
02/11/2017	18:41:45	23	41	45	25
02/11/2017	18:42:46	23	41	45	26
02/11/2017	18:43:47	23	41	45	26
02/11/2017	18:44:47	23	41	45	26
02/11/2017	18:45:48	23	41	45	26
02/11/2017	18:46:49	23	41	45	26
02/11/2017	18:47:50	23	41	45	26

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	18:48:50	23	41	46	26
02/11/2017	18:49:51	23	41	46	26
02/11/2017	18:50:52	23	41	46	26
02/11/2017	18:51:53	23	41	46	26
02/11/2017	18:52:53	23	41	45	26
02/11/2017	18:53:54	23	41	45	26
02/11/2017	18:54:55	23	41	45	26
02/11/2017	18:55:56	23	41	46	26
02/11/2017	18:56:57	23	41	46	26
02/11/2017	18:57:57	23	41	46	26
02/11/2017	18:58:59	23	41	46	26
02/11/2017	19:00:00	23	41	46	25
02/11/2017	19:01:01	23	41	45	25
02/11/2017	19:02:03	23	41	45	25
02/11/2017	19:03:03	23	41	45	25
02/11/2017	19:04:04	23	41	45	25
02/11/2017	19:05:05	23	41	46	25
02/11/2017	19:06:06	23	41	46	26
02/11/2017	19:07:06	23	41	46	26
02/11/2017	19:08:07	23	41	46	26
02/11/2017	19:09:08	23	41	46	26
02/11/2017	19:10:09	23	41	47	26
02/11/2017	19:11:09	23	41	47	26
02/11/2017	19:12:10	23	41	47	26
02/11/2017	19:13:10	23	41	47	26
02/11/2017	19:14:11	23	41	47	26
02/11/2017	19:15:12	23	41	47	26
02/11/2017	19:16:12	23	41	47	26
02/11/2017	19:17:13	23	41	47	26
02/11/2017	19:18:14	23	41	47	26
02/11/2017	19:19:14	23	41	47	26
02/11/2017	19:20:15	23	41	47	26
02/11/2017	19:21:16	23	41	47	26
02/11/2017	19:22:16	23	41	48	26
02/11/2017	19:23:17	23	42	48	26
02/11/2017	19:24:17	23	42	47	26
02/11/2017	19:25:18	23	42	47	26
02/11/2017	19:26:19	23	42	47	26
02/11/2017	19:27:20	23	42	47	26
02/11/2017	19:28:21	23	42	48	26
02/11/2017	19:29:22	23	42	48	26
02/11/2017	19:30:22	22	42	48	26
02/11/2017	19:31:23	22	42	49	26
02/11/2017	19:32:24	23	42	49	26
02/11/2017	19:33:25	23	42	48	26
02/11/2017	19:34:25	23	42	48	26

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp, 1</b>	<b>Temp, 2</b>	<b>Temp, 3</b>	<b>Temp, 4</b>
02/11/2017	19:35:26	23	42	49	26
02/11/2017	19:36:27	23	42	49	26
02/11/2017	19:37:27	23	42	50	26
02/11/2017	19:38:28	23	42	50	26
02/11/2017	19:39:29	23	42	50	26
02/11/2017	19:40:30	23	42	50	26
02/11/2017	19:41:31	23	42	50	26
02/11/2017	19:42:31	23	42	50	26
02/11/2017	19:43:32	23	43	50	26
02/11/2017	19:44:33	23	43	50	28
02/11/2017	19:45:34	23	43	50	29
02/11/2017	19:46:34	23	43	50	30
02/11/2017	19:47:35	23	43	50	27
02/11/2017	19:48:36	23	43	50	26
02/11/2017	19:49:36	23	43	50	26
02/11/2017	19:50:37	23	44	50	26
02/11/2017	19:51:38	23	44	49	26
02/11/2017	19:52:39	23	44	49	26
02/11/2017	19:53:40	23	44	49	26
02/11/2017	19:54:40	23	44	49	26
02/11/2017	19:55:41	23	43	49	26
02/11/2017	19:56:42	22	43	49	26
02/11/2017	19:57:42	22	43	49	26
02/11/2017	19:58:43	22	43	49	26
02/11/2017	19:59:43	22	43	49	26