

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
APLICADA AOS PROCESSOS PRODUTIVOS

Luciano Zanotto

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA NO USO DO BIOGÁS NO
PROCESSO DE CHAMUSCAGEM DE SUÍNOS**

Camargo, RS
2017

Luciano Zanotto

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA NO USO DO BIOGÁS NO PROCESSO
DE CHAMUSCAGEM DE SUÍNOS**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos.**

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Hoffmann
Co-orientadora: Prof. Dra. Giane de Campos Grigoletti

Camargo, RS
2017

Luciano Zanotto

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA NO USO DO BIOGÁS NO PROCESSO
DE CHAMUSCAGEM DE SUÍNOS**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos.**

Aprovado em 29 de julho de 2017:

Prof.^a Giane de Campos Grigoletti, Dr.^a (UFSM)
(Presidente/Co-orientador)

Prof. Carlos Roberto Cauduro, Dr. (UFSM)

Prof. Alexandre Aparecido Buenos, Dr. (UFSM)

Camargo, RS
2017

RESUMO

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA NO USO DO BIOGÁS NO PROCESSO DE CHAMUSCAGEM DE SUÍNOS

AUTORA: Luciano Zanotto

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ronaldo Hoffmann

CO-ORIENTADOR: Prof. Dra. Giane de Campos Grigoletti

Nas indústrias fabricantes de produtos manufaturados, as mudanças nas especificações dos produtos e processos são frequentes e podem oportunizar inovações e melhorias de qualidade, redução do custo dos equipamentos como também retorno financeiro ao cliente e ganhos ambientais a sociedade e ao planeta. O uso de biogás em ambientes frigoríficos como vantagens ao processo industrial, e o foco em eficiência energética aplicada ao processo produtivo vem ao encontro da transformação e em busca de soluções mais econômicas e benéficas ao meio ambiente. A pesquisa bibliográfica foi realizada com base em estudos de desenvolvimento de produtos e no uso de biogás em equipamento e processo industrial específico em frigoríficos. O presente estudo de caso propõe a utilização de biogás no processo de chamuscagem de suínos, trocando/alternando com o uso do componente gás de petróleo liquefeito (GLP) para o biogás. Este estudo também abordará a reengenharia do equipamento chamuscador automático de suínos. Este trabalho foi aplicado na empresa Sulmaq, fabricante de equipamento frigoríficos para a indústria da carne vermelha. Desta forma, concluiu-se com este estudo, que o uso de biogás no processo de chamuscagem é uma solução que vem em encontro com os benefícios da eficiência energética para ganhos como ambientais, econômicos e refletindo na satisfação do cliente e na qualidade dos produtos.

Palavras-chave: Uso do Biogás. Processo de Chamuscagem de Suínos. Frigoríficos de Suínos. Gerenciamento de Mudanças de Engenharia. Desenvolvimento de Produtos.

ABSTRACT

STUDY OF ECONOMICAL FEASIBILITY OF BIOGAS USE IN PIG'S SINGEING PROCESS

AUTHOR: LUCIANO ZANOTTO

ADVISOR: PROF. DR. RONALDO HOLLMANN

CO-ADVISOR: PROF. DRA. GIANE DE CAMPOS GRIGOLETTI

In the industry of manufactured products, changes in product specifications and processes are common and can create opportunities of innovations, product quality improvements, cost reduction and financial return to the customer, as well as gains for the environment and society. The use of biogas in slaughterhouses brings economic and environmental benefits to the production process - the focus on energy efficiency allows more economical solutions and also benefits to the environment. The literature research was conducted on the basis of product development studies and the use of biogas in slaughterhouses. This case study proposes the use of biogas in the process of singeing pigs, alternating the use of liquefied petroleum gas component (LPG) for biogas. This work was applied on SULMAQ company, a manufacturer of machinery and solutions for the red meat industry. The results of this study show that the use of biogas in the singeing process is a more assertive solution, resulting in environmental gains with the use of clean energy, and also economic gains being a solution with a cheaper consumables. These results reflect the quality of products and customer satisfaction.

Keywords: use of biogas. process of singeing pigs. Pig's slaughterhouses. Engineering Changing Management. Products' Research and Development..

SUMÁRIO

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 7 |
| 1.2 | Objetivo geral | 11 |
| 1.3 | Objetivos específicos | 11 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO..... | 12 |
| 2.1 | Biomassa..... | 14 |
| 2.2 | Digestão Anaeróbia | 15 |
| 2.3 | Biodigestor da unidade frigorífica..... | 16 |
| 2.4 | Formação biológica do Biogás | 18 |
| 2.5 | Delimitação dos dados frigoríficos para o processo estudado..... | 20 |
| 2.6 | Processo de chamuscagem com Biogás | 21 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 25 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 28 |
| 4.2 | Capacidade Real de Produção de Biogás | 31 |
| 4.3 | Necessidade Térmica do Fermentador da unidade | 32 |
| 4.4 | Dados gerais | 32 |
| 4.5 | Cálculo de pay back 1: Retorno do investimento inicial em um primeiro cenário. | 34 |
| 4.6 | Cálculo de pay back 2: Retorno do investimento inicial em um segundo cenário. | 35 |
| 4.7 | Cálculo de pay back 3: Retorno do investimento inicial em um terceiro cenário. | 37 |
| 5 | CONCLUSÃO..... | 39 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 41 |

1 INTRODUÇÃO

Nas indústrias frigoríficas, mais especifica de suínos, ocorre uma grande quantidade gerada de resíduos sólidos e efluentes líquidos, resíduos este abordados para o processo de geração de biogás.

Dentre os processos de tratamento dos resíduos sólidos e líquidos, encontra-se a digestão anaeróbia, onde grande parte do material orgânico biodegradável, que compõe o resíduo, será convertida em biogás. O biogás, por sua vez, possui componentes passíveis da aplicação do princípio das energias renováveis, visto o seu poder calorífico e possibilidade de substituição a uma fonte não renovável, como por exemplo, o gás liquefeito de petróleo (GLP) (CALDEREIRO, 2015).

O uso de biogás em ambientes frigoríficos traz vantagens não somente na substituição de energia renovável mas também na redução do impacto ambiental e retorno financeiro ao frigorífico quanto utilizado como consumível no processo industrial.

O presente estudo de caso propõe a utilização de biogás no processo de chamuscagem de suínos, trocando/alternando com o uso do componente gás de petróleo liquefeito (GLP) para o biogás.

O presente estudo de caso foi realizado em uma cooperativa frigorífica localizada no oeste do Paraná, na cidade de Medianeira, Unidade Frigorífica de Suínos (Figura 1), Nesta unidade a cooperativa abate atualmente 460 suínos/hora (6900 suínos/dia) e foi adquirida em 1979, com parceria técnica com a empresa Sulmaq Industrial e Comercial S.A, fundada em 1971. – Unidade Equipamentos e Serviços para a indústria da carne (Sulmaq Equipamentos), (Figura 2), a qual possui uma unidade fabril específica para fabricação de equipamentos em aço inox (Unidade Inox) (Figura 3). Ambas as unidades estão sediadas em Guaporé/RS.

Figura 1 – Unidade Frigorífica - Unidade de suínos localizada em Medianeira PR



Fonte: Banco de dados da empresa do estudo de caso (2015)

Figura 2 – SULMAQ - Unidade Equipamentos



Fonte: Banco de dados da empresa Sulmaq (2017)

Figura 3 – SULMAQ - Unidade Inox Sulmaq



Fonte: Banco de dados da empresa Sulmaq (2017)

A Sulmaq desenvolve projetos e produz equipamentos para linhas completas de abate, desossa e industrializados para processadores de suínos, bovinos e ovinos, com as seguintes capacidades.

- Abate e desossa de suínos: 30 a 1200 suínos/hora.
- Abate e desossa de bovinos: 20 a 360 bovinos/hora.
- Abate e desossa de ovinos: 60 a 500 ovinos/hora.

É importante ressaltar que o foco da empresa Sulmaq é se diferenciar dos seus concorrentes por não ser uma empresa fornecedora de equipamentos, mas sim uma empresa fornecedora de engenharia, sendo este um dos pilares que sustentam a sua atuação. Neste conceito, a empresa atua com uma linha de produção sob encomenda, sendo sua engenharia desenvolvedora de produtos especiais, inteiramente voltados às necessidades de cada cliente e com forte atuação em mais de 30 países.

Seguindo os conceitos de Costa (2012), uma engenharia sob encomenda se caracteriza pelo projeto do produto ser feito quase que totalmente baseado nas especificações do cliente. Os produtos são altamente customizados e o nível de interação com o cliente é muito grande. Ainda de acordo com Costa (2012), o projeto basicamente é desenvolvido com o cliente, mas a etapa de produção só tem início após o recebimento formal do pedido. Desta forma, a qualquer momento podem ocorrer intervenções do cliente ou mudanças na fase de fabricação.

A unidade Equipamentos da Sulmaq, Figura 2, possui 20 profissionais trabalhando no setor de engenharia de produtos, setor desenvolvedor do equipamento Chamuscador Automático de suínos (BIOGÁS), e utilizou dos seguintes processos em suas atividades:

- Gerenciamento de mudanças de engenharia (GME);
- Planejamento e execução de projetos de produtos configuráveis, customizáveis e soluções especiais;
- Desenvolvimento de novos produtos;
- Padronização de equipamentos;
- Melhoria contínua de produtos;
- Aprovação e validação de produtos;
- Análise de falhas de projetos;
- Elaboração de manuais dos equipamentos e treinamento técnico para manutenção destes;
- Solicitação de pedidos de patentes.

Estes processos estão fortemente baseados no modelo de gestão apresentado no livro *Gestão de Desenvolvimento de Produtos*, uma referência para a melhoria do processo, desenvolvido em 2006 por Rozenfeld et al., (2006).

A pesquisa trata do estudo de caso da inclusão do Chamuscador Automático de Suínos pelo consumível em BIOGÁS e conversão automática para GLP, (Figura 4).

Figura 4 – Chamuscador Automático de Suínos Sulmaq



Fonte: Banco de dados da empresa Sulmaq (2017)

O equipamento desenvolvido pela Sulmaq foi o primeiro projetado, sendo instalado na unidade Frigorífica de Suínos, em Medianeira, PR.

Atualmente a grande maioria dos frigoríficos utilizam no processo de chamuscagem o componente de queima GLP tendo como desvantagem seu alto custo de compra e o não aproveitamento da transformação dos resíduos gerados pelo frigorífico para este processo.

1.2 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é incorporar o uso de biogás no processo de chamuscagem de suínos, acompanhando desde a geração e armazenagem dos resíduos, passando pela transformação deste em biogás até o processo final de queima superficial da carcaça suína, a fim de evidenciar os benefícios do uso do biogás como energia renovável em processos frigoríficos como também os benefícios ao meio ambiente com o processo de transformação dos dejetos suínos do parque industrial em biogás, em específico na chamuscagem de suínos.

1.3 Objetivos específicos

- Descrever o processo e fluxo desde a transformação dos resíduos sólidos e líquidos dos frigoríficos em biogás.
- Descrever o processo do uso do biogás no equipamento chamuscador automático
- Descrever o processo da chamuscagem superficial da carcaça suína.
- Demonstrar os custos reduzidos com o uso de biogás.
- Demonstrar os benefícios do uso do biogás em específico na chamuscagem.
- Evidenciar os benefícios gerais do uso do biogás na área frigorífica.
- Comparar os processos atuais com uso de GLP para o uso de BIOGÁS.
- Demonstrar e avaliar os resultados obtidos no estudo de caso.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico deste trabalho explora os conceitos abordados por autores sobre o uso de biogás nos processos frigoríficos e em conceitos gerais, seus benefícios de forma abrangente, além de demonstrar a necessidade do uso de energias renováveis nos processos industriais.

De acordo com Lourenço e Lima (2009), o agronegócio é de extrema importância para a economia de um país, desde a geração de empregos e renda até o forte desenvolvimento para os mercados internos e externos.

De acordo com o Serviço de Inspeção Federal (SIF, 2017), foram abatidos no Brasil 34.594.049 cabeças de suínos em 2015, o que equivale a 3.088.065,31 toneladas de carne suína. Já em 2016, foram abatidos 36.489.779 cabeças de suínos, o equivalente a 3.262.213,67 toneladas de carne suína. Estes números representam um aumento de 5,4% em cabeças abatidas e 5,6% em toneladas de carne com relação ao ano anterior.

Ainda de acordo com o Serviço de Inspeção Federal (SIF, 2017), o estado do Paraná abateu 7.426.953 cabeças suínas, gerando 658.451.942 toneladas de carne suína. Já em 2016, foram abatidas 8.148.289 cabeças suínas, gerando 713.589.000 toneladas de carne suína. Um aumento de aproximadamente 9,71% em cabeças abatidas e 8,37% em toneladas de carne suína produzida.

Especificamente no estado Paraná, das 8.148.289 cabeças de suínos abatidas em 2016, o frigorífico estudado foi responsável 1.833.965 cabeças suínas, representando 22,5% do

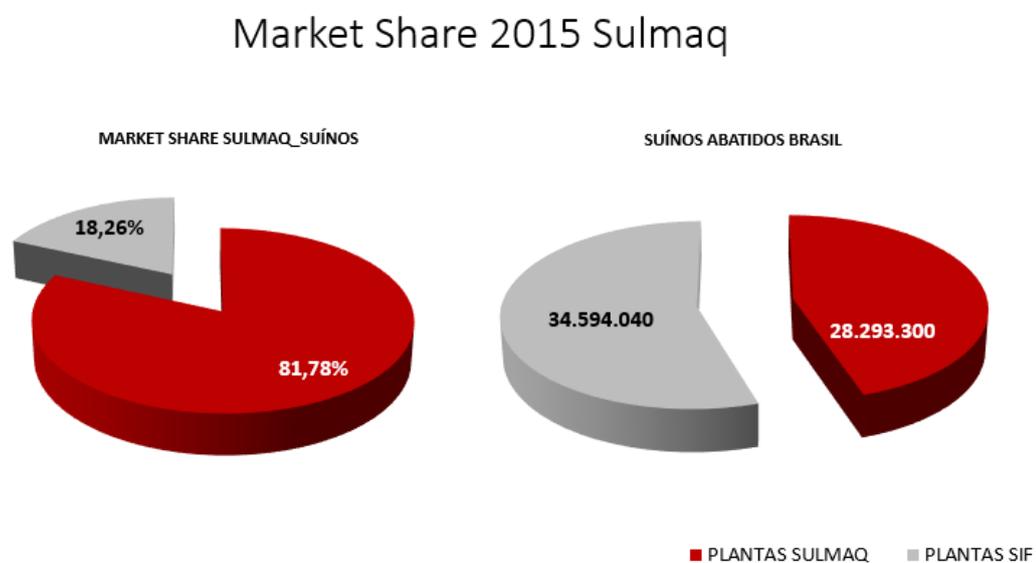
abate do estado do Paraná, sendo o Frigorífico que mais abateu no estado, à frente da BRF/SADIA na cidade de Toledo, segundo dados do SIF.

Analisando os números do SIF no decorrer dos últimos dois anos é possível identificar um aumento da cadeia produtiva de suínos no Brasil. Em consequência, se dá um maior uso de recursos naturais e uma maior geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos na área frigorífica.

Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017), existem no Brasil 345 estabelecimentos frigoríficos cadastrados no SIF, dos segmentos bovinos, suínos, aves entre outros. Destes, aproximadamente 109 unidades são de abatedouros de suínos.

De acordo com dados de 2015 do departamento de vendas da empresa Sulmaq, o *market share* de suínos da empresa Sulmaq, conforme (Figura 5). é de 81,78%, das instalações das linhas frigoríficos de suínos no Brasil (SULMAQ, 2017), sobre o percentual conhecido de frigoríficos registrados pelo SIF e dos 81,78% de frigoríficos no Brasil Sulmaq, são conhecidos 2 unidades frigorificas que utiliza biogás no processo de chamuscagem dos suínos, sendo uma delas a unidade frigorífica estudada.

Figura 5 – *Market Share* segmento suínos da empresa Sulmaq



Fonte: Banco de dados da empresa Sulmaq (2017)

O processo de geração de biogás se inicia com o acúmulo dos dejetos dos animais. Para a etapa de tratamento dos dejetos, rejeitos sólidos ou líquidos, o processo utilizado foi o de digestão anaeróbia, na qual o material orgânico biomassa passará pelo processo biológico de fermentação anaeróbica e convertido em biogás.

Dentre os resíduos sólidos gerados, destacam-se os originados no processo de abate e industrialização, como: pedaços de carne, gorduras, pelos, ossos, entranhas, vísceras entre outros (VILAS BOAS et al., 2001) e, os semi-sólidos gerados pelas estações de tratamento de efluentes líquidos, como lodos de decantadores, escumas de flotores, que de acordo com a NBR 10.004 da ABNT (2004) são classificados como resíduos sólidos.

As sobras de material orgânico que não forem convertidas em biogás, podem ser utilizadas para obter o biofertilizante, que é o material orgânico processado no biodigestor e usado como adubo. O adubo obtido é de ótima qualidade, sem cheiro e rico em nitrogênio e húmus. A digestão anaeróbia é uma importante alternativa para a aplicação ao tratamento de resíduos, reduzindo os impactos ambientais e as possibilidades de geração de energia renovável a partir de um sistema estabilizado.

Conforme Moreno (2011) obtêm-se dois produtos a partir da digestão anaeróbia: o biogás, utilizado como combustível e o residual orgânico estabilizado, utilizado, muitas vezes, como biofertilizante.

2.1 Biomassa

Para a suinocultura, os sistemas biointegrados, especificamente com aproveitamento de biomassa para fins energéticos, podem ser um meio facilitador para atingir a sustentabilidade da produção em função da disponibilidade de biomassa nas propriedades agrícolas e frigoríficas, por apresentar baixo custo de oportunidade dos resíduos da produção, grande potencial de geração de energia, diminuição no potencial poluidor dos resíduos, redução na pressão sobre os recursos naturais e economia de recursos energéticos (ANGONESE, A.; CAMPOS, A. T.; ZACARKIM, C. E., 2006).

Biomassa é a matéria orgânica utilizada na produção de energia. Dentre as vantagens do uso da biomassa está, principalmente, a sustentabilidade, pelo fato de ser renovável, permitir o reaproveitamento de resíduos, não contribuindo para o efeito estufa, com o gás carbônico (CO₂), já que o mesmo é absorvido através da fotossíntese, o que não ocorre em outras fontes de energia como o petróleo ou o carvão, além disso, apresenta um baixo custo de

produção. A biomassa se destaca, ainda, pelo seu potencial energético e pelas facilidades de armazenamento e transporte. Em vários países, a biomassa é considerada uma importante fonte de energia, principalmente em áreas rurais, a utilização da biomassa é, por vezes, a forma mais barata de produzir eletricidade ou ar quente para secagem de produtos agrícolas (SILVA, E ; ROCHA R.C, 2010).

Dentre as definições para o termo “biomassa”, Landim et al. (2007), consideram como sendo biomassa energética toda a matéria orgânica capaz de, ao ser queimada, decomposta ou reciclada, gerar alguma forma de energia, direta ou indiretamente. Desse modo, lenha, rejeitos animais e dejetos humanos, resíduos agrícolas e resíduos urbanos de origem orgânica podem ser utilizados como combustível através da biodigestão ou outros processos tais como: pirólise, hidrólise, gaseificação ou queima direta. O termo biomassa engloba, portanto, a matéria vegetal da fotossíntese e os seus derivados.

Atualmente, o Brasil encontra-se em situação privilegiada no que se refere a suas fontes primárias de oferta e energia. Verifica-se que a maioria da energia consumida no país é proveniente de fontes renováveis de energia (hidroeletricidade, biomassa em forma de dejetos animais, lenha e derivados da madeira, como serragem, carvão vegetal, derivados da cana-de-açúcar e outras (GRAUER; KAWANO, 2001).

2.2 Digestão Anaeróbia

Segundo Chernicharo (1997), os abatedouros e frigoríficos estão entre os principais tipos de indústrias cujos efluentes podem ser tratados por via anaeróbia. A fermentação anaeróbia e de oxidação são processos usados principalmente para resíduos com alta carga orgânica (METCALF; EDDY, 2003)

Para Caldereiro (2015), os abatedouros e frigoríficos caracterizam-se por agroindústrias potencialmente poluidoras devido a carga orgânica componente dos efluentes líquidos e resíduos sólidos gerados em seu processo. Dentre os processos de tratamentos mais utilizados para rejeitos sólidos ou líquidos gerados encontra-se a digestão anaeróbia. A implantação de biodigestores para o tratamento dos resíduos dos frigoríficos de suínos é uma opção interessante, haja visto o processo de digestão anaeróbia que compõe o sistema e os benefícios possíveis com sua aplicação.

Segundo Grady, Daigger e Lim (1999), o processo da digestão anaeróbia carece de uma complexa interação entre as diversas variedades de bactérias anaeróbias, que precisam

estar em equilíbrio para manter a estabilidade do digestor. O tratamento anaeróbico é afetado por diversos fatores ambientais e alterações nas condições operacionais, os quais podem perturbar o equilíbrio e resultar na inibição do processo. Diversos parâmetros podem afetar a eficiência de digestão e, por conseguinte, o potencial da produção de biogás, dentre os quais pode-se citar: pH, temperatura, relação carbono e nitrogênio, tempo de retenção, carga orgânica, competição bacteriana, nutrientes, teor de sólidos, e mistura/agitação (ZAHER et al., 2007).

Para Chernicharo (1997), os principais fatores ambientais que influenciam o desempenho deste processo no tratamento de efluentes são: presença de nutrientes, temperatura, pH, alcalinidade, ácidos voláteis e os materiais tóxicos que podem estar presentes nos efluentes.

2.3 Biodigestor da unidade frigorífica

Para a conversão da biomassa em biogás, a unidade frigorífica em estudo, conta com biodigestores de fluxo contínuo em suspensão híbrida dos modelos chinês e indiano, onde o volume de resíduos em suspensão no interior permanece constante ao longo do tempo e em escala real, aplicado para o tratamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos.

Sua característica de produção, recebe aproximadamente 80 m³ dia⁻¹ e volume total de 2.500 m³ com retenção hidráulica (TRH) equivalente a 31 dias.

Na Figura 6 pode-se visualizar o sistema biodigestor e seus principais componentes, sendo (1) tanque de homogeneização, (2) sala de máquinas, (3) reator/biodigestor (volume: 2.500 m³), (4) lagoa de biofertilizante (volume: 600 m³), (5) pulmão de biogás purificado (capacidade: 400 m³).

Figura 6 - Visão geral do sistema biodigestor, com identificação dos seus componentes.



Fonte: Banco de dados da empresa da unidade frigorífica (2017)

Os biodigestores em questão terão a função de tratar os resíduos sólidos e semi-sólidos provenientes do tratamento preliminar, primário e pós-tratamento físico-químico dos efluentes líquidos e de efluentes específicos da planta industrial com elevada carga orgânica, assim como parte do sangue proveniente do abate (CALDEREIRO, 2015).

Um digestor anaeróbico basicamente é constituído por um reator para a digestão das matérias-primas, o recipiente de gás, acessórios, dutos de saída do biogás gerado, acessórios para carregamento de matérias-primas e para a descarga de matéria orgânica estabilizada. É no reator onde ocorre o processo bioquímico de degradação da matéria orgânica. Ele pode ser apresentado em formato cilíndrico, cúbico, retangular ou oval. Sugere-se que o fundo do reator possua inclinação para facilitar a retirada do material inorgânico sedimentável e a fração pesada do efluente. Alguns digestores possuem tampas fixas ou flutuantes com o objetivo de proceder a retenção dos odores, manter a temperatura, evitar a entrada de oxigênio no sistema e facilitar a recolha do gás produzido. A (Figura 7) ilustra um modelo de biodigestor.

Figura 7 – Visão do sistema de biodigestor unidade frigorífica estudada.



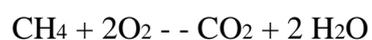
Fonte: Banco de dados da unidade frigorífica estudada (2017)

2.4 Formação biológica do Biogás

O Biogás é uma mistura gasosa composta principalmente de gás metano (CH₄) e é obtido pela digestão anaeróbia (em ausência de oxigênio) de matéria orgânica, onde microrganismos atuam em um ecossistema balanceado com limites de temperatura, pH, nutrientes e teor de umidade.

Existindo ar em volta dos dejetos em decomposição, substâncias como carboidratos, lipídios e proteínas são atacados por bactérias fermentativas comuns para a produção de ácidos graxos, glicose e aminoácidos (Etapa sólida). Serão formadas grandes quantidades de bactérias aeróbicas que absorvem o oxigênio e liberam o CO₂.

Moreno (2011) cita a equação química que representa a combustão completa do biogás, sendo descrita abaixo:



Na etapa gasosa, o material ácido é, em seguida, transformado em gases metano e dióxido de carbono na ausência de oxigênio, pelas bactérias metanogênicas. É a parte mais lenta do processo pois essas bactérias reproduzem-se lentamente, além de serem sensíveis a variações de temperatura, acidez, umidade, tipo e concentração do material orgânico.

O percentual mínimo de ar deve ser equivalente a 21%. A relação ar-gás pode ser otimizada pelo aumento da pressão de ar, sendo que a pressão adequada para uso otimizado de biogás deve variar entre 7 e 20 mbar. Na (Tabela 1) apresenta-se o valor energético do biogás em comparação a outras fontes de energia (CALDEREIRO, 2015).

O biogás trata-se de um gás inflamável produzido por microrganismos, durante o processo de fermentação de matérias orgânicas, dentro de determinados limites de temperatura, teor de umidade e acidez, em um ambiente sem ação de oxigênio. O metano, principal componente do biogás, não tem cheiro, cor ou sabor, mas os outros gases presentes conferem-lhe um ligeiro odor desagradável (GENOVESE, A. L., UDAETA, M. M., GALVAO, L. C. R., 2006). O biogás também pode ser definido por uma mistura de gás constituída por Metano (50-75%), Dióxido de Carbono (20-50%), Sulfeto de Hidrogênio (0,01-0,4%) e outros gases residuais (PATERSON, 2010).

Tabela 1 - Valor energético do biogás comparado com outras fontes de energia.

| Valores | Biogás* | Gás | Gás | Gás | Hidrogênio |
|--|---------|---------|---------|--------|------------|
| | | Natural | Propano | Metano | |
| Poder calorífico (kwh.m ³) | 7,0 | 10 | 26 | 10 | 3 |
| Densidade (t.m ³) | 1,08 | 0,7 | 2,01 | 0,72 | 0,09 |
| Densidade com relação ao ar | 0,81 | 0,54 | 1,51 | 0,55 | 0,07 |
| Limite de explosividade (% de gás no ar) | 6-12 | 5-15 | 2-10 | 5-15 | 4-80 |
| Temperatura de ignição (°C) | 687 | 650 | 470 | 650 | 585 |
| Máxima velocidade de ignição no ar (m/s) | 0,31 | 0,39 | 0,42 | 0,47 | 0,43 |

Fonte: Moreno, 2011.

* Composição média do biogás: CH₄ (65%) – CO₂ (35%)

Considerando as possibilidades de uso do biogás em virtude de seu poder calorífico, a purificação e a fase que antecede o processo e é de extrema importância. O biogás é composto por moléculas de outros gases, os quais devem ser removidos em virtude do uso para o qual se deseja encaminhar o produto da biodigestão após purificação (CALDEREIRO, 2015). O processo de purificação, por sua vez, é significativo para propiciar o aumento do poder

calorífico do biogás e para atender os requisitos de aplicação, seja esta em caldeiras, motores e outros (MORENO, 2011).

O biogás é obtido a partir da digestão anaeróbia de matéria orgânica, como esterco de animais, lodo de esgoto, lixo doméstico, resíduos agrícolas, efluentes industriais e plantas aquáticas. É uma mistura composta principalmente de gás carbônico (30%) e metano (65%).

O principal componente do biogás é o gás metano, que é incolor e altamente combustível, e não produz fuligem. A variação do poder calorífico do biogás (de 5.000 a 7.000 kcal/m³) depende da quantidade de metano presente no mesmo. Quanto maior a quantidade de metano, maior será a pureza do biogás e, assim, maior será o seu poder calorífico. O biogás altamente purificado pode alcançar até 12.000 kcal/m³. Um metro cúbico de biogás equivale a 0,454 litros de gás de cozinha (DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. do C.J.P.; ROSSI, M., 2002).

2.5 Delimitação dos dados frigoríficos para o processo estudado

A unidade frigorífica atualmente recebe aproximadamente 6.900 suínos por dia para os processos de abate, desossa e industrialização, sendo que algumas carcaças são comercializadas inteiras. Os resíduos de carne e carcaças de suínos condenados são processados na fábrica de subprodutos, para obtenção das farinhas de carne e ossos, de sangue e resíduo gorduroso. Para todo este processo, o consumo de água médio por suíno é de aproximadamente 750 litros, totalizando 4.500 m³ d-1. A água utilizada na planta é provinda de poço artesiano tubular profundo (92%), vertente (7%) e de concessionária (1%). O efluente líquido gerado é segregado em duas linhas de tratamento: verde, composta basicamente por esterco suíno; vermelha, a qual engloba todo efluente industrial; sendo ambas encaminhadas para o tratamento preliminar e primário, compostos por peneiras estáticas e decantadores. Na sequência, as linhas se unem seguindo para o tratamento secundário composto por lagoas de estabilização em série, sendo duas lagoas anaeróbias, uma lagoa aerada de mistura completa e uma lagoa de decantação. Há ainda uma etapa de pós-tratamento físico-químico (flotação/coagulação/floculação) com adição de coagulante orgânico e polímero catiônico para a remoção da carga orgânica remanescente e reuso externo à indústria (CALDEREIRO, 2015).

2.6 Processo de chamuscagem com Biogás

O processo de chamuscagem é uma das etapas do processo industrial para abate de suínos, que proporciona como benefícios do processo a redução da contaminação superficial da carcaça das bactérias patogênicas, em específico a redução drástica dos riscos de contaminação por *Salmonella sp* e *Staphylococcus aureus*, queima dos pelos remanescentes e como melhoria dos demais processos, faz com que as carcaças saiam secas e sem gotejar para as etapas da zona limpa e câmaras de resfriamento, pois ocorre o fechamento dos poros da carne e estanqueidade do sangue da abertura da sangria.

A eficácia da chamuscagem bem conduzido na eliminação da contaminação superficial por salmonela foi claramente demonstrado, não obstante grande diferença na execução dessa etapa foi observada entre plantas frigoríficas (KICH ; CARDOSO, 2017).

Segundo regulamento da CE/471/2001 relativos a critério de aceitação da contaminação, considera-se o nível de contaminação conforme (Quadro 1), quando inaceitável, a CE recomenda o reexame do controle de processos e a melhoria da higiene.

Quadro 1 - Média do número de colônias aeróbicas para a contaminação conforme normas da Comunidade Europeia (CE)

| | Média do N ^o . de colônias aeróbicas |
|--------------|---|
| Satisfatória | < 4 log ufc/cm ² |
| Aceitável | 4 < ...>5 log ufc/cm ² |
| Inaceitável | > 5 log ufc/cm ² |

No Quadro 1, mostra-se o nível médio aceitável para contaminação da superfície da carcaça suína.

De acordo com os processos frigoríficos, a chamuscagem pode ser realizada por processo manual conduzida por operadores com um equipamento conhecido como lança chamas ou automático com equipamentos com acionamento pela presença do suíno, conforme (Figura 8), sendo que em ambos os processos a chamuscagem pode ter como consumível os gases, GLP ou gás natural ou biogás.

Figura 8 – Chamuscador automático de suínos



Fonte: Banco de dados da empresa Sulmaq (2017)

O processo de chamuscagem normalmente é feito com o gás GLP, processo normalmente utilizado nos frigoríficos brasileiros, conforme índices do *market share* da empresa Sulmaq (2016) baseado nas plantas frigoríficas de suínos registradas pelo SIF.

O equipamento desenvolvido pela empresa Sulmaq em parceria técnica com frigorífico localizado no oeste do Paraná, traz como inovação o uso de biogás, podendo ser convertido para GLP na falta ou possível problema com a geração de biogás. Este equipamento tem a queima do biogás derivado dos processos de acúmulo dos dejetos, digestão anaeróbia, processo por biodigestores, geração de biogás, purificação do biogás, compressores, dutos de transporte até o chamuscador automático, conforme (Figura 9).

Figura 9 – Fluxo das etapas do processo do biogás



Fonte: Adaptado fluxo a situação real do frigorífico estudado (2017)

Para a queima do gás é necessário que passe pelos dados aceitáveis das especificações técnicas do equipamento, em níveis de purificação do gás com o propósito de evitar o desgaste prematuro das válvulas, pressão enviada para o sistema em virtude do grande poder calorífico do biogás, conforme (Tabela 1).

O processo de desenvolvimento do chamuscador automático com biogás, passou pelas etapas do Gerenciamento de Mudanças de Engenharia (GME) que atuou no equipamento existente da empresa Sulmaq, chamuscador automático com GLP, fazendo uma reengenharia do equipamento de GLP, adicionando outro trem de válvulas para biogás e ao novo poder calorífico do biogás, redimensionando os bicos queimadores e fazendo melhorias tecnológicas no equipamento, proporcionando um menor consumo de gás (gramas) por suíno.

De acordo com Zanotto (2012), o Gerenciamento de Mudanças de Engenharia (GME) acontece quando se identifica no processo a necessidade de alterações de um equipamento, podendo ser consideradas como alterações, melhorias no produto/projeto/processo.

Ainda conforme Zanotto (2012), o gerenciamento de projetos é, portanto, a forma com que esse empreendimento é conduzido dentro da empresa. Sua preocupação é com a otimização da realização das atividades e com o emprego dos recursos, ambos devidamente

integrados pelas pessoas que formam a equipe. Esse gerenciamento deve estar preparado para as mudanças que podem ocorrer no contexto em que o projeto está inserido, para que ele atinja desempenho igual ou melhor ao original previsto (ZANOTTO, 2012).

Segundo Rozenfeld (2006, p. 456):

Por mais que se apliquem novas técnicas no desenvolvimento de produtos, sempre acontecerão mudanças no produto, causadas por otimização do projeto, processo, detecção de defeitos, reclamações, adaptações dos produtos a novas condições, redução de custos etc.

Ainda de acordo com Rozenfeld et al. (2006), todas as alterações, melhorias, reduções de custos efetuados nos produtos que resultam em atualizações das suas informações, seja em desenhos, especificações de material, processo de fabricação, manutenção, etc., são conhecidas como mudanças de engenharia, mesmo que elas sejam realizadas por outras áreas da empresa que não a engenharia.

Mesmo em uma constante evolução, no desenvolvimento de produto ocorrem propostas de alterações e as mesmas são constantemente revisadas e incrementadas até atender aos requisitos dos clientes. Até mesmo o melhor processo de desenvolvimento de produto (PDP) não seria suficiente para desenvolver um item que não necessitasse de modificações durante seu ciclo de vida (ROZENFELD et al., 2006).

Segundo Benedetto e Trabasso (1997), o processo das mudanças de engenharia faz parte do desenvolvimento do produto e deve atender todas as etapas/fases do desenvolvimento do produto ao longo do seu ciclo de vida.

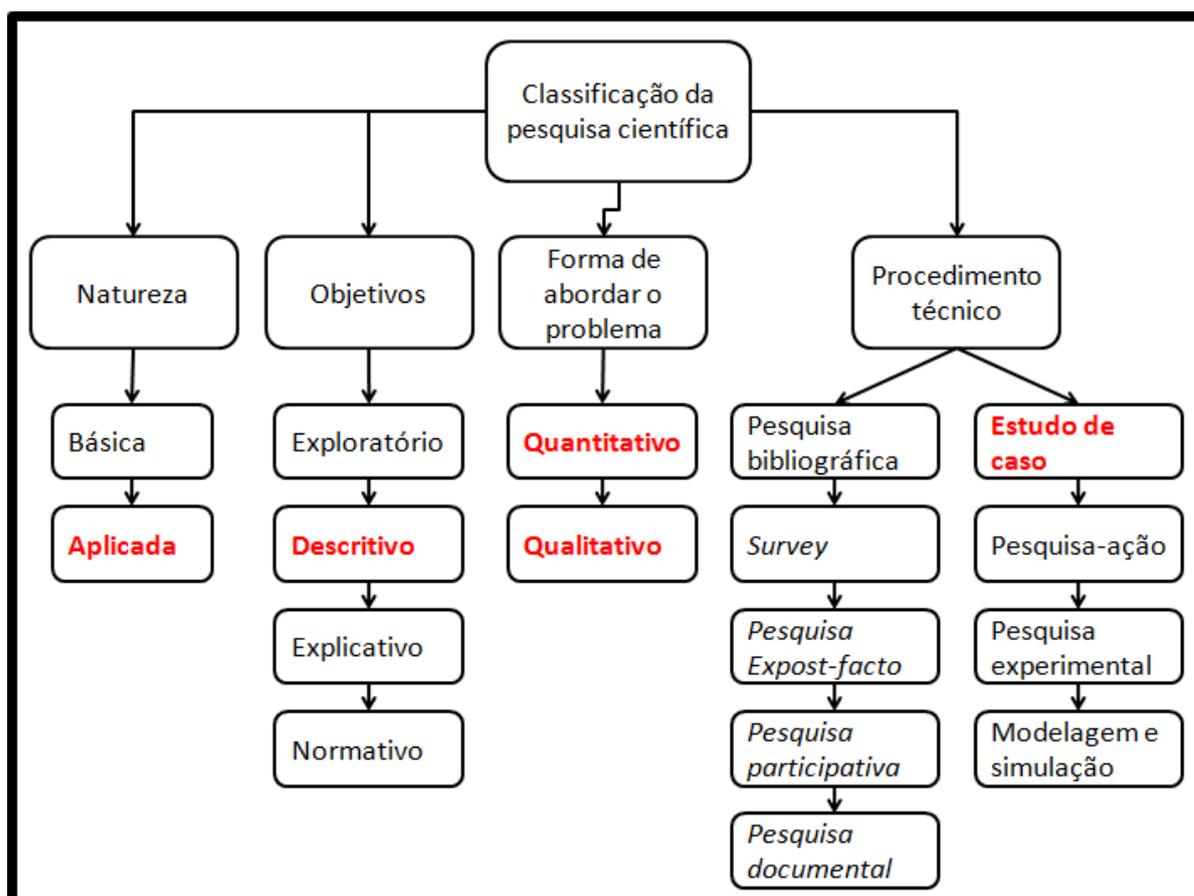
Em todos os processos de uma empresa é necessário o gerenciamento das mudanças para ser efetiva a solução da alteração, melhoria, atualização, etc. Uma solicitação de mudança pode ser originada por inúmeras razões, tornando difícil desenvolver uma solução que atenda a todo tipo de solicitação (BENEDETTO ; TRABASSO, 1997).

O equipamento chamuscador automático por biogás vem ao encontro dos benefícios do uso de um consumível de fonte renovável e energia limpa, apresentando inúmeros benefícios ao meio ambiente quanto as vantagens econômicas geradas ao cliente, como a redução de compra do gás GLP da concessionária.

3 METODOLOGIA

O diagnóstico da pesquisa realizado no frigorífico do estudo de caso e na empresa Sulmaq Industrial e Comercial SA, ilustrado na (Figura 10), é de carácter aplicativo, pois os resultados gerados serão explorados e utilizados na resolução dos problemas encontrados. Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como descritiva em virtude da busca dos conceitos teóricos para aplicação prática da inclusão do chamuscador automático com o consumo de biogás em um frigorífico e em uma empresa desenvolvedora de equipamentos frigoríficos, com ambas as produções sob demanda. Sua abordagem é de carácter quantitativo, pois busca resultados concretos, números para validação do método proposto em níveis exploratórios. Quanto aos procedimentos abordados, a pesquisa caracteriza-se como sendo um estudo de caso, por abordar uma proposta de implantação do chamuscador automático de suínos com o consumível de biogás e GLP, com propósito de tornar o estudo referência no processo da utilização de energia limpa e renovável, trazendo retorno financeiro ao cliente e permitindo o desenvolvimento de novas tecnologias inovadoras para o ramo frigorífico. Assim, este estudo possibilita explicar e descrever um processo de geração de biogás. Além disso, esse procedimento tem por finalidade entender o cenário atual e desenvolver o processo para os resultados esperados.

Figura 10 – Classificação da pesquisa científica e da presente pesquisa



Fonte: Adaptado pelo autor (2012) com base em Bacci (2007)

Este trabalho está baseado em metodologias diversas, referenciadas em geração de biogás e desenvolvimento de produtos para o equipamento chamuscador por biogás.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizada a coleta de informações, através de dados primários como, por exemplo, discussões e pesquisas com os profissionais da área ambiental e manutenção do frigorífico estudado, além de dados secundários como livros, artigos, *sites* de internet.

Em sua essência, o estudo buscará mostrar como o sistema de geração de biogás funciona, em nível teórico e prático no frigorífico estudado e implantar o inovador sistema de chamuscagem com biogás, esclarecendo os benefícios e resultados obtidos em sua implantação.

O trabalho foi realizado com a finalidade de obter uma ampla abordagem sobre o assunto dentro dos conceitos estudados, em específico no desenvolvimento do chamuscador automático com biogás, que necessitou de um maior estudo nos processos de

desenvolvimento de produto (PDP). Especificamente, a empresa abordada pode realizar a adequação dos seus processos aos requisitos presentes na Norma ISO 9001, os quais estão presentes de forma resumida na sessão de revisão bibliográfica deste trabalho, porém com todos os parâmetros e tolerâncias necessárias para sua implantação.

Segundo NUMA, (2006, p.1):

Um dos fatores bem conhecidos sobre o processo de desenvolvimento de produto é que o grau de incerteza no início deste processo é bem elevado, diminuindo com o tempo, mas é justamente no início que se seleciona a maior quantidade de soluções construtivas. As decisões entre alternativas no início do ciclo de desenvolvimento são responsáveis por 85% do custo do produto final. O custo de modificação aumenta ao longo do ciclo de desenvolvimento, pois a cada mudança, um número maior de decisões já tomadas podem ser invalidadas. [...] Assim, é por si só um desafio gerenciar as incertezas envolvidas num processo de desenvolvimento de produto, onde as decisões de maior impacto têm que ser tomadas no momento em que existe um maior número de alternativas e grau de incerteza.

A implantação não fica limitada apenas ao conceito teórico, ela parte da conceituação, chegando até a implantação prática e efetiva da instalação do chamuscador, o qual passa a ter seus benefícios voltados para o frigorífico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A indústria da carne é um dos setores da economia que nos últimos anos tem se destacado devido à alta preocupação com a qualidade de seus produtos para o processamento industrial, aliado à satisfação do consumidor, fator que constitui grande oportunidade de negócio para as empresas do segmento de abate e processamento de carnes em todo o mundo.

Neste contexto, compete ressaltar que a empresa Sulmaq Industrial e Comercial S.A. oferece sistemas, projetos e serviços para a indústria da carne vermelha, atendendo as necessidades específicas de cada cliente. Além disso, a empresa visa ser reconhecida como referência internacional no segmento de atuação.

A Sulmaq, há mais de 45 anos, passa por grandes transformações, seguindo as mudanças do mercado em níveis internacionais, investindo no seu crescimento ano a ano, sendo que o seu planejamento estratégico está focado na busca pela internacionalização e a liderança mundial, o que significa atuar também no mercado europeu e asiático.

Diante desse desafio, a organização vem buscando agregar mais qualidade aos seus processos e produtos, porque além de propiciar a satisfação ao cliente, a prática da qualidade, o aumento da padronização dos processos e produtos e o aumento da produtividade refletem na competitividade.

De modo geral, as empresas buscam produzir em maior quantidade, em menor tempo, com mais qualidade e com o menor custo possível. Esta atitude proporciona uma evolução constante nas organizações, pois é necessário encontrar meios de reduzir os custos, otimizando os recursos disponíveis e não abrindo mão da qualidade do produto. Diante deste

cenário, as empresas precisam estar atentas às opções disponíveis no mercado, focando sempre em inovações.

Aliada aos processos inovadores, o frigorífico estudado busca parcerias técnicas desenvolvidoras de tecnologias para ir ao encontro de benefícios, como novas oportunidades de redução de custos, caso de estudo, investir em recursos que propiciam lucros e pequeno e médio prazo, como também estar focada nos recursos do meio ambiente.

Para avaliação do biogás gerado no sistema e contabilização do consumo do biogás purificado foi realizado, diariamente, o controle de queima das carcaças de suínos, com biogás, por meio da instalação de um equipamento registrador de vazão (m³) na seção de abate, especificamente na etapa de chamuscagem. O número registrado no medidor de vazão foi comparado mensalmente ao volume de gás liquefeito de petróleo - GLP economizado no processo, pelo registro do volume mensal consumido deste, em quilogramas. Segundo informação da unidade frigorífica de suínos estudada, cada suíno utiliza cerca de 240gramas de GLP e o frigorífico abate diariamente cerca de 6.900 animais de segunda a sexta.

Desta forma, necessita-se de:

240gramas x 6.900animais= 1.656.000 gramas/dia

A fábrica tem um consumo de 1.656 kg de GLP por dia.

Atualmente, todo o biogás produzido no biodigestor é bombeado para a fábrica para queima de pelos das carcaças de suínos e redução do nível de contaminação das carcaças.

Para calcular a equivalência em m³ de biogás e consumo de gramas por suíno na chamuscagem, temos:

Potência calorífica do GLP: 10.000 kcal/m³;

Densidade do GLP: 2,50kg/m³;

Potencial Calorífico do Biogás atual: 5.000kcal/m³;

Densidade do Biogás: 1,15kg/m³

Quantidade diária de GLP em volume: $\text{Volume GLP} = \frac{1656\text{kg/dia}}{2,5\text{kg/m}^3} = 662,4\text{m}^3/\text{dia}$

Relação de Densidades:

$\text{Relação densidade GLP para BIOGÁS} = \frac{2,5\text{kg/m}^3}{1,15\text{kg/m}^3} \cong 2,17$

Logo:

Volume de BIOGÁS: $2,17 \times 662,4\text{m}^3/\text{dia} \cong 1.437,40\text{m}^3/\text{dia}$

Quantidade necessária por dia de GLP kg/dia = 1.656kg/dia – capacidade 100%:

Consumo de GLP por carcaça = $\frac{1.656\text{kg}/\text{m}^3}{6.900 \text{ suínos}/\text{dia}} = 0,240 \text{ kg/suínos}$ ou 240 gramas/suíno

Quantidade necessária por dia de BIOGÁS kg/dia – capacidade 100% :

Capacidade total diária com BIOGÁS = $\frac{1.656\text{kg}/\text{m}^3 \times 10.000\text{kcal}/\text{m}^3}{5.000\text{kcal}/\text{m}^3} \cong 3.312\text{kg}/\text{dia}$

Consumo de GLP por carcaça = $\frac{3.312\text{kg}/\text{dia}}{6.900 \text{ suínos}/\text{dia}} = 0,480 \text{ kg/suínos}$ ou 480 gramas/suíno.

Também foi realizada a medição da vazão do biodigestor nos pontos listados e medidos. A capacidade de produção de biogás está diretamente ligada à quantidade de substrato. O substrato de alimentação do biodigestor, composto pelos sete pontos, totaliza um volume diário de $77,83\text{m}^3$ sendo este composto pelos seguintes volumes individuais, de cada ponto, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - representativa dos pontos medidos de vazão do volume de substrato

| PONTOS MEDIDOS | Vazão (m³/dia) |
|--------------------------------|----------------------------------|
| Peneira da linha verde | 12,33 |
| Decantador da linha verde | 10,7 |
| Decantador da linha vermelha | 10,2 |
| Decantador 3 | 5,1 |
| Flotador físico-químico (Lodo) | 30 |
| Rampa de lavagem dos caminhões | 2,5 |
| Sangue da graxaria | 7 |
| TOTAL | 77,83 |

Fonte: Análise realizada na unidade frigorífica estudada (2017)

Considerando o volume diário dos substratos de alimentação do biodigestor, equivalente a 77,83m³ tem-se que para o volume útil do reator de 2.500m³, obtém-se o tempo de detenção hidráulico de cerca de 32 dias.

$$\text{Tempo de retenção do BIOGÁS} = \frac{2.500\text{m}^3}{77,83\text{m}^3} = 32\text{dias}$$

De acordo com Moreno (2011) em um sistema digestor operando em regime descontínuo, o tempo de retenção é o que transcorre entre a carga e a descarga do sistema enquanto que, em um sistema de carga diária, o tempo de retenção vai determinar o volume de carga diária que será necessária para alimentar o digestor. Isto significa que para um tempo de retenção de 30 dias o carregamento diário deveria ser de 1/30 do volume total do digestor para que, em média, os resíduos orgânicos e massa microbiana devam permanecer 30 dias dentro do sistema.

4.2 Capacidade Real de Produção de Biogás

A capacidade real de geração de um biodigestor está diretamente relacionado a fatores técnicos e da tipificação do substrato a ser utilizado. O fator preponderante é o tipo de substrato utilizado conforme podemos ver na tabela 3:

Tabela 3 - Resumo das propriedades dos substratos.

| Substrato | MS [%] | MOS [% MS] | N ^a | P ₂ O ₅ [% MS] | K ₂ O | Produção de biogás [Nm ³ /t MF] |
|-----------------------------|-----------|---------------|----------------|---|------------------|--|
| Adubos orgânicos | | | | | | |
| Esterco líquido bovino | 10 | 80 | 3,5 | 1,7 | 6,3 | 25 |
| Esterco líquido suíno | 6 | 80 | 3,6 | 2,5 | 2,4 | 28 |
| Esterco bovino | 25 | 80 | 5,6 | 3,2 | 8,8 | 80 |
| Esterco de aves | 40 | 75 | 18,4 | 14,3 | 13,5 | 140 |
| Esterco de cavalo sem palha | 28 | 75 | N.E. | N.E. | N.E. | 63 |
| Biomassas dedicadas | | | | | | |
| Silagem de milho | 33 | 95 | 2,8 | 1,8 | 4,3 | 200 |
| SPI de cereal | 33 | 95 | 4,4 | 2,8 | 6,9 | 190 |
| Silagem de centeio verde | 25 | 90 | | | | 150 |
| Grãos de cereais | 87 | 97 | 12,5 | 7,2 | 5,7 | 620 |
| Silagem de gramíneas | 35 | 90 | 4,0 | 2,2 | 8,9 | 180 |
| Beterraba sacarífera | 23 | 90 | 1,8 | 0,8 | 2,2 | 130 |

Fonte: Tabela de Produção de Biogás por Tonelada de Substrato, retirado de pág. 84 do Guia Prático do Biogás (2017)

Legenda:

MS – Matéria Seca

MOS – Matéria Seca Orgânica

N – Nitrogênio

P₂O₅ - propriedades de enriquecimento de biofertilizantes e adubo orgânico a base de fósforo

K₂O - propriedades de enriquecimento de biofertilizantes e adubo orgânico a base de potássio

Os outros fatores são de ordem técnica, como aquecimento do substrato e agitação, e fatores operacionais como balanço de massa e controle biológico do fermentador.

4.3 Necessidade Térmica do Fermentador da unidade

O Fermentador da unidade frigorífica estudada possui capacidade volumétrica de substrato de 2.500m³ e a área total de troca térmica do substrato com o solo de 1.150 m²,

Os cálculos abaixo foram realizados para a faixa mesofílica de temperatura, o que não ocorre atualmente. Para essa faixa, utiliza-se a temperatura de ajuste de 38°C.

Para calcularmos a quantidade de calor necessária, utilizamos as médias de temperatura subterrânea no verão (20°C) e no inverno (15°C), ambiente de (28°C) no verão e (0°C) no inverno.

A quantidade total de substrato anual é de:

$$77,8\text{m}^3/\text{dia} \times 22 \times 12 = 20.539\text{m}^3/\text{ano}$$

Como a média de sólidos (MS) em todos os substratos de 12% o fermentador recebe:

$$77.800 \text{ kg}/\text{dia} \times 12\% = 9.336.000 \text{ kg}/\text{dia}$$

$$9.336.000 \times 22 \times 12 = 2.464.704 \text{ kg}/\text{ano}$$

O fermentador recebe todo ano cerca de 2.464.704 toneladas/ano de matéria seca e 19.196m³ de água, considerando que o substrato terá uma temperatura média de 20°C e temperatura de trabalho no biodigestor de 38°C.

4.4 Dados gerais

Conforme dados técnicos da empresa Sulmaq, fabricante dos equipamentos chamuscadores por GLP e BIOGÁS, um chamuscador automático de suínos pode consumir de 200 a 300 gramas de GLP por suíno. Na unidade estudada, o consumo é de 240 gramas/suíno, com um custo de compra de R\$ 4,49 por kg de gás, informações cedidas da unidade frigorífica estudada, analisando os dados de produção da unidade frigorífica com uma capacidade de 6900 suínos dia, sendo que atualmente a unidade ainda conta com a utilização do gás GLP em aproximadamente 75% e BIOGÁS em aproximadamente 25%, em virtude do

sistema ser inovador no mercado e ainda ser considerado como um “teste”, é possível avaliarmos alguns cenários de investimentos.

A produção de biogás depende diretamente das condições de manutenção e operação do biodigestor e do resíduo. A produção atual pronta para queima no chamuscador corresponde em média no ano a 76.032m³, sendo considerada 20% (3 horas de queima), podendo chegar, com o aumento do tempo de retenção e melhorias no sistema, na capacidade de queima em 190.080m³ por ano, sendo considerada 50% (7,5 horas de queima). Ainda é possível chegar na geração máxima de biogás 100% (15 horas de queima), que corresponde ao número de horas trabalhadas do frigorífico, com o sistema instalado, porém serão necessários novos investimentos, conforme dados que serão demonstrados no *pay back* 3 com seu relatório de investimento e necessidade de melhorias. O biogás produzido é utilizado diretamente no sistema de chamuscagem de suínos.

Para os cenários (*pay back* 1 e 2) apresentados abaixo, os dados técnicos são retirados da (Tabela 4).

| DADOS TÉCNICOS | GLP | BIOGÁS | Unidade de medida |
|---|--------|--------|---------------------|
| Potência calorífica | 10.000 | 5.000 | kcal/m ³ |
| Densidade original do gás | 2,5 | 1,15 | kg/m ³ |
| Relação da densidade GLP / BIOGÁS | 2,5 | 2,17 | kg/m ³ |
| Capacidade necessária de gás | 1656 | 3312 | kg/dia |
| Volume necessário para autossuficiência | 662,4 | 1440 | m ³ /dia |
| Consumo de gás por suíno | 0,240 | 0,480 | gramas/suíno |

Dentro da redução proposta, é possível avaliar os investimentos em 3 cenários/*pay back*, sendo que o atual cenário é dado como um investimento inovador, onde todo o sistema está sendo testado e avaliado de forma consciente. O sistema foi dividido na utilização dos dois consumíveis (GLP e BIOGÁS), para assim poder trabalhar com escala de abate segura, sem paradas do chamuscador por falta de gás. Neste primeiro cenário, com a ocupação média de biogás em 76.032m³/ano, sendo 3 horas de queima no período de trabalho considerada como a condição atual da unidade frigorífica, o *pay back* 1 mostra que o investimento inicial e os gastos neste período com a geração de biogás são totalmente pagos no 5º ano, com uma amortização no valor média de R\$ 248.591,23 a.a.

4.5 Cálculo de pay back 1: Retorno do investimento inicial em um primeiro cenário.

| RETORNO DO INVESTIMENTO - CAPACIDADE EM 3 HORAS DE CHAMUSCAGEM COM BIOGÁS | | |
|---|-------------------|---|
| PBS - PAY BACK SIMPLES | | |
| Capacidade | 6900 | Suínos/Dia |
| Turno de trabalho | 15 | 7,5 horas por turno (2x) |
| Capacidade abatida (hora) | 460 | Suínos/hora (efetivas) |
| Tempo de trabalho | 22 | Dias / mês |
| Tempo de trabalho | 12 | Mês / ano |
| Consumo GLP no Chamuscador | 0,240 | Gramas/suíno (média) |
| Valor pago pelo GLP | R\$ 4,49 | R\$/kg |
| Tempo de uso de GLP na chamuscagem de suínos | 12 | horas / dia |
| Consumo de BIOGÁS no Chamuscador | 0,480 | Gramas/suíno (média) |
| Custo na geração de BIOGÁS | R\$ 0,82 | R\$/kg |
| Capacidade de suínos chamuscados com BIOGÁS | 3 | horas / dia |
| Ocupação da produção de BIOGÁS (atual) | 76032 | m³ / A.A |
| Custo em manutenção e peças de reposição (estimativo) | R\$ 300.000,00 | Gastos ao ano com BIOGÁS |
| Capacidade de animais abatidos TOTAL | 1821600 | Percentual atual Suínos Ano |
| Capacidade de suínos chamuscados com GLP | 1457280 | 80% |
| Capacidade de suínos chamuscados com BIOGÁS | 364320 | 20% |
| Investimento total | R\$ 1.121.984,72 | |
| Sistema de BIOGÁS - Biodigestores, interligações, infra estrutura geral | | |
| Chamuscador para BIOGÁS com conversão automática para GLP | | |
| Gasto ao ano com GLP - consumo INTEGRAL | R\$ 1.962.956,160 | 100% GLP |
| Gasto ao ano com GLP - consumo PARCIAL | R\$ 1.570.364,928 | PARCIAL GLP |
| Gasto ao ano com BIOGÁS - consumo PARCIAL | R\$ 144.000,000 | PARCIAL BIOGÁS |
| Economia anual com a inclusão do BIOGÁS | R\$ 392.591,23 | Inclusão BIOGÁS |
| PBS (Pay Back Simples) | | |
| RETORNO DO INVESTIMENTO INICIAL com a inclusão de BIOGÁS | Anos | Conclusão |
| -R\$ 873.393,49 | 1 | Periodo que o investimento inicial é pago, com posterior lucro com o novo sistema de: |
| -R\$ 624.802,26 | 2 | |
| -R\$ 376.211,02 | 3 | |
| -R\$ 127.619,79 | 4 | |
| R\$ 120.971,44 | 5 | R\$ 248.591,23 |

Em um segundo cenário está sendo considerada uma ocupação de biogás de 190.080m³/ano, sendo 7,5 horas de queima no período de trabalho. O *pay back 2* mostra que o investimento inicial, gastos com melhorias no sistema mecânico, como tubulações (conexões e ramificações), compressores, válvulas, sistema de aquecimento para clima (inverno e verão) e os gastos neste período com a geração de biogás são totalmente pagos em três anos, com uma amortização média no valor de R\$ 789.478,08 a.a.

4.6 Cálculo de pay back 2: Retorno do investimento inicial em um segundo cenário.

| RETORNO DO INVESTIMENTO - CAPACIDADE EM 7,5 HORAS DE CHAMUSCAGEM COM BIOGÁS | | |
|---|-------------------|---|
| PBS - PAY BACK SIMPLES | | |
| Capacidade | 6900 | Suínos/Dia |
| Turno de trabalho | 15 | 7,5 horas por turno (2x) |
| Capacidade abatida (hora) | 460 | Suínos/hora (efetivas) |
| Tempo de trabalho | 22 | Dias / mês |
| Tempo de trabalho | 12 | Mês / ano |
| Consumo GLP no Chamuscador | 0,240 | Gramas/suíno (média) |
| Valor pago pelo GLP | R\$ 4,49 | R\$/kg |
| Capacidade de suínos chamuscados com GLP | 7,5 | horas / dia |
| Consumo de BIOGÁS no Chamuscador | 0,480 | Gramas/suíno (média) |
| Custo na geração de BIOGÁS | R\$ 0,44 | R\$/kg |
| Tempo de uso de BIOGÁS na chamuscagem de suínos | 7,5 | horas / dia |
| Ocupação da produção de BIOGÁS (atual) | 190080 | m ³ / A.A |
| Custo em manutenção e peças de reposição (estimativo) | R\$ 400.000,00 | Gastos ao ano com BIOGÁS |
| Capacidade de animais abatidos TOTAL | 1821600 | Percentual atual Suínos Ano |
| Capacidade de suínos chamuscados com GLP | 910800 | 50% |
| Capacidade de suínos chamuscados com BIOGÁS | 910800 | 50% |
| Investimento total | R\$ 1.121.984,72 | |
| Investimento com melhorias no sistema mecânico atual | R\$ 1.000.000,00 | |
| Sistema de BIOGÁS - Biodigestores, interligações, infra estrutura geral | | |
| Chamuscador para BIOGÁS com conversão automática para GLP | | |
| Gasto ao ano com GLP - consumo INTEGRAL | R\$ 1.962.956,160 | 100% GLP |
| Gasto ao ano com GLP - consumo PARCIAL | R\$ 981.478,080 | PARCIAL GLP |
| Gasto ao ano com BIOGÁS - consumo PARCIAL | R\$ 192.000,000 | PARCIAL BIOGÁS |
| Economia anual com a inclusão do BIOGÁS | R\$ 981.478,08 | Inclusão BIOGÁS |
| PBS (Pay Back Simples) | | |
| RETORNO DO INVESTIMENTO INICIAL com a inclusão de BIOGÁS | Anos | Conclusão |
| -R\$ 1.332.506,64 | 1 | Periodo que o investimento inicial é pago, com posterior lucro com o novo sistema de: |
| -R\$ 543.028,56 | 2 | |
| R\$ 246.449,52 | 3 | |
| R\$ 1.035.927,60 | 4 | |
| R\$ 1.825.405,68 | 5 | |
| | | R\$ 789.478,08 |

Considerando um terceiro cenário, prevendo as melhorias implantadas no cenário 2 e gastos com a purificação do biogás, aumentando o percentual de metano para níveis acima de 90% e poder calorífico em 9000 kcal/m³, como também separar e destinar para a lagoa apenas os dejetos gerados das pocilgas e limpeza dos caminhões, que são os dejetos que mais geram biogás, desta forma a capacidade de geração total de biogás se torna equivalente a 380.160m³/ano, considerada como autossustentável na geração de biogás na unidade frigorífica. Ainda vale ressaltar que com o biogás mais puro o sistema tem um menor gasto com corrosão de

válvulas e demais componentes em virtude do menor índice de ácidos passando pelo sistema. Todos os dados ficam ilustrados conforme *pay back* 3, o qual mostra que o investimento inicial é totalmente pago em menos de três anos, com uma posterior lucratividade do sistema de biogás no valor anual de R\$ 1.698.759,08, que pode ser revertido para novos investimentos na unidade frigorífica.

O cenário 3 ainda conta com um pulmão de segurança de GLP dimensionado para ocupação em 1 hora diária. Desta forma, o sistema evita paradas de linha por problemas de geração de biogás.

Para o cenário (*pay back* 3) apresentado abaixo, os dados técnicos são retirados da (Tabela 5).

| DADOS TÉCNICOS | GLP | BIOGÁS | Unidade de medida |
|---|------------|---------------|--------------------------|
| Potência calorífica | 10.000 | 9.000 | kcal/m ³ |
| Densidade original do gás | 2,5 | 1,15 | kg/m ³ |
| Relação da densidade GLP / BIOGÁS | 2,5 | 2,17 | kg/m ³ |
| Capacidade necessária de gás | 1656 | 1840 | kg/dia |
| Volume necessário para autossuficiência | 662,4 | 1440 | m ³ /dia |
| Consumo de gás por suíno | 0,240 | 0,267 | gramas/suíno |

4.7 Cálculo de pay back 3: Retorno do investimento inicial em um terceiro cenário.

| RETORNO DO INVESTIMENTO - CAPACIDADE EM 15 HORAS DE CHAMUSCAGEM COM BIOGÁS | | |
|--|-------------------|---|
| PBS - PAY BACK SIMPLES | | |
| Capacidade | 6900 | Suínos/Dia |
| Turno de trabalho | 15 | 7,5 horas por turno (2x) |
| Capacidade abatida (hora) | 460 | Suínos/hora (efetivas) |
| Tempo de trabalho | 22 | Dias / mês |
| Tempo de trabalho | 12 | Mês / ano |
| Consumo GLP no Chamuscador | 0,240 | Gramas/suíno (média) |
| Valor pago pelo GLP | R\$ 4,49 | R\$/kg |
| Capacidade de suínos chamuscados com GLP | 1 | horas/dia pulmão de emergência |
| Consumo de BIOGÁS no Chamuscador | 0,267 | Gramas/suíno (média) |
| Custo na geração de BIOGÁS | R\$ 0,27 | R\$/kg |
| Tempo de uso de BIOGÁS na chamuscagem de suínos | 15 | horas / dia |
| Ocupação da produção de BIOGÁS (atual) | 380160 | m³ / A.A |
| Custo em manutenção e peças de reposição (estimativo) | R\$ 500.000,00 | Gastos ao ano com BIOGÁS |
| Capacidade de animais abatidos TOTAL | 1821600 | Percentual atual Suínos Ano |
| Capacidade de suínos chamuscados com GLP | 121440 | 7% pulmão de emergência |
| Capacidade de suínos chamuscados com BIOGÁS | 1821600 | 100% |
| Investimento total | | R\$ 1.121.984,72 |
| Investimento com melhorias no sistema mecânico atual | | R\$ 1.000.000,00 |
| Investimento com melhorias na purificação do BIOGÁS | | R\$ 1.500.000,00 |
| Sistema de BIOGÁS - Biodigestores, interligações, infra estrutura geral | | |
| Chamuscador para BIOGÁS com conversão automática para GLP | | |
| Gasto ao ano com GLP - consumo INTEGRAL | R\$ 1.962.956,160 | 100% GLP |
| Gasto ao ano com GLP - consumo PARCIAL | R\$ 130.863,744 | PARCIAL GLP |
| Gasto ao ano com BIOGÁS - consumo PARCIAL | R\$ 133.333,333 | PARCIAL BIOGÁS |
| Economia anual com a inclusão do BIOGÁS | R\$ 1.832.092,42 | Inclusão BIOGÁS |
| PBS (Pay Back Simples) | | |
| RETORNO DO INVESTIMENTO INICIAL com a inclusão de BIOGÁS | Anos | Conclusão |
| -R\$ 1.923.225,64 | 1 | Período que o investimento inicial é pago, com posterior lucro com o novo sistema de: |
| -R\$ 224.466,55 | 2 | |
| R\$ 1.474.292,53 | 3 | |
| R\$ 3.173.051,61 | 4 | |
| R\$ 4.871.810,69 | 5 | R\$ 1.698.759,08 |

Dentro do proposto, é possível concluir nos três cenários a redução do uso do gás GLP trazendo vantagens econômicas ao cliente, como a redução de compra do gás GLP da concessionária e retorno do investimento inicial inferior a três anos, como também benefícios ao meio ambiente com a inclusão do biogás, um consumível de fonte renovável e energia limpa.

Para o sistema ser autossuficiente os números apontam a necessidade de um novo investimento, uma ampliação no sistema, garantindo o tempo de retenção e necessidade de purificação do biogás, com o percentual de metano acima de 90%, deixando o consumo de gramas por suíno semelhante ao do sistema de GLP, de acordo com o cenário 3.

Mediante estudos para a implantação do chamuscador automático com biogás no frigorífico estudado, alguns dados foram selecionados para demonstração dos resultados, sendo os gastos dos gases (GLP e BIOGÁS), levantamento dos custos para implantação do sistema de biogás, este cedido pelo frigorífico, como também os dados de volume do consumo dos gases e o volume de dejetos gerados dos suínos. O processo de monitoramento iniciou desde a venda do equipamento chamuscador da Sulmaq para o frigorífico, passando pela fase de engenharia, processo fabril, até a instalação no cliente final, quando o equipamento esteve em pleno funcionamento na linha frigorífica. Posteriormente, verificou-se os dados que o sistema gerou na produção de biogás até a queima no chamuscador.

Todos os resultados comparativos são ilustrados no estudo de caso deste trabalho, concluindo-se a redução de custo na compra do gás GLP, retorno do investimento inicial.

5 CONCLUSÃO

A realização deste estudo de caso permitiu a formulação de algumas conclusões a respeito da utilização de biogás no processo de chamoscagem de suínos.

O setor cárneo vem se destacando no mercado mundial devido à alta preocupação com a qualidade de seus produtos para o processamento industrial, aliado à satisfação do cliente. Um dos principais objetivos das empresas é agregar mais qualidade aos seus produtos e processos e tornar promissores os seus investimentos, principalmente quando aliado ao retorno de investimento e retorno ao meio ambiente.

Com base neste cenário, verificou-se o real benefício de utilizar o biogás no processo de chamoscagem, sendo um processo que tem alto custo com a compra do gás GLP, muito comum na maioria dos frigoríficos brasileiros, conforme indica o *market share* demonstrado pela empresa Sulmaq.

O estudo de caso destaca também o retorno do investimento ao cliente, com o investimento inicial pago em menos de quatro anos mostrado nos três cenários de investimento, sendo que dentro deste período já se pode iniciar a redução da compra do gás GLP. Outro destaque na conclusão do trabalho em questão é o benefício gerado ao meio ambiente, por ocupar energia limpa e renovável neste processo.

Para o meio ambiente, os dejetos suínos e resíduos do frigorífico, classificados como sólidos e efluentes líquidos gerados nos processos agroindustriais necessitam de tratamento adequado no intuito de minimizar o impacto ambiental gerado por esta atividade potencialmente poluidora. A instalação de biodigestores é uma alternativa para o tratamento dos resíduos. Porém, a eficiência e a estabilidade do processo de digestão anaeróbia do

sistema aplicado dependerão de fatores operacionais e ambientais, bem como, temperatura e dimensionamento do biodigestor adotado. Este sistema de geração de biogás até o consumo final no chamuscador propicia benefícios sociais, econômicos e ao meio ambiente.

A composição do biogás gerado neste sistema apresenta características interessantes, principalmente quanto ao percentual de metano presente nas amostras de biogás purificado analisadas. Supõe-se que o biogás purificado originado neste processo é uma fonte de energia renovável que pode ser utilizada em diversas aplicações. A substituição de uma fonte de energia não renovável, GLP, por uma fonte de energia renovável, biogás purificado, apresenta economia de valores para a agroindústria. (CALDEREIRO, 2015)

Pontos importantes foram alcançados para os resultados serem positivos, como a comprovação do retorno do investimento para o cliente, sendo possível a redução de compra do gás GLP como também, os cenários futuros mostram que com o sistema atual, é possível aumentar a capacidade de geração e consumo de biogás, reduzindo ainda mais a compra do GLP pela unidade. Para um cenário final, é possível visualizar uma autossuficiência na geração de biogás garantindo o uso de 100% na queima no chamuscador, o que pode reduzir a zero a compra do GLP, chegando em uma lucratividade com o sistema, conforme *pay back* 3 apresentado.

Observa-se que o processo de instalação do chamuscador automático com biogás no frigorífico ocorreu dentro da metodologia proposta, todos os conceitos estudados foram aplicados na prática e os presentes requisitos foram contemplados durante sua implantação, resultando em importantes melhorias nos produtos e processos.

Finalmente, conclui-se que, através da utilização de biogás no processo de chamuscagem de suínos, os resultados foram positivos e os objetivos almejados foram alcançados em ambas as empresas, o frigorífico por conseguir utilizar o biogás com o melhor custo-benefício, além dos benefícios ao meio ambiente e a empresa Sulmaq por superar o desafio de desenvolver a tecnologia proposta e poder buscar novas vendas dentro deste conceito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGONESE, A.; CAMPOS, A. T.; ZACARKIM, C. E. **Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.10, n.3, p.745-750, jul./set. 2006

BACCI, L. A. **Combinação de métodos de séries temporais para previsão da demanda de café no Brasil**. 2007. 112p. Dissertação (Mestrado em engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itujubá, Itujubá, 2007.

BENEDETTO, H.; TRABASSO, L.G. **Proposal of a framework for efficient management of the engineering change process**. XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica – COBEM, Bauru, SP, Brasil, 1997.

CALDEREIRO, G; **caracterização da digestão de resíduos agroindustriais em biodigestor de fluxo contínuo operado em escala real**, Dissertação universidade tecnológica federal do paraná, Medianeira. 2015.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios - Princípios de tratamento Biológico de águas Residuárias**. v. 5. Belo Horizonte: DESA-UFMG. 1997.

COSTA, Manfred. **Gestão da Produção e Operações I**. (Especialização em Gerência da Produção e Operações) Lajeado: Centro Universitário Univates, 2012.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. do C.J.P.; ROSSI, M. **Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada**. In: **ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL**, 4., 2002, Campinas. Anais eletrônicos.

GENOVESE, A. L., UDAETA, M. M., GALVAO, L. C. R. **Aspectos energéticos da biomassa como recurso no Brasil e no mundo**. In: Encontro de energia no meio rural. Campinas, 2006. Disponível em http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100021&scRipt=sci_arttext.

GRADY, C. P. L.; DAIGGER, G. T.; LIM, H. C. **Biological Wastewater Treatment**. 2th ed. Inc. New York: Ed. Marcel. Dekker, 1999.

GRAUER, A.; KAWANO, M. **Uso da biomassa para a produção de energia**. Disponível em: . Acesso em: 09/05/ 2017.

KICK e CARDOSO, REDAÇÃO SUINOCULTURA INDUSTRIAL / Jalusa Deon Kich e Dra.Marisa Cardoso. **Controle de salmonela em suínos**. Disponível em <http://www.suinoculturaindustrial.com.br/imprensa/control-de-salmonella-em-uinos/20160630-163023-i974>. Acesso em março 2017.

LANDIM, A. B. et al. **Sistema de recuperação de biomassa**. Revista da Madeira. Curitiba, v.17, n.104, abr. 2007.

LOURENÇO, J. C.; LIMA, C. E. B. **Evolução do agronegócio brasileiro, desafios e perspectivas**. In: Observatorio de la Economía Latinoamericana, Número 118, 2009. Disponível em: <<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/09/clbl.htm>>.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. Boston:McGraw – Hill, 2003.

MORENO, M. T. V. **Manual de Biogás**. Editado por Proyecto CHI/00/G32 “Chile: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables”. Santiago de Chile, 2011. Disponível em: <[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/2BE13235AE64D19A05257CFC0076B54E/\\$FILE/as400s.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/2BE13235AE64D19A05257CFC0076B54E/$FILE/as400s.pdf)>.

NUMA – NÚCLEO DE MANUFATURA AVANÇADA. **Conceitos Gerais de Desenvolvimento de Produto**. 2006. Disponível em http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/Desenvolvimento_de_Produto.html Acesso em Março 2012

PATERSON, M. **Guide to Biogas. From production to use**. 5 th, Gülzow de 2010. Published by the Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) with support of the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection. German Federal Parliament. Disponível em:<http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/g/u/guide_biogas_engl_2012.pdf>.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos - Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006. 542 p. ISBN 978-85-02-05446-2

ROZENFELD, H. et al. **Modelo de referência para o desenvolvimento integrado de produtos**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Gramado: 1997. Anais. Porto Alegre: 1997. UFRGS, CD-ROM.

ROZENFELD, H. et al. **Proposta de uma Tipologia de Processos de Desenvolvimento de Produto Visando a Construção de Modelos de Referência**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, Belo Horizonte, 1999. Anais.

SULMAQ INDUSTRIAL S.A – **Informações gerais**. Disponível em: www.sulmaq.com.br. Acesso em: Abr de 2017

SILVA, E ; ROCHA R.C **Características e potencial produtivo de biomassa**. Revista agrogeoambiental. Minas Gerais, abr. 2010

VILAS BOAS, E. V. de B. et al. **Manejo de resíduos da agroindústria**. Lavras: Gráfica Universitária UFLA/FAEPE, 2001.

ZAHER, U. et al. **Producing Energy and Fertilizer From Organic Municipal Solid Waste. Department of Biological Systems Engineering**. Washington State University. Ecology Publication No. 07.07.024. 2007. Disponível em: <<https://fortress.wa.gov/ecy/publications/publications/0707024.pdf>>. Acesso em março 2017.

ZANOTTO, L **Gerenciamento de Mudanças de Engenharia**, Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, RS. 2012