

NARAISA MOURA ESTEVES COLUNA

**POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS EM
DIFERENTES FASES DA CADEIA PRODUTIVA DA
AGROINDUSTRIA DE CARNE BOVINA- ESTUDO DE CASO DA
AGROINDUSTRIA MARFRIG BOVINOS, PROMISSÃO-SP**

SÃO PAULO

2012

NARAISA MOURA ESTEVES COLUNA

**POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS EM
DIFERENTES FASES DA CADEIA PRODUTIVA DA
AGROINDUSTRIA DE CARNE BOVINA- ESTUDO DE CASO DA
AGROINDUSTRIA MARFRIG BOVINOS , PROMISSÃO-SP**

Monografia apresentada como exigência para
obtenção do Título de Especialista em Energia
Renovável, Geração Distribuída e Eficiência
Energética, no Programa de Pós-Graduação Lato
sensu do Programa de Educação Continuada em
Engenharia (PECE), da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo

Orientadora Prof^a. Dr^a. Suani Teixeira Coelho

SÃO PAULO

2012

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Coluna, Naraisa Moura Esteves

Potencial energético dos resíduos em diferentes fases da cadeia produtiva da agroindústria de carne bovina – estudo de caso da agroindústria Marfrig Bovinos, Promissão – SP / N.M.E. Coluna. – São Paulo, 2013.

59 p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Gera-

ção Distribuída e Eficiência Energética). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1. Energia (Potencial) 2. Resíduos 3. Indústria agrícola - Promissão (SP) I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia

BANCA EXAMINADORA

Presidente e Orientadora _____
Profª Drª. Suani Teixeira Coelho

1º Examinadora _____
Profª Drª. Patrícia Matai

2º Examinador _____
Prof Dr. José Roberto Simões Moreira

São Paulo, _____ de _____ de 2012.

“Dedico esta monografia aos
meus amores: Fábio e Artur pelo
apoio e minhas ausências.”

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Suani, pela orientação, incentivo e pela confiança a mim depositada.

Ao Sr. Mathias Almeida da Marfrig Bovinos por viabilizar essa parceria que possibilitou a elaboração dessa monografia.

Ao Sr. Cristiano da Marfrig Bovinos em Promissão-SP, pela paciência e pela disponibilização dos dados necessários para elaboração da monografia.

À Marina Kondratovich pela ajuda inicial, me disponibilizando os parceiros para essa jornada.

À Vanessa Pecora Garcilasso, pela paciência e pelos conselhos sábios durante a elaboração.

Agradeço com um carinho especial aos meus pais, Sr. Mateus e Sra. Neyde por sempre estarem ao meu lado e sempre acreditarem em mim. E aos meus amados Fábio e Artur simplesmente por existirem na minha vida.

Ao pessoal do CENBIO por me ajudar em diversas situações com seus conhecimentos e comentários que agregaram valor à minha monografia.

Enfim, a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a execução deste trabalho.

“Estudar é polir a pedra
preciosa; cultivando o espírito,
purificamo-lo.”

Confúcio

RESUMO

Atualmente o Brasil atingiu o patamar de maior produtor mundial de bovinos e está entre os cinco países exportadores. Tal fato foi alcançado devido a mudanças no processo agroindustrial desses produtos pelas pressões do comércio internacional com o intuito de obter maior aderência aos padrões de sustentabilidade social e ambiental desse setor. A pecuária e a agroindústria têm causado grande preocupação aos órgãos ambientais devido ao potencial poluidor dos resíduos com elevada carga orgânica, sejam líquidos ou sólidos, gerados na atividade. A utilização de biodigestores ou reatores anaeróbicos para o tratamento de efluentes com geração de biogás pode acarretar um aumento na receita das empresas que o utilizam para a geração de energia elétrica e/ou térmica, diminuição dos gases de efeito estufa (GEE), comercialização dos créditos de carbono pelo MDL, aumentando a visibilidade da empresa perante os investidores, consumidores, entre outros. O Grupo Marfrig se preocupa com seus passivos ambientais, desenvolve e implementa ações pioneiras e políticas abrangentes de responsabilidade socioambiental em sua cadeia produtiva visando garantir, ao longo prazo, a sustentabilidade dos seus negócios. Dessa maneira esse estudo tem como objetivo a definição do potencial energético dos resíduos da agroindústria de carne bovina em diferentes fases do Grupo Marfrig bovinos de Promissão-SP e o impacto no inventário de gases de efeito estufa com ano-base 2011.

Palavra-chave: agroindústria de carne bovina, tratamento de efluentes, produção de biogás

Abstract

Currently Brazil has reached the level of world's largest producer of cattle and is among the top five exporting countries. This has been achieved due to changes in agroindustrial process of these products due to the pressure of international trade in order to achieve high adherence to standards of social and environmental sustainability of this sector. Cattle ranching and agribusiness have caused great concern to environmental agencies due to pollution potential of waste with high organic load, whether liquid or solid, generated in the activity. The use of bio-digesters or anaerobic reactors for wastewater treatment with biogas generation may lead to an increase in revenue of the companies that use it to generate electricity and / or thermal reduction of greenhouse gases (GHG), marketing carbon credits through CDM, increasing the visibility of the company to investors, consumers, and others. Marfrig cares about its environmental liabilities, develops and implements actions pioneering and comprehensive policy of environmental responsibility in its supply chain in order to ensure long-term sustainability of their businesses. Thus this study aims at defining the energy potential of agro-industrial residues beef at different stages of Marfrig cattle Promissão-SP and the impact on inventory of greenhouse gases with the base year 2011.

Keyword: agribusiness beef, wastewater treatment, biogas production

LISTA DE FLUXOGRAMAS

FLUXOGRAMA 1- Cadeia Produtiva da agroindústria de carne bovina	16
FLUXOGRAMA 2- Processo Básico de abate de bovinos	24
FLUXOGRAMA 3- Esquema da fabricação de couros- operação de ribeira, curtimento e acabamento molhado.....	29
FLUXOGRAMA 4- Esquematização dos tratamentos de efluentes das unidades de abatedouro	40
FLUXOGRAMA 5- Esquematização do sistema de tratamento de efluentes do curtume- Marfrig.	44

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Unidades Industriais da Marfrig	34
FIGURA 2- Unidades a serem analisadas no Estado de São Paulo	35
FIGURA 3- Emissões de 2010 e 2011 do Marfrig Group.....	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Equivalência Energética de 1Nm ³ de biogás	17
TABELA 2- Quantidade de Estrume Gerado.....	22
TABELA 3- Produtos e subprodutos do abate de um bovino de 400Kg	25
TABELA 4- Carga Orgânica poluidora e concentração no efluente líquido por tipo de abatedouro.....	26
TABELA 5- Vazão e carga orgânica específico por linha de efluente.....	27
TABELA 6- Parâmetros medidos em efluentes brutos de curtume com processos convencionais completos.....	31
TABELA 7- Características do sistema de confinamento	36
TABELA 8- Quantidade de estrume gerado	36
TABELA 9- Características do consumo e custo da energia.....	42
TABELA 10 – Emissões de CO ₂ eq por escopo.....	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. ESTADO DA ARTE DO POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA DE CARNE BOVINA	13
2.1. O POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DA PRODUÇÃO BOVINA- CONFINAMENTO X PECUÁRIA EXTENSIVA	20
2.2. O POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DE ABATEDOURO	24
2.3. O POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DE CURTUME	29
3. ESTUDO DE CASO- AGROINDÚSTRIA BOVINA DO GRUPO MARFRIG EM PROMISSÃO	33
3.1. INTRODUÇÃO	33
3.2. POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS	35
3.2.1. PECUÁRIA INTENSIVA	35
3.2.2. ABATEDOURO	39
3.2.3. CURTUME	43
4. IMPACTO NO INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA	46
5. CONCLUSÕES	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXO A	57

1. INTRODUÇÃO

Para o Brasil alcançar o patamar que alcançou, de maior produtor mundial de bovinos e um dos cinco maiores exportadores de carne bovina, o processo agroindustrial teve que passar por mudanças estruturais devido às pressões do comércio internacional em relação à sustentabilidade social e ambiental.

A pecuária no Brasil é importante contribuinte para as emissões de gases de efeito estufa, tanto devido às emissões de metano dos animais, quanto em virtude da expansão agropecuária gerando o desmatamento. Porém não é apenas a pecuária que possui um grande potencial poluidor, o abatedouro, as graxarias e os curtumes são considerados grandes poluidores pela quantidade de resíduos sólidos e águas residuais gerados durante o processo. Casos esses resíduos e efluentes não sejam tratados e/ou manejados corretamente o impacto é elevado, podendo causar eutrofização nos corpos d'água, bem como problemas à saúde pública devido à presença de metais, como cromo utilizado no curtume.

Diante da exposição desses fatos, o tratamento dos efluentes tem encarecido ao longo do tempo e a utilização do biogás para geração de energia, tanto elétrica quanto térmica, a partir do tratamento anaeróbico tem se tornado viável.

O grupo Marfrig busca diminuir os seus passivos ambientais e é uma das maiores empresas globais de alimentos à base de carnes bovina, suína, de aves e peixes. Com ações negociadas no Novo Mercado da BM&FBOVESPA sob o ticker MRFG3, a Marfrig faz parte dos principais indicadores de desempenho do mercado de capitais brasileiro, como o Ibovespa, o IBrX-50 e o ICO2, carteira teórica composta por companhias que adotaram práticas transparentes com relação a suas emissões de gases efeito estufa (GEE), (MARFRIG-A, 2012)

Com o objetivo de garantir no longo prazo a sustentabilidade dos seus negócios, o Grupo Marfrig desenvolve e implementa ações pioneiras e políticas

abrangentes de responsabilidade socioambiental em sua cadeia produtiva. Seu Código de Ética único permeia a Corporação e é aplicado em todos os países onde atua. Isto propicia a formação de uma cultura única e global, regida pelos mesmos valores socioambientais. A face mais visível do engajamento da Corporação às práticas de sustentabilidade está nos grupos de trabalhos que a Empresa lidera e nos compromissos públicos que assume em parceria com as maiores organizações mundiais de defesa da produção sustentável e de preservação da biodiversidade. Dessa maneira esse estudo tem como objetivo a definição do potencial energético dos resíduos da agroindústria de carne bovina em diferentes fases do Grupo Marfrig Bovinos, de Promissão-SP.

2. ESTADO DA ARTE DO POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA DE CARNE BOVINA

A pecuária e a agroindústria têm causado grande preocupação aos órgãos ambientais devido ao intenso potencial poluidor dos resíduos gerados na atividade, portanto esse estudo tem como objetivo quantificar o potencial energético dos resíduos da agroindústria Marfrig de carne bovina, considerando os diferentes elos da cadeia produtiva, desde a criação com foco na pecuária intensiva (confinamento), abatedouro, graxaria e curtume, analisando o impacto desse potencial no Inventário de Gases de Efeito Estufa ano- base 2011.

Mesmo diante da mudança que ocorreu na agroindústria, a pecuária no Brasil é importante contribuinte para as emissões de gases de efeito estufa, tanto devido às emissões de metano dos animais ruminantes, quanto em virtude da atividade para o aumento do desmatamento.

As maiores regiões produtoras de bovino estão no Centro-Oeste (34,24%), seguidas pelo Sudeste (21,11 %), Sul (15,27%), Nordeste (15,24%) e Norte, com 14,15% do rebanho nacional (ANUALPEC, 2003 apud SIC, 2006). A participação do estado de São Paulo no rebanho brasileiro é de cerca de 6 a 7% do total, em torno de 12,5 milhões de cabeças (SIC, 2006 citado por PACHECO, 2006).

A carne bovina é um dos itens mais importantes da dieta alimentar da população brasileira e apresenta um dos maiores potenciais de crescimento. Este último fato depende, num primeiro momento, da melhora do poder de compra dos consumidores brasileiros e da capacidade da cadeia de produção se adequar ao aumento do consumo. A produção dos animais e a indústria estão passando por um processo de evolução que se tornou quase uma questão de sobrevivência para toda a cadeia produtiva (DE ZEN, 2004), atualmente vemos as empresas de carne bovina cada vez mais preocupada com a temática da sustentabilidade.

A carne é considerada o principal produto do abate bovino. Seus subprodutos, porém, são insumos para outros processos, dentre eles pode-se destacar: a pele que, tratada, transforma-se em couro, destinado principalmente à indústria calçadista; o osso do qual se produz a farinha, utilizada na ração animal; o colágeno vinculado à produção alimentícia; e o sebo utilizado pela indústria de limpeza e higiene, bem como na produção de biodiesel. Todos esses elos, em linhas gerais, podem ser simplificados em três grandes etapas: a produção pecuária, o abate e processamento e o mercado consumidor (ZUCCHI; CAIXETA-FILHO, 2010 citado por MARTINS, 2011).

Segundo Martins (2011), as empresas atuantes nesse sistema estão imersas num ambiente institucional que envolve aspectos sanitários diretamente relacionados às questões sociais e ambientais. Dessa forma, estão sujeitas à fiscalização do Serviço de Inspeção Federal (SIF) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), cujos parâmetros ficam estabelecidos na Instrução Normativa n. 34, de 2008, que trata do Regulamento Técnico da Inspeção Higiênico-sanitária e Tecnológica do Processamento de Resíduos de Animais e o Modelo de Documento de Transporte de Resíduos de Animais e nas ações presentes na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

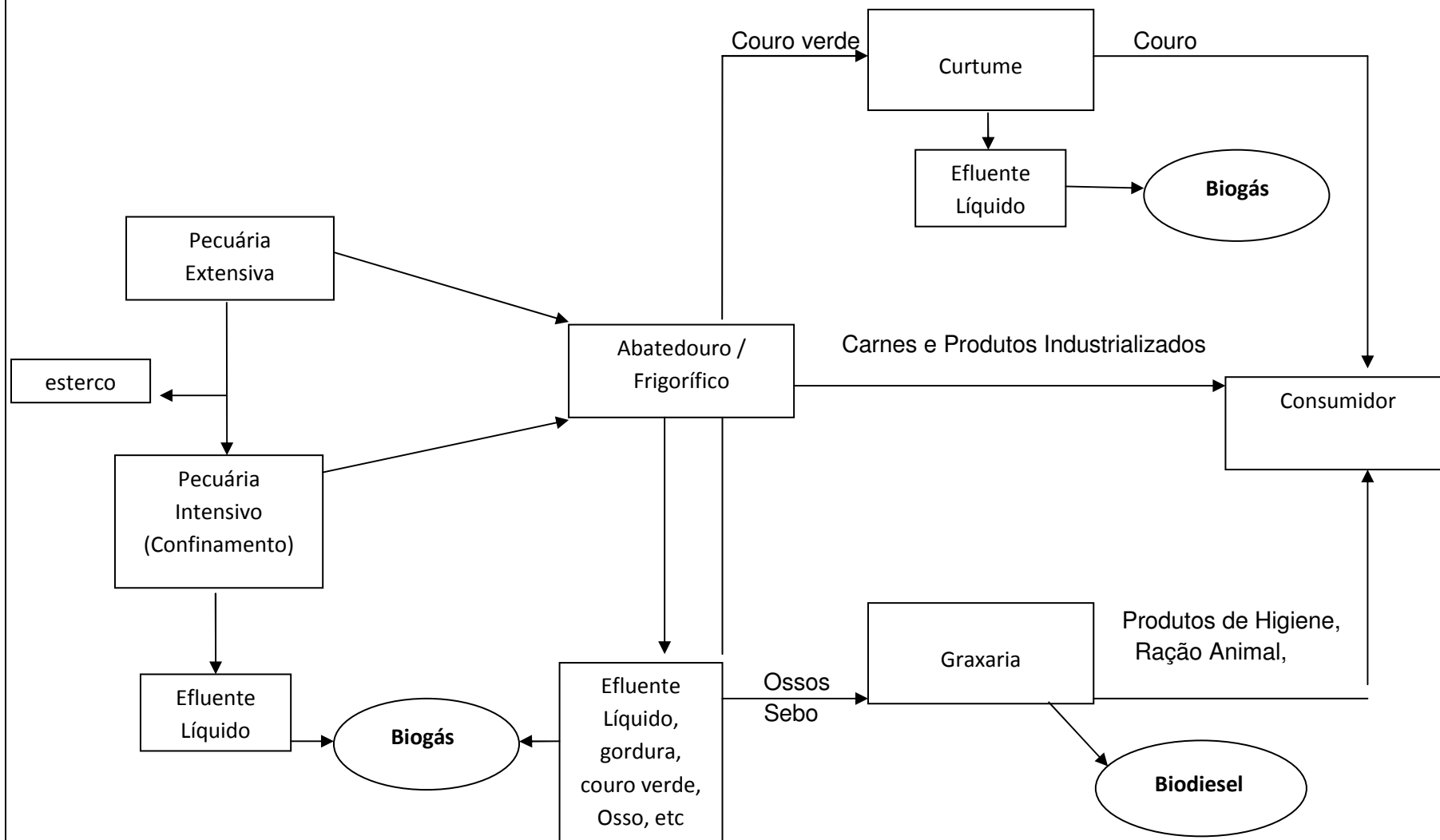
No caso do Estado de São Paulo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) também fiscaliza os fabricantes de graxaria e autoriza a licença de operação das indústrias de subprodutos de origem animal por meio da apresentação do Memorial de Caracterização do Empreendimento (MCE) e do Plano de Melhoria Ambiental (PMA), além vincular as discussões da Câmara Ambiental do Setor de Abate, Frigorífico e Graxaria (CAAFG).

Em todo o processo da cadeia produtiva da agroindústria há um elevado consumo de água tanto na lavagem do estábulo, quanto no abatedouro e curtume, gerando um grande volume de efluentes com elevada carga orgânica. Além disso nesse processo há alto consumo de energia, liberação de odor, geração de resíduos sólidos e ruído também podem ser significativos (PACHECO, 2006).

Os principais impactos ambientais proporcionados pelo lançamento de águas residuárias agroindustriais sem tratamento prévio em corpos hídricos são a elevação da DBO da água, o que provoca diminuição do oxigênio dissolvido no meio; alteração da temperatura; aumento da concentração dos sólidos solúveis, acarretando no aumento da turbidez; eutrofização dos corpos hídricos e proliferação de doenças veiculadas pela água (MATOS, 2005 citado por SILVA, 2011).

O Fluxograma 1 representa a cadeia produtiva da agroindústria, bem como os resíduos gerados e a forma de obtenção energética desses resíduos.

Fluxograma 1. Cadeia Produtiva da agroindústria de carne bovina



FONTE: Elaboração própria

O Biogás proveniente do tratamento dos efluentes da agroindústria de carne bovina

De acordo com o Fluxograma 1, o biogás pode ser obtido em diferentes fases da cadeia produtiva da agroindústria. O biogás, produzido a partir da digestão anaeróbia da matéria orgânica presente em efluentes e resíduos domésticos, industriais e agropecuários, representa uma fonte alternativa e renovável de energia cada vez mais utilizada em todo o mundo, podendo ser uma alternativa para a eficiência energética da agroindústria.

O aproveitamento do biogás para fins energéticos pode ser de duas maneiras distintas: conversão do biogás em energia térmica a partir de utilizações em aquecedores, caldeiras, entre outros ou a conversão em energia elétrica a partir de geradores podendo ser grupo motogerador, turbinas.

A Tabela 1 apresenta a equivalência energética de 1 m³ de biogás (cujo poder calorífico é em média 5.500 kcal) em relação a outros tipos de combustíveis:

Tabela 1- Equivalência Energética de 1 Nm³ de biogás(Adaptado de Pecora, 2006).

<i>Combustível</i>	<i>Quantidade Equivalente a 1Nm³ de Biogás</i>
Carvão Mineral	0,74 kg
Carvão Vegetal	0,8 kg
Lenha	1,5 kg
Óleo Diesel	0,55 L
Querosene	0,58 L
Gasolina	0,61 L
GLP	0,45 L
Álcool	0,80 L
Elettricidade	1,43 kWh

O potencial poluidor do biogás, quando lançado na atmosfera sem nenhum tratamento, é alto devido as grandes concentrações de metano (cerca de 60 a 80%) que contribui para o efeito estufa global. O CH₄ equivale a cerca

de 21 vezes o CO₂, o principal vilão dos gases de efeito estufa e consequentemente do Aquecimento Global.

Através do Protocolo de Quioto, foram criados três instrumentos econômicos de flexibilidade para apoiar a redução das emissões dos gases efeito estufa, que são: Comércio de Emissões, restrito a empresas de países desenvolvidos (Anexo I do Protocolo), no qual são permitidas a compra e a venda do direito de emissão de gases efeito estufa; Implementação Conjunta, que estabelece que os países constatem no Anexo I do Protocolo conduzam, entre si, projetos para redução da emissão; Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que permite a comercialização de créditos relativos à emissão de gases a países emissores que não atingirem as metas de redução consentidas entre as partes, sendo restrito aos países denominados NÃO- Anexo I.

Segundo Pecora (2006), o MDL tem o objetivo de buscar a redução de emissões de gases efeito estufa em países em desenvolvimento, através de projetos de países desenvolvidos, na forma de sumidouros, investimentos em tecnologias mais limpas, eficiência energética e fontes alternativas de energia. Nesse mecanismo, são essenciais as reduções certificadas de emissões (CER) que confirmem a redução das emissões e que representem adicionalidade à que ocorreria na ausência da atividade certificada de projeto.

Mudanças no processo industrial tais como a utilização de biodigestores ou reatores anaeróbicos para tratamento de efluente, com geração de biogás, podem acarretar um aumento na receita decorrente da comercialização dos créditos de carbono, além de diminuir as emissões de CO₂ a serem declaradas no Inventário de Gases de Efeito Estufa, que se tornou obrigatoriedade para as grandes empresas que possuem ações nas Bolsas de Valores, aumentando a visibilidade da empresa perante os investidores, consumidores, entre outros.

Ao aproveitar o biogás gerado pela digestão anaeróbia de resíduos, além de contribuir para a preservação do meio ambiente, também traz benefícios para a sociedade e para a indústria, pois promove a utilização ou reaproveitamento de recursos “descartáveis” e/ou de baixo custo desta maneira otimiza a utilização dos recursos locais; colabora com a não dependência da

fonte de energia fóssil diminuindo-se a emissão de poluentes e gases de efeito estufa, possibilita a geração descentralizada de energia; aumenta a oferta de energia; reduz os odores e as toxinas do ar, colabora para a viabilidade econômica das estações de tratamento de efluentes.(PECORA,2006)

No entanto, embora esse insumo energético represente importante fonte de energia para a humanidade, a produção de energia elétrica a partir do biogás é pouco significativa no Brasil e no mundo. Em 2003 a sua contribuição na matriz energética mundial foi de apenas 18,1 TWh, 9% dos 200,7 TWh gerados a partir da biomassa como um todo (CORTEZ *et al.* 2008 citado por OLIVEIRA, 2011).

O Biodigestor

O primeiro documento relatando a coleta de biogás de um processo de digestão anaeróbia ocorreu em uma estação de tratamento de efluentes municipal da Inglaterra, em 1895, sendo que o primeiro estudo de aproveitamento em uma pequena planta, com uso de estrume e outros materiais, remontam de 1941, na Índia. Desde então, o processo anaeróbio tem evoluído e se expandido ao tratamento de resíduos industriais, agrícolas e municipais (VILLEN; et al citado por PRATI, 2010).

Os primeiros países a utilizarem o processo de biodigestão, de forma mais intensa e com finalidade energética foram a Índia e a China, nas décadas de 50 e 60 (NOGUEIRA, 1986 citado por PRATI, 2010).

Os biodigestores (ou reatores) anaeróbios são tanques de concreto ou outro material para quais os efluentes - domésticos, agroindustriais, entre outros, são encaminhados. Neles a matéria orgânica é consumida por um complexo de bactérias anaeróbias (bactérias que não consomem oxigênio) gerando gases (biogás) e resíduos orgânicos mais estabilizados (OLIVEIRA, 2011).

Para Pawlowski (1983), a necessidade de se obter mais economia no tratamento com a recuperação de resíduos orgânicos e interesse na produção

de energia a partir de biomassa como fonte renovável, motivam a avaliação e estudo dos processos anaeróbios (SCHENHALS, 2007).

Segundo Chernicharo (1997), os sistemas anaeróbios de alta taxa se caracterizam, basicamente, pela capacidade em reter grandes quantidades de biomassa de elevada atividade mesmo com a aplicação de baixos tempos de retenção hidráulica (TRH). Conforme LORA (2000), o tipo de reator anaeróbio de alta taxa mais difundido na indústria é o UASB – *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* – anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (SCHOENHALS, 2007).

Além de possuir maior eficiência em relação aos outros biodigestores, também possui vantagens como baixa produção de lodo, são sistemas de fácil operação e de custo não muito elevado.

2.1. O potencial energético dos Resíduos da produção bovina-confinamento X pecuária extensiva

A pecuária é considerado um dos principais causadores de danos ambientais, dentre os principais impactos pode-se destacar: a eliminação e/ou redução da fauna e flora nativas, como consequência do desmatamento de áreas para o cultivo de pastagens; o aumento da degradação e perdas de nutrientes dos solos, em especial devido ao pisoteio intensivo e à utilização do fogo; a contaminação dos produtos de origem animal; redução na capacidade de infiltração da água no solo devido à compactação; contaminação das fontes d' água e assoreamento dos recursos hídricos; produção e emissão de gases do efeito estufa (GEE).

No mundo os ruminantes são responsáveis por 25% do metano produzido enquanto no Brasil esta contribuição chega a 70%, principalmente em função do tamanho do rebanho nacional. A mitigação das emissões de metano produzido por bovinos, ou seja, o uso de estratégias para reduzir o impacto da atividade pecuária brasileira nas mudanças climáticas globais constitui parte do compromisso firmado pelo país ao assinar o Protocolo de Quioto. A redução da produção de metano por bovinos, além de ser um compromisso nacional, também propicia um aumento de eficiência no

aproveitamento de energia pelos animais, refletindo em melhor desempenho econômico. É fundamental que o Brasil demonstre a sustentabilidade da atividade, considerando que produzir respeitando o meio ambiente é uma das exigências do mercado consumidor, principalmente europeu; e possibilite o questionamento técnico para barreiras não tarifárias de origem ambiental. (BERNDT, 2010)

O metano (CH_4) é um dos principais gases do efeito estufa, cerca de 21 vezes mais nocivo à atmosfera que o CO_2 (dióxido de carbono), o que contribui para as alterações climáticas do planeta.

Por conta do alto número de cabeças de gado no rebanho bovino no Brasil e a grande área ocupada, a pecuária tem sido apontada como uma das atividades que mais prejudicam o meio ambiente. Os impactos negativos causados pela bovinocultura estão correlacionados com o principal meio de produção adotado pelo Brasil, o sistema extensivo. Este se caracteriza pelo baixo investimento em formação (principalmente quando a terra adquirida já contém algum tipo de pasto) e manutenção de pastagem (DE ZEN, 2008).

Porém já está ocorrendo mudanças no processo de criação, no qual parte da engorda é feita por confinamento, chamada de pecuária intensiva.

Os sistemas intensivos de produção animal consistem em restringir o espaço físico onde os animais são produzidos e fornecer alimento e água em cochos. O objetivo desses sistemas é aumentar a produtividade, ou seja, produzir mais em menor espaço físico e de tempo, reduzir a idade de abate dos animais, acelerar o retorno do capital investido, e reduzir a ociosidade dos frigoríficos na entressafra (MANZO e FERREIRA, 2007 citado por TESTON, 2010).

Os aspectos ambientais dessa prática estão relacionados principalmente à racionalização do uso de solo, que evita o desmatamento de grandes áreas para a formação de pastagens. Nesse processo de criação intensiva de bovinos, fatores relacionados ao acúmulo de dejetos, geração de resíduos líquidos com altas concentrações de carga orgânica e a possibilidade da proliferação de moscas e mosquitos, podem causar poluição direta desse local,

com conseqüências em toda área de influência indireta, afetando a qualidade ambiental, principalmente pela possibilidade da contaminação dos recursos hídricos. Estes devem ser visto com mais preocupação por parte dos pecuaristas e dos órgãos de fiscalização ambiental (MANSO, 2007).

Desta maneira, a pecuária intensiva é uma forma de exploração concentrada de dejetos animais, sabidamente possuidores de grande carga poluidora para o solo, o ar e a água. A lavagem de estábulos gera grandes quantidades de efluentes (SILVA, 2011) representando 80% do consumo de água de todo confinamento.

O Brasil tem milhões de bovinos eliminando diariamente toneladas de excremento no meio ambiente. Para se ter uma idéia do potencial brasileiro para gerar energia a partir de dejetos, cerca de 18% do peso de um boi de 468 quilos, pronto para deixar a fazenda rumo ao frigorífico, corresponde à fezes e urina (MANSO,2007).

Para melhor ilustrar essa informação, a Tabela 2 apresenta a quantidade de estrume gerado, considerando um lote com 125 animais, além de considerar o ciclo de permanência dos bovinos em confinamento por 60 dias.

Tabela 2- Quantidade de estrume gerado (MANSO, 2007)

Nº de animais	Geração de Estrume(Kg/dia)	Geração de estrume por 60 dias (Kg/ciclo)
1 boi	20	1.200
125 bois/lote	2.500	150.000
22.000 bois/ciclo	440.000	26.400.000

A quantidade de biogás gerada ao final do ciclo é apresentada a seguir:

Rebanho atual= 22.000 bois/ciclo

Tratamento de efluentes providos da bovinocultura= 20 dias (MOTTA, 1986)

Rebanho= 22.000 bovinos

$$Et_{\text{bovino}} = \text{Esterco Total} = 20 \frac{\text{Kg de esterco}}{\text{dia}} \times \text{unidade geradora}$$
(MANSO,2007)

$Pb_{\text{bovino}} = \text{Produção de Biogás} = 0,037 \frac{\text{Kg de biogás}}{\text{Kg de esterco}}$
(MOTTA, 1986)

$[CH_4]_{\text{bovino}} = \text{Concentração de Biogás} = 60\% = 0,60$ (MOTTA, 1986)

$VE = \text{Volume Específico do metano} \left(\frac{\text{Kg de } [CH_4]}{\text{Kg de esterco}} \right) = 0,67$ (MOTTA, 1986)

- A Quantidade de biogás disponível (em m³/h)

$$Q_{CH_4} = \frac{n^{\circ} \text{ dias} / \text{mês} * n^{\circ} \text{ de cab.} * E_t * P_b * [CH_4]}{VE}$$

$$Q_{CH_4} = \frac{20 * 22.000 * 20 * 0,037 * 0,60}{0,670} = 291.582,1 \frac{\text{m}^3 \text{ de } CH_4}{\text{mês}}$$

$$Q_{CH_4} = 291.582,1 \frac{\text{m}^3 \text{ de } CH_4}{\text{mês}} * 1 \text{ mês} / 30 \text{ dias} * 1 \text{ dias} / 24 \text{ h}$$

$$Q_{CH_4} = 404,97 \frac{\text{m}^3 \text{ de } CH_4}{\text{h}}$$

$$Q_{\text{biogás}} = 674,96 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Caso não seja dado o tratamento adequado à esse efluente os prejuízos ambientais são ainda maiores quando esses resíduos orgânicos são arrastados para os cursos d'água, pois possuem alta DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), reduzindo o teor de oxigênio da água. Além disso, os diversos nutrientes contidos nesses resíduos (principalmente N, P e K) estimulam o crescimento de plantas aquáticas e a eutrofização dos corpos d'água (Schroeder, 1977; Branco, 1983; Imhoff & Imhoff, 1986; Tchobanoglous & Burton, 1991 citado por CAMPOS et al, 2002).

O tratamento e uso de resíduos da bovinocultura, para fins energéticos, além de atender a expectativa do produtor rural na produção de energia e biofertilizante, pode gerar renda extra, e também, através da destinação adequada aos resíduos, melhorar a rentabilidade da propriedade rural, proporcionando maior sustentabilidade.

2.2. O potencial energético dos Resíduos do abatedouro

De forma geral, as etapas do processo de abate de bovinos são a recepção, que compreende a chegada e seleção dos animais; o abate propriamente dito, onde são realizadas as etapas de insensibilização e sangria, remoção do couro, evisceração, limpeza e lavagem das carcaças, e resfriamento; e a recuperação de subprodutos (SCHENINI, 2006). O Fluxograma 2 apresenta as etapas do processo de abate.

A Tabela 3 mostra os produtos e subprodutos do abate de um bovino de 400 kg, para ilustrar o aproveitamento destes em outros elos da agroindústria de carne bovina.

Fluxograma 2. Processo básico de abate de bovinos (PACHECO,2008)

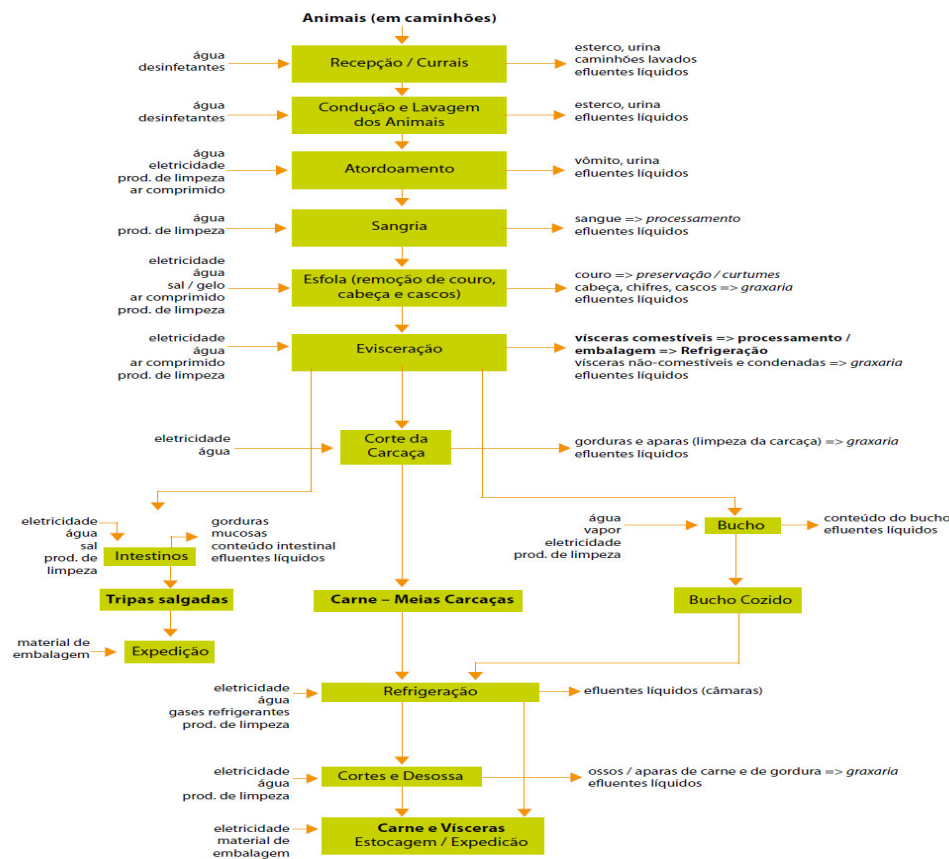


Tabela 3- Produtos e subprodutos do abate de um bovino de 400 kg (UNEP,DEPA, COWI, 2000 citado por PACHECO, 2008)

	<i>Peso</i>	<i>Porcentagem do Peso</i>
	<i>(Kg)</i>	<i>Vivo (%)</i>
Peso Vivo	400	100
Carne Desossada	155	39

Material Não –comestível para graxaria (ossos,gordura,cabeça, etc)	152	38
Couro	36	9
Vísceras comestíveis (língua, fígado, coração, rins, etc)	19	5
Sangue	12	3
Outros(contéúdos estomacais, intestinais, perdas-sangue, carnes,etc)	26	7

Como conseqüências das operações de abate para obtenção de carne e derivados, originam-se vários subprodutos e resíduos que devem sofrer processamentos específicos: couros, sangue, ossos, gorduras, etc. Normalmente a finalidade do processamento e/ou destinação dos resíduos ou dos subprodutos do abate é função das características locais ou regionais, como a existência ou a situação de mercado para os vários produtos resultantes e de logística adequada entre as operações (SILVA, 2011).

Segundo Pacheco (2008), padrões de higiene das autoridades sanitárias em áreas críticas dos abatedouros resultam no uso de grande quantidade de água. Os principais usos de água são para: consumo animal e lavagem dos animais; lavagem dos caminhões; escaldagem, lavagem de carcaças, vísceras e intestinos; movimentação de subprodutos e resíduos; limpeza e esterilização de facas e equipamentos; limpeza de pisos, paredes, equipamentos e bancadas; geração de vapor e resfriamento de compressores. Em média esse consumo é cerca de 1.300 l/ cabeça.

Em abatedouros, alto consumo de água acarreta grandes volumes de efluentes, sendo que 80 a 95% da água consumida é descarregada como efluente líquido (UNEP; DEPA; COWI, 2000). Estes efluentes caracterizam-se principalmente por: alta carga orgânica, devido à presença de sangue, gordura, esterco, conteúdo estomacal não-digerido e conteúdo intestinal; alto conteúdo de gordura; flutuações de pH em função do uso de agentes de limpeza ácidos e básicos; altos conteúdos de nitrogênio, fósforo e sal e flutuações de temperatura (uso de água quente e fria). (PACHECO, 2008). A Tabela 4 demonstra a carga poluidora do efluente por tipo de abatedouro.

Tabela 4- Carga Orgânica poluidora e Concentração no efluente líquido por tipo de abatedouro (CETESB, 2003 citado por PACHECO, 2008.)

<i>Tipo de abatedouro</i>	<i>Carga poluidora (Kg de DBO/ cabeça)</i>	<i>Concentração total de DBO no Efluente (mg/L)</i>
Com industrialização da carne	3,76	1.250- 3.760
Sem industrialização da carne	2,76	1.100 – 5.520

O abatedouro separa o efluente em duas linhas, chamadas de linha verde e de linha vermelha com o princípio de otimizar o tratamento dos efluentes, pois o tratamento primário é feito separadamente devido as características de cada linha de efluente. Os efluentes da linha verde são compostos pelo conteúdo estomacal e pelo resíduo de vísceras brancas, juntamente com a água utilizada para a limpeza dos currais e dos caminhões de transporte dos animais (SCHENINI, 2006). Este efluente passa por um tanque de sedimentação para a retirada da parte sólida, que pode ser encaminhada ao processo de compostagem ou queimada em caldeiras de biomassa.

A linha vermelha contém o efluente dos resíduos da graxaria e a água de limpeza das salas de abate. O tratamento deste efluente consiste em um tanque de flotação para a retirada da gordura e uma filtragem visando retirar a parte sólida presente. A gordura retirada é enviada novamente ao setor de graxaria e a parte sólida retida encaminhada para produção de farinha.

O efluente líquido restante após a separação de sólidos e gorduras, provenientes das linhas verde e vermelha, é reunido e encaminhado ao tratamento adequado visando a remoção da carga orgânica para poder ser lançado ao corpo receptor. Um tratamento secundário que pode vir a ser utilizado seria biodigestores ou reatores nos quais ocorre a decomposição anaeróbica, sem a presença de oxigênio, da matéria orgânica presente no efluente, gerando como produto final grande quantidade de metano (CH₄), que é liberado na atmosfera. A Tabela 5 demonstra a vazão e carga orgânica específica em um abatedouro por linha de efluente.

Tabela 5- Vazão e Carga Orgânica específico por linha de efluente (CETESB,1993 citado por PACHECO, 2008)

Linha de Efluente	Vazão Média Específica	Carga Média Específica
Vermelha	1.630 L/ bovino	2,5 Kg DBO/ bovino
Verde	540 L/bovino	0,9 Kg DBO/bovino
Esgoto Doméstico	122 L/empregado.dia	31 g DBO/ empregado.dia

Para estimar a carga poluidora orgânica nos efluentes líquidos gerados por um abatedouro, considere as seguintes hipóteses: um abatedouro de bovinos de porte médio, abatendo 500 bovinos/dia; considerando uma carga orgânica específica nos efluentes líquidos de 3,0kg DBO₅/bovino e tendo em vista a carga orgânica específica média, no esgoto doméstico, de 54g DBO₅/pessoa.dia, tem-se:

- Carga orgânica nos efluentes: 500 bovinos/dia x 3,0kg DBO₅/bovino = 1.500kg DBO₅/dia;
- Equivalente populacional: 1.500.000g DBO₅/dia ÷ 54g DBO₅/pessoa.dia = 27.778 pessoas;

Assim, a carga orgânica poluente diária, gerada por este abatedouro hipotético, seria equivalente àquela gerada por uma população de cerca de 27.800 habitantes, o que denota um impacto ambiental potencial significativo dos efluentes líquidos de um abatedouro (PACHECO,2008).

Ao continuar essa analogia pode-se considerar que:

Dados: tratamento de efluentes domésticos

N= 27.800 hab
 $Q_{\text{efl}} = 150 \text{ l/dia}$
 $\text{DBO} = 0,312 \text{ kg}_{\text{DBO}}/\text{m}^3$
 $\eta = 95\%$

- Quantidade de Biogás produzido pelo biodigestor modelo RAFA (em m³/h)

$$\varphi_{\text{efl}} = 150 \text{ l/dia} * \text{hab} * 27.800 \text{ hab} = 4.170.000 \text{ l/dia} = 173,750 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = \frac{\varphi_{\text{efl}} * \text{DBO}_{\text{efl}} * \eta * 0,25}{0,72} = \frac{173,750 * 150 * 0,95 * 0,25}{0,72} = 17,88 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{BIOGÁS}} = 20,98 \text{ m}^3/\text{h}$$

Esse volume de biogás gerado poderia ser utilizado em caldeiras, motores para a produção de energia térmica na forma de calor ou energia elétrica.

A energia consumida pelos abatedouros, assim como outros insumos, depende de aspectos como tipo, capacidade e quantidade de produção, tipo e estado dos equipamentos, tipo de tratamento de efluentes, existência de práticas para a eficiência energética, entre outros. Assim, a faixa de variação de consumo é muito ampla – 70 a 300 kWh por cabeça (PACHECO, 2008).

Ainda segundo Pacheco (2008), cabe ressaltar que cerca de 80 a 85% da energia total necessária num abatedouro é energia térmica (vapor e água quente) produzida pela queima de combustíveis nas caldeiras da unidade industrial.

No caso de graxarias anexas aos abatedouros ou matadouros, estas praticamente não geram resíduos sólidos em seus processos produtivos - eventuais perdas residuais são reincorporadas no processo (reuso interno); algumas embalagens de produtos da graxaria e de insumos auxiliares podem ser considerados como resíduos sólidos; quanto aos resíduos de operações auxiliares e de utilidades, citados acima, as graxarias anexas normalmente compartilham destas mesmas operações instaladas para os abatedouros, dando apenas sua parcela de contribuição na geração de resíduos destas unidades (PACHECO, 2008).

O subproduto da indústria alimentícia é utilizado pela indústria da Graxaria para a produção de energia (biodiesel), e também serve como matéria-prima para produtos de higiene e limpeza e fabricação de ração animal. O biodiesel de sebo bovino será abordado no Anexo A.

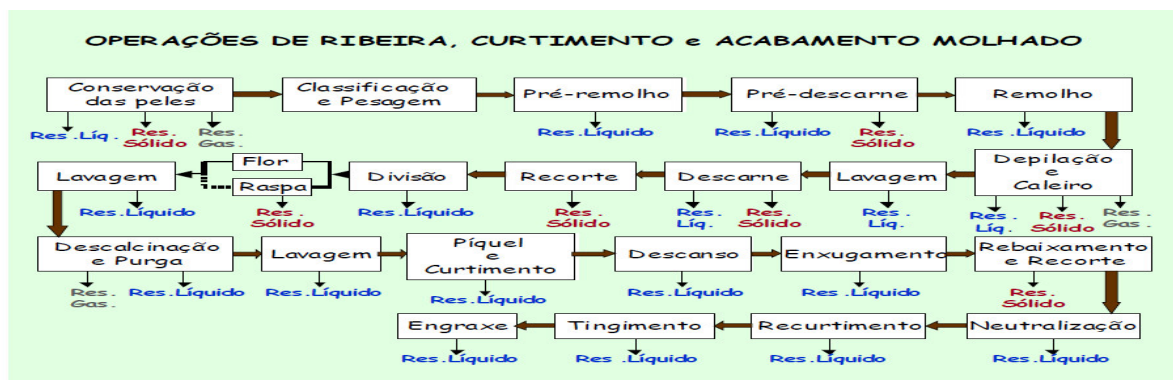
2.3. O potencial energético dos Resíduos de Curtume

No interior dos curtumes o processamento completo da pele bovina, isto é, desde a pele crua até o couro com acabamento final, é dividido em cinco fases: ribeira, curtimento, acabamento molhado (ou recurtimento), pré-

acabamento e acabamento final (PACHECO, 2005). Estas etapas, em sua maioria, são processos químicos, em que as peles ou couros reagem com os produtos utilizados e consomem um grande volume de água, em torno de 30-40L de água por Kg de pele processada, sendo nas etapas de ribeira e curtimento onde ocorre o maior consumo de água (RAO, 2003 citado por ANANIAS, 2009).

Segundo Pacheco (2005), o couro é uma pele animal que passou por processos de limpeza, de estabilização (dada pelo curtimento) e de acabamento utilizadas para confecção de calçados, peças vestuários, entre outros. O processo de transformação é normalmente dividido em três etapas principais - ribeira, curtimento e acabamento- está última sendo dividido em “acabamento molhado”, “pré- acabamento” e “acabamento final”. O Fluxograma 3 apresenta o processamento completo para a fabricação de couros, desde as peles frescas ou salgadas até os couros totalmente acabados, destacando os principais pontos de geração de resíduo.

Fluxograma 3. Esquema da fabricação de couros- operação de ribeira, curtimento e acabamento molhado (PACHECO, 2005)



O setor ainda é estigmatizado do ponto de vista ambiental. Sua produção gera uma grande quantidade de poluição orgânica e inorgânica, com impactos no solo, água e ar.(ANANIAS et AL, 2009)

O curtume que proporciona a maior carga poluidora é o que realiza as operações de ribeira, ou seja, até a fase do couro *wet blue*, gerando no processo global uma grande quantidade de resíduos tanto líquidos como sólidos. A geração de efluente varia de acordo com cada etapa da produção,

também há grande variação de curtume para curtume, dependendo dos processos industriais utilizados.

Durante a etapa de remolho, ocorre a dissolução do sal (cloreto de sódio). O sangue e outras substâncias provenientes do banho do caleiro residual contêm matéria orgânica em grande quantidade (proteínas), cal e sulfeto. As operações seguintes (depilação, purga, piquelagem e curtimento) produzem uma poluição salina e tóxica devido ao cromo.(ANANIAS, 2009)

As principais características dos efluentes líquidos gerados nos curtumes são:

- Presença de cromo potencialmente tóxico;
- Elevado pH;
- Presença de cal e sulfetos livres;
- Grande quantidade de matéria orgânica;
- Elevado teor de sólidos em suspensão (principalmente pêlos, fibras, sujeira e outros);
- Dureza das águas de lavagem;
- Elevada salinidade (sólidos dissolvidos totais)

A Tabela 6 apresenta alguns dos parâmetros medidos em efluentes brutos de curtume com processos convencionais completos, dados em Kg/t_{pele}.

Tabela 6. Parâmetros medidos em efluentes brutos de curtume com processos convencionais completos (Adaptado de PACHECO, 2005)

<i>Etapa Básica do Processo</i>	<i>Uso da Água (m³/t_{pele})</i>	<i>DQO</i>	<i>DBO</i>	<i>Cromo</i>
Ribeira	7-25	120 -160	40-60	-
Curtimento	1-3	10-20	3-7	2,5
Acabamento Molhado	4-8	15-10	5-15	01-02

Acabamento	0-1	0-10	0-4	-
Total	12-37	145-230	48-86	3-7

Tomando-se o dado médio da Tabela acima para DBO (cerca de 67 kg/t pele), considerando-se um peso médio de 23 kg/pele salgada e uma carga orgânica média de esgoto doméstico de 54 g DBO/habitante.dia, o *potencial poluidor de carga orgânica biodegradável* de um curtume integrado, que processe 3.000 peles/dia, *seria equivalente ao de uma população de cerca de 85.600 habitantes* (PACHECO,2005).

Ainda segundo Pacheco (2005), observa-se que o impacto ambiental potencial dos efluentes líquidos é significativo. Além da carga poluidora em si, caso certos cuidados operacionais não sejam tomados, os efluentes líquidos dos curtumes que realizam a ribeira podem apresentar problemas de odor devido à formação de gás sulfídrico, proveniente do sulfeto, o que pode causar incômodos à população no entorno.

Desta maneira pode-se afirmar que existe um potencial enorme para a utilização do biogás com fins energéticos a partir do tratamento do efluente com características anaeróbias. Ao utilizar os parâmetros citados acima tem-se a produção de biogás fazendo analogia com o esgoto doméstico:

Dados: tratamento de efluentes domésticos

N= 85.600 hab

$Q_{\text{efl}} = 150 \text{ l/dia}$ (MOTTA, 1986)

$\text{DBO} = 0,312 \text{ kg}_{\text{DBO}}/\text{m}^3$ (MOTTA, 1986)

$\eta = 95\%$ (MOTTA, 1986)

- Quantidade de Biogás produzido pelo biodigestor modelo RAFA (em m^3/h)

$\varphi_{\text{efl}} = 150 \text{ l/dia} \times \text{hab} \times 85.600 \text{ hab} = 12.840.0000 \text{ l(dia)} = 535 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q = \frac{\varphi_{\text{efl}} * \text{DBO}_{\text{efl}} * \eta * 0,25}{0,72} = \frac{535 * 0,312 * 0,95 * 0,25}{0,72} = 55,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{biogás}} = 91,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

A energia consumida pelos curtumes, assim como outros insumos, depende de aspectos como tipo, capacidade e quantidade de produção; tipo e estado dos equipamentos; tipo de tratamento de efluentes; existência de práticas para a eficiência energética; entre outros. Assim, a faixa de variação de consumo é muito ampla – 2.600 a 11.700 kWh por tonelada de peles salgadas (PACHECO, 2005).

Ainda segundo Pacheco (2005), energia térmica é necessária para processos como secagem dos couros e obtenção de água quente ou aquecimento dos banhos de processo; energia elétrica, para equipamentos em geral e iluminação.

3. Estudo de Caso- Agroindústria Bovina do grupo Marfrig em Promissão-SP

3.1. INTRODUÇÃO

O grupo Marfrig é uma das maiores empresas globais de alimentos à base de carnes bovina, suína, de aves e peixes. Em 2010 foi premiada como a “Melhor Empresa do Agronegócio” e “Melhor Empresa de Carnes” pela Revista Exame Maiores e Melhores, a “Melhor Empresa em Sustentabilidade

Financeira” pela Revista Isto É Dinheiro e a “Melhor Indústria de Carnes” pela Revista Globo Rural. Em 2011 foi eleita novamente a “Melhor Empresa de Carnes” pela Revista Exame Maiores e Melhores. Com ações negociadas no Novo Mercado da BM&FBOVESPA sob o ticker MRFG3, a Marfrig faz parte dos principais indicadores de desempenho do mercado de capitais brasileiro, como o Ibovespa, o IBrX-50 e o ICO2, carteira teórica composta por companhias que adotaram práticas transparentes com relação a suas emissões de gases efeito estufa (GEE), buscando diminuir os seus passivos ambientais.

Com o objetivo de garantir no longo prazo a sustentabilidade dos seus negócios, o Grupo Marfrig desenvolve e implementa ações pioneiras e políticas abrangentes de responsabilidade socioambiental em sua cadeia produtiva. Seu Código de Ética único permeia a Corporação e é aplicado em todos os países onde atua. Isto propicia a formação de uma cultura única e global, regida pelos mesmos valores socioambientais. A face mais visível do engajamento da Corporação às práticas de sustentabilidade está nos grupos de trabalhos que a Empresa lidera e nos compromissos públicos que assume em parceria com as maiores organizações mundial de defesa da produção sustentável e de preservação da biodiversidade. (MARFRIG- A, 2012)

O grupo Marfrig possui atividades pelo mundo todo conforme será observado na Figura 1.



Figura 1- Unidades Industriais da Marfrig (Marfrig, 2012)

A Marfrig Bovinos localizadas em Promissão no Estado de São Paulo, representa 15% de todo faturamento no Brasil.

O presente estudo tem como objetivo determinar o potencial energético dos resíduos da agroindústria de carne bovina. Para isso serão analisada/estudada as unidades representadas na Figura 2.

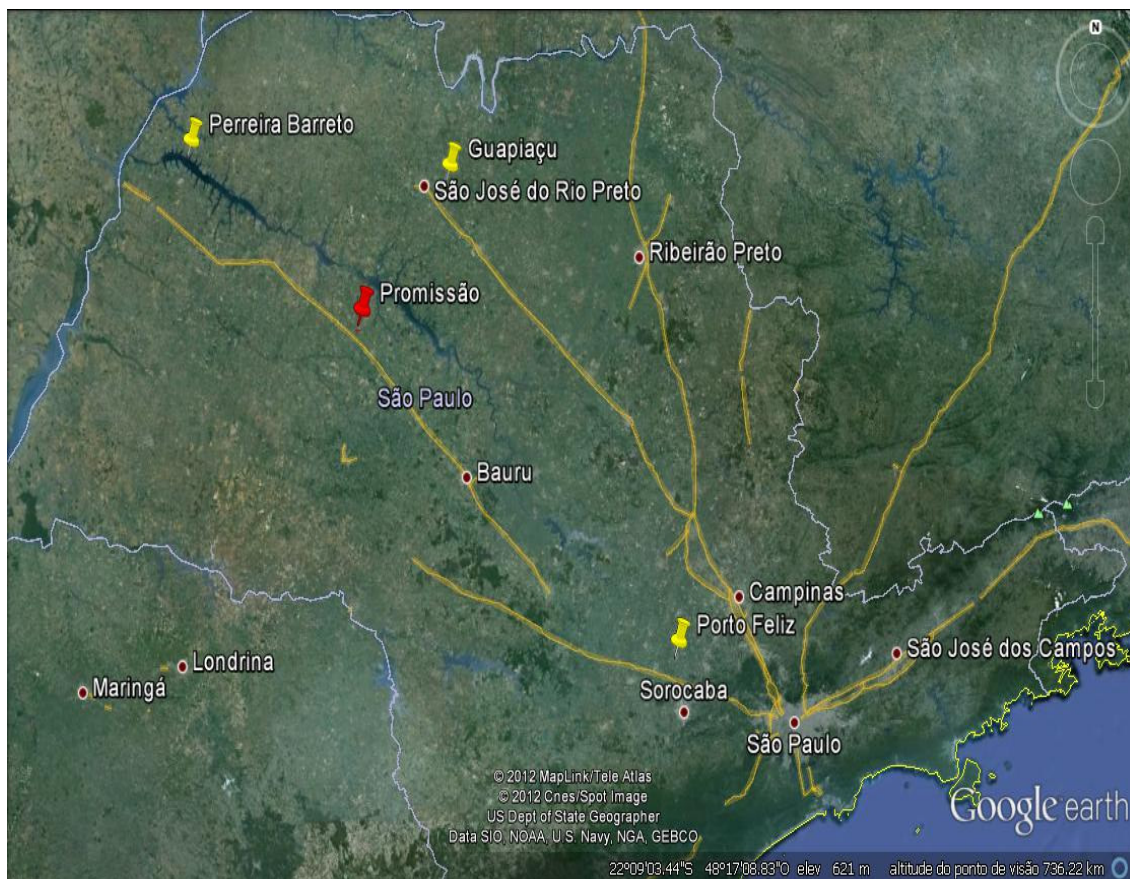


Figura 2 - Unidades a serem analisadas no Estado de São Paulo
Fonte: Elaboração Própria

As unidades que estão marcadas em amarelo representam os sistemas de confinamento próprio de bovinos, nas cidades de Porto Feliz, Guapiaçu e Perreira Barreto, já a unidade que está marcado de vermelho representa 2 unidades de abatedouro e a unidade de curtume localizadas em Promissão. Todas as unidades estão localizadas no Estado de São Paulo.

3.2. POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS

3.2.1. PECUÁRIA INTENSIVA

A mudança no uso do solo em São Paulo tem sido o grande propulsor para o aumento da pecuária intensiva. A Marfrig possui capacidade de 31.000 cabeças confinadas no Estado de São Paulo representando 65% de todos animais do grupo confinados no Brasil. Atualmente estão sendo criados em confinamento 22.500 cabeças por ciclo.

Para o abate dos bovinos estes permanecem no confinamento entre 90 dias e no máximo de 105 dias até atingirem o peso ideal que varia de 405 kg para a fêmea e 510 kg para o macho. A Tabela 7 demonstra as características do confinamento nas três unidades estudadas.

Tabela 7- Características do sistema de confinamento (Elaboração própria, a partir de dados cedidos pela Marfrig.)

<i>Número de animais em ciclo de 105 dias</i>	22.500 cabeças/ciclo
Número de ciclos no período de entressafra	3,5 ciclos
Número total de animais por período de 360 dias	78.750 cabeças
Peso boi na entrada (vivo)	360 Kg
Ganho de peso/animal/dia	1,430 Kg
Ganho de peso animal/ período de confinamento	150 Kg
Peso do boi na saída (vivo)	510 Kg

Utilizando os parâmetros da Tabela 2 no Capítulo 2 têm-se a quantidade de dejetos/resíduos gerados, demonstrado na Tabela 8:

Tabela 8- Quantidade de estrume gerado (Adaptado de Manso , 2007 a partir de dados cedidos pela Marfrig.)

<i>Número de animais</i>	<i>Geração de estrume (Kg/dia)</i>	Geração de estrume por 105 dias (Kg/ciclo)
1 boi	20 Kg/dia	2.100 Kg/ciclo
22.500	450.000 Kg/dia	47.250.000 Kg/ciclo

Um dos grandes problemas em confinamento de bovinos é a elevada quantidade de resíduo gerado que possui um grande potencial poluidor devido à carga orgânica. Caso esse resíduo não seja tratado e alcance os corpos hídricos poderá causar eutrofização, além de proliferação de moscas, entre outros.

O manejo desse resíduo acontece de diversas maneiras, coma a venda desse esterco para a produção de adubo orgânico bioativo (muito utilizado), além de ser utilizado como adubo na própria fazenda devido aos macronutrientes presentes em sua composição, para as culturas como soja, milho que servirão de ração para os animais confinados. Assim, terá redução nos custos com adubo químico.

No caso da Marfrig Bovinos no Estado de São Paulo, esses resíduos são vendidos para a fabricação de adubo orgânico.

A proposta desse estudo é considerar que o tratamento seja feito anaerobiamente utilizando o reator UASB que possui maior eficiência e que seja feito o aproveitamento do biogás.

Desta maneira, têm-se:

- A quantidade de Biogás por ciclo confinado

Rebanho atual= 22.500 cabeça/ por ciclo

Tratamento de efluentes providos da bovinocultura= 20 dias

$E_{t\text{ bovino}} = \text{Esterco total} = 20 \frac{\text{kg de esterco}}{\text{dia} \cdot \text{unidade geradora}}$
(MANSO, 2007)

$P_{b\text{ bovino}} = \text{Produção de Biogás} = 0,037 \frac{\text{Kg de biogás}}{\text{kg de esterco}}$
(MOTTA, 1986)

$[CH_4]_{\text{bovino}} = \text{concentração de metano no biogás} = 60\% = 0,60$
(MOTTA, 1986)

$VE = \text{Volume Especifico do metano} = 0,670 \text{ Kg } CH_4 / m^3 \text{ de } CH_4$
(MOTTA, 1986)

$$Q_{CH_4} = \frac{n^{\text{dias}}/\text{mês} * n^{\text{de cab.}} * E_t * P_e * \text{Conc. CH}_4}{VE}$$

$$Q_{CH_4} = \frac{20 * 22500 * 20 * 0,037 * 0,60}{0,670} = 298.208,95 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4 / \text{mês} = 414,179 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$Q_{\text{biogás}} = 690,30 \text{ m}^3 / \text{h}$$

- Potencial disponível em kW

$$Pot = \frac{Q * PCI * \eta}{860.000} = \frac{414,179 * 5500 * 0,28}{860.000} = 741,17 \text{ kW}$$

- Cálculo da Energia gerada

$$E = P * F_c * \text{Tempo de Operação}$$

Onde:

E= energia disponível (MWh/dia)

P = Potência disponível

Fc= Fator de carga = 87%

Tempo de Operação do motor = h/dia

Assim têm-se:

$$E = 0,74117 * 0,87 * 24 = 15,47 \text{ MWh/dia}$$

- A quantidade de Biogás anual, considerando os três ciclos e meio utilizados pela empresa.

$$Q_{CH_4} = \frac{20 * 78750 * 20 * 0,037 * 0,60}{0,670} = 1.043.731,34 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4 / \text{mês} = 1.449,63 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$Q_{\text{biogás}} = 2.416,04 \text{ m}^3 / \text{h}$$

- Potencial energético em kW

$$Pot = \frac{Q * PCI * \eta}{860.000} = \frac{1.449,63 * 5500 * 0,28}{860.000} = 2.595,85 \text{ kW}$$

Para o tratamento dos resíduos das unidades de confinamento seria interessante implementar uma única central de digestão anaeróbia que suporte

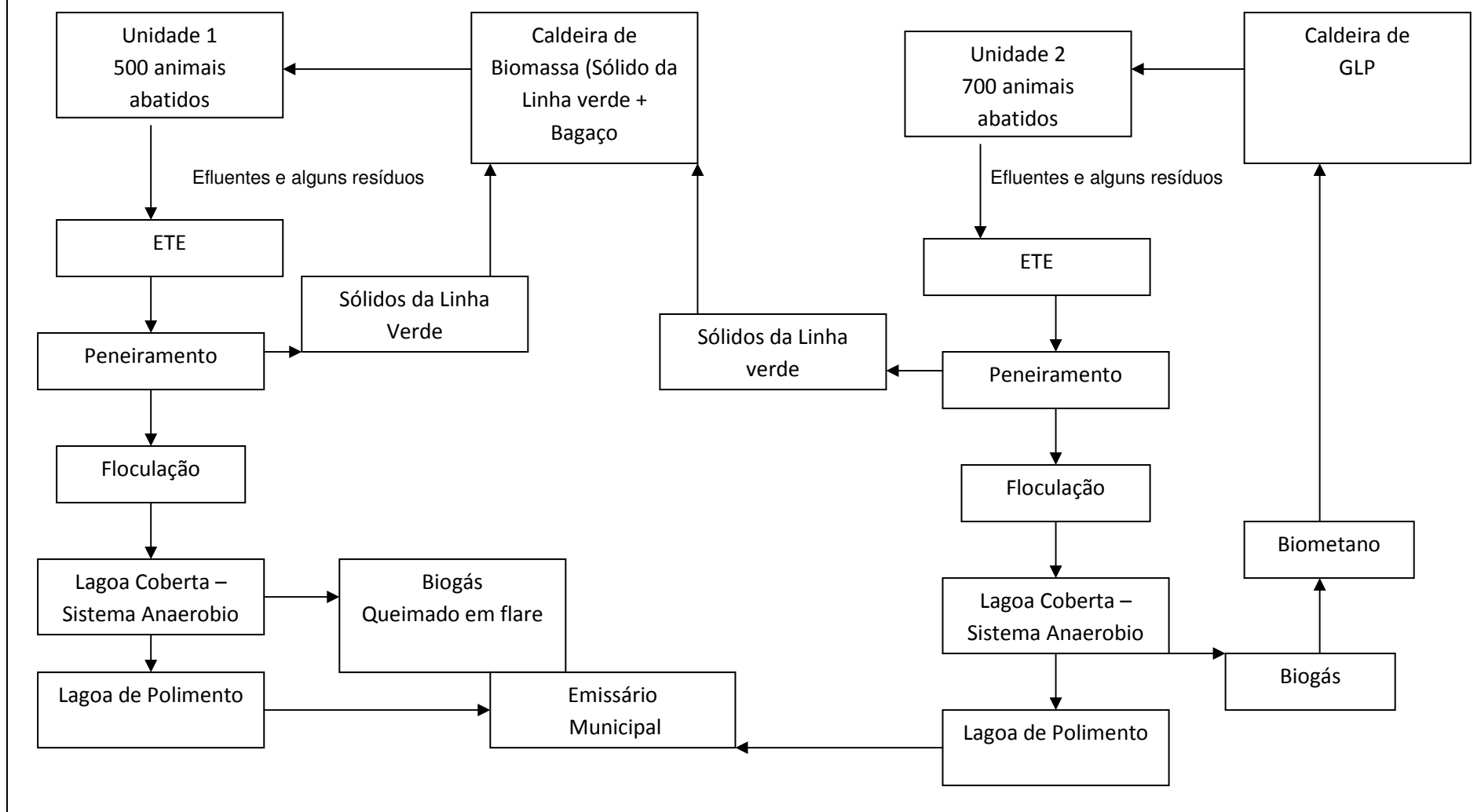
a capacidade de tratamento desses resíduos. O potencial energético nessa central pode alcançar os 2,6 MW. Ressalta-se que para esse processo, deve-se considerar a distância entre as unidades de confinamento e a central de tratamento.

3.2.2. ABATEDOURO

A Marfrig bovinos possui dois abatedouros localizados em Promissão no Estado de São Paulo, que abatem juntos, cerca de 1.200 bovinos por dia.

O Fluxograma 4 apresenta duas unidades de abatedouro do Marfrig Bovinos.

Fluxograma 4- Esquematização dos tratamentos de efluentes das unidades de abatedouro



Fonte: Elaboração própria com informações cedidas pela Marfrig.

Conforme visto no Fluxograma 4, percebe-se que eles produzem na suas plantas mecanismo para a produção do biogás através do tratamento de efluentes. Porém na unidade I o biogás é queimado em flare. A energia térmica é decorrente de uma caldeira de biomassa operando com os resíduos da linha verde (estrume+ rúmen) após passar pelo peneiramento e para alcançar a energia térmica necessária acontece a compra do bagaço de cana da região.

Já na unidade II, mais moderna do que a primeira, é utilizado caldeira de gás natural e os resíduos da linha verde são enviados para a unidade I para que haja uma menor dependência da comercialização do bagaço de cana. O biogás produzido é tratado a fim de remover impurezas e compostos como a água e o H₂O (ácido sulfídrico) o que acarreta no aumento do seu poder calorífico.

Para o cálculo será utilizado os seguintes parâmetros, dados fornecidos pela Unidade I e II da Marfrig.

- φ = vazão do efluente= 120 m³ / h

- DQO_{entrada} = 5.697 mg/l

- relação DQO/DBO = 1,96 (SCHOENHALS, M ET AL, 2007). Assim, têm-se

DBO_{entrada} = 2.906,6 mg/l = 2,9066 kg/m³

- η = eficiência de remoção = 80%

Desta maneira, têm –se para as duas unidades:

$$Q_{CH_4} = \frac{\varphi_{efl} * DBO_{efl} * \eta * 0,25}{0,72} = \frac{120 * 2,9066 * 0,80 * 0,25}{0,72} = 96,97 \frac{m^3}{h}$$

- Potencial disponível em kW em cada unidade

$$Pot = \frac{Q * PCI * \eta}{860.000} = \frac{96,97 * 5500 * 0,28}{860.000} = 173,64 \text{ kW}$$

- Cálculo da Energia gerada

$$E = P \times Fc \times \text{Tempo de Operação}$$

Onde:

E= energia disponível (MWh/dia)

P = Potência disponível

Fc = fator de carga = 87%

Tempo de Operação do motor = h/dia

Assim têm-se:

$$E = 0,17364 \times 0,87 \times 24 = 3,62 \text{ MWh/dia}$$

Ao analisar as duas unidades, têm-se que o Potencial disponível é de 347,28 kW, assim a energia gerada é:

$$E = 0,34728 \times 0,87 \times 24 = 7,26 \text{ MWh/dia}$$

Ao considerar as duas unidades tem-se a energia gerada de 7,26 MWh/dia que poderia ser abatido tanto na energia térmica ou na energia elétrica. A Tabela 9 ilustra os gastos e consumos de ambas as unidades.

Tabela 9- Características dos consumos e custos da energia (Elaboração própria com dados fornecidos pela Marfrig)

	<i>Unidade I</i>	Unidade II
Consumo de Energia Elétrica	2.306.867 kW/h	1.156.000 kW/h
Custos com energia elétrica	R\$ 612.807,60	R\$ 321.388,00
Consumo de energia térmica	Bagaço de cana 2.430 ton de vapor / mês	Biometano- 9.900 m ³ /mês GLP – 67.000 kg/mês
Custo com combustíveis para caldeiras	R\$ 42.525	R\$12.375,00 R\$ 131.990,00

O consumo mensal de energia da Unidade II é 1.156 MWh e o potencial de energia disponível a partir do biogás é 217,54 MWh/mês , o que corresponde a uma economia de cerca de 19% da energia consumida.

A Marfrig já possui a planta de biogás em uma das unidades e obteria maiores resultados se o biogás gerado fosse transportado para a unidade II, assim aumentaria a vazão do biometano se tornando mais atrativo em relação a economia de custos.

Pelos dados cedidos pela Marfrig, após o tratamento do biogás, na unidade II, em biometano obtêm-se a vazão de 60 m³/h e o custo é apenas decorrente da purificação. O biometano é injetado na caldeira apenas por 11 horas/dia.

3.2.3 Curtumes

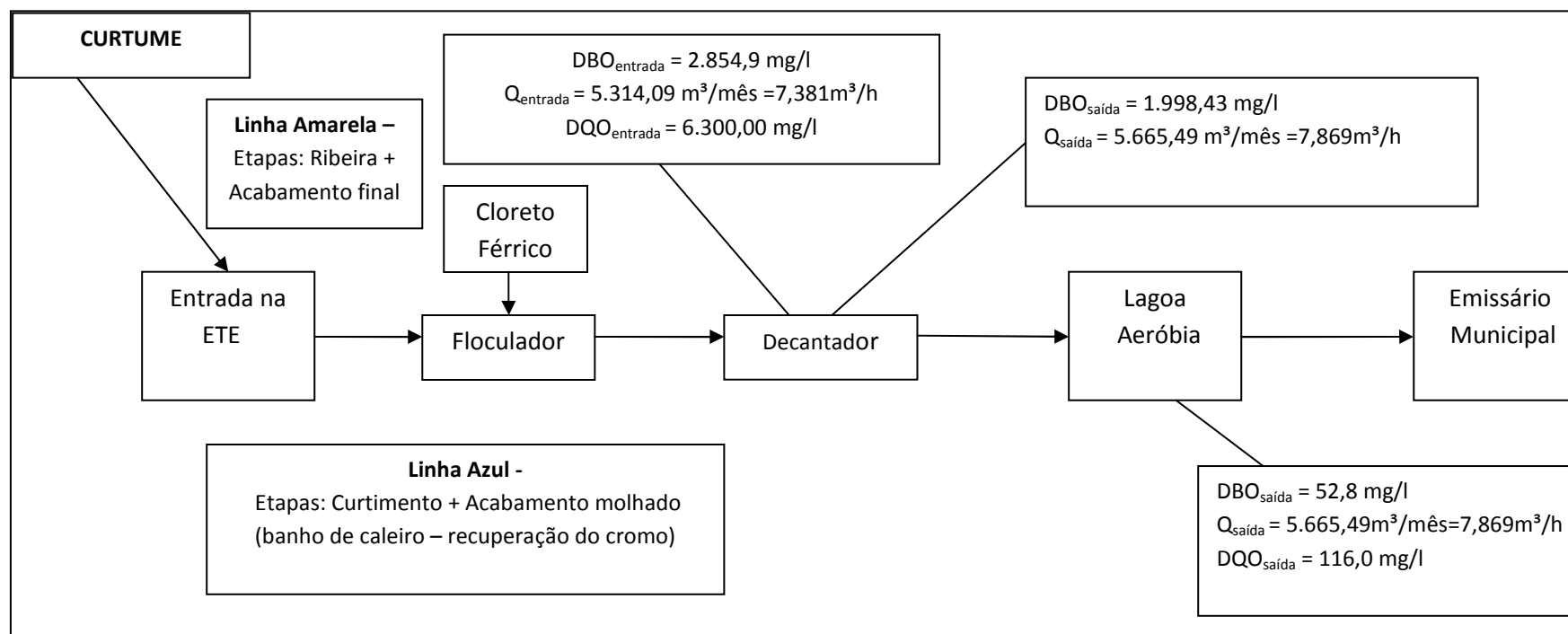
O curtume localizado na cidade de Promissão no Estado de São Paulo, é responsável pelo processamento de peles proveniente das duas unidades de abatedouro em Promissão, processando em média 1150 peles/dia.

Segundo Pacheco (2005), observa-se que o impacto ambiental potencial dos efluentes líquidos nesse processo é significativo. Além da carga poluidora em si, caso certos cuidados operacionais não sejam tomados, os efluentes líquidos dos curtumes que realizam a ribeira podem apresentar problemas de odor devido à formação de gás sulfídrico, proveniente do sulfeto, o que pode causar incômodos à população no entorno.

Diante do alto impacto poluidor do curtume é realizado um tratamento dos seus efluentes tanto para recuperação do cromo reduzindo o custo com insumos tanto para adequação ambiental preconizadas pelas resoluções normativa do CONAMA e da CETESB.

O fluxograma 5 representa a esquematização do sistema de tratamento adotado pela unidade.

Fluxograma 5- Esquematização do sistema de tratamento de efluentes de um curtume – Marfrig



Fonte: Elaboração própria com dados fornecidos pela Marfrig

Para esse cálculo da eficiência do decantador, foi considerada uma taxa de remoção da DBO de 30% (FIGUEIREDO, 2005).

Pode ser observado que o tratamento é feito de aerobiamente, não havendo geração de biogás. Como o efluente possui elevada carga orgânica uma possibilidade de tratamento desse efluente é ser realizado de maneira anaeróbia.

Os tratamentos anaeróbios podem ser de diversas maneiras, porém será considerado o tratamento secundário pelo reator UASB que possui maior eficiência em relação aos outros biodigestores largamente utilizados.

Para o cálculo será utilizado os seguintes parâmetros, dados fornecidos pela Unidade Curtume da Marfrig.

- φ = vazão do efluente = 7,869 m³ / h
- DBO = 1.998,43mg/l = 1,99843 kg/ m³
- η = eficiência de remoção = 95%

Desta maneira, temos:

$$Q_{CH_4} = \frac{\varphi_{efl} * DBO_{efl} * \eta * 0,25}{0,72} = \frac{7,381 * 1,99843 * 0,95 * 0,25}{0,72} = 4,86 \frac{m^3}{h}$$

A vazão de metano gerada poderia ser utilizada de duas maneiras distintas, ambas para conversão em energia, tanto elétrica quanto térmica.

O consumo de energia elétrica da unidade representa custo significativo da unidade já que o curtume possui um consumo em média de 108.425,5 kWh representando no orçamento um gasto médio de R\$ 35.979,13.

Para definição do Potencial Energético disponível (em kW) será utilizado os seguintes parâmetros:

- Q_{CH_4} = vazão de metano gerado = 4,86 m³/h
- PCI = Poder Calorífico Inferior = 5500 Kcal/Nm³ (PECORA, 2006)
- η = eficiência do motor = 28%

$$Pot = \frac{Q * PCI * \eta}{860.000} = \frac{4,86 * 5500 * 0,28}{860.000} = 8,7 \text{ kW}$$

- Cálculo da Energia gerada

$$E = P \times Fc \times \text{Tempo de Operação}$$

Onde:

E= energia disponível (MWh/dia)

P = Potência disponível

Fc= Fator de carga = 87%

Tempo de Operação do motor = h/dia

Assim têm-se:

$$E = 0,0087 \times 0,87 \times 24 = 0,1816 \text{ MWh/dia} = 181,6 \text{ kWh/dia}$$

O que significa uma economia de 5% no gasto com compra de energia elétrica.

A unidade contém ainda caldeira de biomassa cujo consumo médio é 1 m³/h de toras de eucalipto. O consumo mensal chega a 50m³ de toras para gerar 85 ton de vapor/ mês (energia térmica).

4. O IMPACTO NO INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA

O GRUPO MARFRIG conquistou recentemente o selo Ouro no **Programa Brasileiro GHG Protocol**, conferido às empresas que, além de contabilizar todas as emissões no inventário de GEE (Gases de Efeito Estufa), tem as informações verificadas por uma terceira parte independente.

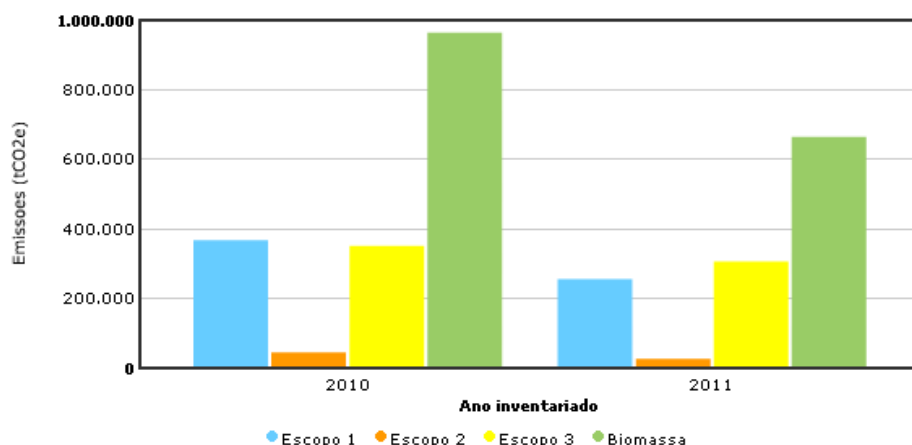
Desde 2010, o Grupo Marfrig vinha realizando inventários de GEE nos escopos 1 (correspondente a emissões diretas dos processos próprios) e 2 (referente a emissões indiretas de energia adquirida). Em 2011, a empresa ampliou o inventário ao escopo 3, que inclui as fontes de emissões que não estão sob o controle direto da Companhia, elaborando-o de acordo com os requerimentos da norma ISO 14064-1:2007, e estabeleceu um plano de redução de 30% da intensidade de suas emissões nestes escopos até 2020. A companhia já conquistou aproximadamente 50% deste objetivo através de melhorias nos sistemas de tratamento de efluentes e substituição de combustíveis fósseis por renováveis.

O inventário escopo 3 foi verificado e auditado pela SGS - *Société Générale de Surveillance*, líder global de serviços de inspeção, verificação, teste e certificação de processos.

O Grupo Marfrig é pioneiro no setor ao realizar o mapeamento completo das emissões de GEE de todas as fases das suas cadeias produtivas. O reconhecimento com o Selo Ouro é uma comprovação do compromisso que a Empresa tem em desenvolver todos os seus negócios com excelência. (MARFRIG, 2012- B).

Na Figura 3 pode-se observar a série histórica das emissões do Grupo Marfrig.

Emissões históricas - Marfrig Group por Escopo (tCO₂e)



Ano	Emissões (tCO ₂ e)			
	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Biomassa
2010	366.812	45.219	350.742	963.901
2011	255.633	26.518	305.936	664.726

Figura 3- Emissões de CO₂ eq em 2010 e 2011 do Marfrig Group

Fonte: Registro Público de Emissões, 2012

O Programa Brasileiro GHG Protocol define o escopo 1 corresponde as emissões diretas de GEE nos próprios processos que tenderão a ter emissões diretas em todas as principais categorias de fontes que pertencem ou são controladas pela organização, como as emissões de combustão em caldeiras, fornos, veículos da empresa ou por ela controlados, emissões da produção de químicos em equipamentos de processos que pertencem ou são controlados pela organização, emissões de sistemas de ar condicionado e refrigeração, entre outros.

As emissões diretas de CO₂ resultantes da combustão de biomassa não deverão ser incluídas no Escopo 1, mas, sim, comunicadas separadamente.

O escopo 2 é definido pelo GHG Protocol como as emissões de GEE provenientes da aquisição de energia elétrica e térmica que é consumida pela empresa. A energia adquirida é definida como sendo aquela que é comprada ou então trazida para dentro dos limites organizacionais da empresa. No Escopo 2 as emissões ocorrem fisicamente no local onde a energia é produzida, quando a produção ocorre fora do limite organizacional.

O uso de energia pode ser reduzido investindo-se em tecnologias e processos em prol da eficiência energética e da conservação de energia. Além disso, os mercados emergentes de “energia verde” oferecem oportunidades para algumas organizações migrarem para fontes de energia que sejam menos intensivas em termos de emissões de GEE. Também podem ser instalados geradores eficientes, em particular se eles substituem a compra de energia mais intensiva em GEE da rede ou da distribuidora. Relatar emissões de Escopo 2 permite a contabilização transparente de emissões e reduções de GEE relacionadas a tais oportunidades.

Ainda segundo ao Programa Brasileiro de GHG Protocol sobre o Escopo 3 é de que a contabilização das emissões de Escopo 3 não precisa envolver uma análise completa do ciclo de vida de GEE de todos os produtos e operações. Normalmente, é útil concentrar-se em uma ou duas das maiores atividades geradoras de GEE. Embora seja difícil fornecer orientações gerais sobre quais emissões de Escopo 3 incluir em um inventário uma sugestão dada é determinar a cadeia de suprimentos para garantir transparência, é necessário fornecer uma descrição geral da cadeia de suprimentos e das fontes de GEE correspondentes.

A Tabela 10 demonstra as emissões de cada escopo e a porcentagem de contribuição.

Tabela 10- Emissões por escopo (MARFRIG – D, 2012)

<i>Escopo</i>	<i>Emissão de GEE</i>	<i>(%)</i>
	<i>(t CO2 eq)</i>	
Escopo 1	798.606	3%
Escopo 2	352.259	2%
Escopo 3	22.562.336	95%

Pelas características das atividades do Grupo Marfrig, a energia representa o maior volume das emissões nos escopos 1 e 2 reunidos, sendo englobado a produção de calor, eletricidade e força motriz em equipamentos e

instalações nas unidades próprias da Empresa. A compra de energia elétrica representa 30,5 % das emissões de GEE (MARFRIG-D, 2012).

Ainda segundo Marfrig, as emissões dos escopos 1 e 2 também ocorrem nos processos industriais como nos sistemas de tratamento de efluentes realizados pelas unidades industriais correspondendo a 14,5%.

As emissões entéricas oriundas da produção própria de gado, são associadas a liberação de metano no processo entérico dos animais representa 9,1%.

No entanto, 95% das emissões de GEE estão relacionados as emissões dos principais componentes da cadeia de suprimentos da Empresa. Este escopo apura, por exemplo, as emissões da produção agrícola de grãos utilizados nas rações (principalmente pela mudança no solo), as emissões entéricas dos ruminantes adquiridos de terceiros, entre outros.

Para as análises das reduções de emissões de GEE com a utilização dos resíduos para a produção de energia elétrica serão considerados três cenários. No cenário 1, também considerada a linha base, é a situação atual das emissões (nos escopos 1 e 2) de 1.150.865 t de CO₂ equivalentes. Nesse cenário já estão sendo considerada a utilização anual do biometano na caldeira para a geração de energia térmica (118.800 m³ na unidade II), bem como a queima de biogás com volume de 849.457,2 m³ na unidade I.

No Cenário 2 será considerado, a utilização do volume de biogás gerado nas seguintes unidades: abatedouro 1 e 2, curtume, para a geração de energia elétrica. O volume de biogás a ser utilizado é: em ambos os abatedouros serão considerados o volume anual de 849.457,2 m³ (96,97 m³/ h totalizando as duas unidades) e no curtume um volume anual de 42.573,6 m³ (4,86 m³/ h). As duas unidades do abatedouro são responsáveis pela geração 2.649,9 MWh/ano já o curtume é responsável pela geração de 66,29 MWh/ano totalizando assim a geração de energia elétrica 2.716,21 MWh/ano.

Para fim de cálculos será utilizado o mesmo fator de emissão de CO₂ de eletricidade equivalente utilizado no Projeto MDL do aterro Bandeirantes, que é de 0,121 tCO₂ eq / MWh.

Assim têm-se que as emissões decorrente da geração de eletricidade:

$$E_{el} = \text{Energia gerada} * CEF = 2.716,21 * 0,121 = 328,66 \text{ tCO}_2 \text{ eq.}$$

Desta maneira, reduz as emissões anualmente em:

Emissões reduzidas = 1.150.865 – 328,66 = 1.150.536,34 tCO₂ eq./ano reduzindo em 3% as emissões.

Vale ressaltar que as emissões decorrentes pela compra de energia elétrica são de 30,5% do total de 1.150.865 tCO₂ eq./ano e equivalem a 351.013,825 tCO₂ eq./ano. Assim, ao considerar as emissões de 328,66 tCO₂ eq./ano obtêm-se uma redução na emissão de 9,4% referente a comercialização da energia elétrica.

No Cenário 3, será considerado a geração de energia nos abatedouros, curtume e nos sistemas de confinamento, cuja geração de energia anual é de 5.645,55 MWh (15,47 MWh/dia), analogamente ao feito acima têm –se:

$$E_{el} = \text{Energia gerada} * CEF = 5.645,55 * 0,121 = 683,23 \text{ tCO}_2 \text{ eq.}$$

Assim, têm-se as seguintes emissões: $E_3 = 328,66 + 683,23 = 1.011,9$ tCO₂ eq./ano.

Emissões reduzidas = 1.150.865 – 1.011,9 = 1.149.853,1 tCO₂ eq./ano reduzindo em aproximadamente 9%.

Ao se considerar apenas as emissões provenientes da compra de energia elétrica, nesse cenário obtêm-se uma redução na emissão de 31,4% em relação a emissões referente à comercialização da energia elétrica (351.013,825 tCO₂ eq./ano).

5. CONCLUSÕES

Esse estudo teve como objetivo analisar o potencial energético dos resíduos da agroindústria. A tecnologia já está difundida e pode ser utilizada em diferentes processos agroindustriais.

O que teria um grande potencial de geração de energia são os resíduos provenientes do confinamento, podendo gerar 2,6 MW. Porém a viabilidade de se implantar uma central de tratamento dos resíduos baseia-se nos custos de equipamentos, operação e manutenção (O&M), implementação, etc, além da logística do transporte entre as unidades de confinamento e a central de geração.

A agroindústria Marfrig –Bovinos de Promissão já possui estudos de viabilidade da possibilidade da unidade II receber para geração de energia térmica, o biogás produzido pela Unidade I que atualmente está sendo queimado em flare. Uma proposta que poderia ser pensada é de que a vazão de biogás, supostamente a ser gerada no curtume, viesse a contribuir na unidade II reduzindo assim a dependência do GLP na empresa.

A auto-suficiência energética ou a proximidade dela, em qualquer setor é amplamente desejada por causa do custo de energia, além da redução das emissões dos gases de efeito estufa, pois uma empresa do porte do grupo Marfrig tem a intenção de ter suas emissões reduzidas devido às pressões ambientais provinda do comércio internacional.

Para a análise das emissões de GEE foram utilizados dois cenários, e assim observa-se que a redução é baixa no intervalo de 3-9% mas ao analisar a redução devido a comercialização da energia elétrica obtêm-se uma margem maior de redução de 9,4 a 31,4%.

Atualmente existem no Brasil algumas formas de investimentos que podem tornar mais atrativo a utilização desses sistemas para geração de energia, tais como o PROGRAMA DE AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO do Ministério de Agricultura e Pecuária (MAPA), pois o governo entende que o

setor do agronegócio no Brasil é responsável por elevadas emissões de GEE. Dentro desse programa existe a linha de financiamento para tratamento de efluentes e dejetos animais.

Para dar continuidade a esse trabalho será interessante fazer a viabilidade econômica das propostas aqui citadas, considerando a entrada de receitas extras como a comercialização de crédito de carbono no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acatec. **Sebo Bovino já é responsável por 15% do biodiesel** . Disponível em: <http://www.acatec.com.br/archives/sebo-bovino-ja-e-responsavel-por-15-do-biodiesel> . Acesso dia 03/10/2012

ANANIAS, E. A.; PACCA, S. A. **Tecnologias Ambientais para Curtumes e sua Adequação como Projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**. 2nd International Workshop | Advances in Cleaner Production. São Paulo, Brasil, 2009.

ANUALPEC. Anuário da pecuária brasileira 2003. São Paulo: AgraFNP, 2003, 400 p.

BERNDT, A. **Impacto da Pecuaria de Corte Brasileira sobre os Gases do Efeito Estufa**. III SIMPOSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE. Nova Odessa, SP. p.121-148. 2010.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Gasi, T. M. T. **Caracterização, reaproveitamento e tratamento de resíduos de frigoríficos, abatedouros e graxarias**. São Paulo: CETESB, fev. 1993.

_____. Informações de empresa do setor de abate do estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2003.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte:SEGRAC, 1997.

CORTEZ, L.A.B. *et al.* Biodigestão de efluentes. In: _____ Biomassa para a energia. Campinas: UNICAMP, 2008, p.493-529.

DE ZEN, S. **A cadeia de carne bovina no Brasil**. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2000/artigo.2004-12-07.2530561427/?searchterm=s%C3%A9rgio%20de%20zen/>. Acesso em 24/09/2012.

DE ZEN, S.; BARIONI, L.G.; BONATO, D.B.B.; DE ALMEIDA, M.H.S.P.; RITTL, T.F. **Pecuaria de Corte Brasileira: Impactos Ambientais e Emissões de Gases Efeito Estufa (GEE)**. Piracicaba, SP, maio/2008.

FIGUEREDO, I.C.; JORDÃO, E.P.; JUNIOR, I.V.; DEZOTTI, M.; AZEVEDO, J.P.S. **TRATAMENTO PRIMÁRIO QUIMICAMENTE ASSISTIDO (CEPT) E DECANTAÇÃO PRIMÁRIA CONVENCIONAL: QUANDO APLICAR?**. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande-MS, 5p. 2005.

GOES, Tarciso. “**Biodiesel e sua sustentabilidade**”. Nota técnica sobre biodiesel, Embrapa-Brasil, 2010.19p.

LORA, E.S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte**. 1 ed. Brasília: ANNEL, 2000.

MARFRIG - A. **A empresa**. Disponível em **MARFRIG - B**. Disponível em <http://www.marfrig.com.br/marfrig/empresa/empresa.asp>. Acesso em outubro de 2012.

MARFRIG - B. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)** Disponível em <http://www.marfrig.com.br/sustentabilidade/sustentabilidade-marfrig-programas/marfrig/inventario-emissoes-gases-efeito-estufa/index.asp>.. Acesso em novembro, 2012- B. Acesso em novembro, 2012.

MARFRIG – C. **Conheça os Projetos Marfrig**. Disponível em <http://www.marfrig.com.br/sustentabilidade/sustentabilidade-marfrig-programas/marfrig/index.asp>. Acesso em novembro, 2012.

MARFRIG – D. **Relatório do Inventário de Gases de Efeito Estufa** Disponível em <http://www.marfrig.com.br/sustentabilidade/sustentabilidade-marfrig-programas/marfrig/inventario-emissoes-gases-efeito-estufa/index.asp> Acesso em novembro, 2012.

MANSO, Kennia Regina de Jesus, FERREIRA, Osmar Mendes. **Confinamento de bovinos: estudo do gerenciamento dos resíduos**. Goiânia, Universidade Católica de Goiás, Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental, 2007.

MATOS, A.T. **Tratamento de Resíduos Agroindustriais**. Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais. FEAM.34p. maio de 2005. Minas Gerais.

MAZIEIRO, José Valdemar Gonzales ET AL. “ **Avaliação de Emissões Poluentes de um motor diesel utilizando biodiesel de girassol como combustível**.” Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.14, n.4, p.287-292. Out./Dez.2006.

Nogueira, L.A.H. – **Biodigestão, a alternativa energética**. Editora Nobel,São Paulo,1986.

OLIVEIRA, Wesley Rodrigues, Domingues, Elder Geraldo. **Energia Elétrica e Créditos de Carbono: uma Proposta de Aproveitamento**

Energético do Biogás Gerado em Estações de Tratamento de Esgoto: Estudo de Caso. UNOPAR Cient. Exatas Tecnol., Londrina, v. 10, n. 1, p. 61-67, Nov. 2011

PACHECO, J. W. **Curtumes.** São Paulo. Série produção mais limpa – CETESB. 30 p., 2005.

PACHECO, J. W. **Guia técnico ambiental de abate (bovino e suíno).** São Paulo : CETESB (Série P + L), 2008.

PAWLOWSKI, V. **Reaproveitamento de resíduos agroindustriais.** Camboriú: SUREHMA, p.31-43,1983.

PÉCORA, Vanessa. **Implantação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP – Estudo de Caso.** 2006. 152 p. Dissertação de Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo - PIPGE.

PRATI, Lizandro. **Geração de energia elétrica a partir do biogás gerado por biodigestores.** 2010. 83 p. Monografia de conclusão de curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

RAO, J., Chandrababu, N. K., Muralidharan, C., Nair, Balachandran. 2003 **Recouping the wastewater: a way forward for cleaner leather processing.** Journal of Cleaner Production Volume 11, Issue 5, August 2003, Pages 591-599.

REGISTRO PÚBLICO DE EMISSÕES. **Inventário de Gases de Efeito Estufa do Marfrig Group, ano-base 2011.** Disponível em <http://www.registropublicodeemissoes.com.br/registry/index.php?r=empresa/gerarpdf&eid=86&ano=2011&pdf&completo>. Acesso em novembro de 2012.

SCHENINI, P. C; DA ROSA, A. L. M.; RIBEIRO, M. M. A.. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo como Atrativo ao Investimento Ambiental: Estudo de Caso em um Frigorífico de Bovinos.** III SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Resende-RJ, 2006.

SCHOENHALS, M.; FRARE, L. M., SARMENTO, L. A. V. **Análise do desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo no tratamento de efluentes da suinocultura.** Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 4, n. 1, p. 005-023, jan/jun 2007

SIC - SERVIÇO DE INFORMAÇÃO DA CARNE. **Produção de carne.**
Site corporativo. Disponível em <http://www.sic.org.br/producao.asp>

SILVA, Alberto Nunes. **Manejo de resíduos sólidos industriais: frigorífico de Araguaína – TO.** 2011. 57 f. Monografia (Bacharelado em Administração)—Universidade de Brasília, Palmas, 2011.

TESTON, D. C.: **A produção de energia a partir de esterco bovino como solução ambiental para impactos gerados por sistemas intensivos de produção animal.** Monografia de especialização – Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios do Setor Energético do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo. 2010. 44 f.

UK Government – Envirowise - Environmental Technology Best Practice Programme. WS Atkins Environment. **Reducing water and effluent costs in red meat abattoirs.** Reino Unido: Crown, ago.2000.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME; DEPA – DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY; COWI Consulting Engineers and Planners AS, Denmark. **Cleaner production assessment in meat processing.** Paris: UNEP, 2000. Disponível em <http://www.agrifood-forum.net/publications/guide/index.htm>

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME; The University of Queensland; Department of State Development, Queensland. **Eco-efficiency manual for meat processing.** Austrália: Meat and Livestock Australia Ltd, ago. 2002. Disponível em <http://www.p2pays.org/ref/22/21981.pdf>

Villen, R.A.; Lima, U.A; Aqurone, E; Borzani, W.; Schimidell, W. – **Tratamento biológico de efluentes**, 2001.

ZUCCHI, J. D.; CAIXETA-FILHO, J. V. **Panorama dos principais elos da cadeia agroindustrial da carne bovina brasileira.** Informações Econômicas, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 18-33, jan. 2010.

ANEXO A

O Biodiesel de sebo bovino

A poluição atmosférica tem provocado diversos impactos a população dos grandes aglomerados urbanos, que estão diretamente relacionados ao bem-estar e saúde dos indivíduos expostos a eles. .

Dentre os maiores poluentes estão as emissões veiculadas ao setor do transporte devido a grande utilização de combustíveis fósseis como o diesel. A combustão desses combustíveis, derivados de petróleo, lança no ar poluentes tais como hidrocarbonetos, monóxido de carbono e outros (MAZIEIRO, 2006).

Segundo Goes (2010), 80% ou mais da energia utilizada no mundo é proveniente de combustíveis fósseis. Com a previsão de sinais de exaustão das fontes de petróleo anunciada para os próximos 40 anos e, os problemas ambientais que estão ocorrendo e deverão se agravar em virtude das emissões de gases de efeito estufa (GEE), causados em grande parte, pela utilização do petróleo e seus derivados, o mundo resolveu voltar-se decisivamente para a utilização de fontes alternativas de energias limpas e renováveis em substituição aos combustíveis fósseis.

A substituição desses tipos de combustíveis por um menos agressivo ao meio ambiente e à saúde da população tem sido uma alternativa para diminuir a poluição atmosférica, nesse contexto que surge a utilização do Biodiesel podendo ser misturado ao diesel ou utilizado puramente.

Pode-se citar também o potencial de produção de biodiesel a partir do sebo bovino que entre 2009 e 2010 sua participação na produção de biodiesel ficou em torno de 15% do total produzido, o que corresponde a um volume gerado de 595 mil m³. O aumento da produção de biodiesel a partir de sebo bovino demonstra que essa dinâmica vem acompanhando o aumento do volume total de biodiesel produzido no Brasil, embora em determinados meses sua participação percentual sofra redução. (MARTINS, 2011)

Quimicamente, define-se biodiesel como sendo o “combustível composto de alquil ésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais” (ANP, 2008, p.1).

O Brasil possui diversas matérias- prima para a produção do biodiesel com tecnologias dominadas: soja, mamona, girassol, algodão, dendê e outras oleaginosas, além de outras que demandam maiores quantidades de pesquisa para domesticar a cultura acarretando domínio tecnológico como: macaúba, inajá, tucumã, babaçu e outras. O biodiesel também pode ser produzido a partir de gordura/sebo animal, essa é uma vertente a ser considerada uma vez que o Brasil é o maior exportador de carne bovina.

Uma das variáveis que interferem e podem condicionar a escolha da matéria-prima está diretamente relacionada às condições de mercado e à formação de preço do sebo bovino. O preço do sebo bovino, historicamente, tem uma relação direta com a cotação da arroba do boi gordo. Com a participação do sebo na produção de biodiesel, a paridade entre os dois mercados sofreu alterações, principalmente nos anos de 2007 e 2008, quando o sebo bovino passou a ocupar espaço na produção de biodiesel. Nesse período, o valor do sebo salta de R\$774,00 a tonelada, preço médio de 2006, para R\$1.870,00 por tonelada, a cotação média para 2008; nos dois anos seguintes é possível verificar a acomodação nos preços do sebo e uma relação mais próxima ao comportamento do preço da arroba do boi gordo, sendo comercializado em até R\$ 2.000,00 (dois mil reais) a tonelada. (MARTINS, 2011)