NÚCLEO EM INTERUNIDADES EM DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E ENERGÉTICO.UFT-TO-BR

MESTRADO EM AGROENERGIA DA UFT - TO - BRASIL

LIFE EDITORA

MELISSA BARBOSA FONSECA MORAES

YOLANDA VIEIRA DE ABREU

# PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE BIODIGESTORES UTILIZANDO RESÍDUOS PECUÁRIOS: VIABILIDADE ECONÔMICA

Digitized by Google

**Conselho Editorial Life Editora**

Prof. Dr. Amilcar Araujo Pereira
UFRJ/ Faculdade de Educação

Prof. Dr. Edgar César Nolasco
UFMS/ Campo Grande-MS

Prof. Dr. Gilberto José de Arruda
UEMS/ Unidade de Dourados

Prof. Dr. Matheus Wemerson G. Pereira
UFMS/Campo Grande-MS

Prof. Dr. Giovani José da Silva
UFMS/Campus de Nova Andradina

Profª. Dra. Helena H. Nagamine Brandão
Universidade de São Paulo - USP-SP

Profª. Dra. Joana Aparecida Fernandes Silva
UFG/Goiás

Prof. Dr. João Wanderley Geraldi
Universidade do Porto, Portugal/ INEDD/Universidade Siegen/Alemanha e Unicamp

Profª. Dra. Léia Teixeira Lacerda
UEMS/ Unidade de Campo Grande

Profª. Dra. Maria Cecília Christiano Cortez de Souza
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

Profª. Dra. Maria Leda Pinto
UEMS/ Unidade de Campo Grande

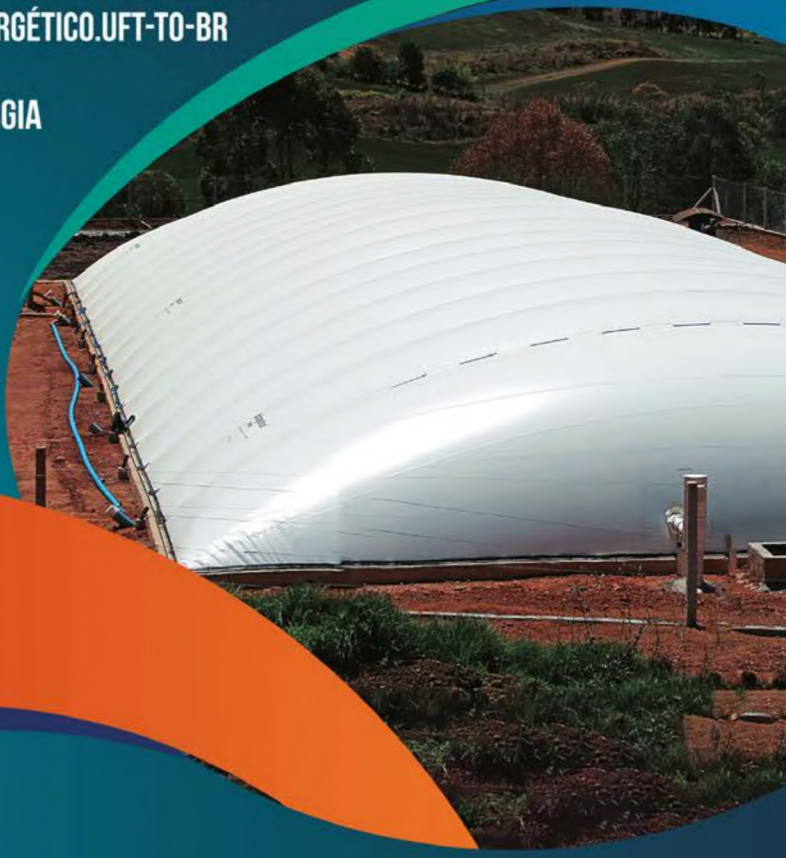
Prof. Dr. Marlon Leal Rodrigues
UEMS/ Unidade de Campo Grande

Os papéis utilizados em nossos livros são biodegradáveis e renováveis. Provém de florestas plantadas que dão emprego a milhares de brasileiros e combatem o efeito estufa, pois absorvem gás carbônico durante o seu crescimento! A tinta utilizada na impressão das páginas dos nossos livros é à base de soja, cujo componente é renovável e atóxico que não degrada o meio ambiente.

Digitized by Google

NÚCLEO EM INTERUNIDADES EM DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E ENERGÉTICO.UFT-TO-BR

MESTRADO EM AGROENERGIA DA UFT - TO - BRASIL



1ª Edição
Campo Grande - MS
Brasil - 2020

MELISSA BARBOSA FONSECA MORAES

YOLANDA VIEIRA DE ABREU

# PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE BIODIGESTORES UTILIZANDO RESÍDUOS PECUÁRIOS: VIABILIDADE ECONÔMICA

Digitized by Google

Copyright © by **Melissa Barbosa Fonseca Moraes**
**Yolanda Vieira de Abreu**

Direitos Autorais reservados de acordo com a Lei 9.610/98

**Coordenação Editorial**
Valter Jeronymo

**Revisão**
Os próprios autores

**Assistente de Coordenação**
Raquel de Souza

**Formatação**
Life Digital

**Projeto Gráfico**
Life Editora

**Associado**

**Life Editora**
Rua Américo Vespúcio, 255 - Santo Antonio
CEP: 79.100-470 - Campo Grande - MS
Fones: (11) 3508 1941 - Cel.: (67) 99297-4890
contato@lifeeditora.com.br • **www.lifeeditora.com.br**

lifeeditora
lifeeditora
lifeeditora
lifeeditora
lifeeditora
lifeeditora

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Moraes, Melissa Barbosa Fonseca
Abreu, Yolanda Vieira de

Produção de Energia Elétrica por meio de Biodigestores utilizando Resíduos Pecuários: Viabilidade Econômica / Melissa Barbosa Fonseca Moraes e Yolanda Vieira de Abreu– Campo Grande, MS: Life Editora, 2020.

100p. : il. : 23 cm

ISBN 978-65-5887-023-4

1. Biogás 2. Biodigestores 3. Energia elétrica 4. Viabilidade econômica
I. Título

CDD - 360

Proibida a reprodução total ou parcial, sejam quais forem os meios
ou sistemas, sem prévia autorização das autoras.

Digitized by Google

*Ao Guilherme, Mateus e Davi Barbosa Moraes*
*representando as futuras gerações*

Digitized by Google

# Agradecimentos

Agradecemos a Secretária de Educação do Estado do Tocantins pelo apoio durante o desenvolvimento desse estudo.

A todos que direto ou indiretamente fizeram parte na concretização deste trabalho.

Digitized by Google

# Lista de Símbolos e Abreviações

ABIB – Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energias Renováveis.
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ABRAF – Associação Brasileira de Produtos de Florestas Plantadas.
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.
CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.
CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa.
CNPJ – Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica.
CEBDS – Cartilha de Financiamento para Pequenos e Médios Produtores Rurais.
COT – Custo Operacional Total.
COV – Custo Operacional Variável.
COF – Custo Operacional Fixo.
DAP – Declaração de Aptidão ao PRONAF.
EPE – Empresa de Pesquisa Energética.
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
FCO ABC- Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste.
IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores.
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
ILPF – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.
INCRA – Instituto Nacional d Colonização e Reforma Agrária.
INFOENER – Sistema de Informação Energética.
INOVAGRO – Programa de Incentivo e Inovação Tecnológica.
IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica.
MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário.
MME – Ministério de Minas e Energia.
MODEAGRO – Programa de Modernização da Agricultura e Conservação dos Recursos Naturais.
PCA – Programa de Construção e Ampliação de Armazéns.
PCI – Poder Calorífico Inferior.
PCS – Poder Calorífico Superior.
PERS – Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul.
PLANO ABC – Plano da Agricultura de Baixo Carbono.
PNE – Plano Nacional de Energia.
PROCAP-AGRO – Programa de Capitalização de Cooperativas Agropecuárias.
PRODECOOP – Programa de Desenvolvimento Cooperativo para Agregação de Valor à Produção Agropecuária.
PRODUSA – Programa de Estímulo à Produção Agropecuária Sustentável.
PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar.
PRONAMP – Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural.
SAF – Secretaria de Agricultura Familiar.
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.
SV – Sólidos Solúveis.
TIR – Taxa Interna de Retorno.
UFs – Unidades de Federação.
VPL – Valor Presente Líquido.

Digitized by Google

# Nota das Autoras

O consumo de energia num país depende de um conjunto variado e complexo, que vai desde atingir o equilíbrio entre o uso da energia e a preservação do ambiente, até o desenvolvimento da economia. O presente trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade econômica de implantação de biodigestores para geração de energia elétrica utilizando o biogás gerado a partir dos resíduos pecuários de bovino, suínos e avícolas. Foram analisados aspectos técnicos, econômicos e ambientais. Na viabilidade técnica foi abordada a possibilidade de uso do biogás para geração de energia elétrica utilizando moto gerador de diferentes capacidades de consumo específico de produção de biogás. Nos aspectos econômicos estudou-se a viabilidade do projeto em dar condições de abastecer uma determinada propriedade rural além da possibilidade de uso do excedente. Outra questão abordada foi o uso do biofertilizante resultante do resíduo do processo de fermentação desses dejetos que podem ser utilizados na propriedade servindo para eliminar o uso de agrotóxicos e produtos químicos. A metodologia abordada nesta dissertação se dividiu em etapas para identificar a viabilidade financeira do investimento através do *payback*, o VPL e a TIR com 300 cabeças de animais por espécie, na análise dos resultados o que produziu uma maior quantidade de biogás foi os suínos, isso devido ao fato que os mesmos possuem uma produção diária de biogás maior quando comparado às outras espécies. Vale ressaltar que todas as espécies são promissoras e possui capacidade de produzir dejetos o suficiente para produzir biogás, cabe ao produtor rural analisar a sua capacidade financeira de investir e definir a real necessidade dentro da sua propriedade. Sob o ponto de vista ambiental contribuiu com a conservação do meio ambiente, reduz a emissão de GEE, colabora para um maior aproveitamento dos resíduos pecuários e aumenta a renda do produtor rural.

Estudo defendido como dissertação no Mestrado em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins em 2017. Os autores fizeram pequenas modificações ao transformar em livro.

Digitized by Google

# Sumário

**1. INTRODUÇÃO**.....10

**2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**.....12
2.1 Viabilidade Econômica.....12
2.2 Resíduos Agropecuários de uma propriedade rural para produção de energia.....16
2.2.1 Potencialidades do uso de Resíduos Agropecuários.....19
2.2.2 Custos da biomassa de resíduos.....26
2.2.3 Rotas Tecnológicas para conversão de biomassa.....28
2.2.4 Outras tecnologias para produção de energia por meio de resíduos agropecuários....36
2.3 Panorama da agricultura no Brasil.....43
2.4 Programas de financiamento e incentivos a produção de energia por meio de resíduos....46

**3. METODOLOGIA**.....52
3.1 Métodos de pesquisa.....52

**4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**.....58
4.1 Elaboração e construção dos valores de equivalências entre a quantidade de animais e a produção de biogás e energia elétrica.....58
4.2 Moto Geradores para a Produção de Energia Elétrica.....61
4.3 Cálculos para aquisição e construção do sistema moto geradores para produção de energia elétrica considerando 300 cabeças de bovinos, suínos e avícolas.....64
4.3.1 Cálculos utilizando 300 cabeças de suínos para produzir energia elétrica e biofertilizante por meio do biodigesto.....66
4.3.2 Cálculos utilizando 300 cabeças de bovinos para produzir energia elétrica e biofertilizante por meio do biodigestor.....69
4.3.3 Cálculos utilizando 300 cabeças de avícolas para produzir energia elétrica e biofertilizante por meio do biodigestor.....73
4.3.4 Cálculos dos ganhos de receita caso pudesse utilizar a capacidade máxima dos moto geradores.....75
4.4 Questão ambiental.....80

**5. CONCLUSÃO**.....83

**6. RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS**.....85

**7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**.....86

Digitized by Google

# INTRODUÇÃO

Os produtores rurais, como importantes colaboradores para produção de alimentos necessitam de políticas que incentivem as suas atividades, sabe-se que as zonas rurais ainda enfrentam escassez de energia para fins produtivos. Portanto, é necessário estimular e desenvolver novas fontes de energia para oferecer segurança energética ao país, além de substituir o uso de combustíveis fósseis. A biomassa, como fonte para geração de energia elétrica destaca-se devido o seu potencial em termos de natureza, origem, tecnologia de conversão e produtos energéticos (FLORES, 2014).

O aquecimento global e a alta dos preços do petróleo têm determinado uma procura por alternativas energéticas no meio rural. A utilização de biodigestores, em todo o mundo, tem se destacado uma vez que contribui para a sustentabilidade da produção de energia e o descarte ambientalmente mais adequado de resíduos da agropecuária, além de estimular a reciclagem de nutrientes (SILVA, 2015). Nas propriedades rurais os biodigestores representam uma alternativa ambiental, econômica e social para a produção de energia e utilização dos resíduos, devido ao constante aumento das tarifas de energia e seu peso nos custos totais da propriedade (BINOTTO, 2017).

Segundo Morais (2012) os problemas causados pelos dejetos pecuários ao meio ambiente se relacionam aos despejos incorretos e sem tratamento adequado, aliado às inadequações dos sistemas de manejo e armazenamento desses resíduos causam a degradação da qualidade ambiental da região e prejuízos para a população com a disseminação de doenças vinculadas pela falta de saneamento.

Neste estudo foram escolhidos os seguintes resíduos pecuários, de uma propriedade rural, para produção de energia elétrica: suíno, bovinos, e avícolas. Tais resíduos, na maioria das vezes, são descartados no próprio terreno de cultivo, servindo como adubo resultante das atividades biológicas dos mesmos.

Esta dissertação tem como meta identificar os custos e benefícios



Digitized by Google

do processo de conversão de biogás em energia elétrica e analisar a viabilidade econômica do processo, utilizando a abordagem de estudo de caso, em uma propriedade rural.

Este tema se torna importante uma vez que estes resíduos ao serem transformados em insumo para produção de energia elétrica colaboram para o equilíbrio financeiro da propriedade e, ao mesmo tempo, estes estão tendo um descarte ambientalmente correto.

O problema proposto a ser respondido por este estudo foi o seguinte: O quanto é viável a implantação de um biodigestor para aproveitamentos dos resíduos de bovinos, suínos e avícolas em uma propriedade rural?

O objetivo principal foi verificar a viabilidade econômica e ambiental de implantação de biodigestor para geração de energia elétrica em uma propriedade rural.

Os caminhos escolhidos para chegar à solução do problema e do objetivo principal foram os seguintes:

- √ Identificar a produção de biogás a partir de três tipos resíduos pecuários: bovinos, suínos e avícolas;
- √ Levantar informações acerca da escolha do motor gerador de acordo com o consumo específico de biogás pelo grupo gerador;
- √ Construir as planilhas de investimento para montagem do grupo gerador levando em consideração o custo para manutenção;
- √ Analisar a viabilidade econômica da tecnologia adotada e verificar o crescimento anual considerando os custos, os lucros e o tempo de retorno do investimento.



Digitized by Google

# 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 2.1 Viabilidade Econômica

Uma análise de viabilidade econômica de um projeto visa estimar os gastos envolvendo o investimento inicial, a operação e manutenção e as receitas que serão geradas durante certo período de tempo. O valor de um investimento que possui uma previsão de durabilidade de 10 anos segundo Art. 305 da Receita Federal (RIR/99) deve ser cuidadosamente analisado e verificado, para que ao final deste período haja um valor positivo do montante aplicado e do fluxo acumulado (PINDYCK; RUBINFELD, 2010).

Os critérios de tomada de decisão baseados em análise de viabilidade econômica geralmente são: o Período de Recuperação do Capital também chamado de *Payback*; o Valor Presente Líquido (VPL); a Taxa Interna de Retorno (TIR). Antes de prosseguir vale ressaltar a viabilidade econômica decorre da necessidade da realização de um investimento, segundo Oliveira (2008), investimento é um ato de incorrer em gastos imediatos na expectativa de obter benefícios futuros. No entanto, como o capital é um recurso escasso, a seleção do investimento correto é questão fundamental para o investidor.

O Período de Recuperação do Capital, o *Payback*, é o prazo de tempo necessário para que os desembolsos sejam integralmente recuperados (WOILER & MATHIAS, 1996). O critério de decisão sobre aceitar ou rejeitar um projeto pelo *payback* se dá primeiramente pelo investidor sobre o período máximo aceitável para recuperar o investimento, após definido este período, se o mesmo for menor que o período máximo determinado, aceita-se o investimento, se for maior rejeita-se. Segundo Bruni *et al.* (1998) o *payback* possui a vantagem de ser muito simples em sua aplicação, não exige nenhum cálculo sofisticado e serve como parâmetro de liquidez e de risco do investimento.

Para Macedo e Nardelli (2008) a TIR apresenta algumas vantagens e desvantagens.



Digitized by Google

Vantagens:

- Simplicidade e rapidez.
- É uma medida de risco do investimento, pois quanto menor o período de *payback*, mais líquido é o investimento e, portanto menos arriscado.

Desvantagens:

- O período estabelecido como máximo para a recuperação do investimento é subjetivo, não se associa à maximização de riqueza.
- Não considera a desvalorização ou valorização do dinheiro no tempo.
- Não contabiliza os fluxos de caixa que ocorrem após o período de recuperação.

O VPL pode ser usado como um indicativo do resultado do investimento, se ele for zero, a atividade será empatada, sendo suficiente para sanar as dívidas, ou seja, o retorno do capital investido, os custos e o retorno esperado mais o investimento inicial. Se o mesmo for maior que zero significa que o investimento é economicamente viável, ou seja, o valor presente das entradas de caixa é maior que o valor presente das saídas de caixa. Mas em caso VPL ser menor do que zero o investimento não é economicamente atrativo (PINDYCK; RUBINFELD, 2010). Logo:

a. se VPL > 0: projeto economicamente viável;
b. se VPL < 0: projeto não é economicamente viável;
c. se VPL = 0: projeto apresenta retorno neutro.

Para Martins (2002) o VPL apresenta algumas vantagens e desvantagens.

Vantagens:

- Facilidade de cálculo, mas apenas uma vez conhecida uma taxa de atualização apropriada.
- Conceitualmente mais perfeito e complexo que o período de retorno uma vez que considera a totalidade dos fluxos assim como o custo de oportunidade do capital utilizado.
- Considera o valor do dinheiro no tempo
- Evidencia uma noção do risco envolvido



Digitized by Google

Desvantagens:

- É normalmente problemática a determinação segura da taxa de atualização mais apropriada, sendo este um inconveniente tanto mais importante uma vez que o VPL é muito sensível à taxa utilizada.
- O pressuposto da constância no tempo da taxa de atualização pode não ser realista, pois o custo do capital da empresa varia no tempo, assim como as taxas para as aplicações alternativas variam no tempo com as condições dos mercados financeiros.
- O pressuposto de que os fluxos intermédios serão reinvestidos ou financiados à mesma taxa pode não ser realista, pois depende das condições futuras do mercado de capitais assim como das alternativas de investimento que poderão surgir no futuro.
- O método não é conclusivo quando é aplicado a projetos alternativos com vidas econômicas substancialmente diferentes.

O Método da Taxa Interna de Retorno (TIR) é aquele que permite encontrar a remuneração do investimento em termos percentuais, é o mesmo que encontrar sua potência máxima, o potencial exato de remuneração que o investimento oferece (PILÃO, 2003). Por definição é a taxa que tona o VPL igual à zero, o cálculo é feito pelo método de tentativa e erro, estimando-se um valor para a taxa de desconto e calculando o VPL. Logo:

a. se TIR > Taxa Mínima de Atratividade: projeto economicamente viável;
b. se TIR > Taxa Mínima de Atratividade: projeto não é economicamente viável;
c. se TIR = Taxa Mínima de Atratividade: projeto apresenta retorno neutro.

Para Gitman e Madura (2003) a TIR apresenta algumas vantagens e desvantagens.

Vantagens:

- Considera o valor do dinheiro no tempo.
- É fácil para comparar projetos de investimentos, pois leva em conta a escala e a vida dos projetos, devido ao seu caráter relativo (resultado expresso em percentual) e não absoluto, como o VPL.



Digitized by Google

Desvantagens:

- Com a hipótese de reinvestimento assume que todos os fluxos gerados podem ser reinvestidos à própria TIR.
- Violação do princípio da aditividade, ou seja, a escolha entre projetos mutuamente exclusivos muda caso sejam combinados a um terceiro.
- Quando se obtém TIR maiores por conta de baixo volume de capital investido e curta vida útil do projeto, em projetos de longa duração e com alto investimento em capital podem ser rejeitados pela TIR mesmo com VPL relativamente alto.

Segundo Pestana (2014) a análise de viabilidade econômica é de suma importância para qualquer projeto, mesmo que o mesmo traga benefícios financeiros para o investidor, pode ocorrer que o custo de implementação seja tão elevado, que o torna economicamente inviável. Ou seja, o projeto pode até funcionar, atingindo seus objetivos, no entanto, não é viável, pois os custos superam as receitas.

Dentre os procedimentos utilizados para a avaliação econômica da atividade pecuária, o custo de produção é um dos principais parâmetros, podendo ser definido como a soma dos valores de todos os recursos (insumos e serviços) que são utilizados no processo produtivo de uma atividade (REIS, 2002). Para que a operação produtiva ocorra considera-se o custo operacional total (COT) que é calculado através da soma dos custos operacionais variáveis (COV) e os custos operacionais fixos (COF).

Ainda segundo o mesmo autor os COF são aqueles recursos que não são assimilados pelo produto no curto prazo, considerando apenas a parcela de vida útil por meio da depreciação, por exemplo, consultorias, impostos, taxas fixas; já os COV referem-se aos insumos que se incorporam totalmente ao produto em curto prazo, não podendo ser aproveitados para outro ciclo, por exemplo, manutenção, mão de obra, serviços de máquinas e equipamentos.

As fórmulas desses indicadores de viabilidade econômica encontram-se explicitadas na metodologia desta dissertação.

O último passo de uma análise de viabilidade econômica após a verificação dos cálculos dos indicadores de viabilidade é analisar os riscos e incertezas, um investimento incerto é quando não se sabe como ele se comportará, isto é, seu resultado final. Já o risco é derivado da



Digitized by Google

incapacidade de se prever os eventos futuros, tornando a decisão do presente um ato de reflexão, ponderação e avaliação das possíveis consequências futuras dessa decisão. Como os investimentos pecuários possuem características de retorno a médio e longo prazo, o risco torna-se um fator que pode ser acrescentado para que a tomada de decisão do investidor seja avaliada nos diferentes cenários de probabilidade (JANK, 1997).

A atividade pecuária está totalmente vinculada com as condições naturais, sendo que os produtores enfrentam dificuldades em controlá-las. Existem ainda os fatores de mercado que afetam os preços dos insumos e dos produtos, sendo assim a análise de risco é de fundamental importância no processo de tomada de decisão por parte do produtor rural, pois, é de acordo com o perfil de cada produtor diante do risco, aliado às possibilidades de ganho, que a decisão de investir é tomada (MENDONÇA, 2008).

## 2.2 Resíduos Agropecuários de uma propriedade rural para produção de energia

O consumo de energia num país depende de um conjunto variado e complexo, que inclui aspectos diversos como os preços da energia, clima, hábitos de consumo, comportamento dos cidadãos, e, naturalmente, o nível global de atividade econômica, medido pela riqueza produzida no país. Um fator primordial dentro do setor energético, que é a chave para o desenvolvimento da economia, com certeza é a energia elétrica. Sendo assim CENBIO (2011) ressalta que é fundamental atingir o equilíbrio entre o uso da energia, necessária para o desenvolvimento, e a preservação do ambiente uma vez que o uso excessivo e de forma insustentável pode conduzir a impactos ecológicos negativos.

No contexto da matriz energética, a biomassa, se insere nas energias renováveis e vem se destacando com a incorporação de novas possibilidades de exploração e utilização. As biomassas podem ser rotuladas em "biomassas modernas" e "biomassas tradicionais". As biomassas modernas compreendem os biocombustíveis (etanol e biodiesel), derivados do bagaço de cana-de-açúcar, da madeira de reflorestamento e de outras fontes, desde que aproveitadas de modo sustentáveis e com métodos tecnológicos eficientes e avançados. As chamadas biomassas tradicio-



Digitized by Google

nais são aquelas empregadas de maneira rústica, geralmente utilizada para suprir a classe residencial (aquecimento de ambientes e iluminação) em comunidades isoladas. Podem-se enfatizar os resíduos florestais, a madeira de desflorestamento e os dejetos de animais (DHILLON e WUEHLISCH, 2013).

Como recurso energético, a biomassa é classificada nas seguintes categorias: biomassa energética florestal, com seus produtos e subprodutos ou resíduos; biomassa energética agrícola, englobando as culturas agroenergéticas e os resíduos e subprodutos das atividades agrícolas, agroindustriais e da produção animal e rejeitos urbanos (MME: EPE, 2007).

Segundo a Comissão Europeia (2009) a biomassa pode ser classificada como:

» Biomassa energética agrícola - São combustíveis oriundos das plantações não florestais, originados de colheitas anuais.
» Biomassa energética florestal - São combustíveis oriundos dos recursos florestais. Incluem basicamente biomassa lenhosa produzida de forma sustentável. Estão associadas à indústria de papel e celulose, serrarias, etc. O conteúdo energético refere-se à celulose e lignina contidas na matéria e ao seu baixo teor de umidade.
» Biomassa florestal residual - Consiste na fração da biomassa florestal que é produzida como um resíduo das operações de exploração florestal (podas, desbastes, cortes, etc.) e referem-se aos topos, ramos, incluindo folhas ou agulhas, e cepos.
» Culturas energéticas - As culturas energéticas são aquelas que, a partir da biomassa que geram, permitem a produção de produtos energéticos, nomeadamente biocombustíveis, energia elétrica e térmica.

Dentre as diversas alternativas de fontes energéticas, a biomassa agrícola tem sido uma das alternativas aos combustíveis fósseis pelas suas características de serem menos agressivas ao meio ambiente, renováveis a cada plantio, de baixo preço, farta e com um potencial de produção no limite das terras cultiváveis que o planeta oferece (SOUSA, 2012).

O Atlas Brasileiro Biomassa Florestal e Industrial e Agroindustrial (ABIB, 2015) cita a importância dos benefícios econômico, sociais e ambientais com a utilização da biomassa para geração de energia. Como



Digitized by Google

fatores econômicos tem-se o aumento a diversidade da matriz energética reduzindo assim a dependência dos combustíveis fósseis; em relação aos benefícios sociais tem-se a geração de empregos diretos e indiretos, contribuindo para melhoria da qualidade de vida, inclusão social e fortalecimento da indústria local, aos benefícios ambientais com o agravo do aquecimento global ocorrerá à diminuição da emissão de gases de efeito estufa.

Guardabassi (2006) cita um dado interessante em relação à China sendo um exemplo deste tipo de consumo, neste país cerca de 30 milhões de habitantes vivem sem acesso à energia elétrica e utilizam biomassa tradicional como lenha, resíduos agrícolas (286 milhões de toneladas por ano) e resíduos de animais (850 milhões de toneladas por ano) para cozimento, aquecimento e iluminação.

De acordo com Resíduos no Brasil (2009), os resíduos agrícolas são produzidos no campo, resultantes das atividades de colheita dos produtos agrícolas. Grande parte desses resíduos é descartada no próprio terreno de cultivo, servindo como proteção ao solo ou como adubo fornecedor de nutrientes ao solo.

São considerados resíduos de origem agrícola aqueles que apresentam grande potencial para serem utilizados na produção de energia, como exemplo, resíduos de culturas agrícolas e de seu beneficiamento ou as palhas, cascas de frutos, cereais, os bagaços, os resíduos das podas de pomares e vinhas, rejeitos madeireiros, entre outros (SAITER, 2008).

Segundo Cardoso (2012) a biomassa energética agrícola é definida como os produtos e subprodutos provenientes das plantações não florestais, tipicamente originados de colheitas anuais, cujas culturas são selecionadas segundo as propriedades de teores de amido, celulose, carboidratos e lipídios, contidos na matéria, em função da rota tecnológica a que se destina.

O Sistema de Informações Energéticas quantifica os resíduos agrícolas com base nos "índices de colheita", que expressam a relação percentual entre a quantidade total de biomassa gerada por hectare plantado de uma determinada cultura e a quantidade de produto economicamente aproveitável. As principais culturas agrícolas entre os cereais, leguminosas e oleaginosas são a soja, o milho e o arroz, respondendo por quase 90 % da produção física e aproximadamente 80 % da área utilizada para cultivo dos chamados "grãos" (INFOENER, 2014).



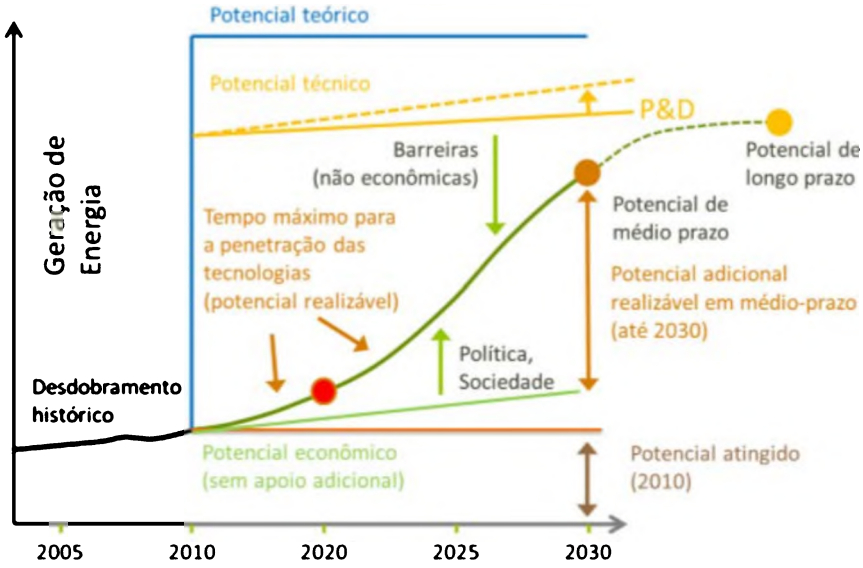
Digitized by Google

### 2.2.1 Potencialidades do uso de Resíduos Agropecuários

Resch, Held *et al* (2008) utilizou os conceitos de potencial teórico, técnico e econômico para tratar dos potenciais de aproveitamento dos recursos energéticos disponíveis, podendo ser demonstrado a metodologia para a definição desses potenciais através da Figura 1 .

Segundo os autores citados o potencial teórico representa o limite máximo de energia fisicamente disponível a partir de um recurso energético geralmente não considera restrições de nenhuma natureza para a conversão e uso da energia disponível; o potencial técnico considera as condições da fronteira técnica, notadamente as perdas dos processos, limites das tecnologias de conversão e barreiras socioambientais; já o potencial econômico é a parcela do potencial técnico que é economicamente rentável (ou atrativo para investidores) sob determinadas condições, incluindo obstáculos e incentivos (regulação, subsídios, taxas, entre outros) que afetam a rentabilidade atual e futura.

Figura 1 - Metodologia para a definição de potenciais




Fonte: Adaptado de Resch, Held et al., 2008.

Tolmasquim (2016) descreve em seu livro sobre Energias Renováveis sobre a potencialidade do uso dos resíduos e ressalta sobre o setor



Digitized by Google

florestal, cujos principais produtos são papel e celulose, carvão vegetal e madeira para uso geral, sendo bem desenvolvido no País, entretanto, uso da lenha para geração elétrica com finalidade de comercialização, apenas recentemente tem conquistado espaço, com tendência de crescimento. No caso da atividade agrícola, pecuarista e florestal, além da demanda dos produtos derivados destas cadeias, a disponibilidade de terra é um fator crucial. As atividades agrícola e florestal podem ser dedicadas à produção de biomassa para aproveitamento energético, ou terem outras finalidades não energéticas, mas gerando biomassa, como subproduto, que pode ter aproveitamento energético. O grande desafio seria a possível combinação entre tecnologia agrícola adequada, para produção de biomassa, e sistemas de produção de eletricidade que atenda às necessidades das comunidades isoladas, com a perfeita combinação de tecnologia e sistema de produção, contribuindo de maneira significante para com a produção de energia elétrica.

Segundo o Atlas Brasileiro Biomassa Florestal e Industrial e Agroindustrial (ABIB, 2015) o poder calorífico de um combustível é a quantidade de energia liberada durante a combustão completa, neste sentido a energia pode ser expressa como poder calorífico superior (PCS) ou poder calorífico inferior (PCI). O PCS é obtido a partir do combustível seco, enquanto o PCI considera o conteúdo de água constituinte do combustível e o calor perdido com a vaporização da água. Portanto o PCI retrata melhor a quantidade de energia de um combustível (BRASIL, 2015).

Em se tratando de biomassa de cana-de-açúcar o que nos interessa de resíduo é o bagaço, a ponta, a palha e a vinhaça. Segundo Silva (2016) 50% destes resíduos são fibras lignocelulósicas e os outros 50% é umidade, podendo ser utilizados pelas próprias unidades para economizar até 70% de sua energia gasta e ainda os outros 30% ainda podem ser exportados, isto com base no poder calorífico inferior. Veja na Tabela 1 o resumo dos parâmetros de produção e energéticos das biomassas da cana.



Digitized by Google

Tabela 1 - Parâmetros de produção e teor energético das biomassas da cana

| Biomassa Sólida | Fator de Produção (Kg biomassa/t colmo) | Conteúdo Energético (tep/t[1] biomassa) |
|---|---|---|
| Bagaço Total | 270 | 0,213 |
| Bagaço excedente (sobra depois de atendido toda a necessidade energética) | 80 | |
| Ponta e Palhiço (15% de umidade) | 155 | 0,362 |
| Biomassa dissolvida | $Nm^3$ biogás/$m^3$ etanol | Tep biogás/$m^3$ etanol |
| Vinhaça (Biogás) | 150 | 0,079 |

Fonte: adaptado de Tolmasquim, 2016.
1Tep/t – Tonelada Equivalente de petróleo.

Depois da cana-de-açúcar, a soja e o milho ocupam a segunda e a terceira posições na classificação das lavouras com maior produção. A Tabela 2 resume os parâmetros de produção e teor energético das biomassas residuais da agricultura.

Tabela 2 - Parâmetros de produção e teor energético das biomassas residuais da agricultura

| Biomassa (Palha) | Fator de Geração (T palha/t grãos) | Disponibilidade (%) | Conteúdo Energético |
|---|---|---|---|
| Soja | 1,68 | 30 | 0,349 |
| Milho | 1,98 | 40 | 0,423 |

Fonte: adaptado de Tolmasquim, 2016.

Segundo o Inventário Energético de Resíduos Rurais (2014) os resíduos agrícolas são constituídos basicamente das folhas e as hastes das plantas, chamados de palha, e têm um Poder Calorífico Inferior (PCI) médio em torno de 15,7 MJ/kg de matéria em base seca. Neste sentido na consolidação da produção de resíduos agrícolas e energia primária devem-se levar em consideração os indicadores de produtividade dos resíduos utilizados no trabalho, a respectiva disponibilidade de uso e coleta, e o poder calorífico considerado conforme a Tabela 3.



Digitized by Google

Tabela 3 – Síntese de Indicadores de Produção, Disponibilidade, Umidade e Poder Calorífico dos Resíduos Agrícolas

| | Palha de Soja | Palha de Milho | Rama de Mandioca | Palha de Arroz | Casca de Arroz | Palha de Trigo | Resíduos de Algodão | Palha de Feijão |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Índice de Produtividade (tbs/t)[1] | 2,30 | 1,68 | 0,65 | 1,55 | 0,18 | 2,90 | 1,00 | 1,16 |
| Fator de Disponibilidade para Coleta (%) | 30 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Fator de Umidade (%) | 11,5 | 9,5 | 9,6 | 13 | 2,4 | 7,5 | 10,2 | 11 |
| PCI (GJ/t)[2] | 14,6 | 17,7 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 12,4 | 14,6 | 14,0 |

Fonte: adaptado de Nota Técnica DEA 15/14 – Inventário Energético de Resíduos Rurais. 2014.
1Tbs/t - Temperatura de Bulbo Seco por tonelada.
2PCI (GJ/t)2 - Poder Calorífico Inferior em Giga joule por tonelada.

A Tabela 3 destaca à umidade como sendo um fator que interfere diretamente no poder calorífico dos resíduos, diminuindo a eficiência da combustão devido à parte do calor ser absorvido na evaporação da água. Para valores inferiores a 30% de umidade, o rendimento da combustão é considerado ótimo (NOGUEIRA E LORA, 2002).

Já para o IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2009) demonstram valores médios para os resíduos mistos, com teor de umidade em torno de 25%, que para fins de avaliação econômica e energética, podem ser considerados aceitáveis. Pode-se concluir que os resíduos apresentados possuem um grande potencial para produção de energia primária.

## a) Resíduos Florestais

Os resíduos florestais são fonte de energia com grande potencial para a produção de energia elétrica, é renovável e pode ser cultivado em várias partes do país, permitindo que a geração de energia a partir dessa fonte esteja perto dos centros consumidores, o que diminuiria os gastos com linhas de transmissão. Essa fonte quando usada para a produção de energia tem um balanço nulo no efeito estufa (FREITAS, 2016).

Segundo informações da Indústria Brasileira de Árvores (IBA, 2016) a atuação do setor brasileiro de árvores plantadas é pautada no



Digitized by Google

cumprimento incondicional da regulamentação sobre o uso da terra. A madeira proveniente das florestas plantadas é destinada, principalmente, para atender aos segmentos de celulose, papel e painéis de madeira, mas também serve às indústrias siderúrgicas, principais destinos do carvão vegetal. Para cada tonelada de ferro feita com carvão vegetal proveniente de florestas plantadas há um ganho ambiental de aproximadamente três toneladas de CO2, em comparação ao uso de fontes fósseis ou não renováveis.

Segundo a ABRAF (2013) a biomassa florestal representa cerca de 15,8 % da geração de energia elétrica no Brasil. Sendo gerados anualmente 41 milhões de toneladas de resíduos madeireiros, biomassa capaz de gerar energia elétrica equivalente a 1,7 GW/ano. Essa ampliação se deu mediante melhores rotas de conversão e aproveitamento energético contido nas biorrefinarias.

A produtividade média do segmento florestal brasileiro é de cerca de 37,4 $m^3$/ha/ano (IBA, 2015). Espera-se que no longo prazo a produtividade tenha um crescimento anual médio de 1,5%, chegando em 2050 a 63,9 $m^3$/ha/ano. SANTOS JR (2011), a partir de dados coletados da ABRAF, mostram que com irrigação adicional a produtividade atual pode chegar a 50 $m^3$/ha/ano, e 52 $m^3$/ha/ano com irrigação e fertilização adicionais.

Para o desenvolvimento das potencialidades do uso dos resíduos florestais a Embrapa Florestas (2016) relaciona alguns desafios para que tais perspectivas se tornem realidade, tendo como base o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva:

- Desenvolver germoplasma adaptado às diferentes realidades do território nacional;
- Ocupar lacunas silviculturais para aumentar a produtividade dos plantios em sistemas solteiros e integrados;
- Utilizar tecnologias avançadas de conversão da lenha em energia;
- Desenvolver tecnologias para geração de produtos energéticos mais elaborados para aplicações específicas (briquetes e pellets);
- Conduzir estudos sobre a importância e a competitividade da cadeia produtiva do setor e seus impactos econômicos, sociais e ambientais.



Digitized by Google

As duas principais espécies cultivadas na silvicultura brasileira são o eucalipto e o pinus. Os principais usos desta atividade florestal são a produção de celulose e papel, carvão vegetal e madeira para outros fins. O teor de umidade em torno de 25% para fins de avaliação econômica e energética podem ser considerados aceitáveis (IPT, 2009). A Tabela 4 apresenta a densidade típica da lenha e seus parâmetros energéticos.

Tabela 4 – Densidade típica da lenha e seus parâmetros energéticos

| Biomassa | Densidade (t/m³)[1] de lenha | Conteúdo Energético (tep/t[1])[2] lenha |
|---|---|---|
| Lenha | 0,39 | 0,31 |

Fonte: adaptado de Tolmasquim, 2016.
[1]T/m³ - Tonelada por metro cúbico.
[2]Tep/t - Tonelada Equivalente de Petróleo.

A utilização da lenha de florestas energéticas, silvicultura dedicada à geração elétrica, ainda tem uma participação marginal na atividade florestal brasileira, entretanto, projeta-se que esta fonte vá se desenvolver e ganhará destaque no parque gerador nacional (TOLMASQUIM, 2016).

O poder calorífico inferior da madeira pode variar em torno de 3.000 Kcal $Kg^{-1}$ até 5.400 Kcal $Kg^{-1}$, segundo Couto *et al.* (2008), já para Rogero (2011) estudando o PCI de cavacos de madeira de *Eucalyptus urograndis* encontrou valores médios em torno de 4.684 Kcal $Kg^{-1}$ mostrando que a espécie é apta para ser usada em fins energéticos.

A quantidade de energia gerada de resíduos florestais de biomassa é significativa, ainda assim o potencial é muito maior. Anualmente são gerada cerca de 41 milhões de toneladas de resíduos madeireiros oriundos da indústria de processamento de madeira e da colheita florestal, quantidade esta que é capaz de gerar energia equivalente a 1,7 GW $ano^{-1}$ (IBP, 2015).

## b) Resíduos Pecuários

No caso da pecuária, os resíduos são constituídos por estercos e outros produtos resultantes da atividade biológica do gado bovino, suíno, caprino e outros, cuja relevância local justifica seu aproveitamento energético. Este tipo de resíduo pode ser importante sob a perspectiva de fornecer matéria-prima para a produção de biogás, que também pode



Digitized by Google

ocupar um papel relevante no suprimento energético, principalmente para a cocção de alimentos nas zonas rurais (RESÍDUOS NO BRASIL, 2009).

A atividade da pecuária e, também, a da criação de outros animais (ex: avicultura e suinocultura) produz resíduos na forma de esterco animal e outros. Estes resíduos de origem biológica estão sujeitos a transformações químicas que produzem gás metano, sendo este um importante insumo energético que resulta no biogás. Tanto o biogás de origem rural quanto urbana (também de origem biológica), pode ser aproveitado em minicentrais termoelétricas ou turbinas a gás que realizam o processo de combustão (DA SILVA, 2016). A transformação da energia química contida neste combustível resulta, ao mesmo tempo, em energia térmica (na forma de calor) e energia elétrica (na forma de eletricidade).

Na pecuária, especialmente de gado bovino, mesmo com um aumento dos rebanhos de 212 milhões de cabeças para 305 milhões de cabeças, a área de pastagens deve se reduzir dos atuais 210 milhões de hectares para 142 milhões de hectares. Assim, a densidade deve sair dos atual 1,01 cabeça por hectare para 2,15 cabeças por hectare. Os 68 milhões de hectares liberados devem ser ocupados pela expansão da agricultura e de florestas plantadas (EPE, 2015b).

A produção de biogás por meio de biodigestão anaeróbia de dejetos de animais representa uma alternativa energética favorável para mitigação dos impactos ambientais causados por dejetos produzidos pelos animais confinados e para aumento da disponibilidade de energia no meio rural (DA SILVA, 2016).

Os dejetos de gado de corte criados em confinamento (ou criadouros que não utilizam água para limpeza dos dejetos) e as camas de aviários possuem baixo teor de umidade e, usualmente não são submetidos à biodigestão anaeróbia. Todavia, ambos os dejetos poderiam ser submetidos a processos de biodigestão anaeróbia em via seca (MACHADO, 2011).

Segundo Tolmasquim (2016) a Tabela 5 apresenta os parâmetros de produção e teor energético das biomassas residuais da agropecuária.



Digitized by Google

Tabela 5 - Parâmetros de produção e teor energético das biomassas residuais da pecuária

| Biomassa (Esterco) | Fator de geração (Kg esterco/cbç/dia) | Fator de metanização ($Nm^3$ $Ch_4$/t) esterco | (% de $CH_4$/t) de resíduo | Conteúdo energético (tep biogás/t esterco) |
|---|---|---|---|---|
| Bovino | 15 | 24 | 60 | 0,0211 |
| Suíno | 2,5 | 46,8 | 60 | 0,0412 |
| Avícola | 0,1 | 91,9 | 60 | 0,0809 |

Fonte: adaptado de Tolmasquim, 2016.

Na consolidação da energia primária disponível nos resíduos pecuários em biogás analisando os dados apresentados na tabela é possível verificar que apesar da produção específica de resíduos do rebanho avícola ser a menor entre os três rebanhos analisados, este rebanho apresenta o maior potencial de energia disponível.

De acordo com o Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais (2014) metanização é o processo natural biológico de degradação da matéria orgânica na ausência de oxigênio, o metano é um gás de efeito estufa que tem um poder de aquecimento mais de 21 vezes maior que o dióxido de carbono, queimado, ele pode gerar calor e/ou eletricidade, transformando-se, em parte, em CO2. A produção de biogás por meio de biodigestão anaeróbia de dejetos de animais representa uma alternativa energética favorável para mitigação dos impactos ambientais causados por dejetos produzidos pelos animais confinados e para aumento da disponibilidade de energia no meio rural.

### 2.2.2 Custos da biomassa de resíduos

Os custos dos resíduos rurais podem ser compostos por diversos fatores, tais como logístico, de armazenamento, de processamento, custo de oportunidade e de remuneração ao produtor dentre outros. Nestes casos, o fator mais importante é o custo da cadeia logística desde a coleta da biomassa até a entrega na unidade de conversão. Por outro lado, se a disposição final for problemática do ponto de vista ambiental e/ou sanitário, pode se caracterizar um custo negativo (receita) no processo de biodigestão anaeróbia (TOLMASQUIM, 2016).

No que se refere ao custo de oportunidade dos resíduos agrícolas, outros usos, como biofertilizantes e camada de ação protetora do solo,

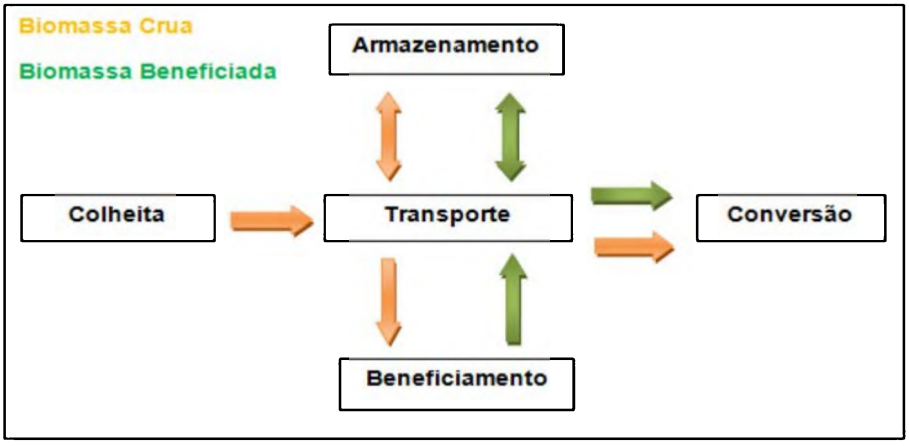


Digitized by Google

poderiam ser citados como custos positivos. No caso dos resíduos da pecuária confinada, um custo negativo deve ser considerado, dada a exigência inerente ao sistema produtivo de se dar uma disposição ambientalmente adequada para este resíduo. Já as florestas energéticas apresentam uma faixa de custo nivelado desde que os empreendimentos estejam localizados em regiões onde o valor de mercado da lenha é mais baixo (EPE, 2014b).

O custo da cadeia logística da biomassa até a unidade de conversão é uma variável de extrema importância na viabilização da bioenergia pode ser descrita em quatro etapas antes da conversão: a colheita, o armazenamento, o transporte e o beneficiamento (RENTIZELAS, TOLIS e TATSIOPOULOS, 2009; GOLD e SEURING, 2010). A figura 1, extraída de De Oliveira (2011), exemplifica tal fato:

Figura 2 - Fluxograma logístico da Cadeia Agropecuária




Fonte: adaptado de De Oliveira, 2011.

Para aperfeiçoar a relação entre as etapas apresentadas, o mesmo autor realça a necessidade da criação de uma cadeia logística específica para os resíduos agrícolas, de forma a aumentar o interesse econômico por seu aproveitamento. Em virtude da praticamente inexistente exploração comercial, a etapa da colheita de resíduos agrícolas será a fase com maior potencial de desenvolvimento o que tende a reduzir os custos. As etapas de transporte e armazenamento são necessárias somente nos sistemas de cargas e descargas adequados a colheita.



Digitized by Google

### 2.2.3 Rotas Tecnológicas para conversão de biomassa

Existem diversas rotas tecnológicas para a utilização da biomassa com a finalidade de se produzir energia elétrica, contudo, todas envolvem a transformação da biomassa, por meio de processos termoquímicos, bioquímicos e físico-químicos, em um produto intermediário, que por fim, será usado na geração de eletricidade (ABIB, 2015). Na Tabela 6 podemos verificar todas as rotas de conversão de biomassa utilizada.

Tabela 6 – Rotas tecnológicas para conversão de biomassa em produtos e serviços

| Fontes de Biomassa | Rotas Tecnológicas | Bioenergéticos | Serviço Final |
|---|---|---|---|
| Produção Agrícola e Produtos Florestais | Densidade e Esterificação | Peletes de Madeira<br>Briquetes<br>Biodiesel | Calor<br>Eletricidade<br>Transporte |
| Cultura de Energéticos: Biomassa vegetal, madeira, óleos vegetais. | Combustão, Gaseificação, Pirólise, Fermentação/destilação. | Carvão Vegetal<br>Gás combustível<br>Bio-óleo<br>Bioetanol | Calor<br>Eletricidade<br>Transporte |
| Resíduos de Processamento de Biomassa | Digestão e Hidrólise | Biogás<br>Bioetanol<br>Solventes | Calor<br>Eletricidade<br>Transporte |
| Resíduos Urbanos | Digestão, Combustão e Gaseificação | Biogás<br>Combustível residual | Calor<br>Eletricidade |

Fonte: adaptado do PNE, 2030.

Os resíduos agropecuários de uma propriedade rural para produção de energia têm-se como principais produtos finais:

## a) Briquetes de biomassa

O Briquete é uma lenha ecológica (reciclada) resultado do processo de secagem e prensagem de serragem ou pó dos mais diversos tipos de madeira e de resíduos florestais e industriais. Sendo adequado para uso em caldeiras e, também, na substituição com grande eficiência o uso da lenha comum, o óleo combustível e o gás natural. O Briquete é o combustível sólido mais limpo que existe no mercado sendo uma forma sustentável de energia e contribui para uma grande redução do risco de incêndios e queimadas (ABIB, 2015).

Os briquetes resultam da compactação de resíduos lignocelulósicos, e são utilizados na geração de energia na forma de calor ou eletricidade. A quantidade de cinzas depende da fonte de matéria-prima



Digitized by Google

utilizada. Para exportação esse biocombustível sólido deve atender às normas técnicas do cliente ou do país importador (ROCHA, 2014).

O processo de briquetagem consiste num método de trituração e compactação que utiliza elevadas pressões para transformar os referidos resíduos em blocos denominados de briquetes, os quais possuem melhor potencial de geração de calor (energia) em relação aos resíduos in natura (ALVES JUNIOR e GUIMARÃES, 2003).

Os briquetes têm um poder calorífico duas vezes maiores do que o da lenha, com o espaço de armazenagem reduzido, possibilitando assim a manutenção de estoques reguladores e de emergência (BRIQUETES, 2001).

Segundo Rodrigues (2002) a viabilidade econômica referente ao uso de briquetes é bastante promissora, em seu artigo, fica comprovado que os resíduos de biomassa densificados por meio de compactação aumentam a eficiência energética consequentemente o Poder Calorífico Inferior (PCI) da biomassa. Veja um exemplo citado:

» PCI lenha = 2500 Kcal/Kg
» PCI briquete = 4800 Kcal/Kg

## b) Pellets de biomassa

Pellet é uma fonte de energia renovável pertencente à classe da biomassa, sendo um combustível sólido de formato cilíndrico de resíduos de madeira prensado proveniente de desperdícios de madeira ou de resíduos florestais e industriais. Devido à tecnologia na sua transformação, a umidade dos pellets é extremamente reduzida, o que permite uma combustão mais eficiente, menos fumaça, com reduzida formação de cinzas, tornando-se uma solução ecologicamente correta para aquecimento de ambientes residenciais e comerciais ou também para uso em caldeiras (ABIB, 2015).

A utilização de pellets de madeira como combustível já é comum em aplicações diversificadas como fornos, aquecimentos (fornos, água e moradia), oficinas, secagem de grãos, entre outros. Há outras utilizações para os pellets de madeira, como cama para animais (cavalos e gatos), como desodorizador de geladeiras, banheiros, sapatos etc., como preventivo à dengue quando aplicado em pratinhos de vasos, e até como desumidificador em armários e locais com umidade excessiva (BORIN, 2012).



Digitized by Google

Segundo Rasga (2013) o transporte dos pellets é seguramente mais econômico e seu manuseio fica simplificado (Figura 3), em virtude da redução de tamanho, permitindo a alimentação automática dos fornos e queimadores, em comparação com a alimentação manual no uso de lenha, cavaco ou briquetes. Os queimadores modernos já conseguem transformar de 85% a 95% da energia em calor, e quando a fonte de energia disponível é elétrica, a economia de combustível é ainda maior.

Figura 3 – Imagem exemplificativa dos pellets de biomassa

Fonte: Pellets de biomassa vegetal (MF Rural).

Ainda vale ressaltar segundo Embar (2009) que os pellets devido ao seu tamanho reduzido permitem dosar unidade a unidade a quantidade que vai ser queimada para produção de energia, assim este produto é muito utilizado em aquecimento doméstico e geração de vapor para pequenas comunidades rurais.

## c) Biogás de biomassa

Os dejetos bovinos (esterco), os dejetos suínos e os dejetos provenientes de criações de frango também passarão a ser utilizados para a obtenção de biogás através da construção de estruturas que realizem a biodigestão anaeróbica. Estas estruturas de pequeno e médio porte não exigem um investimento muito alto para sua construção, ou seja, podem ser uma opção viável economicamente em longo prazo. Além da energia obtida (térmica ou elétrica), os resíduos do processo de biodigestão, também, podem ser empregados como fertilizantes (FREITAS, 2016).

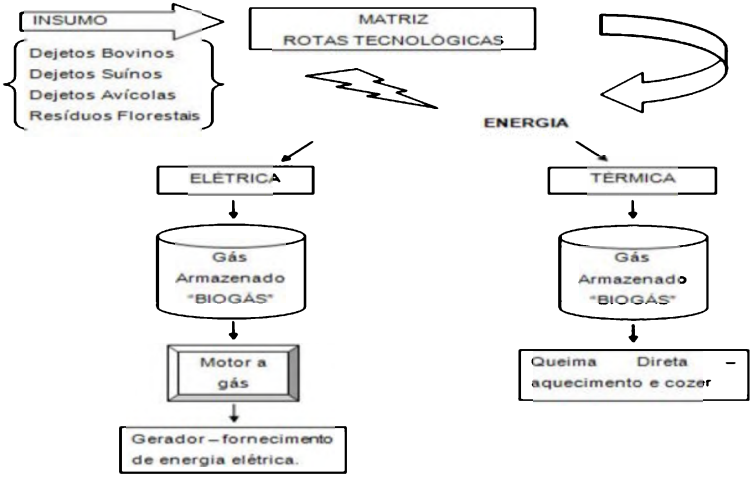


Digitized by Google

O biogás produzido a partir de resíduos agropecuários pode promover a autonomia energética de diversos produtores rurais. Seu uso pode contribuir para agregação de valor de produtos agroindustriais, suprimento autônomo de combustível para muitas utilidades, como para o abastecimento de sistemas de bombeamento para irrigação, podendo viabilizar tal empreendimento. Os biodigestores rurais são importantes para o saneamento rural, pois o processo de digestão anaeróbia promove a redução da carga orgânica (por exemplo: convertendo o carbono presente na matéria orgânica em CH4 que é utilizado como combustível), redução dos sólidos e também a redução de microrganismos patogênicos presentes nos efluentes. Além de estimularem a reciclagem da matéria orgânica e de nutrientes, possibilitam a higienização das instalações para criação de animais, promovendo o tratamento de seus dejetos, proporcionando diminuição de moscas e odores (ANDRADE, 2002).

Neste sentido segue o fluxograma representado na Figura 4 norteadores da pesquisa que tem como foco a escolha da biomassa a ser aproveitada na propriedade rural podendo ser utilizada para diminuir gastos com energia elétrica e/ou térmico sendo um importante fator para viabilizar o projeto lembrando que o custo de oportunidade para este tipo de resíduos pode variar como uso de biofertilizantes usado como camada de ação protetora do solo.

Figura 4 – Fluxograma de entrada e saída de matéria prima da propriedade rural para produção de energia




Fonte: Elaboração própria.



Digitized by Google

O sucesso do biodigestor está na sua simplicidade (CASAGRANDE, 2006; BARRERA, 2011). Trata-se, basicamente, de uma câmara fechada onde a biomassa é fermentada anaerobicamente - sem a presença de oxigênio e o biogás resultante é canalizado para ser empregado nos mais diversos fins. É a porcentagem de metano que confere ao biogás um alto poder calorífico, que varia de 5.000 a 7.000 kcal/m3. A tabela 7 mostra valores equivalentes de biogás em relação a outros compostos.

Tabela 7 – Comparativos do biogás

| 1 $m^3$ de Biogás equivale à: | |
|---|---|
| Gasolina | 0,613 L |
| Querosene | 0,579 L |
| Óleo Diesel | 0,553 L |
| Gás de Cozinha | 0,454 L |
| Álcool Hidratado | 0,790 L |
| Eletricidade | 1,428 KW |

Fonte: adaptado de Barrera, 2011.

Na tabela 8, segundo Barrera (2003) para produzir 1 $m^3$ de biogás quando se refere a massa de dejetos serão precisos.

Tabela 8 – Massa de dejetos para produção de biogás

| 1 $m^3$ de Biogás equivale á: | |
|---|---|
| Esterco fresco de vaca | 25 Kg |
| Esterco seco de galinha | 5 Kg |
| Esterco de porco | 12 Kg |
| Plantas ou cascas de cereais | 25 Kg |
| Lixo | 20 Kg |

Fonte: adaptado de Barrera, 2003.

Cada tipo de dejeto tem uma produção específica de biogás, que é dada em $m^3$ de biogás por kg de sólidos voláteis (SV). Desde que as condições sejam adequadas ao desenvolvimento das bactérias anaeróbias a digestão se realiza a partir de qualquer matéria orgânica, com a fermentação provocada pelas bactérias obtêm-se o biogás. Para cada fonte de matéria orgânica temos uma produção diferente de biogás, a Tabela 9, mostra a capacidade de produção de biogás a partir de resíduos pecuários comuns das propriedades rurais.



Digitized by Google

Tabela 9 – Produção de biogás a partir de resíduos pecuários

| Espécie Pecuária | Unidade de Referencia | Produção especifica de biogás ($m^3$/Kg SV)[1] | Produção diária ($m^3$/animal/dia) |
|---|---|---|---|
| Suínos | Porca reprodutora em ciclo fechado | 0,45 | 0,866 |
| | Porca reprodutora em criação de leilões | 0,45 | 0,933 |
| | Porco em exploração de engorda | 0,45 | 0,799 |
| Bovinos | Vaca leiteira com 600 Kg de peso | 0,28 | 0,980 |
| | Bezerro até 150 Kg de peso | 0,28 | 0,294 |
| | Bovino engorda entre 120 a 520 Kg de peso | 0,28 | 0,292 |
| Galináceos | Galinha poedeira em baterias (2 Kg) | 0,46 - 0,77 | 0,010 – 0,017 |
| | Frango engorda (até 1,5 Kg) | 0,13 – 0,26 | 0,001 – 0,002 |
| Equídeos | Cavalo adulto com 400 a 500 Kg de peso | 0,28 | 1,225 |

Fonte: adaptado de Santos, 2000.
[1]$m^3$/Kg SV – Metro cúbico por quilo de sólidos voláteis.

Ainda segundo Santos (2000) não importa qual a forma de utilização do biogás, sua utilização terá como resultado pelo menos uma das seguintes formas de energia: elétrica, térmica ou mecânica. Quando pelo menos uma dessas formas de energia for útil, o biogás irá proporcionar uma poupança de recursos, com importante valor econômico associado. O uso do biogás gera renda e economias, fato que desperta um crescente interesse por esta tecnologia.

Como o biodigestor, além de produzir gás, limpa os resíduos não aproveitáveis de uma propriedade agrícola e gera fertilidade, é considerado por alguns como um poço de petróleo, uma fábrica de fertilizantes e uma usina de saneamento, unidos em um mesmo equipamento. Praticamente todo resto de animal ou vegetal é biomassa capaz de fornecer biogás através do biodigestor. Os resíduos animais são o melhor alimento para os biodigestores, pelo fato de já saírem dos seus intestinos carregados de bactérias anaeróbicas (TURDERA, 2006).

A composição do biogás varia de acordo com o tipo e a quantidade da biomassa que é colocada dentro do biodigestor, os fatores climáticos e o tamanho deste. Conforme Zanandréa (2010), essa composição do biogás depende de alguns fatores, como o tipo de biomassa e as condições favoráveis às atividades bacterianas anaeróbias, a temperatura que está operando para que os micro-organismos possam melhor desempenhar suas atividades, a temperatura ideal para o seu desenvolvimento fica entre 20 e 45 °C.



Digitized by Google

A utilização do gás metano como gás combustível contribui para a diminuição do efeito estufa. O biodigestor promove o saneamento rural, prevenindo a poluição e conservando os recursos hídricos, os quais são finitos e vulneráveis, e, portanto devem ser utilizados racionalmente para consumo humano e outros usos prioritários e não como veículo para dejetos. Esta tecnologia possibilita a utilização do biofertilizante como adubo orgânico, em substituição aos adubos químicos que em seus processos de produção causam impactos ambientais e consomem energia. Assim, os biodigestores podem converter os dejetos animais de um problema em uma solução (ANDRADE, 2002).

Espalhados por todo o globo terrestre, países ricos e pobres adotam o biodigestor como fonte de energia e biofertilizante. Países como a China e Índia estão à frente desta tecnologia a ponto de apresentarem seus modelos como referência nesta área. Segundo Barrera (2011) a China dispõe de 8 milhões de biodigestores instalados e a Índia cerca de 300 mil. Modelos de pequeno porte adaptados a residências já estão disponíveis para venda inclusive na internet.

## d) Biofertilizante

Roya et al. (2011) descreve que o biofertilizante obtido no processo de metabolização da matéria orgânica dentro dos biodigestores, pode ser usado como fertilizante agrícola de alta qualidade advinda do baixo teor de dióxido de carbono com aumento da presença de nitrogênio e demais nutrientes, ainda destaca que este vem se tornando em produto estratégico para produções pecuárias.

Para Oliveira (2009) o biofertilizante é um resíduo aquoso de natureza orgânica, podendo ser utilizado na fertilização do solo, que tem origem na fermentação de restos vegetais e animais em biodigestores com a finalidade de se obter gás metano. O mesmo autor destaca que durante o processo de fermentação o material orgânico transforma-se em um fertilizante isento de agentes causadores de doenças e pragas às plantas, é inodoro garantindo a inexistência de agente proliferador e causadores de doenças, como moscas, insetos e roedores.

Barichello (2010) ressalta que a composição do biofertilizante varia de acordo com a biomassa utilizada, porém podem ser encontrados resultados médios apresentados de acordo com a Tabela 10.



Digitized by Google

Tabela 10 – Componentes do biofertilizante

| COMPOSIÇÃO | QUANTIDADE % |
|---|---|
| pH | 7,5 |
| Matéria Orgânica | 85,0 |
| Nitrogênio | 1,8 |
| Fósforo | 1,6 |
| Potássio | 1,0 |

Fonte: Adaptado de Sganzerla, 1983.

De acordo com as análises de Sganzerla (1983) notamos que os dejetos, sem separação de sólidos apresentam, em média, pH de 7,5; Matéria Seca (M.S) de 2,0%, 2,1 Kg/m³ de Nitrogênio (N); 1,6 Kg/m³ de Fósforo ($P_2O_5$) e 1,2 Kg/m³ de Potássio ($K_2O$). Este serão utilizado para que seja feita uma mostra da produção diária de dejetos líquidos de uma determinada propriedade rural, a partir daí quantificar os nutrientes produzidos mensalmente e por fim a renda obtida pela geração desses nutrientes.

Para Junqueira (2014) o biofertilizante é o produto que resta da biomassa após seu processo de fermentação e apresenta em sua composição teores de nitrogênio em torno de 1,5 e 2,0%, fósforo entre 1,0 e 1,5%, e potássio entre 0,5 e 1,0%, originando um composto orgânico com alto valor qualitativo. Neste sentido destaca-se que o subproduto oriundo do processo de fermentação dos biodigestores proporciona a máxima utilização de dejetos contribuindo para o processo de agregação de valor a cadeia produtiva.

Vale ressaltar que após a estabilização da biomassa introduzida no biodigestor, tem-se um efluente maturado, o biofertilizante, considerado um ótimo adubo agrícola devido às suas características químicas, físicas e biológicas, podendo substituir o adubo químico, desta forma, por estar curado, pode ser aplicado diretamente na lavoura. Segundo Miotti (2016) quando completado o volume da caixa digestora, o volume que será lançado para fermentação e consequentemente impulsionado afora por pressão, será direcionado para a caixa de descarga onde poderá ser retirado e utilizado tanto como biofertilizante quanto adubo para as plantas, reduzindo seus custos com insumos agrícolas.

Para Civardi (2014) os benefícios econômicos da utilização do biofertilizante foram estimados a partir do consumo médio de Nitrogênio (ureia) por ha/ano, que um produtor rural possa vir a utilizar em sua



Digitized by Google

propriedade. Pesquisadas frente ao preço pago pelo adubo químico em casas agropecuárias, também foi feita uma simulação econômica com a comercialização estimada do NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio).

Pesquisas realizadas na China indicam que o uso de biofertilizante é responsável pelo aumento de produtividade que varia de 10 % (arroz) a até 28 % (para o milho). O biofertilizante pode ser aplicado à terra tanto no estado líquido como no estado sólido. Quando utilizado no estado sólido, cerca de 50 % do seu teor de nitrogênio se perde (WALKER, 2011). O efluente do biodigestor, além do uso como biofertilizante, pode servir de alimento para animais e peixes. Quando despejado na forma líquida em lagoas, por exemplo, estimula o crescimento de algas verde-azuis que servem de alimento a peixes como tilápia, carpa, peixes ornamentais e filhotes de camarão.

### 2.2.4 Outras tecnologias para produção de energia por meio de resíduos agropecuários

Em literaturas mais recentes ABIB (2015) ressalta as três principais rotas tecnológicas de conversão da biomassa disponível que podem ser caracterizados quanto ao tipo de transformação imprimida à fonte energética, sendo divididos em:

» Processo de conversão termoquímica - neste grupo estão inclusos os procedimentos de combustão direta, gaseificação e pirólise;
» Processo de conversão físico-química - incluindo a prensagem, extração e esterificação e;
» Processo de conversão bioquímica ou biológica - incluindo procedimentos de digestão anaeróbica, fermentação e hidrólise.

Segundo PNE (2030) na geração de calor e de energia elétrica, a tecnologia da combustão direta já é aplicada comercialmente, enquanto que a gaseificação e a pirólise estão em um estágio de demonstração para grandes potências. Além da geração de energia elétrica, as tecnologias da pirólise e da gaseificação também podem ser utilizadas para a transformação da biomassa em combustíveis líquidos de segunda geração.



Digitized by Google

## a) Tecnologias de conversão termoquímica

A conversão termoquímica da biomassa é caracterizada por reações endotérmicas e exotérmicas, tendo como resultado final a geração de calor por intermédio da combustão de um energético. De forma breve, os processos são divididos em duas etapas, sendo a primeira composta pela decomposição térmica da carga combustível primária e a segunda pela combustão dos produtos resultantes da decomposição (MME: EPE, 2007). Que se divide em:

I. Combustão direta – Processo em que é fornecida uma quantidade suficiente de oxidante para conseguir a combustão completa da carga combustível. Os produtos principais são um gás de combustão a elevada temperatura que consiste principalmente nos produtos da combustão, dióxido de carbono (CO2), água (H2O) e nitrogênio (N2) e energia térmica na forma de calor. (MME: EPE, 2007). Todo o energético, seja ele o combustível primário ou um subproduto deste, é consumido no processo, sendo que a queima total está condicionada ao fornecimento em quantidade suficiente de oxigênio ao processo.

II. Gaseificação - O procedimento de conversão energética adotado na gaseificação converte um insumo líquido ou sólido em um gás combustível, por intermédio da oxidação parcial deste insumo a temperaturas medianas. O consumo de oxigênio na reação é da mesma forma mediana e o produto principal desta reação é um gás composto principalmente de monóxido de carbono combustível (CO), hidrogênio (H2) e metano (CH4). Este gás aproveitado tanto, na queima em caldeiras, em motores de combustão interna ou em turbinas a gás (MME: EPE, 2007), quanto em geração direta de calor, ou ainda como matéria-prima para fabricação de combustíveis líquidos (CORTEZ *et al.*, 2008).

III. Pirólise - A pirólise lenta acontece quando a biomassa é queimada de 400 a 600º C na (praticamente) ausência de ar, obtendo-se 15% de carvão que possui alta densidade energética, além de 15% de gases como óxido de carbono e hidrogênio e 70% de óleo combustível. (SAFFRON, 2014). Segundo (MME: EPE, 2007) este processo em que há muito pouco de



Digitized by Google

agente oxidante fornecido para a conversão da matéria orgânica, resultante em produtos combustíveis sólidos, como o carvão vegetal, líquidos (óleo pirolítico) e gasosos (gás pirolítico), a proporção e a qualidade dos produtos dependem da composição da matéria prima, das condições operacionais da reação e do tipo do reator.

## b) Tecnologias de conversão físico-química

A conversão físico-química da biomassa, em especial de vegetais oleaginosos, consiste em um processo de prensagem ou compressão, seguido pela extração de óleos vegetais, para posterior modificação química em procedimentos chamados esterificação e transesterificação. (MME: EPE, 2007). Que se divide em:

I. Esterificação e Transesterificação - A Esterificação é uma reação química onde os óleos vegetais ou gordura animal, reagem com um álcool na presença de um catalisador, geralmente um ácido tendo como produto final um biodiesel; enquanto a Transesterificação é o nome do processo através do qual ocorre a separação da glicerina do óleo vegetal. Cerca de 20% de uma molécula de óleo vegetal é formada por glicerina. A glicerina torna o óleo mais denso e viscoso. Durante o processo de transesterificação, a glicerina é removida do óleo vegetal, deixando o óleo mais fino e reduzindo a viscosidade. (MME: EPE, 2007). Segundo ABIB (2015) os pellets e briquetes passam por um processo de prensagem e/ou compressão sendo necessário um aquecimento até temperatura de 120-130 °C. Ao aquecer, a lignina da madeira torna-se mais plástica, promovendo a agregação das partículas, sem que haja necessidade de adicionar materiais adesivos (apenas aditivo natural).

II. Torrefação - O processo de torrefação é um modelo de negócios bastante promissor para geração de energia com alta qualidade, ou seja, elevado poder calorífico e baixa umidade. Facilitação no armazenamento e redução nos custos de transporte, podendo ser utilização em pequena e grande escala de aquecimento industrial, queima em unidade de cogeração e para o aquecimento doméstico. A biomassa torreficada tem um melhor retorno ao investimento, pois tem um produto



Digitized by Google

energético com uma densidade menor e uma unidade baixa facilitando o transporte e o armazenamento. (ABIB, 2015). Segundo Saffron (2014) a torrefação de biomassa tem três vantagens imediatas sobre a biomassa não tratada: 1) O valor do poder calorífico (energia) aumenta de forma a considerável com o processo industrial; 2) A biomassa torreficada é mais fácil para ser triturada em caso de uma industrialização ou compactação na forma de pellets ou briquetes com alta densidade de energia volumétrica (energia por unidade de volume); e 3) As propriedades físico-química da biomassa torreficada tais como durabilidade, homogeneidade e comportamento hidrofóbico tem uma melhora considerável enquanto a atividade biológica é fortemente reduzida.

## c) Tecnologias de conversão bioquímica e biológica

A conversão bioquímica da biomassa é caracterizada pelo uso de processos biológicos e bioquímicos de transformação da matéria-prima orgânica. Esses processos incluem a fermentação alcoólica da biomassa, a destilação, a hidrólise e por fim com maior destaque o procedimento de digestão anaeróbica da biomassa, quando a finalidade for à geração de energia elétrica (MME:EPE, 2007). Que se dividi em:

1. Digestão Anaeróbica - Processo em que bactérias, na ausência de oxigênio, consomem o material e produzem biogás (mistura de metano, dióxido de carbono, gás sulfídrico, vapor d'água, siloxanos) e material compostável. O biogás, dependendo do nível de tratamento, pode atingir o grau do biometano. Segundo Cortez *et al* (2008) esse processo tem como resultado final uma mistura de gases, denominada biogás, composta principalmente de metano ($CH_4$) e dióxido de carbono ($CO_2$), e, em menores quantidades, por gás sulfúrico ($H_2S$), nitrogênio ($N_2$) e hidrogênio ($H_2$). A composição volumétrica do metano no gás varia dependendo da matéria orgânica processada (MME: EPE, 2007). Esse método tem destaque, pois além de possibilitar que resíduos orgânicos urbanos sejam aproveitados na geração de energia, pode ainda ser implementado em áreas rurais para aproveitamento energético dos resíduos da atividade rural e da agroindústria. Ainda, um dos produtos fi-



Digitized by Google

nais da biodigestão é um efluente (líquido) rico em nitrogênio que é utilizado na fabricação de fertilizantes (CORTEZ *et al*, 2008). O processo é realizado em recipientes (reatores) estanques chamados de biodigestores, onde populações bacterianas degradam de forma natural à matéria orgânica. Desta forma, a tecnologia usada nos biodigestores é dependente do tipo de matéria-prima utilizada, sendo considerada uma tecnologia madura e bem estabelecida (MME: EPE, 2007).

A digestão anaeróbia de excretas oferece várias vantagens como: conversão de resíduos orgânicos em gás metano, que é um gás de efeito estufa, e o qual podem ser usados diretamente como fonte energética (biogás); redução da emissão de amônia; controle de odores e produção de biofertilizante. Indiretamente, podem-se citar alguns benefícios como: alterações nas relações familiares e sociais nas camadas de baixa renda em função do fornecimento de energia de baixo custo e todas as benéficas consequências; menor dependência de combustíveis fósseis; geração de empregos (FUKAYAMA, 2008).

As tecnologias devem contribuir para impulsionar o desenvolvimento econômico, mas ao mesmo tempo, minimizar os impactos ambientais provocados pela implantação destas novas tecnologias. Não apenas aos grandes agricultores e pecuaristas, mas os produtores rurais precisam se adequar ao conceito de eco-eficiência atendendo as normas e exigências ambientais do mercado.

O biogás produzido pode ser utilizado para fazer funcionar motor, geladeira, lampião, chocadeira, secadores diversos; pode ainda substituir o gás de cozinha para cocção e a energia elétrica em aparelhos cujo funcionamento é determinado, como televisão, rádio e ferro de passar (BARRERA, 2011).

Países como a China e a Índia estão à frente desta tecnologia a ponto de apresentarem seus modelos como referência nesta área, modelos de pequeno porte adaptados a residências e em propriedades rurais. Os modelos Chinês e Indiano são os mais empregados no Brasil. O modelo chinês tem um custo mais baixo de implantação. É mais durável, ocupa pouco espaço no solo, é fixo, não possuindo partes metálicas, no entanto as oscilações de pressão no gasômetro (local de armazenamento do gás) provocam vazamentos, tornando o manejo mais complica-



Digitized by Google

do (FONSECA, ARAÚJO E HENDGES, 2009). Segundo Sganzerla (1983) o modelo indiano tem o formato de um poço, onde ocorre à digestão da biomassa, como possui internamente uma campânula flutuante com a função de controlar a pressão do gás permite a regulagem da emissão do mesmo. Isso contribui para diminuir a emissão de gases para a atmosfera contribuindo de forma positiva para o meio ambiente.

Para a conversão energética do biogás, conta-se atualmente com diversas tecnologias, sendo as de uso mais frequente segundo (COELHO *et al.*, 2006): A energia mecânica resultante da conversão energética ativa um gerador que por sua vez converte em energia elétrica; A queima direta do biogás em caldeiras para cogeração; Tecnologias remanescentes, porém atualmente não comerciais, como a célula combustível, turbinas a gás, além dos motores de combustão interna do tipo "ciclo Otto".

Além da economia existem outras vantagens ligadas ao desenvolvimento da tecnologia como: envio de dejetos de animais para o biodigestor evita que estes sejam jogados no meio ambiente sem tratamento, contaminando nascentes e lençóis freáticos os principais beneficiários do equipamento é o agricultor pelo aproveitamento dos dejetos para a produção do biogás e o biofertilizante e o meio ambiente em geral.

1. Fermentação/destilação - A fermentação alcoólica é um procedimento antigo e acompanha a história da humanidade a milhares de anos, sendo a transformação biológica de um açúcar em etanol e gás carbônico. Essa transformação é possível graças à ação metabólica de organismos biológicos, sendo as leveduras um bom exemplo destes organismos. Atualmente, a fermentação alcoólica é um processo maduro, comercial e tecnologicamente, situação que dificulta consideravelmente ganhos significativos de eficiência ao processo. (CORTEZ *et al.*,2008). Já a destilação é um processo complementar a fermentação alcoólica, sendo usado para alcançar padrões de qualidade e concentração de etanol, exigido pela legislação do setor sucroalcooleiro. É com a destilação do mosto açucarado da cana-de-açúcar, após a fermentação, que são eliminados diversos contaminantes desta mistura e são separados seus dois mais importantes componentes: o álcool etílico anidro combustível e o álcool etílico hidratado combustível (CORTEZ *et al.*, 2008).



Digitized by Google

II. Hidrólise - Visando aumentar a eficiência dos processos de conversão bioquímica da biomassa, há atualmente, significativos esforços para viabilizar o uso de material lignocelulósicos hidrolisado, na produção de etanol e outros bioprodutos de alto valor agregado. No estado tecnológico vigente há dois processos de hidrolise que podem ser aplicados: a hidrólise ácida, que possui baixo custo, mas que por outro lado tem como subprodutos resíduos poluentes, que inibem a fermentação posterior, e a hidrólise enzimática, que é menos poluente, mas tem custos mais elevados. A hidrólise de biomassa no Brasil tem grande potencial para o seu aproveitamento, pois além de o país possuir grande disponibilidade de matéria-prima, ainda há a possibilidade da sua integração complementar aos processos usados em usinas de açúcar, destilarias e plantas de cogeração (CORTEZ *et al.*, 2008).

Há ainda a necessidade de citar as tecnologias de beneficiamento, que apesar de não propriamente serem processos de conversão fazem parte da cadeia de aproveitamento energético da biomassa. Sendo a secagem, a trituração e moagem, a briquetagem e a peletização. E preciso salientar a importância que estas tecnologias têm, principalmente, na questão do aumento da densidade energética, reduzindo custos logísticos (RENTIZELAS, TOLIS e TATSIOPOULOS, 2009; GOLD e SEURING, 2010).

Dada a diversidade de tecnologias para conversão da biomassa para fins energéticos vários critérios devem ser levados em consideração. Um deles é a adequabilidade das tecnologias, pois é a partir daí que deverá ser escolhido o processo de conversão para o melhor aproveitamento energético. As biomassas agrícolas têm características variadas o que traz a possibilidade de uso de variadas tecnologias, mas ao se tratar de biomassa pecuária requer um cuidado maior com relação à escolha da tecnologia devido à questão da umidade necessitando de materiais de elevado poder calorífico e gasto energético. Devemos ressaltar que a melhor empregabilidade citada em diversos autores traz a digestão anaeróbica como um dos melhores processos de conversão da biomassa pecuária para fins energéticos, neste sentido será tratado um tópico dando ênfase aos mais variados tipos possíveis de conversão desta biomassa.



Digitized by Google

## 2.3 Panorama da agricultura no Brasil

Pode se definir como empresas e/ou propriedades rurais aquelas que exploram a capacidade produtiva do solo por meio do cultivo da terra, da criação de animais e da transformação de determinados produtos agrícolas, podendo comportar três categorias diferentes de atividades: as atividades agrícolas, as atividades zootécnicas e as atividades agroindustriais (MARION, 2000).

Segundo o site do INCRA (1993) a classificação dos imóveis rurais é feita em relação ao tamanho da área, A classificação é definida pela Lei 8.629, de 25 de fevereiro de 1993 e leva em conta o módulo fiscal (e não apenas a metragem), que varia de acordo com cada município.

» Minifúndio – é o imóvel rural com área inferior a 1 (um) módulo fiscal;
» Pequena Propriedade - o imóvel de área compreendida entre 1 (um) e 4 (quatro) módulos fiscais;
» Média Propriedade - o imóvel rural de área superior a 4 (quatro) e até 15 (quinze) módulos fiscais;
» Grande Propriedade - o imóvel rural de área superior 15 (quinze) módulos fiscais.

Enquanto 91% dos 1,5 bilhões de hectares de terras cultiváveis do Planeta dedicam-se ao cultivo para agroexportação e biocombustíveis, responsáveis por alimentar gado e automóveis, milhões de pequenos e médios agricultores dos países em desenvolvimento cultivam a maior parte dos alimentos básicos necessários para alimentar as populações, urbanas e rurais. Na América Latina, cerca de 17 milhões de pequenas e médias propriedades ocupam 60,5 milhões de hectares ou 34,5% do total de terras cultivadas, produzindo 51% do milho, 61% da batata e 77% do feijão destinados ao consumo doméstico. No Brasil, 85% dos agricultores são pequenos produtores que ocupam 30% das terras agrícolas embora sejam responsáveis pela produção de 84% da mandioca e 67% do feijão consumidos no país (ALTIERI, 2013).

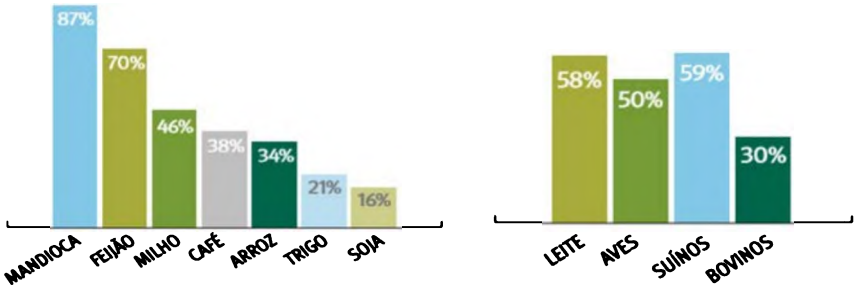
Várias pesquisas demonstram que as pequenas propriedades são mais produtivas do que as grandes propriedades, se consideramos toda a produção de uma única fazenda em vez de considerar a colheita de um único produto. Os sistemas tradicionais de cultivo diversificado fornecem cerca de 20% dos alimentos do mundo, em tais sistemas, os agri-



Digitized by Google

cultores produzem, na mesma fazenda, grãos, frutas, vegetais, forragem e produtos animais, frequentemente superando a produção das monoculturas.

Figura 5 – Pequeno e Médio Produtor e a produção de alimentos de origem vegetal e animal




Fonte: CEBDS (2014).

Conforme demonstrado na Figura 5 os pequenos e médios produtores são responsáveis pela produção da cesta básica do trabalhador, além de sua grande importância para o abastecimento de frutas, verduras e legumes nas feiras e supermercados. Apesar de ocuparem uma área menor com pastagens, estes são importantes fornecedores, de proteína animal.

O país transformou sua agricultura tradicional em uma agricultura dinâmica e competitiva, fortemente amparada pela ciência tornando-se um dos maiores produtores mundiais de alimentos, fibras e energia renovável (EMBRAPA, 2014). Sendo fundamental ampliar o uso de ciência e das cadeias produtivas agropecuárias, com foco na inovação e em amplos encadeamentos produtivos, para apoiar a formulação de políticas públicas mais bem informadas e aderidas às necessidades do presente e do futuro.



Digitized by Google

Tabela 11 - Números de produtores rurais por região brasileira

| Região | Quantidade de produtores rurais |
|---|---|
| Norte | 724 mil a maior quantidade se encontra nos estados do Pará, Amazonas e Rondônia. |
| Nordeste | 2 milhões a maior quantidade se encontra nos estados do Maranhão e do Piauí. |
| Sudeste | 793 mil a maior quantidade se encontra nos estados de Minas Gerais e São Paulo. |
| Sul | 871 mil a maior quantidade se encontra nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. |
| Centro Oeste | 250 mil a maior quantidade se encontra nos estados de Mato Grosso e Goiás. |
| Total | 4.638.000 mil produtores rurais. |

Fonte: adaptado do IBGE, 2013.

Segundo dados do IBGE (2013) representados na Tabela 11, no Brasil existem cerca de 22,8 milhões de donos de negócios, destes 21% correspondem a produtores rurais totalizando 4.638.000 agropecuaristas que trabalham em estabelecimentos rurais, instalados em fazenda, sítio, granja ou chácaras.

Segundo Indicadores do IBGE – Estatística da Produção Agrícola de março de 2017 os maiores produtores de grãos, são das regiões Centro Oeste e Sul, em destaque o arroz, o milho e a soja sendo os três principais grupos mais plantados e colhidos pelos produtores rurais. O Mato Grosso liderou na produção de grãos com 25,3% seguido pelo Paraná (18,3%) e Rio Grande do Sul com 14,8%, que somados representam 58,4% do total nacional previsto.

Ainda segundo dados do IBGE (2017) os indicadores da produção pecuária na criação e abate de bovinos destaca os estados do Pará (60,13 mil cabeças), Rondônia (50,73 mil cabeças), Mato Grosso (30,17 mil cabeças), Rio Grande do Sul (25,69 mil cabeças) e o Tocantins com 8,5 mil cabeças. No ranking das UFs Mato Grosso continua liderando a criação e o abate de bovinos, com 15,6% da participação nacional, seguido por Mato Grosso do Sul (10,8%) e Pará (9,3%). Da criação e abate de suínos no ranking das UFs, Santa Catarina continua liderando com 25% da participação nacional, seguido por Paraná (21,1%) e Rio Grande do Sul (19,3%). E por fim da criação e abate de frangos no ranking das UFs, Paraná continua liderando com 31,4% da participação nacional, seguido por Santa Catarina (14,8%) e Rio Grande do Sul com 14,3%.

Quanto ao tamanho das propriedades, ressaltamos que 90% delas



Digitized by Google

possuem área inferior a 100 ha, indicando o predomínio das pequenas propriedades no Brasil. Quanto à distribuição geográfica, constatou-se uma predominância da região nordeste (46%), seguida pela região Sul (20%). O Centro-oeste é a região com menor número absoluto de propriedades (cerca de 6%), devido especialmente à maior concentração de grandes propriedades nessa região (31% com mais de 100 ha). (IBGE 2012).

Sobre as atividades mais frequentes nas propriedades rurais, a lavoura temporária tem maioria absoluta (51%), seguida pela pecuária com 21%. Sob a ótica da relevância das atividades por tamanho da propriedade, a lavoura temporária é o grupo de atividade econômica mais importante em 15 dos 18 grupos de área. Para os restantes, os principais são: i) mais de 0 a menos de 0,1 ha: pecuária e criação de outros animais (27%), ii) de 0,1 a menos de 0,2 ha: horticultura e floricultura (35%) e iii) produtor sem área: produção florestal – florestas plantadas (32%). (IBGE, 2012).

## 2.4 Programas de financiamento e incentivos a produção de energia por meio de resíduos

Em vigor desde 2012, o novo Código Florestal Brasileiro criou exigências para o produtor rural, instrumento obrigatório para todos os proprietários e possuidores de imóveis rurais no Brasil, além da necessidade legal de adequação ambiental, o financiamento pode ser uma excelente oportunidade para que produtores rurais se adequem às normas ambientais, e também ampliem sua capacidade produtiva (SEBRAE, 2013).

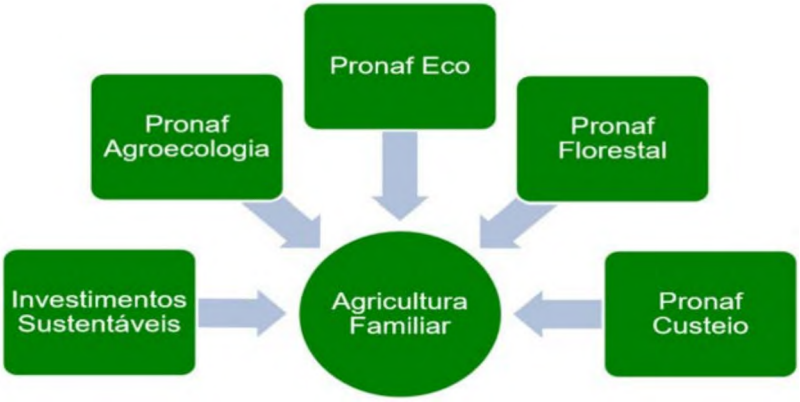
Para apoiar o produtor rural nesse sentido, há vários projetos e programas direcionados para a assistência técnica e financiamento das práticas sustentáveis, tanto por parte do governo federal, como de governos locais e outras instituições. Entre as oportunidades que podem levar a um salto de qualidade estão a implantação de tecnologias voltadas para a agricultura e pecuária orgânicas, plantio de florestas comerciais, Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), sistemas de plantio direto, tratamento e aproveitamento de dejetos animais. São todas modalidades do que vem sendo chamado de Agricultura de Baixo Carbono, ou ABC (CEBDS, 2014). Algumas linhas de financiamento para produtores fa-



Digitized by Google

miliares estão descritas na Figura 6.

Figura 6 - Linhas de financiamento para agricultura – Produtores Familiares




Fonte: Cartilha do Agronegócio Sustentável.

As linhas de financiamentos citadas na figura 6 são voltadas para produtores familiares, que possui linhas de crédito que apoiam modelos de produção que garantem a provisão de serviços ambientais e ganhos em produtividade para melhoria da produção agropecuária sustentável. Cada linha de crédito disponível está definida segundo a Cartilha do Agronegócio Sustentável.

## a) PRONAF

A Declaração de Aptidão ao PRONAF (DAP) válida, nos termos estabelecidos pela Secretaria de Agricultura Familiar (SAF) do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), deve ser emitida por agentes credenciados pelo MDA. Tabela 12 serão expressos alguns detalhes com relação às diversas linhas do PRONAF.



Digitized by Google

Tabela 12 - Linhas do PRONAF e Benefícios

| LINHAS DO PRONAF | BENEFÍCIOS |
|---|---|
| Pronaf Florestal | Linha de financiamento destinada a investimentos na implantação de sistemas agroflorestais. Quando destinados exclusivamente para projetos de sistemas agroflorestais, o financiamento é de até R$ 35 mil. Para os demais, o crédito é de até R$ 25 mil. A taxa efetiva de juros é de 1% ao ano. Até 12 anos, com carência de até 12 anos. |
| Pronaf Agroecologia | Linha para o financiamento de projetos agroecológicos ou orgânicos. São financiados até R$ 300 mil, para as atividades de suinocultura, avicultura e fruticultura e R$ 150 mil, para as demais. O limite é de R$ 750 mil exclusivamente para operações coletivas. A taxa efetiva de juros é de 1% ao ano. Até 15 anos, contando 3 anos de carência, para financiamento de estruturas de armazenagem, e de até 10 anos, com até 3 anos de carência, para os demais perfis de financiamentos. |
| Pronaf ECO | Linha de crédito para investimento em energia renovável e sustentabilidade ambiental. A taxa efetiva de juros é de 1% ao ano para operações de até R$ 10 mil e 2% para uma ou mais operações com valor superior a R$ 10 mil. Caso o cliente contrate nova operação no âmbito do PRONAF Eco, que somada ao valor contratado no mesmo ano agrícola ultrapasse R$ 10 mil, o novo financiamento será contratado com a taxa de juros de 2% ao ano. O prazo varia de 10 a 20 anos, dependendo do tipo de projeto. A carência varia entre 2 a 8 anos. |
| Pronaf Custeio | Custeio Agrícola e Pecuário. Agricultores (as) familiares com renda bruta anual até R$ 360 mil. Até 3 anos para Açafrão e Palmeira Real Até 2 anos para culturas bianuais e aquicultura Até 1 ano para as demais culturas e atividades pecuárias. |

Fonte: Financiamento para pequenos e médios produtores rurais. (CEBDS, 2014).

O PRONAF é destinado a apoiar as atividades produtivas exploradas com o emprego direto da força de trabalho da agricultura familiar. Financia o investimento destinado à implantação, ampliação e modernização da infraestrutura de produção e serviços agropecuários e não agropecuários no estabelecimento rural ou em áreas comunitárias próximas. Possui diferentes linhas de financiamento, dentre elas, linhas de crédito específicas para a agricultura sustentável: PRONAF Floresta, PRONAF Agroecologia e PRONAF Eco.



Digitized by Google

Figura 7 - Linhas de financiamento para agricultura – Demais Produtores

Fonte: Cartilha do Agronegócio Sustentável.

As linhas de financiamentos citadas na figura 7 são voltadas para os demais produtores, que trabalham de forma sustentável optando por modelos de produção que visão melhorias e ganhos na produção. Podendo ser usado para financiar os custos de produção e comercialização de produtos agropecuários, incluindo armazenamento, beneficiamento, industrialização e modernização dos produtos agrícolas. Cada linha de crédito disponível está definida segundo a Cartilha do Agronegócio Sustentável.

## a) PROGRAMA ABC

As tecnologias agropecuárias voltadas para ABC são incentivadas, principalmente, porque o Brasil assumiu, na 15ª Conferência das Partes (COP15), da Convenção do Clima, em 2009, o compromisso de reduzir entre 36,1% e 38,9% suas emissões projetadas até 2020. As principais medidas para o cumprimento desse compromisso incidem sobre a agricultura e a pecuária, com redução do desmatamento, recuperação de pastagens degradadas, integração lavoura-pecuária, fixação biológica de nitrogênio e plantio direto.

O financiamento das ações do Plano ABC - cujas metas incluem recuperar 15 milhões de hectares de áreas de pastagens degradadas e aumentar a área de florestas comerciais de seis para nove milhões de hectares até 2020 – conta com linhas de crédito com juros subsidiados



Digitized by Google

pelo governo como: o Pronaf Eco, Floresta e Agroecologia; o PAA; o PNAE; e o Programa ABC, diretamente ligado ao Plano, voltado principalmente para os produtores rurais de médio porte.

## b) PRONAMP

O Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural financia os produtores com renda bruta anual de até R$ 1,6 milhão, sob a condição de que no mínimo 80% dessa renda sejam originárias da atividade agropecuária ou extrativa vegetal. O limite de financiamento é de R$ 710 mil para custeio e de R$ 385 mil para investimento, com taxas de juros de 7,75% a.a. para custeio e comercialização e de 7,5% a.a. para investimento. Como parte da estratégia de ampliação da classe média rural, foi conferida elevada prioridade ao objetivo de viabilizar a transição dos produtores familiares, cujo fortalecimento faz parte das medidas de apoio ao médio produtor rural contidas no Plano Agrícola e Pecuário 2015/16.

## c) MODEAGRO

O Programa de Modernização da Agricultura e Conservação dos Recursos Naturais fomenta os setores da produção, beneficiamento, industrialização, acondicionamento e armazenamento de produtos da apicultura, aquicultura, avicultura, chinchilicultura, cunicultura, floricultura, fruticultura, palmáceas, olivicultura, produção de nozes, horticultura, ovinocaprinocultura, pecuária leiteira, pesca, ranicultura, sericicultura e suinocultura, ações relacionadas à defesa animal, particularmente o Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose (PNCEBT) e a implementação de sistema de rastreabilidade animal para alimentação humana e apoia a recuperação dos solos por meio do financiamento para aquisição, transporte, aplicação e incorporação de corretivos agrícolas. Os limites de financiamento são de R$ 800 mil (individual) e R$ 2,4 milhões (crédito coletivo), sendo a taxa de juro de 8,75% a.a.

## d) PRODECOOP

O Programa de Desenvolvimento Cooperativo para Agregação de Valor à Produção Agropecuária abrange todos os setores cooperativos de produção. Esse Programa conta com a disponibilidade de recursos



Digitized by Google

de R$ 1,6 bilhão para apoio financeiro à produção, beneficiamento, industrialização e armazenagem de produtos agropecuários, às ações de adequação sanitária e projetos de industrialização de produtos prontos para o consumo humano, processados e embalados. O limite de financiamento é de R$ 100 milhões, sendo o prazo máximo de reembolso de 12 anos, com taxas de juros de 8,75% a.a.

## e) PROCAP-AGRO

O Programa de Capitalização de Cooperativas Agropecuárias destina-se ao financiamento: i) de integralização de quotas-partes do capital social de cooperativas, visando a promover a recuperação ou a reestruturação patrimonial das cooperativas de produção agropecuária, agroindustrial, aquícola ou pesqueira e ii) de capital de giro para cooperativas, visando a disponibilizar recursos para atender as necessidades imediatas operacionais das cooperativas. O limite de financiamento para a integralização de cotas partes é de R$ 50 milhões, com taxa de juros de 7,5% a.a. Para capital de giro, o limite é de R$ 60 milhões com taxas de 8,75% a.a. para financiamentos de até R$ 20 milhões e de 10,5% a.a. para financiamentos desse valor, sendo que a partir de 01/09/2015, passará a vigorar a taxa de 10,5% para financiamentos de até R$ 60 milhões.

## f) PRODUSA

Linha de financiamento com recursos do BNDES e coordenada pelo Mapa. O objetivo é estimular a recuperação de áreas degradadas destinadas à produção agropecuária e que apresentam desempenho abaixo da média da região para o tipo de cultura ou criação, além de incentivar a adoção de sistemas que sigam a legislação ambiental. O Produsa permite a aplicação de seus recursos em diferentes tipos de atividades, de acordo com o valor contratado. O limite de crédito é de R$ 400 mil, com taxas de juros que variam de 5,75% ao ano, para projetos em áreas degradadas, e de 6,75% ao ano, para outras situações. O prazo de reembolso varia de 5 a 8 anos, chegando até 12 anos no caso de florestas plantadas.



Digitized by Google

# 3. METODOLOGIA

Este tópico define o tipo de pesquisa, descreve a metodologia adotada para a realização do trabalho e os conceitos básicos e necessários que norteiam a pesquisa. Trata-se de um estudo descritivo e explicativo, exploratório e bibliográfico que, através de um levantamento de dados, realiza uma análise de material publicado.

## 3.1 Métodos de pesquisa

Neste item serão abordados os procedimentos metodológicos utilizados para a realização desta pesquisa, os quais foram:

a. Exploratório: Por ser necessário ter uma visão panorâmica ou mais abrangente do problema sobre a viabilidade econômica para produção de energia elétrica por biodigestores utilizando resíduos pecuários, ao mesmo tempo, saber dados técnicos e especificidades na montagem de um projeto.
b. Descritivo: Por estabelecer relações entre as diversas variáveis técnicas, econômicas, sociais e ambientais. Este tipo de pesquisa visa identificar estruturas, formas, funções e contextos.
c. Explicativo: Busca mostrar os fatos contributivos para se apontar a relação custo/benefício na montagem de um biodigestor, tendo como principal meta minimizar custos de produção dentro da propriedade rural.
d. Bibliográfico: Foram utilizados dados primários e secundários coletados em diversos sites: Portal Brasil, Cenbio, Embrapa, IBGE, SEBRAE, e outros e em livros, teses, dissertações.
e. Matemáticos: Este estudo utilizou-se de modelos matemáticos, operacionalizada no Excel, para determinar a viabilidade econômica para implantação de um biodigestor para produção de energia utilizando resíduos pecuários. Para determina-



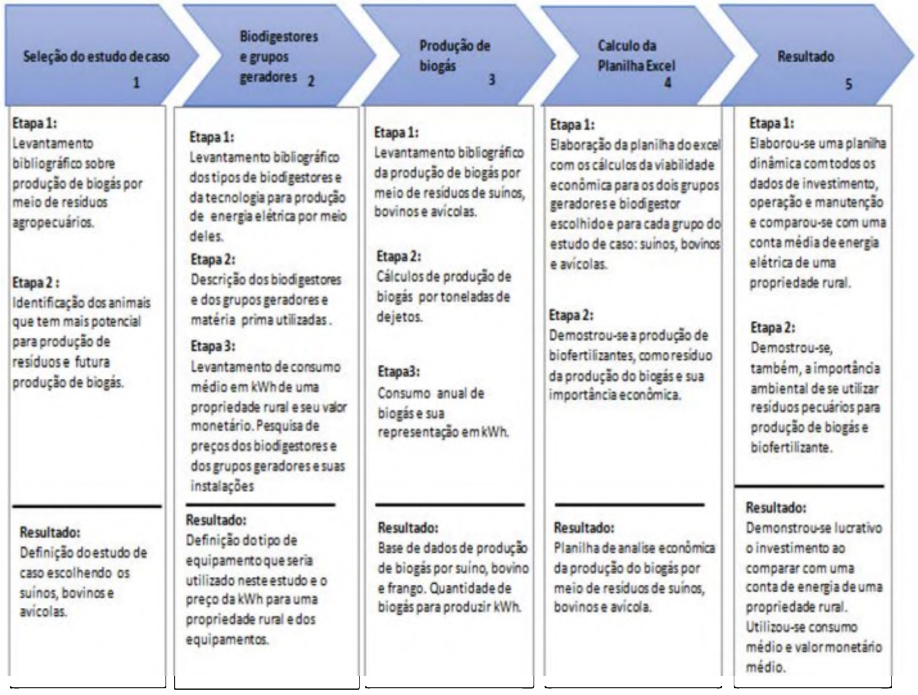
Digitized by Google

ção dos dados para execução do modelo e realização dos cenários, utilizaram-se como premissas: 1) o cálculo da produção anual de biogás (Pab); 2) o consumo anual de biogás (Cab); 3) a tarifa anual paga pelo produtor na concessionária de energia; 4) o benefício com a geração de energia elétrica (Bgee); 5) o Período de Retorno do Capital também chamado de *Payback*; 6) o VPL (Valor Presente Líquido); 7) a TIR (Taxa Interna de Retorno).

f. Estudo de caso: A utilização de resíduos pecuários de suínos, bovinos e avícolas por meio de biodigestores analisando a sua viabilidade econômica para produção de energia elétrica.

Na Figura 8 pode-se verificar o fluxo de atividades para a realização desta dissertação, baseada em 5 (cinco) etapas de total relevância para realização deste trabalho.

Figura 8 – Fluxograma da metodologia




Fonte: Elaboração própria.

Todos os dados foram organizados e calculados através de planilhas do Excel, foram utilizadas 300 (trezentos) animais/cabeça para



Digitized by Google

cada uma das três espécies estudadas: suínos, bovinos e avícolas; cada um deles conforme literatura específica já citada no referencial teórico possui uma unidade de referência que foi contabilizado para cálculo da produção de biogás a partir desses resíduos pecuários (Tabela 13).

Tabela 13 – Produção de biogás a partir de resíduos pecuários

| QTD ANIMAIS/CABEÇA | UNIDADE REFERÊNCIA | PROD. DIÁRIA ($m^3$/animal/dia) | PROD. BIOGÁS / DIA ($m^3$) | PROD. BIOGÁS ANO ($m^3$ ano $^{-1}$) | kWh/dia | kWh/ano |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 300 | Porca reprod. em ciclo fechado | 0,866 | 259,800 | 94827,000 | 174,066 | 63534,090 |
| 300 | Porca reprod. em criação leitões | 0,933 | 279,900 | 102163,500 | 187,533 | 68449,545 |
| 300 | Porca em exploração de engorda | 0,799 | 239,700 | 87490,500 | 160,599 | 58618,635 |
| 300 | Vaca leiteira até 600 kg | 0,980 | 294,000 | 107310,000 | 196,980 | 71897,700 |
| 300 | Bezerro até 150 kg | 0,294 | 88,200 | 32193,000 | 59,094 | 21569,310 |
| 300 | Bovino em engorda de 120 a 520 kg | 0,292 | 87,600 | 31974,000 | 58,692 | 21422,580 |
| 300 | Poedeira 2 kg | 0,014 | 4,050 | 1478,250 | 2,714 | 990,428 |
| 300 | Frango engorda até 1,5 kg | 0,002 | 0,450 | 164,250 | 0,302 | 110,048 |

Fonte: Adaptado de Santos (2000).

A partir dos dados da unidade de referência foi possível por meio das fórmulas descritas a seguir calcularem a quantidade de produção de biogás e a sua equivalência em potencial energético. Vejamos a descrição da Eq.1.

$$Pab = Pdb \times Dp \quad (1)$$

*Onde: Pab = Produção anual de biogás ($m^3$ $ano^{-1}$); Pdb = Produção diária de biogás ($m^3$ $dia^{-1}$); Dp = Disponibilidade da planta (dias $ano^{-1}$).*

As planilhas foram realizadas utilizando-se do programa Excel para calcular a produção diária e anual de biogás que cada espécie produzirá, sabendo que o metro cúbico de biogás pode gerar 0,670 kWh de energia elétrica através da Eq. 2 foi possível calcular essa equivalência de energia produzida dentro da propriedade rural.

$$Pee = Pab \times Tf \quad (2)$$

*Onde: Pee = Produção equivalente de energia em kWh/ano; Pdb = Produção diária de biogás ($m^3$ $dia^{-1}$); Tf = Taxa Fixa onde Coldebella (2006) descreve que 1$m^3$ de biogás equivale a 0,670 kWh.*

Na sequência foi elaborado uma planilha de consumo de biogás pelo grupo gerador, aqui se optou por trabalhar com dois motos geradores, sabendo que cada um deles possui um consumo específico de bio-



Digitized by Google

gás, ou seja, uma capacidade de produção de energia em m³ h. Vejamos os modelos adotado do conjunto moto gerador (Tabela 14).

Tabela 14 – Especificações do conjunto moto gerador

| MODELO/MARCA | CONSUMO ESPECÍFICO | DESCRIÇÃO | AUTORES |
|---|---|---|---|
| Linha Cummins – Modelo 4B3.9 – G2. | 22 $m^3 h^{-1}$ | Trifásico com potência de 40 kW. | Cervi (2010) |
| Linha Motomil – Modelo P56 – 1. | 60 $m^3 h^{-1}$ | Trifásico com potência de 47,5 kW. | Flores (2014) |

Fonte: Adaptado de Cervi, 2010 e Flores (2014).

Os benefícios obtidos com a produção de energia elétrica gerada no grupo gerador foram interpretados como a renda que se deixa de transferir para concessionária de energia elétrica.

Para os dois grupo gerador foi considerado uma disponibilidade da planta, e elaborada a planilha de consumo específico de biogás, os dias de funcionamento considerados foram de 26 dias/mês exceto domingos e feriados totalizando 312 dias/ano e 10h de funcionamento por dia. Considerando esses dados o cálculo apresentado foi baseado na Eq. 3.

$$Cab = Ceb \; x \; Dp \; x \; Fgd \quad (3)$$

*Onde: Cab = Consumo anual de biogás ($m^3$ $ano^{-1}$); Ceb = Consumo específico de biogás pelo motor gerador ($m^3$ $h^{-1}$); Dp = Disponibilidade da planta (d $ano^{-1}$); Fgd = Funcionamento do gerador por dia (h).*

Tomando como referência o site da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2016) juntamente com a Energisa TO – Distribuidora de Energia S/A foi retirado do site a tarifa do consumo médio anual de energia elétrica rural do estado do Tocantins. Na sequencia foi possível calcular o consumo anual gasto de energia na propriedade e a tarifa paga para concessionária pelo produtor rural, expresso através da Eq. 4.

$$Tap = Cm \; x \; Tc \; x \; Qm \quad (4)$$

*Onde: Tap = Tarifa anual paga (R$/kWh/ano); Cm = Consumo mensal de biogás (kWh mês); Tc = Tarifa da concessionária (R$); Qm =*



Digitized by Google

*Quantidade de meses (mês).*

Ao final foi contabilizado o lucro obtido através da produção de biogás por cada grupo gerador onde foi possível verificar o benefício gerado com a produção de energia com a utilização de biodigestores, apresentados na Eq. 5.

$$Bgee = Eec \; x \; Tee \qquad (5)$$

*Onde: Bgee = Benefício com a geração de energia elétrica (R$ ano$^{-1}$); Eec = Energia elétrica consumida (kWh); Tee = Tarifa de energia elétrica (R$ kWh$^{-1}$);*

Para os cálculos da viabilidade econômica foram feitas no programa do Excel a Planilha e o Gráfico de Crescimento Anual para que seja possível verificar em que ano ocorrerá o *Payback*, ou seja, o retorno do investimento inicial até o momento no qual o ganho acumulado se iguala ao valor deste investimento. E pode ser representado de acordo com a Eq. 6.

$$Payback = \frac{Valor\ do\ Investimento}{Valor\ dos\ Fluxos\ de\ Caixa} \qquad (6)$$

Foi utilizado o valor presente líquido (VPL) que indica o quanto um processo é viável durante sua vida útil, o VLP que em caso positivo, implica que o investimento inicial foi recuperado. O projeto que apresenta a taxa interna de retorno (TIR) maior que a taxa mínima de atratividade é viável. É necessário zerar o VLP para obter a taxa interna de retorno, como mostra a Eq. 7 e 8:

$$VPL = \sum_{i=0}^{n} \frac{Bi - Ci}{(1+r)^{1}} \qquad (7)$$

*Onde: Bi - benefício do projeto, em unidades monetárias, no [ano i]; Ci - custo do projeto, em unidades monetárias, no [ano i]; r - taxa de desconto, [%a.a]; i - contador de tempo, em [ano], e n - período de vida útil do investimento, em [ano].*

$$TIR = \sum_{i=0}^{n} \frac{Bi - Ci}{(1+r)^{1}} = 0 \qquad (8)$$

Consideram-se as mesmas variáveis utilizadas na fórmula do VPL.



Digitized by Google

Após todos os cálculos e dados apresentados na dissertação utilizados para apresentar a viabilidade econômica do projeto é imprescindível que se faça o cálculo de todo o investimento feito para montagem do grupo gerador o total representa o somatório de todos os gastos denominados primeiramente como custos, depois de retirados todos os custos envolvidos no projeto pode-se contabilizar o lucro total, as fórmulas utilizadas estão expressas através das Eq. 9 e 10.

$$CT = Da + MPgg \quad (9)$$

*Onde: CT = Custo Total (R$); Da = Depreciação anual (R$); MPgg = Manutenção preventiva do grupo gerador (R$).*

$$LT = La - MPgg \quad (10)$$

*Onde: LT = Lucro Total (R$); La = Lucro anual (R$); MPgg = Manutenção preventiva do grupo gerador (R$).*

A avaliação dos benefícios do biofertilizante foi mensurada conforme a economia gerada quando o produtor deixa de comprar uma fonte sintética de nitrogênio "ureia" e utiliza o biofertilizante. Também foi simulada a comercialização do biofertilizante conforme concentração de NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio).

Para produção de biofertilizante baseou-se nos estudos de Oliveira (1993) onde ele descreve em seus estudos que suínos em fase de crescimento e terminação, com peso entre 25 a 100 Kg são produzidos em média cerca de 7 litros/dia de dejetos líquidos. Desta maneira, pode-se estimar a produção de dejetos m³/dia pelo total de suínos da propriedade conforme a Eq. 11.

$$PB = PDB \; x \; DP \quad (11)$$

*Onde: PB = Produção de biofertilizante ($m^3 . ano^1$); PDB = Produção diária de biofertilizante ($m^3 . dia^1$); DP = Disponibilidade da planta ($dias . ano^1$).*



Digitized by Google

# 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

## 4.1 Elaboração e construção dos valores de equivalências entre a quantidade de animais e a produção de biogás e energia elétrica.

A produção de biogás depende diretamente das condições de manutenção e operação do biodigestor e do resíduo que vai ser utilizado. Servindo como parâmetro de cálculo independente da espécie (bovino, suíno ou avícola), utilizou-se 300 animais/cabeça, para que fosse possível, também fazer um comparativo da produção de biogás por tipo de espécie escolhida.

Santos (2000) em seus estudos propõem que para o cálculo de produção de biogás as unidades de referência para cada tipo de espécie pecuária dará uma produção diária em metros cúbicos por dia de biogás. Sendo assim, a produção de biogás depende da fonte de matéria orgânica e da quantidade de animais, portanto são estes os fatores primordiais para o cálculo desta produção de biogás por espécie de animal, seja diária ou anual (ver Tabela 15), até a determinação do consumo e receita obtida da produção de biogás pelo grupo gerador.

Tabela 15 – Produção de biogás a partir de resíduos pecuários

| Quantidade por animais (300cabeças) | Unidade de referência | Prod. Diária ($m^3$/animal/dia) | Prod. biogás/dia ($m^3$) | Prod. biogás/ano ($m^3$ $ano^{-1}$) | kWh/dia | kWh/ano |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Suíno | Porca reprod. em ciclo fechado | 0,866 | 259,800 | 94827,000 | 174,066 | 63534,090 |
| Suíno | Porca reprod. em criação leitões | 0,933 | 279,900 | 102163,500 | 187,533 | 68449,545 |
| Suíno | Porca em exploração de engorda | 0,799 | 239,700 | 87490,500 | 160,599 | 58618,635 |
| Bovino | Vaca leiteira até 600 kg | 0,980 | 294,000 | 107310,000 | 196,980 | 71897,700 |
| Bovino | Bezerro até 150 kg | 0,294 | 88,200 | 32193,000 | 59,094 | 21569,310 |
| Bovino | Bovino em engorda de 120 a 520 kg | 0,292 | 87,600 | 31974,000 | 58,692 | 21422,580 |
| Avícola | Poedeira 2 kg | 0,014 | 4,050 | 1478,250 | 2,714 | 990,428 |
| Avícola | Frango engorda até 1,5 kg | 0,002 | 0,450 | 164,250 | 0,302 | 110,048 |

Fonte: Adaptado de Santos (2000).



Digitized by Google

Na Tabela 15 é mostrado à produção de biogás a partir de resíduos pecuários, utilizando para os cálculos a mesma quantidade de cabeça por espécie estudada. È possível observar que os suínos em sua maioria apresentam maior produção diária de biogás se destacando porca reprodutiva em criação de leitões, na sequência a espécie bovino destaca-se a vaca leiteira até 600 Kg e em relação aos avícolas observa-se que seria necessário uma quantidade maior para tornar viável a produção de biogás para geração de energia.

Para aplicação das fórmulas apresentadas na metodologia optou-se por fazer a média, a partir dos dados da Tabela 15, da produção diária de biogás por espécie estudada como pode ser observado na Tabela 16.

Tabela 16 – Média da produção diária de biogás por espécie estudada

| Espécie x Qdade/animais 300 cabeças | Prod. Diária Média ($m^3$/animal/dia) |
|---|---|
| Suíno | 0,866 |
| Bovino | 0,522 |
| Avícola | 0,008 |

Fonte: Adaptado de Cervi, 2010 e Flores (2014).

Utilizando-se os dados da Tabela 16, calculou-se por meio da Eq. 1 a quantidade de produção de biogás e a sua equivalência em potencial energético e a Eq. 2 para calcular essa equivalência de energia produzida dentro da propriedade rural (ambas descritas na metodologia). No caso da Eq. 2, utilizou-se o metro cúbico de biogás que segundo Coldebella (2006) equivale a 0,670 kWh de energia elétrica. Contabilizou-se a produção de biogás a partir de resíduos pecuários podendo ser retirado o custo pelo proprietário e a outra parte seria vendida para concessionária ou aproveitada em outros setores produtivos na propriedade rural (Tabela 17).



Digitized by Google

Tabela 17 – Aplicação das fórmulas referentes à Eq. 1 (Produção anual de biogás) e Eq. 2 (Produção equivalente de energia) conforme metodologia

| APLICAÇÃO DE FÓRMULAS | | |
|---|---|---|
| | ***Pab = Pdb x Dp* (1)** **(m³ ano⁻¹)** | ***Pee = Pab x Tf* (2)** **(kWh/ano)** |
| **Suíno** | Pab = 259,80 x 365 = 94.827,00 | Pee = 94.827,00 x 0,670 = 63.534,09 |
| **Bovino** | Pab = 156,60 x 365 = 57.159,00 | Pee = 57.159,00 x 0,670 = 38.296,53 |
| **Avícola** | Pab = 2,4 x 365 = 876,00 | Pee = 876,00 x 0,670 = 586,92 |

Fonte: Elaboração própria.

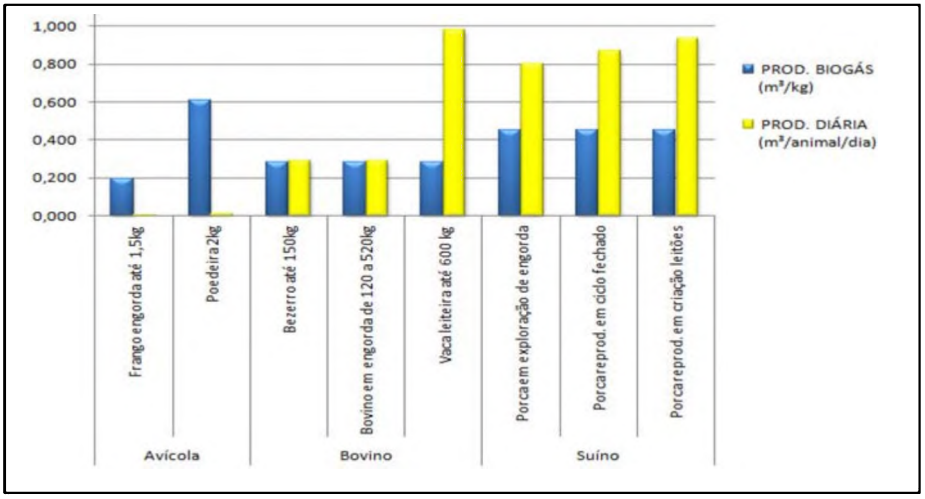
*Pab = Produção anual de biogás ($m^3$ $ano^{-1}$); Pdb = Produção diária de biogás ($m^3$ $dia^{-1}$); Dp = Disponibilidade da planta (dias $ano^{-1}$).*

*Pee = Produção equivalente de energia em kWh/ano; Pdb = Produção diária de biogás ($m^3$ $dia^{-1}$); Tf = Taxa Fixa onde Coldebella (2006) descreve que 1m³ de biogás equivale a 0,670 kWh.*

Para melhor apresentação do resultado foi construído dois gráficos para cada unidade de referência estudada.

A Figura 9 mostra a produção de biogás para cada espécie estudada, sendo um gráfico estático construído no Excel através dos dados da Tabela 15 podendo ser mais bem demonstrado aquela espécie que apresenta uma produção diária de biogás maior em metros cúbicos por animal.

Figura 9 – Produção de biogás a partir de resíduos pecuários utilizando apenas a unidade de referência estática




Fonte: Elaboração própria.

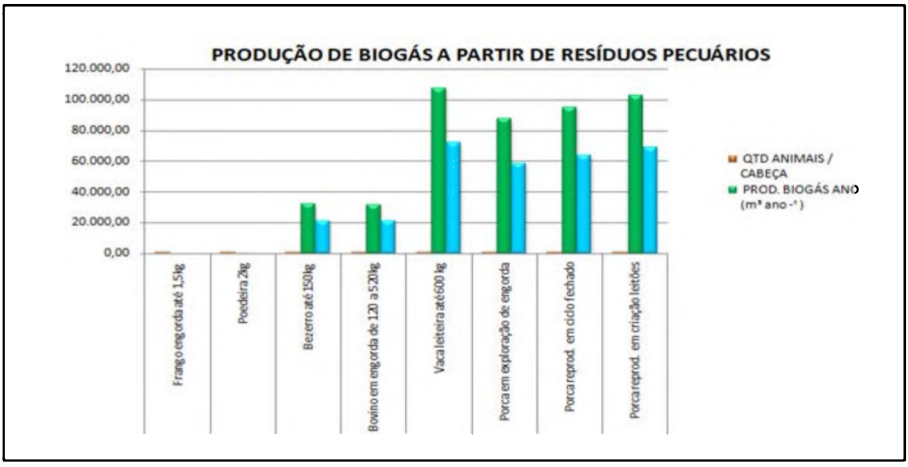
A Figura 10 mostra um gráfico dinâmico, ou seja, após lançado na planilha do Excel os valores diários de produção de biogás por cada espécie estudada é possível verificar a equivalência energética em kWh,



Digitized by Google

deixando ainda mais visível que neste estudo a produção suína tem um destaque bastante significativo para produção de energia elétrica.

Figura 10 – Produção de biogás a partir de resíduos pecuários utilizando a equivalência de energia em kWh




Fonte: Elaboração própria.

## 4.2 Moto Geradores para a Produção de Energia Elétrica

Para se produzir energia elétrica por meio de biodigestores necessita-se de um motor gerador acoplado a um gerador de energia elétrica. Nesta dissertação optou-se por amostrar e calcular dois conjuntos moto gerador que se diferenciam de acordo com o consumo especifico de biogás, sendo que um deles possui 22 $m^3h^{-1}$ e o outro com 60 $m^3h^{-1}$ de capacidade total. Eles funcionam 10,0 horas por dia, durante 312 dias o que totaliza 3120 horas de operação por ano. A produção de biogás pode oscilar de 68.640,00 a 187.200,00 $m^3$ $ano^{-1}$. Como um metro cúbico de biogás equivale a 0,670 kWh podemos fazer a transformação da equivalência desta produtividade multiplicando os fatores e obtendo uma produção até 125.424,00 kWh de energia nesta propriedade rural segundo dados apresentados na Tabela 18.



Digitized by Google

Tabela 18 – Consumo anual de biogás pelo moto gerador - aplicação da Eq. 3 conforme metodologia

| APLICAÇÃO DE FÓRMULAS | |
|---|---|
| **Consumo específico biogás ($m^3$ $h^{-1}$)** | $Cab = Ceb \times Dp \times Fgd$ **(3)** |
| **22** | Cab = 22 x 312 x 10 = 68.640,00 x 0,670 = 45.988,80 kWh |
| **60** | Cab = 60 x 312 x 10 = 187.200,00 x 0,670 = 125.424,00 kWh |

Fonte: Elaboração própria.
*Cab = Consumo anual de biogás ($m^3$ $ano^{-1}$); Ceb = Consumo específico de biogás pelo motor gerador ($m^3$ $h^{-1}$). Dp = Disponibilidade da planta (d $ano^{-1}$); Fgd = Funcionamento do gerador por dia (h).*

Os dados apresentados na Tabela 19 mostra que a aquisição do grupo gerador é a parte mais cara do investimento ficam em torno de 52% do valor gasto, seguido por 29% da construção do biodigestor, 8% com instalações elétricas, 7% mão de obra para implantação, e 4% com a construção do abrigo para o grupo gerador.

Tabela 19 – Investimento inicial para montagem do sistema grupo gerador

| GRUPO GERADOR 22 | Valor R$ | GRUPO GERADOR 60 | Valor R$ |
|---|---|---|---|
| Aquisição do grupo gerador | 28.594,00 | Aquisição do grupo gerador | 32.000,00 |
| Construção do biodigestor | 15.276,77 | Construção do biodigestor | 17.568,28 |
| Construção do abrigo do grupo gerador | 1.780,00 | Construção do abrigo do grupo gerador | 2.560,00 |
| Instalações elétricas | 4.110,45 | Instalações elétricas | 4.932,54 |
| Mão de obra para implantação | 2.770,00 | Mão de obra para implantação | 3.645,60 |
| **Total** | **52.531,22** | **Total** | **60.706,42** |

Fonte: Adaptado de Cervi (2010) e Flores (2014).

A avaliação dos custos do sistema foi realizada de forma anual e considerou a depreciação, operação e manutenção preventiva do grupo gerador (Tabela, 20). A depreciação representa a desvalorização dos bens da propriedade, que perdem valor com o passar do tempo, os quais são denominados de bens depreciáveis sendo estes: equipamentos, máquinas e construções. Retirada no site da Receita Federal em seu Art. 305 (RIR/99) mostra que a vida útil desses equipamentos corresponde a 10% a cada ano vigente. A manutenção preventiva foi baseada na literatura de Cervi (2010) e Flores (2014).



Digitized by Google

Tabela 20 - Custo de operação e manutenção anual por tipo de sistema do grupo gerador

| Grupo Gerador 22 | | Grupo Gerador 60 | |
|---|---|---|---|
| Valor R$ | | Valor R$ | |
| Depreciação anual | 5.253,12 | Depreciação anual | 6.070,64 |
| Manutenção preventiva do grupo Gerador | 2.556,10 | Manutenção preventiva do grupo Gerador | 5.112,20 |
| **Total** | **7.809,22** | **Total** | **11.182,84** |

Fonte: Elaboração própria

Levando em consideração os valores referentes ao custo de manutenção e operação do sistema que não foram computados, devido ao fato de que se trata de um sistema simples que precisa apenas da ignição e desligamento do motor, e que pode ser realizado por um funcionário que já trabalha na propriedade, este custo no máximo seria de um salário por mês, além de férias e décimo terceiro, caso seja contratado só para isso.

Porém, partindo do princípio que o biodigestor, considerado neste estudo, tem capacidade de produção de biogás variando de acordo com o consumo específico de cada moto gerador, podem-se fazer algumas considerações importantes, vejamos:

» Na escolha do confinamento de suínos – nota-se que a produção do grupo gerador 22 é menor que a capacidade de produção em confinamento de 300 cabeças, neste caso o produtor deixaria de ganhar em termos percentuais 28%. Mas, também, se deve levar em consideração que adquirindo o grupo gerador 60 utilizaria apenas 51% da sua capacidade de produção e 49% ficaria ocioso o que não é vantajoso, sendo preciso que o produtor tenha em mente a possibilidade de aumentar sua produção para cobrir a demanda deste grupo gerador.

» Na escolha do confinamento de bovinos – o grupo gerador 22 é ideal caso o produtor permaneça com a quantidade de 300 cabeças em confinamento utilizando capacidade 83% do grupo gerador, os 17% de sobra este produtor poderia aumentar a sua produção em até 60 cabeças, neste caso produziria energia em 100% da capacidade do grupo gerador. Em caso de escolha do grupo gerador 60 teria que aumentar bastante sua produção o que poderia deixar de ser viável a implantação deste projeto.



Digitized by Google

» No confinamento de avícolas – Vale ressaltar que os avícolas por serem animais de pequeno porte ao aumentar a quantidade de espécie com certeza apresentaria resultados bem maiores e satisfatórios para produção de energia dentro desta propriedade rural. Não cabendo neste momento levantar hipóteses de utilização dos grupos geradores escolhidos, pois a produção é muito pequena.

## 4.3 Cálculos para aquisição e construção do sistema moto geradores para produção de energia elétrica considerando 300 cabeças de bovinos, suínos e avícolas.

Segundo os dados da Tabela 18 mencionados no item 4.2 desta dissertação, considerando a produção máxima de cada conjunto moto gerador sabendo que cada um deles possui um consumo específico, e compararmos ao consumo médio de um produtor rural ao acaso que consome 23.400,00 kWh ano em sua propriedade, este produtor usaria apenas 51% do primeiro conjunto e no segundo 18%, sendo possível aumentar a utilização de energia dentro da propriedade ou o excedente ser vendida para concessionária.

Na sequência para contabilizar os gastos desse produtor rural em reais para posteriormente também avaliar as possíveis receitas advindas da implantação deste sistema dentro da sua propriedade, considerou-se uma tarifa de energia elétrica retirada do site da Aneel (2016), paga pelo produtor na concessionária de energia do Estado do Tocantins conforme já citado na metodologia (Tabela 21).

Tabela 21 – Tarifa anual paga pelo produtor rural para concessionária de energia – aplicação da Eq. 4 conforme metodologia

| APLICAÇÃO DE FÓRMULAS | |
|---|---|
| **Tarifa anual paga pelo produtor** | $Tap = Cm\ x\ Tc\ x\ Qm$ (4) |
| **(R$)** | Tap = 1950,00 x 0,419 x 12 = 9.804,60 |

Fonte: Elaboração própria.

Assim podemos observar que se tem um benefício com a geração de energia elétrica no valor de R$ 9.804,60 ano$^{-1}$.



Digitized by Google

Quando falamos do benefício expresso na Tabela 22 podemos nos referir a mesma tarifa paga pelo produtor rural para concessionária de energia, pelo fato de que este valor representa a tarifa anual paga pelo produtor à concessionária de energia, logo, ele deixa de pagar já que ele consegue produzir está quantidade dentro da sua propriedade, e ainda possui o excedente podendo ser reaproveitado de várias formas como fonte de energia térmica e elétrica, ou negociado e vendido para concessionária de energia.

Tabela 22 – Benefício gerado com a geração de energia elétrica na propriedade rural – aplicação da Eq. 5 conforme metodologia

| APLICAÇÃO DE FÓRMULAS | |
|---|---|
| **Benefício gerado com a produção de energia elétrica** | $Bgee = Eec \, x \, Tee$ **(5)** |
| **(R$ ano$^{-1}$)** | Bgee = 870,05 x 0,419 = 9.804,60 |

Fonte: Elaboração própria.

No item a seguir na análise econômica do projeto foi de grande importância os cálculos do Payback, VPL e TIR, para todos esses cálculos utilizou-se ferramentas da matemática financeira e aplicação do programa Excel. As Tabelas a seguir representam o valor presente líquido, utilizando a taxa do Plano ABC Tratamento de Dejetos em sua Resolução 4.105 Art. 6° com taxa efetiva de juros de 8,5% a.a.

Outra questão que deve ser ressaltada é com relação à Taxa Mínima de Atratividade (TMA%) que se optou por adotar a de 10% a.a., tornando-se possível estabelecer comparações entre o retorno do investimento no biogás, na sobras e também no biofertilizante.

Considerando para os cálculos a seguir o Investimento inicial para montagem do sistema grupo gerador (Tabela 19) e o Custo de operação e manutenção anual por tipo de sistema do grupo gerador (Tabela 20). Que se tem como valor para o sistema grupo gerador 22 o valor total de R$ 60.340,44 (52.531,22 + 7.809,22) e para o grupo gerador de 60 o valor total R$ 71.889,26 (60.706,42 + 11.182,84).

Em relação aos biofertilizantes inicialmente buscou-se quantificar o volume de dejetos líquidos a serem lançados no biodigestor, conforme a Tabela 23.



Digitized by Google

Tabela 23 – Produção total de dejetos líquidos

| FASES DE PRODUÇÃO | NUMERO DE ANIMAIS | DEJETOS (Litros/dia) | PRODUÇÃO TOTAL (Litros) |
|---|---|---|---|
| Suínos | 300 | 7 | 2100 |
| Bovinos | 300 | 12 | 3600 |
| Avícolas | 300 | 2 | 600 |

Fonte: Adaptado de Refosco, 2011.

Os volumes destes dejetos líquidos para cada tipo de espécie estudada foi contabilizado por um período de retenção de 30 dias. Para os suínos tem-se 2.100 litros de dejetos, ou seja, 2,1 m³; os bovinos 3,6 m³ e por fim os avícolas 0,6 m³. A partir deste levantamento foi possível quantificar a produção de biofertilizante para que posteriormente tenha-se a real informação da economia que se pode obter a partir dele, vejamos na Tabela 39. Pode-se notar que o biofertilizante produzido possui grande quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio, levantando os valores médios dos nutrientes em casas agropecuárias da região o nitrogênio foi cotado à R$ 1,40/kg, o fósforo à R$ 1,75/kg e o potássio a R$ 1,20/kg. Desta forma, pode-se quantificar em valores os nutrientes produzidos.

### 4.3.1 Cálculos utilizando 300 cabeças de suínos para produzir energia elétrica e biofertilizante por meio do biodigestor

Tabela 24 – Aplicação da Eq. 6 - Cálculo do ***Payback*** do Grupo Gerador 22 – Suínos

| Momento | Entrada/Saída de Caixa | Saldo |
|---|---|---|
| 0 | 70.145,04 | (70.145,04) |
| 1 | 14.435,04 | (55.710,00) |
| 2 | 14.435,04 | (41.274,96) |
| 3 | 14.435,04 | (26.839,92) |
| 4 | 14.435,04 | (12.404,88) |
| 5 | 14.435,04 | 2.030,16 |
| 6 | 14.435,04 | 16.465,20 |
| 7 | 14.435,04 | 30.900,24 |
| 8 | 14.435,04 | 45.335,28 |
| 9 | 14.435,04 | 59.770,32 |
| 10 | 14.435,04 | 74.205,36 |

Fonte: Adaptado de Morais (2012).

Analisando o payback em relação ao grupo gerador 22 nota-se que o retorno financeiro inicia a partir do 5° ano de investimento do projeto



Digitized by Google

tornando viável e aceitável e implantação do mesmo, já que o período adotado foi de 10 anos a contar da aquisição dos equipamentos e implantação do sistema.

Tabela 25 – Aplicação da Eq. 6 – Cálculo do Payback do Grupo Gerador 60 – Suínos

| Momento | Entrada/Saída de Caixa | Saldo |
|---|---|---|
| 0 | 81.693,86 | (81.693,86) |
| 1 | 11.061,42 | (70.632,44) |
| 2 | 11.061,42 | (59.571,02) |
| 3 | 11.061,42 | (48.509,60) |
| 4 | 11.061,42 | (37.448,18) |
| 5 | 11.061,42 | (26.386,76) |
| 6 | 11.061,42 | (15.325,34) |
| 7 | 11.061,42 | (4.263,92) |
| 8 | 11.061,42 | 6.797,50 |
| 9 | 11.061,42 | 17.858,92 |
| 10 | 11.061,42 | 28.920,34 |

Fonte: Adaptado de Morais (2012).

Analisando o payback em relação ao grupo gerador 60 nota-se que o retorno inicia a partir do 8° ano de investimento do projeto, aqui se deve ao fato que o investimento e as despesas anuais são maiores necessitando que o produtor faça análises mais aprofundadas em relação à possibilidade de aumentar a sua produção para que o investimento tenha retorno financeiro mais rápido, mas mesmo com a quantidade sugerida de 300 cabeças/animal/dia ainda assim é viável economicamente.

Tabela 26 – Aplicação da Eq. 7 - VPL com a taxa de desconto de 8,5% segundo o Plano ABC (2017) – Grupo Gerador 22 – Suínos

| Ano | Despesas | Receitas | Total | ABC - Taxa | VPL (8,5%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 70.145,04 | 0 | 70.145,04 | - | (70.145,04) |
| 1 | 17.613,82 | 32.048,86 | 14.435,04 | 1,085 | (56.840,85) |
| 2 | 17.613,82 | 32.048,86 | 14.435,04 | 1,17 | (44.503,21) |
| 3 | 17.613,82 | 32.048,86 | 14.435,04 | 1,28 | (33.225,83) |
| 4 | 17.613,82 | 32.048,86 | 14.435,04 | 1,38 | (22.765,65) |
| 5 | 17.613,82 | 32.048,86 | 14.435,04 | 1,50 | (13.142,29) |
| 6 | 17.613,82 | 32.048,86 | 14.435,04 | 1,63 | (4.286,44) |
| 7 | 17.613,82 | 32.048,86 | 14.435,04 | 1,77 | 3.868,95 |
| 8 | 17.613,82 | 32.048,86 | 14.435,04 | 1,92 | 11.387,12 |
| 9 | 17.613,82 | 32.048,86 | 14.435,04 | 2,08 | 18.327,12 |
| 10 | 17.613,82 | 32.048,86 | 14.435,04 | 2,26 | 24.714,30 |

Fonte: Adaptado de Morais (2012).

Em se tratando da análise financeira do VPL (Valor Presente Lí-



Digitized by Google

quido) utilizando o gerador 22 para produzir energia com dejetos suínos tem-se um VPL maior que zero dentro do prazo previsto de 10 anos aceito para análise financeira deste estudo, logo, o projeto é economicamente viável, no decorrer do tempo o valor presente das entradas de caixa é maior que o valor presente das saídas.

Tabela 27 – Aplicação da Eq. 7 - VPL com a taxa de desconto de 8,5% segundo o Plano ABC (2017) – Grupo Gerador 60 – Suínos

| Ano | Despesas | Receitas | Total | ABC - Taxa | VPL (8,5%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 81.693,86 | 0 | 81.693,86 | - | (81.693,86) |
| 1 | 20.987,44 | 32.048,86 | 11.061,42 | 1,085 | (71.499,00) |
| 2 | 20.987,44 | 32.048,86 | 11.061,42 | 1,17 | (62.044,79) |
| 3 | 20.987,44 | 32.048,86 | 11.061,42 | 1,28 | (53.403,05) |
| 4 | 20.987,44 | 32.048,86 | 11.061,42 | 1,38 | (45.387,52) |
| 5 | 20.987,44 | 32.048,86 | 11.061,42 | 1,50 | (38.013,24) |
| 6 | 20.987,44 | 32.048,86 | 11.061,42 | 1,63 | (31.227,09) |
| 7 | 20.987,44 | 32.048,86 | 11.061,42 | 1,77 | (24.977,70) |
| 8 | 20.987,44 | 32.048,86 | 11.061,42 | 1,92 | (19.216,54) |
| 9 | 20.987,44 | 32.048,86 | 11.061,42 | 2,08 | (13.898,55) |
| 10 | 20.987,44 | 32.048,86 | 11.061,42 | 2,26 | (9.004,10) |

Fonte: Adaptado de Morais (2012).

Já para a implantação do grupo gerador 60 onde as despesas fixas e variáveis são maiores demandando um investimento também maior, o VPL foi negativo tornando o projeto inviável economicamente, mas vale ressaltar que é possível alterar está planilha obtendo valores aceitáveis caso o produtor tenha interesse em aumentar sua produtividade logo terá uma maior receita podendo tornar o projeto viável.

Tabela 28 – Aplicação da Eq. 8 – Cálculo da TIR – Suínos

| Ano | Investimento Gerador 22 | Investimento Gerador 60 |
|---|---|---|
| 1 | (70.145,04) | (81.693,86) |
| 2 | 14.435,04 | 11.061,42 |
| 3 | 14.435,04 | 11.061,42 |
| 4 | 14.435,04 | 11.061,42 |
| 5 | 14.435,04 | 11.061,42 |
| 6 | 14.435,04 | 11.061,42 |
| 7 | 14.435,04 | 11.061,42 |
| 8 | 14.435,04 | 11.061,42 |
| 9 | 14.435,04 | 11.061,42 |
| 10 | 14.435,04 | 11.061,42 |
| **I** | **10%** | **10%** |
| **TIR** | **16%** | **6%** |

Fonte: Adaptado de Morais (2012).



Digitized by Google

Como a TIR representa o percentual de retorno de um projeto aqui vale ressaltar que se optou por escolher uma taxa mínima de atratividade de 10% a.a. acima da taxa de juros que será pago ao banco em caso de escolha de financiar o projeto pelo Plano ABC que possui uma taxa anual de 8,5% a.a. Obtemos para o grupo gerador 22 uma TIR de 16%, ou seja, 6% maior que o que a taxa sugerida de retorno do mesmo, neste caso o projeto é economicamente viável. Já para o segundo gerador foi abaixo 4% do esperado, ou seja, esperávamos uma taxa mínima de atratividade em 10% mas os investimentos para o mesmo alcançou apenas 6%, neste caso o investimento é economicamente inviável.

Tabela 29 – Quantidade de nutrientes produzida mensalmente de suínos

| Espécie | Nutriente | Qdade dejetos ($m^3$/mês) | Qdade de nutriente | Total Produzido | Preço Unitário (R$) | Valor resultante (R$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Suíno | Nitrogênio (N) | 63 | 2,1 | 132,3 | 1,40 | 185,22 |
| | Fósforo (P) | 63 | 1,6 | 100,8 | 1,75 | 176,40 |
| | Potássio (K) | 63 | 1,2 | 75,6 | 1,20 | 90,72 |
| TOTAL (R$) | | | | | | 452,34 |

Fonte: Adaptado de Refosco, 2011.

Dessa forma percebe-se que a geração de renda mensal de biofertilizante dos suínos foi de R$ 452,34 resultando anualmente R$ 5.428,08. Nota-se que o produtor rural terá uma renda extra dentro da sua propriedade ou mesmo deixará de comprar externamente esse tipo de nutriente podendo utilizar de várias formas para melhoria da sua pastagem, ou mesmo utilizado como adubo orgânico.

### 4.3.2 Cálculos utilizando 300 cabeças de bovinos para produzir energia elétrica e biofertilizante por meio do biodigestor



Digitized by Google

Tabela 30 – Aplicação da Eq. 6 - Cálculo do ***Payback*** do Grupo Gerador 22

| Momento | Entrada/Saída de Caixa | Saldo |
|---|---|---|
| 0 | 70.145,04 | (70.145,04) |
| 1 | 7.783,06 | (62.361,98) |
| 2 | 7.783,06 | (54.578,92) |
| 3 | 7.783,06 | (46.795,86) |
| 4 | 7.783,06 | (39.012,80) |
| 5 | 7.783,06 | (31.229,74) |
| 6 | 7.783,06 | (23.446,68) |
| 7 | 7.783,06 | (15.663,62) |
| 8 | 7.783,06 | (7.880,56) |
| 9 | 7.783,06 | (97,50) |
| 10 | 7.783,06 | 7.685,56 |

Fonte: Adaptado de Morais (2012).

Aqui nota-se a diferença nos valores de entrada e saída do fluxo de caixa em se tratando dos bovinos, pois o investimento permanece o mesmo, mas o fluxo de entrada é menor quando comparado aos suínos, mas mesmo assim o produtor rural consegue pagar o investimento dentro do prazo previsto sendo possível a sua utilização econômica e consequentemente a produção de seus rendimentos, tornando viável a sua implantação.

Tabela 31 – Aplicação da Eq. 6 – Cálculo do Payback do Grupo Gerador 60 – Bovinos

| Momento | Entrada/Saída de Caixa | Saldo |
|---|---|---|
| 0 | 81.693,86 | (81.693,86) |
| 1 | 4.409,44 | (77.284,42) |
| 2 | 4.409,44 | (72.874,98) |
| 3 | 4.409,44 | (68.465,54) |
| 4 | 4.409,44 | (64.056,10) |
| 5 | 4.409,44 | (59.646,66) |
| 6 | 4.409,44 | (55.237,22) |
| 7 | 4.409,44 | (50.827,78) |
| 8 | 4.409,44 | (46.418,34) |
| 9 | 4.409,44 | (42.008,90) |
| 10 | 4.409,44 | (37.599,46) |

Fonte: Adaptado de Morais (2012).

O mesmo não se pode afirmar em relação ao investimento deste mesmo biodigestor utilizando o grupo gerador 60, pois os custos fixos e variáveis são maiores e quantidade de entrada no fluxo de caixa é menor, logo poderia sim tornar viável economicamente se caso o produtor rural tiver interesse em aumentar a sua produção animal e fazer o aproveitamento das sobras para outros fins dentro da sua propriedade ou até



Digitized by Google

mesmo vender para concessionária de energia elétrica.

Tabela 32 – Aplicação da Eq. 7 - VPL com a taxa de desconto de 8,5% segundo o Plano ABC (2017) – Grupo Gerador 22 – Bovinos

| Ano | Despesas | Receitas | Total | ABC - Taxa | VPL (8,5%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 70.145,04 | 0 | 70.145,04 | - | (70.145,04) |
| 1 | 17.613,82 | 25.396,88 | 7.783,06 | 1,085 | (62.971,71) |
| 2 | 17.613,82 | 25.396,88 | 7.783,06 | 1,17 | (56.319,52) |
| 3 | 17.613,82 | 25.396,88 | 7.783,06 | 1,28 | (50.239,00) |
| 4 | 17.613,82 | 25.396,88 | 7.783,06 | 1,38 | (44.599,10) |
| 5 | 17.613,82 | 25.396,88 | 7.783,06 | 1,50 | (39.410,39) |
| 6 | 17.613,82 | 25.396,88 | 7.783,06 | 1,63 | (34.635,50) |
| 7 | 17.613,82 | 25.396,88 | 7.783,06 | 1,77 | (30.238,29) |
| 8 | 17.613,82 | 25.396,88 | 7.783,06 | 1,92 | (26.184,61) |
| 9 | 17.613,82 | 25.396,88 | 7.783,06 | 2,08 | (22.442,75) |
| 10 | 17.613,82 | 25.396,88 | 7.783,06 | 2,26 | (18.998,92) |

Fonte: Adaptado de Morais (2012).

O VPL considerando a taxa de juro fixo de 8,5%a.a. foi menor que zero tornando inviável economicamente a sua implantação. Neste caso é preciso uma análise mais aprofundada das entradas e saídas de fluxo de caixa e reavaliar a possibilidade de aumentar a produção de biogás e utilização da capacidade demandada do grupo gerador.

Tabela 33 – Aplicação da Eq. 7 - VPL com a taxa de desconto de 8,5% segundo o Plano ABC (2017) – Grupo Gerador 60 – Bovinos

| Ano | Despesas | Receitas | Total | ABC - Taxa | VPL (8,5%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 81.693,86 | 0 | 81.693,86 | - | (81.693,86) |
| 1 | 20.987,44 | 25.396,88 | 4.409,44 | 1,085 | (77.629,86) |
| 2 | 20.987,44 | 25.396,88 | 4.409,44 | 1,17 | (73.861,10) |
| 3 | 20.987,44 | 25.396,88 | 4.409,44 | 1,28 | (70.416,22) |
| 4 | 20.987,44 | 25.396,88 | 4.409,44 | 1,38 | (67.220,97) |
| 5 | 20.987,44 | 25.396,88 | 4.409,44 | 1,50 | (64.281,34) |
| 6 | 20.987,44 | 25.396,88 | 4.409,44 | 1,63 | (61.576,16) |
| 7 | 20.987,44 | 25.396,88 | 4.409,44 | 1,77 | (59.084,95) |
| 8 | 20.987,44 | 25.396,88 | 4.409,44 | 1,92 | (56.788,36) |
| 9 | 20.987,44 | 25.396,88 | 4.409,44 | 2,08 | (54.668,43) |
| 10 | 20.987,44 | 25.396,88 | 4.409,44 | 2,26 | (52.717,35) |

Fonte: Adaptado de Morais (2012).

Com o primeiro sistema grupo gerador já foi mostrado à inviabilidade do projeto, logo, aqui permanece com as mesmas considerações mesmo porque as despesas são maiores e as receitas são menores devido ao fato de que os bovinos possui uma capacidade de produção de biogás também inferior aos suínos.



Digitized by Google

Tabela 34 – Aplicação da Eq. 8 – Cálculo da TIR – Bovinos

| Ano | Investimento Gerador 22 | Investimento Gerador 60 |
|---|---|---|
| 1 | (70.145,04) | (81.693,86) |
| 2 | 7.783,06 | 4.409,44 |
| 3 | 7.783,06 | 4.409,44 |
| 4 | 7.783,06 | 4.409,44 |
| 5 | 7.783,06 | 4.409,44 |
| 6 | 7.783,06 | 4.409,44 |
| 7 | 7.783,06 | 4.409,44 |
| 8 | 7.783,06 | 4.409,44 |
| 9 | 7.783,06 | 4.409,44 |
| 10 | 7.783,06 | 4.409,44 |
| **i** | **10%** | **10%** |
| **TIR** | **2%** | **-10%** |

Fonte: Adaptado de Morais (2012).

Observa-se que o investimento para os dois grupos geradores possuem uma TIR negativa, considerando que a TMA já mencionada anteriormente e de 10% a.a. Assim o projeto é economicamente inviável. Mas vale ressaltar as inúmeras possibilidades de melhorias para que o mesmo passe a se tornar viável desde o aumento da produção, o uso do excedente e a venda do biofertilizante, são observações que devem ser analisadas de forma a tornar mais rentável a sua implantação.

Tabela 35 – Quantidade de nutrientes produzida mensalmente de bovinos

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bovino** | Nitrogênio (N) | 108 | 2,5 | 270 | 1,40 | 378,00 |
| | Fósforo (P) | 108 | 1,3 | 140,4 | 1,75 | 245,70 |
| | Potássio (K) | 108 | 1,2 | 129,6 | 1,20 | 155,52 |
| **TOTAL (R$)** | | | | | | **779,22** |

Fonte: Adaptado de Refosco, 2011.

A geração de renda mensal dos bovinos foi de R$ 779,22 resultando anualmente R$ 9.350,64, aqui observamos que comparado às outras espécies o rendimento é o maior e extremamente interessante e rentável economicamente tanto para o produtor rural que queira reutilizar esse biofertilizante dentro da sua propriedade, ou até mesmo não havendo necessidade podendo converter os mesmos em receitas para a propriedade.



Digitized by Google

### 4.3.3 Cálculos utilizando 300 cabeças de avícolas para produzir energia elétrica e biofertilizante por meio do biodigestor

Tabela 36 – Aplicação da Eq. 6 - Cálculo do ***Payback*** do Grupo Gerador 22 – Avícolas

| Momento | Entrada/Saída de Caixa | Saldo |
|---|---|---|
| 0 | 70.145,04 | (70.145,04) |
| 1 | (15.791,36) | (85.936,40) |
| 2 | (15.791,36) | (101.727,76) |
| 3 | (15.791,36) | (117.519,12) |
| 4 | (15.791,36) | (133.310,48) |
| 5 | (15.791,36) | (149.101,84) |
| 6 | (15.791,36) | (164.893,20) |
| 7 | (15.791,36) | (180.684,56) |
| 8 | (15.791,36) | (196.475,92) |
| 9 | (15.791,36) | (212.267,28) |
| 10 | (15.791,36) | (228.058,64) |

Fonte: Adaptado de Morais (2012).

Aqui o período de recuperação do capital é negativo não pelo fato simples de não ser viável, mas por ser necessário fazer ressalvas em relação a quantidade de espécies escolhida para produção de biogás quando comparadas as outras espécies estudadas.

Tabela 37 – Aplicação da Eq. 6 – Cálculo do Payback do Grupo Gerador 60 – Avícolas

| Momento | Entrada/Saída de Caixa | Saldo |
|---|---|---|
| 0 | 81.693,86 | (81.693,86) |
| 1 | (19.164,98) | (100.858,84) |
| 2 | (19.164,98) | (120.023,82) |
| 3 | (19.164,98) | (139.188,80) |
| 4 | (19.164,98) | (158.353,78) |
| 5 | (19.164,98) | (177.518,76) |
| 6 | (19.164,98) | (196.683,74) |
| 7 | (19.164,98) | (215.848,72) |
| 8 | (19.164,98) | (235.013,70) |
| 9 | (19.164,98) | (254.178,68) |
| 10 | (19.164,98) | (273.343,66) |

Fonte: Adaptado de Morais (2012).

Com o primeiro sistema grupo gerador já foi mostrado à inviabilidade do projeto, logo, aqui permanece com as mesmas considerações mesmo porque as despesas são maiores e as receitas são menores, mas, se deve ao fato de que a quantidade de avícolas utilizados nos estudos é muito pequena se comparadas às outras espécies.



Digitized by Google

Tabela 38 – Aplicação da Eq. 7 - VPL com a taxa de desconto de 8,5% segundo o Plano ABC (2017) – Grupo Gerador 22 – Avícolas

| Ano | Despesas | Receitas | Total | ABC - Taxa | VPL (8,5%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 70.145,04 | 0 | 70.145,04 | - | (70.145,04) |
| 1 | 17.613,82 | 1.822,46 | (15.791,36) | 1,085 | (84.699,29) |
| 2 | 17.613,82 | 1.822,46 | (15.791,36) | 1,17 | (98.196,17) |
| 3 | 17.613,82 | 1.822,46 | (15.791,36) | 1,28 | (110.533,17) |
| 4 | 17.613,82 | 1.822,46 | (15.791,36) | 1,38 | (121.976,18) |
| 5 | 17.613,82 | 1.822,46 | (15.791,36) | 1,50 | (132.503,75) |
| 6 | 17.613,82 | 1.822,46 | (15.791,36) | 1,63 | (142.191,70) |
| 7 | 17.613,82 | 1.822,46 | (15.791,36) | 1,77 | (151.113,37) |
| 8 | 17.613,82 | 1.822,46 | (15.791,36) | 1,92 | (159.338,04) |
| 9 | 17.613,82 | 1.822,46 | (15.791,36) | 2,08 | (166.930,04) |
| 10 | 17.613,82 | 1.822,46 | (15.791,36) | 2,26 | (173.917,36) |

Fonte: Adaptado de Morais (2012).

Se o *payback* é menor que o tempo previsto de recuperação do capital o VPL automaticamente é negativo, ou seja, é inviável economicamente. Os motivos já foram descritos anteriormente.

Tabela 39 – Aplicação da Eq. 7 - VPL com a taxa de desconto de 8,5% segundo o Plano ABC (2017) – Grupo Gerador 60 – Avícolas

| Ano | Despesas | Receitas | Total | ABC - Taxa | VPL (8,5%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 81.693,86 | 0 | 81.693,86 | - | (81.693,86) |
| 1 | 20.987,44 | 1.822,46 | (19.164,98) | 1,085 | (99.357,43) |
| 2 | 20.987,44 | 1.822,46 | (19.164,98) | 1,17 | (115.737,75) |
| 3 | 20.987,44 | 1.822,46 | (19.164,98) | 1,28 | (130.710,39) |
| 4 | 20.987,44 | 1.822,46 | (19.164,98) | 1,38 | (144.598,05) |
| 5 | 20.987,44 | 1.822,46 | (19.164,98) | 1,50 | (157.374,70) |
| 6 | 20.987,44 | 1.822,46 | (19.164,98) | 1,63 | (169.132,35) |
| 7 | 20.987,44 | 1.822,46 | (19.164,98) | 1,77 | (179.960,02) |
| 8 | 20.987,44 | 1.822,46 | (19.164,98) | 1,92 | (189.941,78) |
| 9 | 20.987,44 | 1.822,46 | (19.164,98) | 2,08 | (199.155,71) |
| 10 | 20.987,44 | 1.822,46 | (19.164,98) | 2,26 | (207.635,78) |

Fonte: Adaptado de Morais (2012).

A mesma ressalva em relação ao grupo gerador 22 deve ser levada em consideração em se tratando do grupo gerador 60, além do mais aqui as despesas são maiores e as receitas são ainda bem menores quando comparado às outras espécies.



Digitized by Google

Tabela 40 – Aplicação da Eq. 8 – Cálculo da TIR – Avícolas

| Ano | Investimento Gerador 22 | Investimento Gerador 60 |
|---|---|---|
| 1 | (70.145,04) | (81.693,86) |
| 2 | (15.791,36) | (19.164,98) |
| 3 | (15.791,36) | (19.164,98) |
| 4 | (15.791,36) | (19.164,98) |
| 5 | (15.791,36) | (19.164,98) |
| 6 | (15.791,36) | (19.164,98) |
| 7 | (15.791,36) | (19.164,98) |
| 8 | (15.791,36) | (19.164,98) |
| 9 | (15.791,36) | (19.164,98) |
| 10 | (15.791,36) | (19.164,98) |
| **I** | **10%** | **10%** |
| **TIR** | **-** | **-** |

Fonte: Adaptado de Morais (2012).

Em relação aos avícolas como a receita já é negativa não é possível calcular a TIR. Lembrando ainda que se deve a quantidade de aves que se optou por calcular a produção de biogás.

Tabela 41 – Quantidade de nutrientes produzida mensalmente de avícolas

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Avícola** | Nitrogênio (N) | 18 | 2,4 | 43,2 | 1,40 | 60,48 |
| | Fósforo (P) | 18 | 1,4 | 25,2 | 1,75 | 44,10 |
| | Potássio (K) | 18 | 1,3 | 23,4 | 1,20 | 28,08 |
| **TOTAL (R$)** | | | | | | **132,66** |

Fonte: Adaptado de Refosco, 2011.

A geração de renda mensal dos avícolas foi de R$ 132,66 resultando anualmente R$ 1.591,92. Até aqui todas as análises foram negativas, mas apesar de ser um valor pequeno a venda ou o aproveitamento do biofertilizante é rentável e positivo, logo se pode verificar a viabilidade de aproveitamento deste biofertilizante na propriedade rural.

### 4.3.4 Cálculos dos ganhos de receita caso pudesse utilizar a capacidade máxima dos moto geradores

Considerando a quantidade gasta pelo produtor rural em sua propriedade podemos contabilizar a sobra em reais que é receita para o produtor representado na tabela 42.



Digitized by Google

Tabela 42 – Receita obtida através da produção de biogás pelo grupo gerador após o pagamento da conta de energia a concessionária

| Geradores | Sobra em (kWh) | Sobra em (R$) |
|---|---|---|
| Grupo Gerador 22 | 22.588,80 | 9.464,71 |
| Grupo Gerador 60 | 102.024,00 | 42.748,06 |

Fonte: Elaboração própria.

O investimento inicial e os custos anuais de operação foram determinados por meio de levantamento de dados junto a sites de buscas através de trabalhos, artigos e dissertações. Na Tabela 42 foi possível verificar duas situações bastante relevantes para dar viabilidade econômica ao empreendimento. Retirando o consumo anual de 23.400 kWh utilizado na propriedade, da produção total de energia elétrica produzida pelos geradores e considerando que se está utilizando sua capacidade máxima, tem-se que para o Sistema Gerador 22 uma receita extra com a venda para a concessionária de R$ 9.464,71 e para o Sistema Gerador de 60, tem-se uma receita extra de R$ 42.748,06.

Nas tabelas seguintes será possível verificar as despesas e receitas de se investir na produção de energia por meio de um biodigestor dentro de uma propriedade rural, para isso foi interessante fazer uma média da produção diária de biogás entre as espécies estudadas para que fosse mais bem contabilizada a produção de biogás e biofertilizante para cada unidade de produção. Seguindo os dados das Tabelas 15 e 16 apresentados do início dos resultados e discussões desta dissertação, segue a Tabela 43.

Tabela 43 – Média de produtividade de energia elétrica por espécie estudada

| Espécie x Quantidade animais (300 cabeças) | Prod. diária Média[1] ($m^3$/animal/dia) | Prod. biogás/ano ($m^3$ $ano^{-1}$) | kWh/ano | R$ |
|---|---|---|---|---|
| Suínos | **0,866** | 94.827,00 | 63.534,09 | 26.620,78 |
| Bovinos | **0,522** | 57.159,00 | 38.296,53 | 16.046,24 |
| Avícola | **0,008** | 821,25 | 550,23 | 230,54 |

Fonte: Adaptado de Refosco, 2011.
1Média calculada a partir das Tabelas 15 e 16.

A partir da média de produtividade optou-se por apresentar três tabelas onde cada uma delas mostra separadamente as despesas e receitas que o produtor rural pode obter ao escolher o tipo de espécie que irá utilizar para implantar o sistema gerador de energia elétrica em sua



Digitized by Google

propriedade. Desta forma será possível verificar qual o tipo de sistema grupo gerador é mais viável e se o mesmo produzirá em sua totalidade a energia transformada disponível ou se haverá possibilidade de o mesmo ficar ocioso com a demanda energética disponível e por fim a mostra da viabilidade econômica do investimento.

Tabela 44 – Despesas e receitas anuais para os suínos

| CONTAS | SISTEMA GRUPO GERADOR 22 (R$) | SISTEMA GRUPO GERADOR 60 (R$) |
|---|---|---|
| Custo do biodigestor[1] | 15.276,77 | 17.568,28 |
| O & M[2] | 6.880,45 | 8.578,14 |
| Custo do grupo gerador[3] | 30.374,00 | 34.560,00 |
| **Despesa com montagem do sistema grupo gerador** | **52.531,22** | **60.706,42** |
| Despesa fixa - Quantidade de biogás destinada ao consumo de energia da propriedade[4] | 9.804,60 | 9.804,60 |
| Despesa fixa - Depreciação e manutenção preventiva[5] | 7.809,22 | 11.182,84 |
| **Despesas Fixas** | **17.613,82** | **20.987,44** |
| **Despesas Totais** | **70.145,04** | **81.693,86** |
| Produção de biogás: suínos[6] | 26.620,78 | 26.620,78 |
| Produção de biofertilizante: suíno[7] | 5.428,08 | 5.428,08 |
| **Receitas Totais** | **32.048,86** | **32.048,86** |
| **TOTAL: DESPESA – RECEITA (1°ano)** | **(38.096,18)** | **(49.645,00)** |
| 2° ano | (23.661,14) | (38.583,58) |
| 3° ano | (9.226,10) | (27.522,16) |
| 4° ano | 5.208,94 | (16.460,74) |
| 5° ano | 19.643,98 | (5.399,32) |
| 6° ano | 34.079,02 | 5.662,10 |
| 7° ano | 48.514,06 | 16.723,52 |
| 8° ano | 62.949,10 | 27.784,94 |
| 9° ano | 77.384,14 | 38.846,36 |
| 10° ano | 91.819,18 | 49.907,78 |

Fonte: Elaboração própria.
[1,2,3]Valores retirados da Tabela 19; [4]Valores retirados da Tabela 21; [5]Valores retirados da Tabela 20; [6]Valores retirados da Tabela 43; [7]Valores retirados da Tabela 29.

A Tabela 44 se resume nas despesas e receitas anuais em relação aos suínos onde podemos verificar uma renda bastante significativa tanto na produção de energia quanto de biofertilizante, aqui ainda melhor representado a receita obtida pelo produtor rural em sua propriedade, pois se somam os valores não apenas da produção de energia, mas também o quanto este produtor pode economizar com a compra de insumos agrícolas além de contribuir significativamente com a qualidade socioambiental por não utilizar defensivos agrícolas que provoca danos ambientais irreversíveis para o ar, a água e o solo. Verifica-se que o produtor rural utilizará parte deste biogás produzido para o consumo de energia elétrica em sua propriedade em torno de 37%, o restante poderá



Digitized by Google

ser utilizado para outros fins dentro da propriedade ou vendido para uma concessionária de energia.

Já na Tabela 45 estão expressas todas as despesas e receitas anuais caso o produtor rural opte por implantar o confinamento de bovinos utilizando biodigestores para produção de energia elétrica ou biofertilizante.

Em relação à construção do biodigestor e a montagem do sistema grupo gerador as despesas e receitas se repetem independente da espécie escolhida, em contrapartida devido ao fato dos bovinos possuírem uma produção diária de dejetos menor quando comparadas aos suínos automaticamente a produção diária de biogás e biofertilizante, também, serão menores demandando uma receita menor.

As despesas fixas como depreciação e manutenção preventiva se assemelham com as demais, o que vale aqui ressaltar é em relação à escolha do grupo gerador, com está demanda podemos implantar o sistema grupo gerador 22, que pode utilizar a produção de biogás, por meio dos bovinos, em quase 100% o que diminui as despesas com a compra do grupo gerador 60 em até 14%.

Tabela 45 – Despesas e receitas anuais para os bovinos

| CONTAS | SISTEMA GRUPO GERADOR 22 (R$) | SISTEMA GRUPO GERADOR 60 (R$) |
|---|---|---|
| Custo do biodigestor[1] | 15.276,77 | 17.568,28 |
| O & M[2] | 6.880,45 | 8.578,14 |
| Custo do grupo gerador[3] | 30.374,00 | 34.560,00 |
| **Despesa com montagem do sistema grupo gerador** | **52.531,22** | **60.706,42** |
| Despesa fixa - Quantidade de biogás destinada ao consumo de energia da propriedade[4] | 9.804,60 | 9.804,60 |
| Despesa fixa - Depreciação e manutenção preventiva[5] | 7.809,22 | 11.182,84 |
| **Despesas Fixas** | **17.613,82** | **20.987,44** |
| **Despesas Totais** | **70.145,04** | **81.693,86** |
| Produção de biogás: bovino[6] | 16.046,24 | 16.046,24 |
| Produção de biofertilizante: bovino[7] | 9.350,64 | 9.350,64 |
| **Receitas Totais** | **25.396,88** | **25.396,88** |
| **TOTAL: DESPESA – RECEITA (1°ano)** | **(44.748,16)** | **(56.296,98)** |
| 2° ano | (36.965,10) | (51.887,54) |
| 3° ano | (29.182,04) | (47.478,10) |
| 4° ano | (21.398,98) | (43.068,66) |
| 5° ano | (13.615,92) | (38.659,22) |
| 6° ano | (5.832,86) | (34.249,78) |
| 7° ano | 1.950,20 | (29.840,34) |
| 8° ano | 9.733,26 | (25.430,90) |
| 9° ano | 17.516,32 | (21.021,46) |
| 10° ano | 25.299,38 | (16.612,02) |

Fonte: Elaboração própria.

[1,2,3]Valores retirados da Tabela 19; [4]Valores retirados da Tabela 21; [5]Valores retirados da Tabela 20; [6]Valores retirados da Tabela 43; [7]Valores retirados da Tabela 35.



Digitized by Google

Na Tabela 46 representando a produção de biogás e biofertilizante com a utilização de biodigestores e dejetos de 300 cabeças de avícola estão apresentadas todas as despesas e receitas em relação à construção do biodigestor e também do grupo gerador. Na demonstração dos dados totais se destacou a palavra inviável, mas isso aconteceu pelo fato que com essa quantidade de animais é impossível obter uma receita favorável para cobrir as despesas da implantação deste sistema.

Tabela 46 – Despesas e receitas anuais para os avícolas

| CONTAS | SISTEMA GRUPO GERADOR 22 (R$ em reais) | SISTEMA GRUPO GERADOR 60 (R$ em reais) |
|---|---|---|
| Custo do biodigestor[1] | 15.276,77 | 17.568,28 |
| O & M[2] | 6.880,45 | 8.578,14 |
| Custo do grupo gerador[3] | 30.374,00 | 34.560,00 |
| **Despesa com montagem do sistema grupo gerador** | **52.531,22** | **60.706,42** |
| Despesa fixa - Quantidade de biogás destinada ao consumo de energia da propriedade[4] | 9.804,60 | 9.804,60 |
| Despesa fixa - Depreciação e manutenção preventiva[5] | 7.809,22 | 11.182,84 |
| **Despesas Fixas** | **17.613,82** | **20.987,44** |
| **Despesas Totais** | **70.145,04** | **81.693,86** |
| Produção de biogás: avícola[6] | 230,54 | 230,54 |
| Produção de biofertilizante: avícola[7] | 1.591,92 | 1.591,92 |
| **Receitas Totais** | **1.822,46** | **1.822,46** |
| **TOTAL: DESPESA – RECEITA (1° ano)** | **(68.791,36)** | **(79.871,40)** |
| **Parecer:** | **QUANTIDADE DE MATERIA=PRIMA INVIÁVEL** | |

Fonte: Elaboração própria.
[1,2,3]Valores retirados da Tabela 19; [4]Valores retirados da Tabela 21; [5]Valores retirados da Tabela 20; [6]Valores retirados da Tabela 43; [7]Valores retirados da Tabela 41.

No entanto, deve-se levar em consideração que os resíduos gerados na exploração avícola, atividade que, pelos índices de produtividade alcançados e apresentados no decorrer desta dissertação, destaca-se a velocidade da conversão energética, merecendo destaque as oportunidades de reciclagem da biomassa gerada como resíduo/subproduto, logo para tornar viável a produção de biogás e biofertilizante neste processo deve-se aumentar a quantidade de espécies no processo de conversão de energia e produção de dejetos.



Digitized by Google

## 4.4 Questão ambiental

São inúmeros os fatores que devem ser ressaltados quando se trata da questão ambiental, este estudo permitiu uma avaliação positiva e propôs possibilidades de utilização de resíduos de suínos, bovinos e avícolas; que ao ser depositado diretamente no meio ambiente, sem o tratamento adequado, poderá provocar a contaminação desse ecossistema e danos ao bem-estar. Os impactos ambientais negativos sinalizam que os processos produtivos precisam ser modificados. Esta percepção orienta a atividade produtiva rural a investir em processos e produtos que não agridam o meio ambiente, integrando as questões ambientais ao processo produtivo, estimulando o desenvolvimento econômico, social e ambiental da atividade.

Conseguir, ao mesmo tempo, ser economicamente rentável, ambientalmente sustentável e socialmente justa tornou-se o maior desafio para a atividade de geração de energia elétrica por meio de biodigestores utilizando uma variedade de resíduos.

A sua utilização não deve ser tratada apenas sob o ponto de vista econômico, mas, também, ambiental, uma vez que reduz a emissão de gás metano para a atmosfera, que possui maior potencial de poluição comparado ao dióxido de carbono, neste sentido pode servir como base para o desenvolvimento de políticas públicas direcionadas ao aproveitamento de biomassa para a produção de energia a baixos custos.

Os ganhos sociais de um planejamento energético que contemple soluções de energia limpa como estas são evidentes e essenciais podendo influenciar diretamente na demanda elétrica e de aquecimento necessárias à sustentabilidade do planeta. Segundo levantamentos realizados durante os estudos se todos os produtores rurais com capacidade de instalação de biodigestores de produção de biogás para alimentar sistemas de geração distribuída o fizessem, tal produção de energia alternativa e barata diminuiria a construção de usinas hidrelétricas que veem de encontro às questões ambientais.

É importante o desenvolvimento de políticas econômicas, educacionais e socioambientais mais adequadas voltadas para o meio ambiente, que promova a consciência de desenvolvimento e aproveitamento dos dejetos rurais na geração de biogás. Para o produtor são vários os

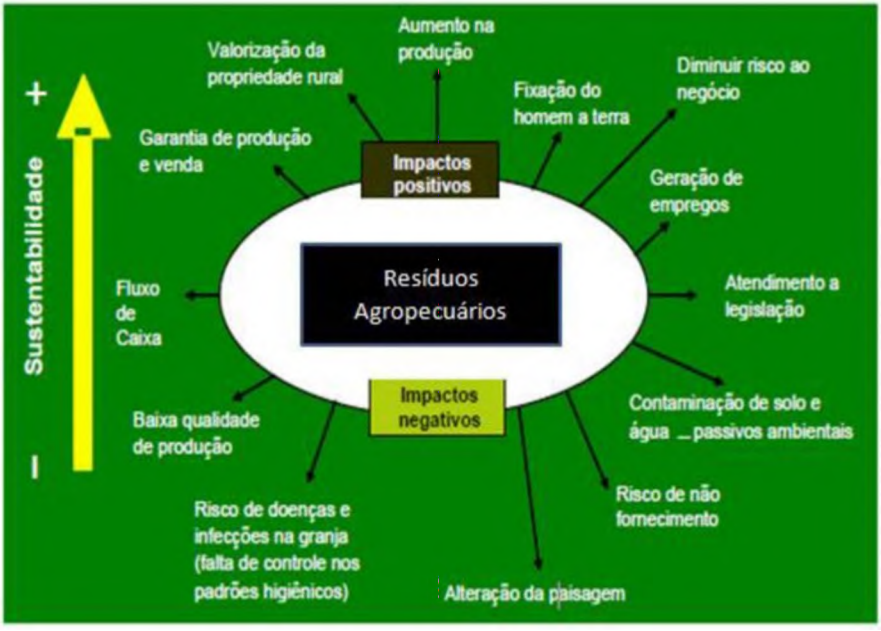


Digitized by Google

benefícios dentre eles podemos citar: a substituição de gás liquefeito por biogás na cocção de alimentos, iluminação, aquecimento de granjas; utilização de biofertilizante na lavoura; substituição do uso de gasolina por biogás em motores estacionários de pequena potência; transformação de energia não convencional (biogás) em convencional (eletricidade).

Interessante à colocação feita pelo autor Cavasin (2005) quando se trata dos problemas dos impactos ambientais, ele considera a importância da implantação de novas tecnologias para tratamento desses resíduos, as quais podem promover melhorias ambientais e melhores práticas produtivas, aumentando a sustentabilidade. O autor complementa que, quanto maior a sustentabilidade da atividade, maior são os retornos econômicos, financeiros, ambientais e sociais bem demonstrados na Figura 10.

Figura 11 – Benefícios da sustentabilidade na propriedade rural




Fonte: Cavasin, 2005.

Em análise das questões ambientais mencionadas neste estudo, e a partir de todos os levantamentos feitos nesta dissertação, o uso de biodigestores tem sido apresentado como uma solução eficiente sob os pon-



Digitized by Google

tos de vista econômico, social e ambiental. Pois permite agregar valores aos rejeitos das atividades pecuárias (suínos, bovinos e avícolas), com a geração do biogás e do biofertilizante e ainda possibilita um ganho de qualidade ambiental efetivo.



Digitized by Google

# 5. CONCLUSÃO

Mediante o crescimento constante da produção animal e a necessidade de buscar soluções que permitam o tratamento dos resíduos gerados, a implantação dos sistemas de biodigestão torna-se atrativa pela possibilidade de produção do biogás e consequentemente substituição por fontes energéticas.

Este estudo demonstrou que o sistema de produção de biogás é potencialmente viável do ponto de vista econômico, mas depende diretamente do dimensionamento técnico da demanda de energia elétrica para as diversas atividades da propriedade frente à oferta de energia do grupo gerador e a possibilidade de ser vendido para a concessionária o excedente de energia elétrica.

A análise de viabilidade técnica e econômica mostrou que a implantação dos biodigestores é um investimento cujo retorno é rápido, tornando-se atrativo com a intensificação do uso do sistema. O tempo de retorno do investimento pode se tornar ainda menor se a economia proporcionada pelo uso de biofertilizante na adubação de lavouras também for considerada. O grande problema é o investimento inicial, que para pequenos produtores, à primeira vista é considerado elevado. Entretanto, a economia gerada pela utilização dos subprodutos, biogás e biofertilizante do sistema permite o retorno do investimento em curto prazo, gerando lucros depois deste período.

Levando em consideração as três espécies estudadas os suínos, bovinos e avícolas foi demonstrado através dos cálculos de análise financeira através do *payback*, o VPL e a TIR que com a quantidade de 300 cabeças de animais o que melhor produz biogás são os suínos, isso devido ao fato que os mesmos possuem uma produção diária de biogás maior quando comparado às outras espécies. Mas ao mesmo tempo vale ressaltar que todas as espécies são promissoras e possui capacidade de produzir dejetos o suficiente para produzir biogás, cabe ao produtor rural analisar a sua capacidade financeira de investir e definir a real necessidade dentro da sua propriedade.



Digitized by Google

Os investimentos requer cuidado em relação às escolhas dos equipamentos que serão utilizados, pois o mesmo como qualquer outro possuem despesas variáveis até a sua montagem e funcionamento e por fim as despesas fixas anuais como depreciação e manutenção preventiva do grupo gerador. Aqui valem lembrar que foram utilizados dois grupos geradores como forma de comparação de valores e podemos concluir que o produtor rural deve analisar com bastante cautela o tipo que deve escolher, pois a produção de resíduo depende da quantidade de cabeças de animais em confinamento, é preciso analisar essa capacidade de produção e ao mesmo tempo o consumo específico de biogás de cada moto gerador para que o mesmo trabalhe de forma a suprir a disponibilidade da planta e que também ao utilizar a sua demanda energética o excedente possa ser utilizado para outros fins dentro de sua propriedade ou suprindo a necessidade para outros, não deixando ocioso o funcionamento do sistema, o que demanda perda energética e econômica financeira.

Em relação ao biofertilizante podemos concluir que para as três espécies em funcionamento gerará renda ao produtor podendo está ser utilizada dentro da propriedade na aplicação do solo para melhoria das pastagens, utilizado como adubo orgânico, ou vendido para gerar receita ao produtor. Além de melhorias na qualidade ambiental, o uso do biodigestor atende uma das estratégias sugeridas pelo Protocolo de Quioto que é a captação de metano da biomassa oriunda das atividades pecuárias reduzindo assim às emissões de GEE, minimizando desta forma a contaminação do ar, o odor e os reflexos na camada de ozônio da Terra.

Assim conclui-se que o biodigestor possibilita agregação de renda significativa ao produtor rural e apresenta viabilidade econômica, no aspecto ambiental, a biodigestão dos dejetos é vantajosa, pois evita a contaminação da água, ar e solo.



Digitized by Google

# 6. RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se a realização de novas pesquisas por ser um tema bastante interessante que vem de encontro às questões socioambientais que necessitam de especial atenção devido a variados problemas ambientais decorrentes do mau uso do solo, água e ar. Neste sentido propõe-se:

» Estudos mais aprofundados em caso do produtor rural propor a venda da energia elétrica (excedente) oriunda do biogás, sendo necessário contabilizar um investimento, além dos descritos até o momento, mas motogerador e painel de conexão segundo Morais (2012), escolher as unidades consumidoras em virtude da localização e custos gerados.

» Estudos com o uso do biogás como combustível veicular, substituindo diesel, gasolina e/ou etanol, que segundo a Gleysson (2016), embora ainda muito limitado, esse uso tem apresentado interesse crescente em diversos países em função do seu grande potencial e dos diversos benefícios ambientais, especialmente a ausência de emissões de monóxido de carbono e nitrogênio.

» Estudos sobre os Créditos de carbono com projetos de biogás, sendo uma tecnologia da produção do biogás com destaque no cenário das fontes alternativas de energia, por ser um processo que permite o controle da poluição ambiental. Neste sentido os créditos não são somente receitas e lucros, mas sim despesas, em especial com projetos e documentos para certificar a propriedade que possui um biodigestor a receber os créditos de carbono (KOTZ, 2011). Dessa forma, é imprescindível o desenvolvimento de projetos que evitem as emissões de metano para a atmosfera para mitigar as mudanças do clima, a um custo reduzido para o produtor, redução das emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera e em receita com venda de créditos de carbono para os potenciais investidores.



Digitized by Google

# REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA


ABIB – Brasil Biomassa e Energias Renováveis. **Atlas Brasileiro Biomassa Florestal e Industria e Agroindustrial.** Paraná. 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/Melissa/Downloads/biomassa.pdf>. Acesso em 19 de março de 2017.

ABIB - Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energias Renováveis - 2014/2018. ***Atlas Brasileiro Biomassa Florestal e Industrial e Agroindustrial. Disponível em: <http://www.brasilbiomassa.com.br/images/stories/conteudo/biomassa.pdf>. Acesso em: 28 de janeiro de 2017.***

AMARAL, Denise Deckers; CORDEIRO, Luiz Adriano Maia; GALERANI, Paulo Roberto. **Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para Consolidação da Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura–PLANO ABC** (Sectoral Plan for Mitigation and Adaptation to Climate Change for a Consolidation Economy Low Carbon...). Revista Brasileira de Geografia Física, v. 4, n. 6, p. 1266-1274, 2012.

ALTIERI, Miguel. **Pequenos agricultores**. *PISEAGRAMA*, Belo Horizonte, número 06, página 45 - 47, 2013.

ALVES JUNIOR, Francisco Tarcísio; GUIMARÃES, José Leonardo da Silveira; SANTOS, Gilson Alves dos; LEITE, Ana Maria Feitosa; BARROS, Glauco Demóclito Tavares. **Utilização de biomassa para briquetagem como fonte de energia alternativa e a disponibilidade deste recurso na região do Cariri-CE.** XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção: Ouro Preto-MG, 2003.

ANDRADE, Marcio Antonio Nogueira, Tiago Juruá Damo RANZI, and Rafael Ninno MUNIZ. **"Biodigestores rurais no contexto da atual crise de energia elétrica brasileira e na perspectiva da sustentabilidade ambiental."** *Procedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural* (2002).

ANEEL. **Geração distribuída**. 2016. Disponível em <http://aneel.gov.br>. Acesso em 10.01.2017.




Digitized by Google

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013**. Ano base 2012, ed. São Paulo. Brasília: 2012. 4243 p.

BARICHELLO, Rodrigo. **O uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor**: Um estudo de caso da região noroeste do Rio Grande do Sul. Agosto de 2010. Dissertação (Mestrado) - UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS.

BARRERA, Paulo. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para zona rural.** São Paulo: Ícone, 2003. 106 p.

BARRERA, P. **Biodigestores: energia fertilidade e saneamento para a zona rural.** 3ªed. São Paulo: Ícone, 2011.

BARROS, E. C. et al. **Tratamento de dejetos no âmbito do programa do ABC**. Embrapa Suínos e Aves-Folderes/Folhetos/Cartilhas (INFOTECA-E).

BAUER, U. R. **Matemática Financeira Fundamental**. São Paulo: Atlas, 2008.

BINOTTO, Jessica Marques et al. **Seleção e operação ótima de tecnologia para o aproveitamento de biogás na geração de energia elétrica**. 2017.

BORIN, Gilson V.. PelletBraz S.A.. **Comunicação Pessoal com Diretor Comercial.** 2012.

BRÁS, A. M.; MIRANDA, F.; HIPÓLITO, L.; DIAS, L. S. **Biomassa e Produção de Energia.** 2017. Disponível em: http://portal.ipvc.pt/images/ipvc/esa/pdf/biomassa.pdf. Acesso em: 10 de março de 2017.

BRASIL Biomassa e Energia Renovável. **Atlas Brasileiro Biomassa Florestal e Industria e Agroindustrial.** Coordenado pelo presidente Celso Marcelo de Oliveira Curitiba. Paraná. 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/Melissa/Downloads/biomassa.pdf>. Acesso em 15 de março de 2017.

BRASIL, Portal Brasil. **Economia e Emprego**. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/07/agricultura-familiar>. Acesso em 02 de maio de 2017.



Digitized by Google

BRIQUETES (2001) - Disponível em: http//:www.briquetes.com.br>. Acesso em 20 de março de 2017.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. & SIQUEIRA, J. O. **Análise de risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do Método de Monte Carlo**. São Paulo, 1998. Disponível em <http://www.infinitaweb.com.br/albruni/academicos/9802.pdf>. Acesso em 05 nov. 2011.

CAVASIN, J. **Instituto de Sustentabilidade Sadia: Programa 3 S.** Seminário sobre o Programa Suinocultura Sustentável Sadia apresentado em São Paulo, outubro de 2005. Material enviado através do e-mail <julio.cavasin@sadia.com.br>.

CARTILHA - **Cartilha do Agronegócio Sustentável**. Disponível em: <file:///C:/Users/Melissa/Downloads/CartAgroImgfinal.pd>. Acessado em 04 de maio de 2017.

CASAGRANDE, L.F. **Avaliação de Desempenho e Sustentabilidade na Suinocultura: Um Estudo de Multicaso.** CAP - *Accounting and Amangement*. v. 1, n.1, 2006.

CARDOSO, Bruno Monteiro. **Uso da Biomassa como Alternativa Energética**. 2012. Monografia, UFRJ, Rio de Janeiro –RJ.

CEBDS, 2014. **Cartilha de Financiamento para Pequenos e Médios Produtores Rurais.** Disponível em <file:///C:/Users/Melissa/Downloads/CARTILHA_GT4F_COMPLETA_BAIXA.pdf>. Acessado 26 de março de 2017.

CENBIO- Centro Nacional de Referência em Biomassa: **Fontes de Biomassa**. 2011; Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/saibamais/fontes.htm >. Acesso em: 28 de janeiro 2017.

CENBIO - Centro de Referência em Biomassa. **Atlas de Bioenergia do Brasil.** Disponível em: <http://143.107.4.241/download/atlasbiomassa2012.pdf>. Acesso em 27 de janeiro de 2017.

CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. C. **Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica.** Engenharia Agrícola, Jabuticabal, v. 30, n. 5, p. 831-844, set/out. 2010.



Digitized by Google

CIVARDI, Jacira Fabiana Dias. "**O uso de biodigestores na suinocultura como alternativa de sustentabilidade econômica: Uma análise para a região da Grande Dourados, MS.**" (2014).

COELHO, S. T. et al. **A conversão da fonte renovável biogás em energia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO (CBPE), 5, 2006, Brasília. Anais... Brasília: V CBPE, 2006.

COLDEBELLA, A.**Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais**. Paraná, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências exatas e Tecnologia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

COMISSÃO DA COMUNIDADE **EUROPÉIA**. Directiva 98/70/Ce do Parlamento Europeu e do Conselho de 13 de Outubro de 1998 relativa à qualidade da gasolina e do combustível para motores diesel e que altera a Directiva 93/12/CEE do Conselho. Bruxelas, 2007.

_____. **Directiva 2003/30/CE** DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 8 de Maio de 2003 relativa à promoção da utilização de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes. Bruxelas, 2003.

CONEXÃO TOCANTINS – 10 ANOS. **Reajuste na Tarifa de Energia Elétrica.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVlZ6/content/aneel-define-tarifas-de-distribuidoras-que-atuam-nos-estados-do-parana-e-tocantins/656877>. Acessado em 11 de setembro de 2017.

COUTO, L; FONSECA, E.M.B.; MULLER, M.D. **O estado de arte das plantações de florestas de rápido crescimento para produção de biomassa para energia em Minas Gerais: aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais**. Belo Horizonte: CEMIG, 2008. 44p.

CORTEZ, Luiz Augusto Barbosa; LORA, Electo Eduardo Silva, GÓMES, Eduardo Olivares. **Biomassa para energia.** Campinas: Editora da UNICAMP, 2008.

DA SILVA, Robson Leal, and Aletéia Marcelle Primão da Silva. "**Bioenergia da Biomassa Residual: Potencial Energético da Combustão da Casca de Arroz em Dourados-MS e Região**." *Revista Brasileira de Energias Renováveis* 5.1 (2016).



Digitized by Google

DECRETO Nº 3.000, DE 26 DE MARÇO DE 1999. **Regulamenta a tributação, fiscalização, arrecadação e administração do Imposto sobre a Renda e Proventos de Qualquer Natureza.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3000.htm>Acessado em 11 de setembro de 2017.

DE OLIVEIRA, LUIZ GUSTAVO SILVA. **Aproveitamento Energético de Resíduos Agrícolas – O Caso da agroeletricidade distribuída.** Dissertação de Mestrado, Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. 2011.

DE OLIVEIRA Alves, Karina; Pinto, Paulo Henrique Mendonça. **Minimização da degradação ambiental causada pelos dejetos de suínos com a utilização da biodigestão anaeróbia.** 2008.

DO BRASIL, RECEITA FEDERAL. Regulamento do imposto de renda RIR/99. **Regulamenta a tributação, fiscalização, arrecadação e administração do Imposto sobre a Renda e Proventos de Qualquer Natureza.** Disponível em:< http://www. receita. fazenda. gov. br/Legislacao/rir/default. htm>. Acesso em 10 de agosto 2017.

DHILLON, R. S.; WUEHLISCH, G. V. **Mitigation of global warming through renewable biomass. Biomass and Bioenergy**, v. 48, p. 75-89, 2013.

EMBRAPA FLORESTAS (2016). Disponível em: <https://www.embrapa.br/acre/busca-de-projetos/-/projeto/202348/florestas-energeticas--producao-e-conversao-sustentavel-de-biomassa-em-energia>. Acesso em 18 de março de 2017.

EMBRAPA (2014). Artigo: A agricultura familiar brasileira no contexto mundial. Disponível em: < https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1871776/artigo-a-agricultura-familiar-brasileira-no-contexto-mundial>. Acessado em 26 de março de 2017.

EMBAR. Pellets de madeira: Fonte de energia renovável. Disponível em:<www.embar.pt/conteudos/.../094%20Pellets%20de%20madeira.pdf >. Acesso em 15/03/2017.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. "**Plano Nacional de Energia 2030–PNE 2030.**" ***Rio de Janeiro: EPE/MME, Brasil***. *Disponível em: http://www. epe. gov. br/PNE/Forms/Empreendimento. aspx, acessado* 15.05 (2007): 2010.



Digitized by Google

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2014. 2015c.

_____. **Balanço Energético Nacional**. Séries Históricas. 2015a.

_____. **Economicidade e Competitividade do Aproveitamento Energético dos Resíduos Urbanos.** Rio de Janeiro, 2014a.

_____. **Economicidade e Competitividade do Aproveitamento Energético dos Resíduos Rurais.** Rio de Janeiro, 2014b.

_____. **SÉRIE ESTUDOS ECONÔMICOS**. Nota Técnica de Cenário Econômico 2050. 2015b.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Inventário Energético de Resíduos Rurais - Série Recursos Energéticos - **Nota Técnica DEA 15/14**. Disponívelem:<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Rurais.pdf>. Acesso em 28 de janeiro de 2017.

EUROPEIA, Comissão. **Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de abril de 2009 relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis que altera e subsequentemente revoga as Directivas 2001/77/CE e 2003/30/CE.** Jornal Oficial da União Europeia, v. 5, 2009.

FLORES, Marcelo Costa. **Viabilidade econômica do biogás produzido por biodigestor para produção de energia elétrica – estudo de caso em confinador suíno.**/ Marcelo Costa Flores; Orientação de Marcos Vinicius Rodrigues. Poços de Caldas: 2014. 32 fls.: il.; 30 cm.

FONSECA, F. S. T.; ARAÚJO, A. R. A.; HENDGES, T. L. **Análise de Viabilidade Econômica de Biodigestores na Atividade Suinícola na Cidade de Balsas-MA: um estudo de caso.** In: 47º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Anais... Porto Alegre, 2009.

FONSECA, Lidianne Santos Cabral. **Construção de Indicadores de Ecoeficiência para Propriedades Rurais/** Lidianne Santos Cabral Fonseca. - Palmas, 2012. 143 f.

FREITAS, Giovany Martins EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis –** Ano 2014. 2015c.



Digitized by Google

_____. **Levantamento das principais tecnologias e sistemas de utilização no mundo e tendências tecnológicas.** Potencial de aproveitamento energético de Resíduos Sólidos Urbanos. 219 p. 2007.

FREITAS, Giovany Martins de Biomassa. **Uma fonte de energia/** Giovany Martins de Freitas. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2016. XIV, 110 p.: il.; 29,7 cm.

FUKAYAMA, E. H. Características Quantitativas e Qualitativas da Cama de Frango sob Diferentes Reutilizações: efeitos na produção de biogás e **biofertilizante**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

GITMAN, L. J; MADURA, J. **Administração Financeira: Uma Abordagem Gerencial**. Trad. Maria Lucia G. L. Rosa. São Paulo: Addison Wesley, 2003.

GLEYSSON B. Machado, **Geração e Aproveitamento Energético do Biogás**, Projeto PROBIOGAS, 2016.

GOLD, Stefan; SEURING, Stefan, 2010. **Supply chain and logistics issues of bio-energy production**. Journal of Cleaner Production, In press.

GONÇALVES, Hortência de Abreu. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. 2 ed. São Paulo: Avercamp, 2014.

GUARDABASSI, Patrícia Maria. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia:perspectivas para países em desenvolvimento. 2006**.123f. Dissertação (Mestrado em Energia) Programa Inter unidades de Pós-Graduação em Energia – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

IBÁ – Indústria Brasileira de Arvores – brazilian three industry – **Relatório Ibá 2015.** Disponível em: <file:///C:/Users/Melissa/Downloads/iba_2015.p>. Acesso em 10 de março de 2017.

IBÁ – Indústria Brasileira de Arvores – brazilian three industry – **Relatório Ibá 2016**. Disponível em: <file:///C:/Users/Melissa/Downloads/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf>. Acesso em 14 de março de 2017.

IBGE [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística]. SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. Agricultura/Área. Acessado em janeiro de 2016a.



Digitized by Google

_____. SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. Silvicultura. Acessado em janeiro de 2016b.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SIDRA - **Sistema IBGE de Recuperação Automática. Agricultura/Produção.** Acessado em janeiro de 2016c.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Censo Demográfico.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006** - Segunda Apuração. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012. 774 p.

_____. **Estatísticas do Cadastro Central de Empresas 2010.** Gerência do Cadastro Central de Empresas. Rio de Janeiro, p. 177. 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE: Estatística Agrícola – março de 2017**. Disponível em: <file:///C:/Users/Melissa/Downloads/estProdAgr_201703.pdf>. Acessado em 03 de maio de 2017.

IBP – **Instituto Brasileiro das Indústrias de Pellets, Biomassa e Briquete.** (2015). Disponível em: <http://abibbrasil.wixsite.com/institutobrpellets/potencial-biomassa-brasil>. Acesso em 19 de março de 2017.

INCRA – **Classificação dos imóveis rurais**. Disponível em: < http://www.incra.gov.br/tamanho-propriedades-rurais>. Acessado em 12 de fevereiro de 2017.

INFOENER. **Sistemas de Informações Energéticas – Resíduos no Brasil.** (2014). Disponível em: <http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br_residuos.asp>. Acesso 25 de janeiro de 2017.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Relatório Anual 2009**. Secretaria de Desenvolvimento do Estado de São Paulo.

JANK, F. S. **Produção de leite: Afinal qual é o melhor sistema?** Revista Balde Branco, n.9, p.6-16. 1997.

JUNQUEIRA, Sérgio Luís Coelho Diniz. **Geração de energia através de biogás proveniente de esterco bovino**: estudo de caso na fazenda aterrado. 2014. Monografia - Universidade federal do Rio de Janeiro-UFRJ - Departamento de Engenharia Mecânica. Rio de janeiro/ RJ.



Digitized by Google

KOTZ, A.; MATIELLO, S.;SCHMITZ, M. **Estimativa da produção de biogás a partir de dejetos suínos: avaliação da eficiência energética do metano e a geração de créditos de carbono.** 2011. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Medianeira, 2011.

MACEDO, M. A. S; NARDELLI, P. M. **Utilizando opções reais na análise de viabilidade de projetos de investimentos agropecuários: um ensaio teórico.** In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLO<http://www.sober.org.br/palestra/9/368.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2012.GIA RURAL, 46., 2008. Rio Branco. Anais... Disponível em:

MACHADO, C. R. **Biodigestão Anaeróbia de Dejetos de Bovinos Leiteiros Submetidos a Diferentes Tempos de Exposição ao Ar.** Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Botucatu, 2011.

MARION, José Carlos. **Contabilidade Rural**. 6. ed. São Paulo: Atlas; 2000.

MARTINS, Carlos. ***Plano de Negócios: Análise de Investimentos.*** Disponível em:< http://www.carlosmartins.com.br/_bizplan/bizplan24.htm>. Acesso em: 15/10/2017.

MENDONÇA, A.; ROCHA, C.; NUNES, H. **Trabalhos Acadêmicos, planejamento, execução e avaliação.** Goiânia: Alfa, 2008.

MIOTTI, Paula Duarte Silva. **A valorização e o aproveitamento do biogás na agroindústria de Cacoal/RO** / Paula Duarte Silva Miotti – Cacoal/RO: UNIR, 2016. 99f.

MME – EPE. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia, 2030.** Brasília: MME - EPE, 2007.

MORAES, Carlos Amaury José. **Implementação, avaliação e otimização de soluções custo eficazes para valorização de resíduos e de águas residuais**. 2016. Tese de Doutorado.



Digitized by Google

MORAIS, Marcelo Antônio. **Estudo experimental e avaliação econômica da operação de biodigestores tubulares para a produção de biogás a partir de resíduos de suinocultura** / Marcelo Antônio Morais – Itajubá (MG), 2012. 92p.

NOGUEIRA, L. A. H., LORA, E. E., 2002, Wood Energy: Principles and Applications. Núcleo de Excelência em Geração Termoelétrica Distribuída – NEST, do Instituto de Engenharia Mecânica – IEM, Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI.

MFrural – **Pellets de Biomassa vegetal como fonte de energia**. Disponível em: <www.mfrural.com.br/detalhes>. Acesso em 01 de dezembro de 2017.

OLIVEIRA, M. H. F. **A avaliação econômico-financeira de investimentos sob condição de incerteza: uma comparação entre o método de Monte Carlo e o VPL Fuzzy**. 2008. 231f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

OLIVEIRA, P.A.V. (coord). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA, 1993. 188p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27).

OLIVEIRA, Rafael Deléo. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado de carbono**. 2009. Monografia - EESC/USP - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.

PEMC - Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais. Potencial de Energias Renováveis: **Volume II – Biomassa, resíduos e hidroeletricidade.** Belo Horizonte, abril de 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/Melissa/Downloads/pemc_potencial_er_vol_ii_v1.0_15_04_2014(1).pdf>. Acesso: 18 de março de 2017.

PEROVANO, D. G. **Manual de Metodologia Científica**. – 1º ed. – Curitiba: Juruá editora, 2014

PESTANA, A. S. F. **A demonstração de fluxos de caixa como ferramenta estratégica de gestão.** Relatório de Estágio de Mestrado em Gestão da Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra. Coimbra: 2014.



Digitized by Google

PILÃO, Nivaldo Elias e Hummel, Paulo Roberto Vampré. **Matemática Financeira e engenharia econômica**. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2003.

PINDYCK, R. S; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia.** Tradução de Eleutério Prado, Thelma Guimarães e Luciana do Amaral Teixeira. 7. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.

**Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura.** Disponível em: <www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras/anexos_abc/Anexos_ABC.pdf>. Acesso em 04 de dezembro de 2017.

RASGA, Rodrigo Ottobrini Sucena. **Pellets de madeira e sua viabilidade econômico-financeira na substituição do óleo BPF-A1 em pequenos e médios consumidores no Estado de São Paulo** / Rodrigo Ottobrini Sucena Rasga – São Paulo, 2013. 165 f.

REFOSCO, D. **Utilização de Resíduos da Suinocultura para Produção de Energia Através do Biogás e Fertilizantes Orgânicos Estudo de Caso: Granja Marmentini-Dois Vizinhos** – Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento de Tecnologia no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. PR. Curitiba, 2011.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 95 p.

RENTIZELAS, ATHANASIOS A.; TOLIS, ATHANASIOS J.; TATSIOPOULOS, ILIAS P., 2009. **Logistic issues of biomass: The storage problem and the multi-biomass supply chain.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, n. 13, p. 887-894.

RESÍDUOS NO BRASIL. Disponível em: <http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br_residuos.asp:>. Acesso em 10 de março de 2017.

RESCK, DVS; FERREIRA, EAB; FIGUEIREDO, CC & ZINN, YL Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado. Em: SANTOS, GA; SILVA, LS; CANELLAS, LP & CAMARGO, FO, eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais.** 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.359-417.



Digitized by Google

RODRIGUES, Leonardo Dantas, Ivete Texeira da SILVA, and Brígida Ramati Pereira da ROCHA. **"Uso de briquetes compostos para produção de energia no Estado do Pará."** *Procedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural* (2002).

ROCHA, José Dilcio. **Briquetes e pellets de resíduos: tecnologia e potencial 9º**

**SABATO, J. El Comercio de Tecnologia.** Washington, OEA, Departamento de Assuntos Científicos, 2014. 35 p.

ROYA, Bruno et al. **Biogás: uma energia limpa**. Revista Eletrônica Novo Enfoque, v. 13, n. 13, p. 142 - 149, 2011.

SAFFRON, C. **Biomass Pyrolysis.** Michigan State University. East Lansing. 2014.

SAITER, O. **Utilização de resíduos agrícolas e florestais como fonte de energia para a secagem de grãos de Coffea canephora var. Conilon. 2008**. Monografia (trabalho de conclusão do curso de Engenharia Florestal) Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: 2008.

SANTOS JUNIOR. **A Possibilidades e Impactos da Ampliação da Siderurgia a Carvão Vegetal Oriundo de Florestas Plantas no Brasil**. Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ. [Orientador: Roberto Schaeffer] 2011.

SANTOS, Nery dos. **Gestão estratégica do conhecimento. Apostila**. Florianópolis, SC. 2000.

SANTOS, P. Guia Técnico de Biogás. CCE – Centro para a Conservação de Energia, Portugal, 2000.

SGANZERLA, Edílio. **Biodigestores: uma solução**. Porto Alegre. Agropecuária, 1983.

SEBRAE – **Serviço de Apoio à Pequena e Média Empresa. Encadeamentos Produtivos: Oportunidade para as pequenas empresas.** Bom negócio para as grandes. São Paulo: SEBRAE, s.d.

**_____. O que pensam as Micro e pequenas empresas sobre sustentabilidade.** Brasília: SEBRAE, 2012. 28 p. Série Estudos e Pesquisas.



Digitized by Google

_____. **Perfil do Produtor Rural. Brasília: SEBRAE, 2012**. 41 p. Série Estudos e Pesquisas.

SEBRAE – **Os donos de negócio no Brasil, por regiões e por unidades da Federação.** Série Estudos e Pesquisas, setembro/2013. Disponível em: <file:///C:/Users/Melissa/Downloads/DN_regiao_unidades_federação.pdf>. Acessado em 03 de maio de 2017.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **O Produtor Rural.** Julho/2012. Disponível em: < file:///C:/Users/Melissa/Downloads/O_Produtor_Rural.pdf >. Acessado em 03 de maio de 2015.

SILVA, Alexandre Rodrigues da et al. **Viabilidade econômica e benefícios ambientais de tecnologia aplicada a biodigestores em empresas processadoras de mandioca do Paraná.** 2015.

SOUSA, Taíse Azevedo. **Desenvolvimento de Briquetes Autorredutores com Resíduo de Fundição e Fibra da Palmeira.** Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Materiais da Fundação Oswaldo Aranha: Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda: 2012. Disponível em: http://web.unifoa.edu.br/portal_ensino/mestrado/memat/arquivos/dissertacao/7.pdf. Acesso em: 10 mar. 2017.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica** / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.). – EPE: Rio de Janeiro, 2016

TURDERA, Mirko V., and Danilo Yura. "**Estudo da viabilidade de um biodigestor no município de dourados.**" *Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural* (2006).

VICHI, F. M.; MANSOR, M. T. C. **Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial.** Química Nova, v. 32, n. 3, p. 757-767, 2009.

WALKER, Eliana. "**Estudo da viabilidade econômica na utilização de biomassa como fonte de energia renovável na produção de biogás em propriedades rurais.**" (2011).

WOILER, S; MATHIAS, W. F. **Projetos: planejamento, elaboração e análise.** 1° ed. São Paulo: Atlas, 1996.



Digitized by Google

ZANANDRÉA, V. **Análise do uso da tecnologia de biodigestores para fins energéticos em propriedades rurais.** 2010



Digitized by Google

www.lifeeditora.com.br

Adquira mais livros agora mesmo em nosso site.

Esta obra foi composta em Electra
e editada digitalmente em setembro de 2020.

Digitized by Google

O consumo de energia num país depende de um conjunto variado e complexo, que vai desde atingir o equilíbrio entre o uso da energia e a preservação do ambiente, até o desenvolvimento da economia. O presente trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade econômica de implantação de biodigestores para geração de energia elétrica utilizando o biogás gerado a partir dos resíduos pecuários de bovino, suínos e avícolas. Foram analisados aspectos técnicos, econômicos e ambientais. Na viabilidade técnica foi abordada a possibilidade de uso do biogás para geração de energia elétrica utilizando moto gerador de diferentes capacidades de consumo específico de produção de biogás. Nos aspectos econômicos estudou-se a viabilidade do projeto em dar condições de abastecer uma determinada propriedade rural além da possibilidade de uso do excedente. Outra questão abordada foi o uso do biofertilizante resultante do resíduo do processo de fermentação desses dejetos que podem ser utilizados na propriedade servindo para eliminar o uso de agrotóxicos e produtos químicos. A metodologia abordada nesta dissertação se dividiu em etapas para identificar a viabilidade financeira do investimento através do *payback*, o VPL e a TIR com 300 cabeças de animais por espécie, na análise dos resultados o que produziu uma maior quantidade de biogás foi os suínos, isso devido ao fato que os mesmos possuem uma produção diária de biogás maior quando comparado às outras espécies. Vale ressaltar que todas as espécies são promissoras e possui capacidade de produzir dejetos o suficiente para produzir biogás, cabe ao produtor rural analisar a sua capacidade financeira de investir e definir a real necessidade dentro da sua propriedade. Sob o ponto de vista ambiental contribuiu com a conservação do meio ambiente, reduz a emissão de GEE, colabora para um maior aproveitamento dos resíduos pecuários e aumenta a renda do produtor rural.

LIFE EDITORA

ISBN 978-65-5887-023-4

Digitized by Google