**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**JOÃO PAULO DA MATA CASTRO FREITAS**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE A PARTIR DE BIOGÁS DE DEJETO BOVINO**

**VIÇOSA – MINAS GERAIS**

**2016**

**JOÃO PAULO DA MATA CASTRO FREITAS**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE A PARTIR DE BIOGÁS DE DEJETO BOVINO**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Modalidade: Projeto.**

**Orientador: Leonardo Duarte Pimentel**

**Coorientador: André Pereira Rosa**

**VIÇOSA – MINAS GERAIS**

**2016**

**JOÃO PAULO DA MATA CASTRO FREITAS**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE A PARTIR DE BIOGÁS DE DEJETO BOVINO**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Modalidade: Projeto.**

APROVADO: 08/11/2016

|  |
| --- |
| Prof. Leonardo Duarte Pimentel(orientador)(UFV) |

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos, que sempre me ajudaram ao longo desta caminhada.

**AGRADECIMENTOS**

Agradeço...

Aos meus pais, José Maurílio e Ângela, pelo incansável apoio e incentivo para que eu tivesse uma boa formação profissional.

Meus irmãos Jean Michael e Juliana, pelo exemplo de dedicação e determinação em busca de objetivos, pelo apoio e conversas.

A Carol, que me acompanhou nestes 5 anos, ouvindo cada reclamação, cada dificuldade em disciplina e cada vitória que eu conquistei.

Aos professores Leonardo Pimentel, André Rosa e Ronaldo Perez, pelos ensinamentos, conselhos sempre muito pertinentes, compartilhamento de suas experiências práticas, oportunidades oferecidas. Durante este tempo me trouxeram conhecimentos e experiências que tiveram significante contribuição para onde estou profissionalmente hoje.

Sempre agradecido por nós (seus orientandos) sentirmos sua preocupação com nosso futuro profissional, oportunizando conhecimentos e experiências que pudessem nos auxiliar nesse momento, talvez de aflição, de nossas vidas.

A todos os professores que me transmitiram ensinamentos.

Aos colegas, amigos, companheiros, que me auxiliaram nesse trabalho. Com certeza nunca nos esquecermos, cada trabalho, cada prova, cada almoço no RU... que foram mais “interessantes” quando estávamos juntos. Agradecido pela amizade, profissionalismo, apoio e importante auxílio para conclusão desse trabalho.

Aos colegas do Centro de Conhecimento em Bioenergia, pela amizade, conversas, trocas de informações e aprendizado durante esta jornada.

Enfim, a todos que contribuíram para esse trabalho.

**RESUMO**

A cadeia produtiva do leite é considerada uma das mais importantes do Brasil, que é o quinto maior produtor mundial, depois da Índia, Estados Unidos, China e Rússia. Além disso, a pecuária leiteira está presente em todos os estados evidenciando sua importância econômica e social. Por outro lado, esta atividade gera grande impacto ambiental, principalmente quando praticada de forma intensiva devido à grande quantidade de dejeto produzido. Para o tratamento desse dejeto, uma opção é a utilização de biodigestores, onde a maioria da carga orgânica contida no resíduo é transformada em biogás que pode ser queimado para gerar energia, a partir da transformação do metano em dióxido de carbono. Entretanto, estes sistemas são relativamente recentes no Brasil e a viabilidade econômica tem sido questionada devido ao elevado custo de implantação e à baixa remuneração da energia produzida. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho analisar a viabilidade econômica da adoção de tecnologias a serem implantadas para a produção de biogás no estábulo da Universidade Federal de Viçosa, que possui uma unidade produtora de leite com 115 vacas. Para isso, foram identificadas as práticas utilizadas para o manejo do dejeto por meio do reconhecimento do local, com posterior planejamento de produção de energia através de dimensionamento dos equipamentos. Para analisar a viabilidade de implantação foram utilizados os indicadores TIR, VPL e Payback em dois cenários (Produção de energia em modo de compensação e Produção de energia elétrica em substituição a motores a diesel). A produção de dejeto total diária foi estimada em 12,7 m³, com potencial de geração de 124m³ de biogás/dia, o que equivale a geração de 10,9kWh de energia elétrica. O custo do kWh nos dois cenários foi de R$0,63. No cenário 1, o preço de venda da energia foi considerado a tarifa rural da concessionária, R$0,37. Foram encontrados como resultado TIR anual de - 0,15%, VPL anual de -R$108.795,41 e Payback insatisfatório. No cenário 2, o preço de venda da energia foi comparado ao preço do diesel, cuja energia gerada está em torno deR$0,80 por kWh. Neste caso, foram encontrados como resultado TIR anual de 28%, VPL anual de R$100.379,18 e Payback de 4 anos. Conclui-se que a instalação do sistema com intuito de venda de energia (cenário 1) é inviável do ponto de vista econômico. Quando considerado a substituição dos geradores a diesel pela geração com biogás (cenário 2), o sistema é viável economicamente.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Metano,Biodigestor.

**ABSTRACT**

The dairy production chain is considered one of the most important in Brazil. Brazil is the world's fifth largest milk producer, behind India, USA, China and Russia. Furthermore, livestock activity is present in all states, evidencing your economic and social importance. On the other hand livestock activity generates large environmental impact, especially when practiced intensively by the large amount of manure produced. For the treatment of the manure, one option is the use of digesters where most of the organic filler contained in the residue is converted into biogas, which is then burned to generate energy, transforming methane into carbon dioxide.  However, these systems are recent in Brazil and economic viability has been questioned due to the high cost of implementation and low remuneration of the energy produced. In this sense, the objective of this work was to analyze an economic viability of the adoption of technologies to be implemented for biogas production in the stable of the Universidade Federal de Viçosa (UFV), which has a dairy unit with 115 cows. For this, practices used for the management of the manure through recognition site was identified, with subsequent energy production planning through equipment sizing. To analyze the implementation of viability were used the IRR, NPV and Payback indicators in two scenarios (energy production in compensation mode and electricity production to replace diesel engines). The total daily manure production was estimated at 12.7 m³, with a potential to generate of 124m³ of biogas/ day, which is equivalent to generating of 10.9 kWh of electricity. The cost of kWh in the two scenarios was R$0.63. In scenario 1, the selling price of energy was considered the rural tariff concession: R$ 0.37. In scenario 2, the selling price of energy was compared to the price of diesel, generating around R$ 0.80 per kWh. In this case, we have found an annual IRR of 28%, annual NPV of R $ 100,379.18 and Payback of 4 years. As a conclusion it is possible to note that the installation of the system for the purpose of selling energy (scenario 1) is economically unfeasible. When considering the replacement of diesel generators by biogas generation (scenario 2), the system is economically feasible.

Keywords: Sustainability, Methany, Biodigester

**SUMÁRIO**

1 IDENTIFICAÇÃO DA PROPOSTA / PROPONENTE 9

2 INTRODUÇÃO 10

3 OBJETIVOS E METAS 11

4 REFERENCIAL TEÓRICO 12

5 METODOLOGIA 19

6 RESULTADOS 27

7 IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS 30

8 ANÁLISE ECONÔMICA 30 27

9 INDICADORES FINANCEIROS 33

10 COMPOSIÇÃO DE CUSTOS 34

11 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE 35

12 CONCLUSÃO 37

13 REFERÊNCIAS 38

**1 IDENTIFICAÇÃO DA PROPOSTA**

**Titulo:** ANÁLISE DE VIABILIDADE DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE A PARTIR DE BIOGÁS DE DEJETO BOVINO

Proponente: João Paulo da Mata Castro Freitas

Email: jpmcfreitas@gmail.com

Formação: Graduando em Agronomia- UFV

Esta proposta tem por objetivo avaliar a viabilidade econômica do tratamento de dejetos bovinos e a produção de energia elétrica na Universidade Federal de Viçosa.

**2 INTRODUÇÃO e JUSTIFICATIVA**

 A cadeia produtiva do leite é considerada uma das mais importantes no Brasil.

 Segundo o USDA (2016) o Brasil é o quinto produtor mundial de leite, atrás da Índia, Estados Unidos, China e Rússia. A atividade pecuária está presente em todos os estados. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2016), o rebanho brasileiro de bovinos (corte e leite) em 2015 atingiu 215 milhões de cabeças.

 Esta atividade gera grande impacto ambiental, principalmente quando praticada de forma intensiva pela grande quantidade de dejeto produzido. Se manejado de forma inadequada, este dejeto pode poluir rios e lagos através da eutrofização, ou através da lixiviação de nutrientes no solo quando utilizado em demasia na fertirrigação, ou possível contaminação com microorganismos patogênicos. Além disso, quando em ambiente anaeróbico, o dejeto sofre biodigestão e produz metano, gás 21 vezes mais poluente que o dióxido de carbono.

 Para o tratamento deste dejeto, uma opção é a utilização de biodigestores, em que a maioria da carga orgânica contida no resíduo é transformada em biogás que então é queimado, tende-se a transformação de metano em dióxido de carbono. Uma alternativa que vem sendo muito utilizada é o direcionamento do biogás para queima em motogeradores e geração de energia elétrica na própria fazenda ou ainda locais com pouca infra-estrutura de eletricidade.

 Além do ganho econômico, o ganho ambiental se torna interessante, deixando de emitir gases poluentes para a atmosfera, diminuindo a pressão para construção de novos reservatórios hidrelétricos e ainda podendo-se pensar em certificações ambientais, o que gera agregação de valor ao produto principal.

 A Universidade Federal de Viçosa hoje possui uma unidade produtora de leite, a qual detém com 115 vacas, das quais geram resíduos que são utilizados na fertirrigação dos pastos através de motobombas. Esta, por sua vez tem um alto consumo de energia elétrica, que gera altos custos para a universidade. Uma maneira de solucionar este problema é a geração de energia elétrica a partir de biogás do próprio dejeto dos animais, o que traria um ganho ambiental e também diminuiria os custos com energia elétrica.

 Entretanto, estes sistemas são relativamente recentes no Brasil e sua viabilidade econômica tem sido questionada devido ao elevado custo de implantação e à baixa remuneração da energia produzida. Portanto é interessante uma avaliação da produção de energia no sistema de compensação e também em sistema de substituição de geradores a diesel.

**3 OBJETIVOS E METAS**

Objetivo

Objetivou-se com este trabalho analisar a viabilidade econômica da adoção de tecnologias a serem implantadas para a produção de biogás no estábulo da Universidade Federal de Viçosa.

Metas:

* Determinar os requisitos necessários para a implantação de biodigestor;
* Determinar os equipamentos mais econômicos e/ou eficientes para o tratamento de dejetos e para o aproveitamento do biogás gerado;
* Fazer análise econômica para a implantação do empreendimento;
* Analisar diferentes cenários para a produção de energia.

**4 REFERENCIAL TEÓRICO**

**4.1. A cadeia do Leite**

 O leite tem grande importância econômica no agronegócio brasileiro devido a

geração de empregos direta e indiretamente por todo o país e renda para um elevado número de produtores distribuídos pelo grande território brasileiro. Na alimentação humana é um alimento básico devido as suas características nutricionais. Segundo o USDA (2016) o Brasil é o quinto produtor mundial de leite, atrás da Índia, Estados Unidos e China e Rússia. No Brasil, a atividade está presente em todos os estados brasileiros e na maioria deles, apresenta grande expressão econômica. Somente em 2015, o Brasil industrializou 24,05 bilhões de litros de leite, e comparado ao ano de 2000, quando industrializou 12,11 bilhões de litros praticamente dobrou a produção (IBGE, 2016).

Minas Gerais é o maior estado produtor contribuindo com cerca de 30% do total. Minas Gerais destaca-se por possuir o maior rebanho bovino leiteiro do Brasil e a atividade pecuária é praticada em todos os municípios e é predominante em pequenas propriedades. De 2000 a 2014, o volume de leite produzido em Minas Gerais cresceu 59%, passando de 5,9 bilhões de litros para 9,4 bilhões de litros/ano (IBGE, 2014).

 A Zona da Mata é uma das mesorregiões mais especializadas e tradicionais em produção de leite em Minas Gerais. No ano de 2014, produziu 778.306 mil litros de leite ficando atrás das mesorregiões do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (2.424.757 mil litros), Sul/Sudoeste(1.480.623 mil litros) e Vale do Rio Doce (849.098 mil litros) (IBGE ,2014). A produção cresceu 32% comparado com o ano de 2000, quando a produção alcançou 587.832 mil litros de leite. Isso se deve ao aumento do número de vacas ordenhadas, que passou de 403.003 cabeças em 2000 para 491.965 cabeças em 2014.

 Já a microrregião de Viçosa, produziu no ano de 2014, 55.508 mil litros de leite, gerando uma renda de aproximadamente 58 milhões de reais, isso com cerca de 42 mil cabeças (IBGE,2014).

**4.2. Produção de dejetos**

 Bovinos de corte, quando criados e confinamento produzem grande quantidade de dejetos, na faixa de 16 a 30 kg cab-¹ d-¹, sendo que essa quantidade varia de acordo com o peso do animal (Mattos, 2014). Já bovinos de leite, por receberem maior quantidade de alimentos, produzem uma quantidade maior de dejeto que os animais de corte, estando essa produção na faixa de 7-8% de sua massa corporal. A massa de dejetos (fezes+ urina) está entre 37 e 55 kg cab-1 d-1, para animais de 400-600 kg. Na engorda, os bezerros recebem leite e subprodutos, o que faz com que estes produzam um dejeto mais líquido comparado a outras categorias. A produção diária de fezes por bezerro é de cerca de 7,5 l cab-1 d-1, chegando a produção diária de dejeto total em torno de 28 kg cab-1d-1 (Matos, 2014).

Como estes animais muitas vezes são criados no sistema de confinamento, ou semi-confinamento existe um risco da não condução dos resíduos. Estes, se manejados inadequadamente, podem causar impactos negativos ao meio ambiente gerando prejuízos ambientais caso estes resíduos cheguem aos cursos d’água, por possuírem alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5), reduzindo o teor de oxigênio da água necessário para a manutenção de peixes e outros seres vivos (Dotto e Wolff, 2012).

Com o alto impacto ambiental gerado pelo dejeto, surge a necessidade de técnicas que auxiliem no tratamento ou remediação deste. Assim, uma das alternativas possíveis de tratamento desses efluentes é a fer­mentação anaeróbia, que, além da capacidade de reduzir a concentração de matéria orgânica, permite gerar biogás, e obter um fertilizante que pode ser utilizado na própria lavoura do produtor, e que contribui para o pagamento dos investimentos na tecnologia instalada, alem de reduzir o impacto ambiental.

**4.3. Biodigestão**

Dentre as diversas técnicas de tratamento que permitem reduzir a carga orgânica dos resíduos, um dos processos mais utilizado é a digestão anaeróbia, que consiste em um processo biológico no qual a matéria orgânica, na ausência de oxigênio é degradada por bactérias anaeróbicas. Desta digestão tem-se como produto uma série de gases, tais como metano, dióxido de carbono, sulfeto de hidrogênio e um produto líquido, que e denominado de biofertilizante, contendo nutrientes com nitrogênio, fósforo e potássio. Este tratamento é especialmente interessante já que, além de reduzir a contaminação, gera biogás, com importante valor energético por estar constituído principalmente por metano (55-65%) (ONUDI, 2012).

A digestão anaeróbia é um processo sensível a variações, podendo ser dividido em quatro fases:

1-Hidrólise enzimática - Quando materiais orgânicos complexos são hidrolisados e convertidos em moléculas menores por meio da fermentação;

2-Acidogênese – Quando moléculas menores resultantes da hidrólise são metabolizadas por bactérias, convertendo-se em diversos compostos simples;

3-Acetogênese – Quando microrganismos acetogênicos convertem os produtos da acidogênese, resultando em hidrogênio, dióxido de carbono e acetato;

4-Metanogênese - processo pelo qual bactérias metanogênicas, convertem os substratos derivados da acidogênese em metano (Moreira et al,2014).

**4.4. Biodigestores**

O biodigestor é uma estrutura física que possibilita a biodigestão anaeróbia, proporcionando um ambiente favorável para o crescimento microbiano. Existe uma série de modelo de biodigestores, sendo definida a sua utilização através de aspectos do afluente, tais como, sólidos totais, DQO, DBO, relação carbono/nitrogênio e pH.

Existem diversos tipos de biodigestor, sendo os mais utilizados o modelo canadense, o modelo indiano, o chinês e o UASB. O modelo chinês tem um baixo custo de implantação, por ser feito em alvenaria, tornando-o mais durável, ocupa uma área pequena do solo por ser enterrado, no entanto, devido a oscilações de pressão no local de armazenamento do gás o sistema acaba tendo vazamentos, tornando o manejo complicado (Fonseca et al,2009).O modelo Indiano é similar ao Chinês, caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, que está mergulhada sobre o dejeto em fermentação. É um biodigestor em alvenaria de fácil construção, no entanto, o gasômetro que é feito de metal pode aumentar o custo final se comparado ao chinês O substrato não pode conter mais que 8% de sólidos, para que a mistura seja homogênea e ocorra fermentação em todas as partes do biodigestor (Deganutti et al., 2004).

O modelo canadense é uma lagoa na forma de trapézio invertido, com a largura maior que a profundidade, facilitando a exposição ao sol e elevação de temperatura. É o mais utilizado para grande volume de dejetos, por ser enterrado e gastar apenas as mantas de recobrimento do solo e do gasômetro (Daniel, 2015). Uma desvantagem é o Tempo de Retenção Hidráulica (TRH), que varia de 30-60 dias, o que demanda um volume muito grande dessas lagoas.

O reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) é baseado no regime fluxo ascendente de dejeto através de um lodo denso de elevada atividade microbiana e na separação sólido/gás/líquido, onde o reator opera com tempos de retenção celular (TRC) muito altos, mesmo quando submetido a tempos de detenção hidráulica (TDH) muito baixos (Rodrigues, 2008). A idéia é a separação do resíduo em classes, no qual na parte inferior concentram-se partículas granulares de elevada capacidade de sedimentação e no topo do reator concentram-se as partículas mais leves (Chernicharo, 2007).

Mesmo com diversas tecnologias em biodigestores, estas ainda apresentam algumas limitações, tais como o seu manejo e operação por parte dos produtores, que no final acabam perdendo a eficiência, necessitando de lagoas para o pós tratamento dos dejetos (Oliveira, 2012).

Segundo Bley Jr et al. (2009), o biodigestor recebe os efluentes brutos, tem-se então um ambiente anaeróbio e propicia as condições para a formação de biogás. O biogás gerado pode ser armazenado em um gasômetro ou pode ser canalizado para diversas finalidades, como nos processos de aquecimento de granjas e acionamento de motogeradores, gerando energia elétrica na propriedade.

Um indicativo da qualidade do biogás é o teor de metano, sendo desejável uma concentração elevada, já que é o gás responsável pelo seu poder calorífico. O biogás gerado a partir de resíduos de animais tem como principais componentes: metano (CH4) de 40-70 %, dióxido de carbono (CO2) de 30-60 % e outros gases como Ácido Sulfídrico, Nitrogênio e vapor d’água com concentração inferior a 1 % (Bley Jr et al, 2009).

**4.5. Geração de energia a partir de biogás**

A energia elétrica pode ser caracterizada como um bem essencial ao desenvolvimento humano, social e tecnológico da humanidade. A geração de energia no mundo está resumida, em sua grande maioria, pelas fontes de energias não renováveis como petróleo, carvão mineral e gás natural. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2015, a participação de renováveis na Matriz Energética Brasileira foi de 41,2%. Se comparado com a média mundial, que é 13,5%, o Brasil manteve-se entre as mais elevadas do mundo. Desses 41,2%, 16,9% vem da queima do bagaço de cana, 11,3% de energia hidráulica, 8,2% de carvão vegetal e lenha e 4,7% de lixívia e outras renováveis, estando o biogás ocupando 0,7% deste.

Se tratando de energia elétrica, a matriz brasileira tem capacidade instalada de 155,97 GWh, sendo 61% ofertada pelas hidrelétricas, 34% de termelétricas e o restante dividido entre eólica e solar (EPE, 2016). Com a escassez de chuva, as termelétricas tem se tornado cada vez mais frequentes na matriz elétrica, sendo na maioria movidas a gás natural, biomassa (Bagaço de cana, lixívia, lenha, biogás, etc.) e produtos derivados do petróleo. Atualmente, existem 28 empreendimentos com geração de energia a partir de biogás, com potência instalada de 17MWH, sendo a maioria derivada de resíduos sólidos urbanos (ANEEL, 2016).

O mercado de energia é composto por três tipos: Compensação, Mercado livre e Mercado Cativo. Desta forma, os projetos de geração de energia a partir de biogás podem ser classificados nos dois grupos seguintes: produção para autoconsumo (consumo interno da geradora ou consumo via compensação no mesmo CNPJ em outro local) e produção para Comercialização, que pode ser vendida para a Concessionária, ou no Mercado Livre, através da venda direta a empresa consumidora a partir da câmara de energia ou venda a partir da participação de leilões (CCEE, 2016).

No caso de sistema de compensação, somente pode ocorrer na geração distribuída, que é caracterizada pela instalação de geradores de pequeno porte, normalmente a partir de fontes renováveis localizados próximos aos centros de consumo de energia elétrica (ANEEL, 2016). Segundo a IN 687 da ANEEL de 24 de Novembro de 2015, “a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa” no período máximo de 60 meses, onde Microgeração é a “central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras” e minigeração é a “central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras”.

**4.6. Estudo de Viabilidade**

As tecnologias até então desenvolvidas precisam ser avaliadas em relação às condições de sua viabilidade econômica, fazendo-se necessário calcular e definir a rentabilidade e o investimento de diferentes alternativas tecnológicas. A avaliação da viabilidade econômica da implantação de biodigestores está vinculada às possibilidades técnicas e econômicas de sucesso (ou não) desses investimentos.

A análise de viabilidade econômica é uma ferramenta importante na tomada de decisão sobre um investimento, garantindo à empresa a alocação eficiente dos recursos disponíveis (Borges, 2008). Nas últimas décadas, ela vem sendo aplicada com maior intensidade na gestão agroindustrial.

A avaliação econômica é realizada na forma de um conjunto de indicadores, e consiste em fazer estimativas de todas as entradas (receitas) e saídas (recursos necessários para o investimento inicial, operação e manutenção) para um determinado tempo (Borges, 2008). A partir das estimativas, obtém-se o fluxo de caixa financeiro do projeto, que consiste na série periódica de entradas e saídas de recursos financeiros ao longo do horizonte de planejamento do projeto o que possibilita o cálculo dos indicadores econômicos para o empreendimento (Macedo et al., 2007).

Os indicadores de viabilidade econômica de projetos podem ser baseados no valor presente líquido (VPL), na taxa interna de retorno (TIR), no tempo de reembolso de capital (TRC) e na relação custos benefícios. Os indicadores baseados no valor presente líquido são os mais utilizados na avaliação econômica de projetos (Borges, 2008). O indicador mais conhecido deste método é o VPL, que representa o desconto do fluxo de caixa líquido para o período zero do projeto.

A avaliação de um projeto por meio deste indicador é feita da seguinte forma: se o VPL de um projeto é positivo, significa que ele é viável, caso contrário, ele deve ser rejeitado. No caso de comparação de projetos a se investir, aquele que apresentar maior VPL possui melhor viabilidade (Borges, 2008). Entretanto, este indicador possui algumas desvantagens tais como o cálculo do VPL que é feito considerando que os fluxos caixa líquidos de cada período do projeto são descontados de uma taxa fixa, alem de que o VPL possui grande sensibilidade em relação à Taxa mínima de Atratividade (TMA), exigindo uma análise criteriosa ao definir o valor desta taxa. Para a análise de projetos mutuamente exclusivos, o VPL só se aplica se os projetos apresentam ciclos de vida iguais (Borges, 2008).

Outros indicadores que apresentam fundamentados similares ao valor presente líquido são os baseados na taxa de retorno. Estes indicadores calculam o retorno, expresso em taxa de juros, que o fluxo de caixa do projeto apresenta. A TIR é o segundo indicador mais utilizado e representa qual o retorno sobre os investimentos no projeto considerando-se apenas a estimativa de seu fluxo de caixa, sem levar em conta os fatores externos. Ela é definida como a taxa de desconto “i” que torna nulo o VPL (Borges, 2008).

Os métodos de avaliação que utilizam indicadores baseados no reembolso do capital também são bastante empregados na avaliação de projetos. Esses indicadores calculam o número de períodos necessários para obter o reembolso dos investimentos do projeto. O principal indicador deste método é o TRC. O TRC simples representa o número de períodos necessários para que o fluxo de caixa acumulado seja nulo, isto é, o espaço de tempo necessário para que a soma das receitas nominais futuras se iguale ao valor do investimento inicial. Já o TRC com desconto determina o número de períodos necessários para que o fluxo de caixa acumulado seja nulo, descontando-se seu acúmulo segundo a TMA (Borges, 2008).

Segundo Borges (2008), uma das desvantagens do TRC é que este indicador não considera os resultados do fluxo de caixa após o valor do TRC, assim sendo, um projeto pode ser mais viável que outro, segundo o TRC, e apresentar um VPL ou TIR menores que do outro projeto.

Além de todas estas técnicas já apresentadas (VPL, TIR,TRC), outras técnicas também são úteis para análise de viabilidade econômica de projetos de investimento, tais como ponto de equilíbrio e análise de sensibilidade (Macedo, 2007). O ponto de equilíbrio (PE) é utilizado para identificar quantas unidades de produto são necessárias para custear todos os custos de produção ou qual a relação de produção/venda em que o resultado é nulo, ou seja, é a quantidade de produtos em que as receitas totais se igualam aos custos totais (Macedo, 2007).

Já a análise de sensibilidade é uma ferramenta que serve para mostrar os impactos que incertezas têm no andamento do projeto, e conseqüentemente na sua viabilidade econômica. Pode ser dividida em duas análises, sendo a primeira, mensurando as variações nos parâmetros variáveis do projeto e a segunda, mais sofisticada, utilizando probabilidade, tal como uma simulação de Monte Carlo (Macedo, 2007). Já para Vasconcellos e Mattos (1989) a análise de sensibilidade é uma técnica de simulação que examina como um resultado varia se os dados previstos não forem alcançados.

**5 METODOLOGIA**

**5.1. Caracterização do ambiente de estudo**

 Para desenvolver este trabalho foram coletadas informações juntamente a

administração do estábulo da Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Viçosa, estado de Minas Gerais. No local (figura 1), existem 115 vacas, das quais 40 são ordenhadas diariamente. Nos galpões do tipo Free-stall, os dejetos são retirados via lavagem das pistas de concreto através de esterco diluído em água que recircula no sistema. No galpão Compost barn a pista é lavada e a área de cama é retirada e jogada nas áreas de plantação, sendo adicionada nova cama. Todo resíduo da lavagem das pistas é então destinado a dois tanques cilíndricos de 260 m³ cada (figura 2), com sistemas de aeração, que atualmente não vem sendo utilizado por falta de manutenção. Na saída dos reatores tem-se uma moto bomba de rotor aberto, utilizada para reciclar o efluente tratado sobre os corredores dos galpões de confinamento free-stall, na proporção de 1:1 (efluente: água) e promover a limpeza hidráulica dos dejetos, que retornam aos tanques de aeração por gravidade por meio de canaletas. A drenagem dos reatores é realizada por uma motobomba, com vazão conduzindo o efluente até as áreas de produção de forragem, por escoamento superficial. A figura 3 apresenta o fluxograma do manejo do dejeto atualmente. Caso o projeto seja executado, a caixa de contenção dará lugar a um biodigestor, que produzirá biogás, e o efluente tratado, seguirá normalmente o fluxo para a fertirrigação (figura 4).

* Figura 1: Galpão do estábulo UFV*

*.*

**

*Figura 2: Tanque de armazenamento e recirculação de água residuária*

****

*Figura 3: Fluxograma do sistema de lavagem e manejo dos dejetos atualmente*

****

*Figura 4:Proposta de melhoria no tratamento dos dejetos com geração de energia.*

**5.2. Dimensionamento do Biodigestor**

 Para estimar a produção de dejetos, e assim calcular a quantidade de dejetos

gerados por dia no estábulo foram utilizados os dados encontrados por Santos(2000) na Tabela 1.

*Tabela 1: Produção de resíduos e principais características físico-quimicas para algumas espécies pecuárias*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Espécie Pecuária** | **Unidade Referencia** | **Quantidade de Resíduo** | ST (g/L) | SV (g/L) |
| Bovinos2 | Vaca Leiteira com 600 Kg | 50 L de dejeto | 90 | 70 |
| Bezerro de engorda com até 150 Kg | 15 L de dejeto | 90 | 70 |

*Nota: ST- Sólidos Totais, SV- Sólidos Voláteis, 1- Dejeto + Água de lavagem, 2-dejeto concentrado. Fonte:* Adaptado de Santos (2000).

Com os dados da tabela 1 foi possível chegar ao volume diário de produção de dejetos, que é dado por:

 Q= NA x PD x RE /1000 Equação (1)

Sendo:

Q: Vazão (m³/dia);

NA: Numero de animais

PD: Produção diária de dejetos por animal (L)

RE: Relação de diluição

Considerando que o tempo de retenção hidráulica (TRH) para dejeto bovino varia de 21 a 45 dias, o tamanho do biodigestor é dado pela formula:

VB= Q x TRH Equação (2)

Sendo:

VB: Volume do Biodigestor (m³);

Q: Vazão diária (m³);

TRH: Tempo de Retenção Hidráulica (dias);

**5.3. Produção de biogás**

 A produção de biogás pode ser calculada de diversas formas, no entanto, a adotada para o presente trabalho levou em consideração a conversão de Sólidos Voláteis em biogás. Para os cálculos, utilizou-se como referência os dados encontrados por Santos (2000), apresentados nas tabelas 1 e 2.

*Tabela 2: Produção de biogás a partir de resíduos pecuários.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Espécie Pecuária** | **Unidade Referencia** | **Produção Específica de Biogás (m3/ Kg de SV)** | **Produção diária (m³/ Animal/Dia)** |
| Bovinos2 | Vaca Leiteira com 600 Kg | 0,28 | 0,980 |
| Bezerro de engorda com até 150 Kg | 0,28 | 0,294 |

*Fonte: Adaptado de Santos (2000).*

A produção de biogás é dada por:

Q Biogás= Q dejetos x SV x PE equação (3)

Sendo:

Q biogás: Vazão diária de Biogás (m³/dia);

Q dejetos: Vazão diária de Dejetos sem diluição(m³/dia);

SV: Coeficiente de Sólidos voláteis (kg/m³);

PE: Produção específica de Biogás por Sólidos Voláteis (m³/kg de SV),

**5.4. Produção de energia Elétrica**

 A estimativa de energia elétrica produzida foi baseada na metodologia utilizada por Costa (2006), onde se utiliza conjunto motogerador para geração de energia através do biogás. A estimativa se baseia na conversão de energia e no rendimento do grupo motor gerador. Portanto, o potencial energético é dado por:

PE:Qbiogás x PCIbiogás x Nmotogerador X 4,1868/ 86.400 equação (4)

Onde:

 PE = potência elétrica (KW)

Qbiogás= vazão (produção média) do biogás (m³/dia)

PCIbiogás = poder calorífico do biogás (kcal/m³),aproximadamente 5000kcal/m³ considerando biogás com 60% de metano.

Nmotogerador = 36%, baseado no valor médio das tecnologias de conversão.

 4,1868 = fator de conversão de “kcal” (quilo caloria) para “kJ” (quilo joule), onde 1 KJ/s corresponde a 1 MW

 86.400 = transformação de dia em segundos.

**5.5. Analise econômica da produção de energia elétrica via biogás**

 Para efeito de calculo foi utilizado uma taxa de desconto de 12% ao ano. Para o

custo com manutenção dos equipamentos foi utilizado 4% do investimento realizado e a energia economizada foi utilizada para determinação do tempo de retorno do capital, além de custo anual com mão de obra de R$24.000,00. Seguindo a metodologia de Coldebella (2006), o custo de produção de energia elétrica via biogás se dará da seguinte forma:

Ce = (CAG + CAB) + MO / PE equação (5)

 Em que:

Ce = Custo de energia elétrica produzida via biogás (R$/kWh);

CAB = Gasto anual com biogás (RS/ano);

CAG= Custo anualizado do investimento no conjunto motor-gerador (RS/ano).

MO= Custo anualizado com mão de obra

PE= Produção de eletricidade pela planta de biogás (kWh/ano);

Em que:

CAG = (CIG \* FRC)+( CIG \* OM/100) equação (6)

CAB = CB\*CNB equação (7)

CAG - Custo anualizado do investimento no conjunto motor gerador (R$/ano),

CIG - Custo do investimento no motor gerador (R$),

OM - Custo com organização e manutenção (%/ano),

CB - Custo do biogás (R$/m3) e

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

A produção de eletricidade ( PE ) é dada por

PE = Pot \* T equação (8)

Pot - Potência nominal da planta (kW),

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

O fator de recuperação de capital é dado por:

FRC =[j \* (1 + j )n]/[(1+j)n-1 – 1] equação (9)

FRC - Fator de recuperação de Capital,

j - taxa de desconto (% ano) e

n - anos para amortização do investimento.

O custo do biogás é dado por

CB = CAB/PAB equação (10)

CAB - Custo Anualizado do investimento no biodigestor (R$/ano) e

PAB - Produção anual de biogás (m3/ano).

CAB = (CIB \* FRC) + (CIB\* (OM/100)) equação (11)

CIB – Custo de investimento no biodigestor (R$) e

PAB – Produção anual de biogás (m³).

**5.6 Levantamento de preços**

Para estimar o preço dos equipamentos necessários foi feito um levantamento de preço através de fornecedores que já trabalham na área de produção de biogás e geração de energia. As tabelas 3 e 4 mostram os investimentos considerados na análise de viabilidade na parte de produção de biogás e geração de energia.

*Tabela 3: Investimentos em produção de biogás*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Unidade** | **Quantidade** | **Valor** | **Total** |
| Terraplanagem | R$/m³ | 420 | R$ 25,00 | R$ 10.500,00 |
| Separador de Sólidos | Unid | 1 | R$ 22.000,00 | R$ 22.000,00 |
| Cercas | M | 20 | R$ 70,00 | R$ 1.400,00 |
| Lona PEAD, vedação | m² | 290 | R$ 20,00 | R$ 5.800,00 |
| Manta de PVC | m² | 220 | R$ 45,00 | R$ 9.900,00 |
| Tubulações | Unid | 1 | R$ 500,00 | R$ 500,00 |
| Rotâmetro | Unid | 1 | R$ 850,00 | R$ 850,00 |
| Flare | Unid | 1 | R$ 9.450,00 | R$ 9.450,00 |
| Instalação | DH | 25 | R$ 55,00 | R$ 1.375,00 |
|  | **Total** | **R$ 61.775,00** |

Tabela 4: Investimento em geração de energia

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Unidade** | **Quantidade** | **Valor** | **Total** |
| **Motogerador** | Unid | 1 | R$ 70.000,00 | R$ 70.000,00 |
| **Purificador Biogás** | Unid | 2 | R$ 750,00 | R$ 1.500,00 |
| **Construção** | m² | 600 | R$ 20,00 | R$ 12.000,00 |
| **Instalação** | Unid | 1 | R$ 10.000,00 | R$ 10.000,00 |
|  |  |  | **Total** | **R$93.500,00** |

**5.7 Elaboração de cenários**

Para a análise de viabilidade foram considerados dois cenários. No cenário 1, a energia economizada foi considerada fonte de renda. Para isso, utilizou-se do sistema de compensação, onde a energia é inserida na rede da concessionária e o preço da tarifa é o preço pago pela energia rural (R$0,37). No cenário 2, a energia elétrica produzida substitui parte dos geradores a diesel na geração de energia elétrica, onde a fonte de receita é a economia do diesel, dado pelo coeficiente 0,26l/kWh (ANEEL,2016), considerando o preço do diesel a R$3,10, resultando no preço do kW a R$0,80.

Para se verificar a viabilidade de geração de energia elétrica, determinou-se o VPL, TIR e Tempo de retorno de capital (TRC).

**6 RESULTADOS**

A tabela 5 mostra os resultados obtidos de produção diária de dejeto de acordo com a equação 1.

*Tabela 5 : Estimativa da produção diária de dejetos*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tipo** | **Esterco animal (L)** | **Quantidade de animais** | **Total de esterco (L)** | **Relação esterco: água** | **Volume de Água (m³)** | **Volume de carga (m³)** |
| A | B | C=A x B | D | E=C x D | F= C+ E |
| Vaca | 50 | 115 |  5.750 | 1:1 | 5.750 | 11.5 |
| Bezerro | 15 | 40 | 600 | 1:1 | 600 | 1.2 |
| **Total** |  |  |  |  |  | **12.7** |

Como o sistema de limpeza é feito com água, o volume final de resíduo acaba aumentando. Isso tem impacto direto no preço final do biogás, já que será necessário um biodigestor maior para o tratamento do efluente.

De acordo com a equação 2, o volume do biodigestor é:

VB= 12,7 m³/dia x 30 dias

VB= 381m³

Para tentar diminuir o volume do biodigestor é possível mudar o manejo dos dejetos utilizando primeiramente a raspagem das baias e depois lavagem, com isso, o volume de água gasto seria menor. No entanto, o custo com mão de obra seria maior, sendo necessário calcular qual sistema teria menor custo.

Para o presente estudo, a vazão de biogás de acordo com equação 3 foi de:

Q biogás:6,35 m³ x 70 g/L x 0,28m³/kg de SV

Q biogás: 124,5 m³/dia

A produção de biogás depende de vários aspectos, entre eles a quantidade de sólidos que se tem no dejeto. E isso irá depender da alimentação do animal, da quantidade de água no sistema de lavagem, entre outros. Por isso é importante sempre fazer análise do dejeto antes de implantar um sistema para produção de biogás.

A potência elétrica de acordo com equação 4 foi de:

PE: 124,5 m³/dia x 5000 kcal/m³ x 0,36 x 4.1868 / 86400

PE: 10,85 kW

Como a quantidade de biogás é pequena, a quantidade de energia produzida também será baixa. No entanto, na medida em que a produção aumenta, também aumenta a eficiência da geração de energia. Assim é necessário analisar a viabilidade de adquirir um motogerador menor para funcionamento em sistema continuo ou adquirir um motogerador maior para funcionamento em horários de pico, visando uma eficiência energética.

A tabela 6 apresenta os resultados das equações 5 a 11 calculados para o projeto em estudo.

*Tabela 6: Índices calculados do projeto em estudo.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Item** | **Unidade** | **Valor** |
| Investimento Biodigestor CiB | R$ | 61.775,00 |
| Investimento Motogerador CiG | R$ | 93.500,00 |
| Taxa de desconto(j) | % | 0,12 |
| Anos de Amortização(n) | Ano | 10,00 |
| Fator de Recuperação de capital FRC | % | 0,21 |
| Custo Anualizado Biodigestor CAB | R$ | 12.985,16 |
| Manutenção Biodigestor OM  | % | 4,00 |
| Produção de Biogás PAB | M3 | 43,66 |
| Custo Biogás CB | R$/M³ | 297,37 |
| Custo Anualizado Motogerador CAG | R$ | 23.393,73 |
| Manutenção Motogerador OM | % | 4,00 |
| Potencia Elétrica kW | kW | 10,85 |
| Horas de Funcionamento/dia | Horas | 24,00 |
| Tempo de Operação Horas/Ano | Horas/Ano | 8.760,00 |
| Mão de Obra anual | R$ | 24.000,00 |
| Produção de Energia  | (kW/ano) | 95.098,76 |
| Custo energia  | R$/kWh | 0,63 |

O Custo de produção da energia elétrica pelo biogás no momento atual é caro comparado a outros sistemas renováveis como a hidrelétrica. O que eleva o custo é a pequena quantidade de biogás gerada, com isso, não atende toda a potência do motogerador. A comercialização em leilões de energia com esse preço fica quase impossível, já que os últimos leilões de termoelétrica a biomassa não passaram de R$0,20/kW.

**7 IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS**

O sistema de biodigestores além de ser uma solução para minimizar a pressão ambiental da atividade é uma alternativa para o tratamento desses dejetos que permite o aproveitamento energético de uma fonte de energia renovável e sustentável, o biogás. O metano, principal componente do biogás é um dos gases poluidores, causadores de graves prejuízos nas vias respiratórias do homem e de animais, bem com a formação de chuva ácida, além de contribuírem para o aquecimento global. Nesse contexto, a queima do biogás elimina a emissão do metano produzido, que é considerado 21 vezes mais poluente que o CO2 em termos de aquecimento global.

Sendo assim, ao realizar o tratamento dos dejetos e dá-los outra destinação, o projeto irá fazer com que o estábulo deixe de dispor diariamente no ambiente uma carga orgânica equivalente a 2750 pessoas. Além disso, deixará de emitir 72 m3 de gás metano, por dia.

**8 ANÁLISE ECONÔMICA**

Os valores dos investimentos necessários e faturamentos previstos nos anos iniciais estão descritos na tabela 7. Os investimentos nos dois cenários são os mesmos.

*Tabela 7: Investimento e faturamento referentes à instalação do sistema.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ano | Investimento (R$) | Receita (R$) |
|  |  | **Cenário 1** | **Cenário 2** |
| 1º  | 2017\* | 155.275,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2º  | 2018 | 0 | 35.186,54 | 76.649,60 |
| 3º  | 2019 | 0 | 35.186,54 | 76.649,60 |
| Total | 155.275,00 | 70.373,08 | 153.299,20 |

\*Ano de realização do investimento.

As tabelas 8 e 9 detalham o fluxo de caixa dos cenários 1 e 2.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Tabela 8: Fluxo de caixa do cenário 1.* |  |  |  |  |  |  |
| ANOS | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|  RECEITAS  |  |  35.186,54  |  35.186,54  |  35.186,54  |  35.186,54  |  35.186,54  |
|  DESPESAS  |  155.275,00  |  29.271,00  |  29.271,00  |  29.271,00  |  29.271,00  |  29.271,00  |
|  RESULTADO BRUTO  | - 155.275,00  |  5.915,54  |  5.915,54  |  5.915,54  |  5.915,54  |  5.915,54  |
|  RESULTADO BRUTO ACUMULADO  | - 155.275,00  | - 149.359,46  | - 143.443,91  | - 137.528,37  | - 131.612,83  | - 125.697,28  |
|  JUROS MENSAL  | - 18.633,00  | - 15.687,17  | - 16.859,77  | - 18.173,08  | - 19.643,98  | - 21.291,39  |
|  RESULTADO LÍQUIDO ACUMUL.  | - 136.642,00  | - 146.413,63  | - 157.357,86  | - 169.615,39  | - 183.343,83  | - 198.719,68  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  ANOS | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  RECEITAS  |  35.186,54  |  35.186,54  |  35.186,54  |  35.186,54  |  35.186,54  |
|  DESPESAS  |  29.271,00  |  29.271,00  |  29.271,00  |  29.271,00  |  29.271,00  |
|  RESULTADO BRUTO  |  5.915,54  |  5.915,54  |  5.915,54  |  5.915,54  |  5.915,54  |
|  RESULTADO BRUTO ACUMULADO  | - 119.781,74  | - 113.866,20  | - 107.950,65  | - 102.035,11  | - 96.119,57  |
|  JUROS MENSAL  | - 23.136,50  | - 25.203,01  | - 27.517,51  | - 30.109,74  | - 33.013,05  |
|  RESULTADO LÍQUIDO ACUMULADO  | - 215.940,64  | - 235.228,10  | - 256.830,07  | - 281.024,27  | - 308.121,77  |

*Tabela 9: Fluxo de caixa do cenário 2.*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ANOS | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| RECEITAS |  | 76.649,61 | 76.649,61 | 76.649,61 | 76.649,61 | 76.649,61 |
| DESPESAS | 155.275,00 | 29.271,00 | 29.271,00 | 29.271,00 | 29.271,00 | 29.271,00 |
| RESULTADO BRUTO | - 155.275,00 | 47.378,61 | 47.378,61 | 47.378,61 | 47.378,61 | 47.378,61 |
| RESULTADO BRUTO ACUMULADO | - 155.275,00 | - 107.896,39 | - 60.517,79 | - 13.139,18 | 34.239,42 | 81.618,03 |
| JUROS MENSAL | - 18.633,00 | - 10.711,61 | - 6.311,57 | - 1.383,52 | 4.135,89 | 10.317,63 |
| RESULTADO LÍQUIDO ACUMULADO | - 136.642,00 | - 99.975,00 | - 58.907,96 | - 12.912,88 | 38.601,61 | 96.297,84 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ANOS | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| RECEITAS | 76.649,61 | 76.649,61 | 76.649,61 | 76.649,61 | 76.649,61 |
| DESPESAS | 29.271,00 | 29.271,00 | 29.271,00 | 29.271,00 | 29.271,00 |
| RESULTADO BRUTO | 47.378,61 | 47.378,61 | 47.378,61 | 47.378,61 | 47.378,61 |
| RESULTADO BRUTO ACUMULADO | 128.996,60 | 176.375,20 | 223.753,80 | 271.132,40 | 318.511,10 |
| JUROS MENSAL | 17.241,17 | 24.995,55 | 33.680,45 | 43.407,53 | 54.301,87 |
| RESULTADO LÍQUIDO ACUMULADO | 160.917,6 | 23.3291,8 | 314.350,8 | 405.137,00 | 506.817,4 |

**9 INDICADORES FINANCEIROS**

Os indicadores financeiros dos cenários 1 e 2 estão ilustrados na Tabela 10.

*Tabela 10: Indicadores Financeiros*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Indicador | Cenário 1 | Cenário 2 |
| Preço da energia (R$/kWh) | 0.37 | 0.80 |
| TIR anual(%) | -0,15% | 28% |
| TRC (anos) | Não recupera | 4 anos |
| VPL (R$) | - R$ 108.795,41 | R$100.379,18 |

 Analisando os indicadores financeiros, é possível constatar que o cenário 1 é inviável, pois o custo do kW é de R$0,63 e o preço pago a concessionária é de R$ 0,37, logo VPL é menor que 0. Já o cenário 2 é viável, pois o preço de venda é de R$ 0,80 e o custo de produção de R$ 0,63, gerando um VPL de R$100.379,18. Isto pode ser explicado pela finalidade da energia que é diferente. Como o mercado de energia no Brasil é relativamente estável, e os preços não oscilam com freqüência, o empreendimento no cenário 1 continuará sendo inviável nos próximos anos. Para ter uma viabilidade no cenário 1, a produção de energia teria que ser maior, pois os custos com depreciação são muito altos. Em se tratando do cenário 2, este tem um limite de demanda, já que a produção de energia via geradores a diesel é limitada a alguns geradores, não suprindo a demanda total da universidade, alem de ser fornecido na maioria das vezes apenas em horário de ponta.

A tabela 11 mostra uma análise SWOT do empreendimento. É interessante ressaltar que o objetivo principal não será a geração de energia e sim tratamento de dejetos. Com o empreendimento montado é possível ainda fazer pesquisas na área energética além de cursos e treinamentos de extensão que também são foco da universidade.

*Tabela 11: Análise SWOT*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Ambiente Interno** | **Ambiente Externo** |
| **Pontos Fortes** | **Forças**-Utilização para tratamento de dejetos-Produção de energia com conhecimento técnico-Redução de custos na geração de energia a diesel-Usar sistema para desenvolvimento de pesquisasPossibilidade de aumento de produção e redução de custos(incluir dejeto de suínos, aves). | **Oportunidades**-Mercado de Credito de Carbono- Alinhar as ações institucionais com a sustentabilidade (Servir de exemplo para manejo de resíduos e geração de energia limpa)- Possibilidade de certificações e agregação de valor à instituição |
| **Pontos Fracos** | **Fraquezas**-Rotação freqüente de funcionários-Mercado não escalável- Elevado custo de geração em pequena escala | **Ameaças**-Surgimento de alternativas mais baratas de energia-Manutenção precária de equipamentos de queima |

**10 COMPOSIÇÃO DE CUSTOS**

Na figura 5 é possível visualizar a composição de custos e o investimento a ser feito. Neste caso, custo total representa custo fixo (Depreciação do biodigestor e motogerador) e o custo variável (Manutenção de biodigestor e motogerador e mão de obra).

*Figura 5: Composição de custos da produção de energia elétrica.*

*Fonte: Elaborado pelo autor.*

A mão de obra representa o maior custo na produção, por isso, seria interessante que alem de ser responsável pelo sistema de produção de gás e energia o funcionário fizesse outras atividades no empreendimento, para que diminuísse os custos de produção. Outra alternativa é aumentar a produção de gás com outros resíduos que existem dentro da universidade, tais como dejeto suíno e poda de jardins. Com estas alternativas, o custo de depreciação de motogerador e biodigestor vão diminuir, representando significativamente os custos de produção, já que são depois de mão de obra, os maiores custos, responsáveis por 23% e 13% respectivamente.

**11 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE**

Para a análise de sensibilidade foram utilizados os fatores: Produção de energia elétrica, custo de biodigestor e custo de motogerador. As figuras 6 e 7 mostram os resultados dos cenários 1 e 2 respectivamente.

 *Figura 6: Variação do VPL na análise de sensibilidade no cenário 1.*

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7:*Variação do VPL na análise de sensibilidade no cenário 2.*

Fonte: Elaborado pelo autor.

 O preço pago pela energia influencia diretamente o resultado final do projeto. No cenário 1, mesmo em um cenário otimista o projeto não é viável, analisando custo de mão de obra, custo de motogerador e preço da energia. Já o cenário 2, quando analisado os mesmos fatores continua viável mesmo em um cenário pessimista. No entanto, a remuneração cai 77% quando o preço da energia tem um decréscimo de 20%.

**12 CONCLUSÃO**

A produção de energia a partir de biodigestor para venda é inviável do ponto de vista econômico (cenário 1), visto que o custo de produção foi de R$0,63 e o preço pago no sistema de compensação é de R$0,37. Por outro lado, quando se considera a substituição de geração com motores a diesel (cenário 2), o valor estimado da venda do kW foi de R$ 0,80, a implantação do sistema é viável e lucrativa do ponto de vista econômico.

**13 REFERÊNCIAS**

ANEEL, C. T. (2014). Micro e Minigeração Distribuída. *Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Brasília, DF, Brasil: Centro de Documentação–Cedoc*. Disponível em: https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/corporativo/Documents/caderno-tematico-microeminigeracao.pdf. Acesso em: 13/10/2016.

ANEEL. Resolução Normativa N° 687 de Novembro de 2015. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf .Acesso em: 03/10/2016.

Bley, C. J., Libânio, J. C., Galinkin, M., & Oliveira, M. M. (2009). Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais. Itaipu Binacional, 2. Disponível em: http://www.observatoriodoagronegocio.com.br/page41/files/agroenergbiomresnov09.pdf. Acesso em 21/09/2016.

Borges, Moacir Chaves. "Protótipo de um sistema integrado de apoio à decisão sobre investimentos industriais e agrícolas na cadeia produtiva do biodiesel." (2008). Disponível em: http://repositorio.ufv.br/handle/123456789/2834. Acesso em: 13/10/2016.

Chernicharo, C. A. D. L. (2007). Reatores anaeróbios (Vol. 5). UFMG.

CCEE. Câmara de Comercialização de energia elétrica (2016). Elétrica. Tipos de Leilões. Disponível em: http://www. ccee. org. br/portal/faces/pages\_publico/o-que-fazemos/como\_ccee\_atua/tipos\_leiloes\_n\_logado. Acesso em 21/09/2016.

Coldebella, A. (2006). Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais. 2006. 74 f (Doctoraldissertation, Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Engenharia de Sistemas Agroindustriais)-Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel). Disponível em http://tede.unioeste.br/tede/tde\_arquivos/1/TDE-2006-12-12T134908Z-74/Publico/Anderson%20Coldebella.pdf. Acesso em: 03/10/2016.

Costa, D. (2006). Geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento de esgoto. 2006.176 p (Doctoraldissertation, Dissertação (Mestrado em Energia), Programa de Pós Graduação em Energia (PIPGE). Universidade de São Paulo). Disponível em: http://citrus.uspnet.usp.br/usprio+20/?q=trabalhos/gera%C3%A7%C3%A3o-de-energia-el%C3%A9trica-partir-do-biog%C3%A1s-do-tratamento-de-esgoto. Acesso em: 18/10/2016.

Daniel, T. D. R. (2015). Avaliação dos afluentes e efluentes em sistemas de biodigestores em escala real para a produção de biogás e biofertilizante a partir de dejetos da pecuária leiteira. Disponível em https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/1451. Acesso em: 23/10/2016.

Deganutti, R., Palhaci, M. D. C. J. P., & Rossi, M. (2002). Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. Procedingsofthe 4th Encontro de Energia no Meio Rural. Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000100031&script=sci\_arttext&tlng=pt. Acesso em: 13/10/2016.

Derisio, José Carlos. Introdução ao controle de poluição ambiental. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1992. 201 p.

Dotto, R. B., & Wolff, D. B. (2012). Biodigestão e produção de biogás utilizando dejetos bovinos. DisciplinarumScientia| Naturais e Tecnológicas,13(1), 13-26. Disponível em: http://periodicos.unifra.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1291. Acesso em: 13/09/2016.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética (2016). Balanço Energético Nacional–Relatório Síntese ano base 2015. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\_2016\_Web.pdf. Acesso em: 02/10/2016.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Anuário estatístico de energia elétrica 2015 ano base 2014. Disponível em: http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202015.pdf. Acesso em 21/09/2016

FONSECA, F. A., & HENDGES, A. (2009). TL Análise de Viabilidade Econômica de Biodigestores na Atividade Suinícola na Cidade de Balsas-MA: um estudo de caso. In 47º Congresso SOBER-Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre. Disponível em: http://www.sober.org.br/palestra/13/687.pdf. Acesso em: 03/10/2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014). Produção da pecuária municipal 2013. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\_Pecuaria/Producao\_da\_Pecuaria\_Municipal/2013/ppm2013.pdf.Acesso em: 13/10/2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística(2016). Indicadores IBGE. Estatística da produção pecuária. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\_Pecuaria/Fasciculo\_Indicadores\_IBGE/abate-leite-couro-ovos\_201602caderno.pdf. Acesso em: 13/09/2016.

Jesus, M. F. D. (2013). Produção de biogás a partir de dejetos da bovinocultura de leite e cama de aviário. Disponível em http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/35305/Milton%20Fernando%20de%20Jesus%20Blanco%2c%20Trabalho%20de%20conclusao%20de%20curso%20%28Producao%20de%20Biogas%20a%20Partir%20de%20Dejetos%20da%20Bovinocultura%20de%20Leite%20e%20Cama%20de%20Aviario%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 13/10/2016.

Macedo, m., Lunga, a., &Almeida, k. (2007). Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos Agropecuários: o caso da implantação de um projeto de produção de produtos apícolas. In XLV Congresso da SOBER. Londrina. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcelo\_Alvaro\_Macedo/publication/240619208\_ANLISE\_DE\_VIABILIDADE\_ECONMICOFINANCEIRA\_DE\_PROJETOS\_AGROPECURIOS\_O\_CASO\_DA\_IMPLANTAO\_DE\_UM\_PROJETO\_DE\_PRODUO\_DE\_PRODUTOS\_APCOLAS/links/0f31753c03da56b0f9000000.pdf. Acesso em: 13/10/2016

Macedo, F. J. D. (2013). Dimensionamento de biodigestores para tratamento de dejetos da produção suína. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/125072. Acesso em: 18/10/2016.

Moreira, T. S., Carvalho,R. F., Orlandi,C., Vazquez, D. C. Z. (2014). Utilização de biodigestores como alternativa para o tratamento de dejetos oriundos da produção animal. VIII Simposio de Pós-Graduação e Pesquisa em Nutrição e Produção Animal. Pirassununga-SP. Disponível em: http://posvnp.org/simposios/2014/resumos/PauloHenriqueMazzaRodrigues.pdf. Acesso em: 03/10/2016.

Matos, Antonio Teixeira. Tratamento e Aproveitamento agrícola de resíduos sólidos. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014. 241p.

Oliver, a. D. P. M., Souza, a., Quadros, d. G. D., &Valladares, r. E. (2008). Manual de treinamento em biodigestão. Salvador: Winrock Internacional, 22p. Disponível em: http://www.ieham.org/html/docs/Manual\_Biodigestao.pdf. Acesso em: 18/10/2016.

Otenio, M. H., Resende, J. A., Diniz, C. G., da Silva, V. L., Ribeiro, M. T., Lima, J. C. F., & da Costa Carneiro, J. Produção de biogás a partir de dejetos da pecuária leiteira. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1038285/1/Cnpgl2015PanLeiteProducao.pdf. Acesso em: 13/10/2016.

Santos, P. (2000). Guia técnico de biogás. Centro para a Conservação de Energia, 101-109.

Silva, M. F. D., Pereira, J. C., Gomes, S. T., Nascif, C., & Gomes, A. P. (2015). Avaliação dos indicadores zootécnicos e econômicos em sistemas de produção de leite. Revista de Política Agrícola, 24(1), 62-73. Disponível em https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/967. Acesso em 23/09/2016.