

**Gestão do uso de energia renovável para o agronegócio**

**YASMIN GOMES CASAGRANDA**

yasmin\_casagranda@yahoo.com.br

**DENISE BARROS DE AZEVEDO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL

deniseazevedo1972@gmail.com

**RENATO DE OLIVEIRA ROSA**

UFMS - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

adm.renato.rosa@gmail.com

**FERNANDO OLIVEIRA DE LIMA**

brother.nato@gmail.com

# GESTÃO DO USO DE ENERGIA RENOVÁVEL PARA O AGRONEGÓCIO

Management of the use of renewable energy for agribusiness

**RESUMO:** Os empreendimentos do agronegócio estão cada vez mais competitivos e em busca de redução dos custos como forma de aumentar a margem de lucro. Os custos com a energia tem forte impacto em empresas rurais. Destarte é importante conhecer a matriz energética do país, estudar outras fontes de energia viáveis, renováveis e limpas, tais como a energia solar fotovoltaica que realiza quimicamente a conversão de raios solares em energia elétrica ou o biogás obtido na decomposição de matéria orgânica. Realizou-se esse trabalho com objetivo de avaliar a viabilidade econômica em médio prazo fontes de energia renováveis em empreendimentos rurais como meio de reduzir custos. A metodologia foi dividida em três etapas. i) coleta de dados; ii) tratamento; iii) análise de resultados. Na primeira realizou-se pesquisa quantitativa com coleta de dados, por meio de pesquisa bibliográfica em revistas especializadas, e pesquisa documental na coleta de dados secundários junto a órgãos que atuam no cenário energético. As variáveis estudadas foram a energia solar fotovoltaica e a bioenergia gerada por meio de dejetos de suínos. As variáveis estudadas: energia fotovoltaica e bioenergia via dejetos de suínos, se apresentaram como valorosas alternativas, em matéria de investimento e sustentabilidade.

**Palavras-chaves:** Energia Renovável, Energia Fotovoltaica, Bioenergia.

**ABSTRACT:** Agribusiness ventures are increasingly competitive and in search of cost reduction as a way to increase profit margin. Energy costs have a strong impact on rural enterprises. Therefore it is important to know the energy matrix of the country, to study other viable, renewable and clean energy sources, such as solar photovoltaic energy that chemically performs the conversion of solar rays into electricity or biogas obtained in the decomposition of organic matter. If this work aimed at assessing the economic viability in medium-term renewable energy sources in rural enterprises as a means of reducing costs. The methodology was divided into three stages. I) data collection; (Ii) treatment; Iii) analysis of results. In the first one, a quantitative research was conducted with data collection, through bibliographic research in specialized journals, and documental research in the collection of secondary data with organs that act in the energy scenario. The variables studied were photovoltaic solar energy and bioenergy generated by swine manure. The studied variables: photovoltaic energy and bioenergy via swine manure were presented as valuable alternatives in terms of investment and sustainability.

**Keywords:** Renewable Energy, Photovoltaic Energy, Bioenergy.

## 1 Introdução

Os empreendimentos do agronegócio estão cada vez mais competitivos e em busca de redução dos custos como forma de aumentar a margem de lucro. Com empreendimentos rurais não é diferente. Por meio do aprimoramento das técnicas de produção aliadas ao livre acesso às informações e tecnologias, o produtor rural pode alcançar a eficiência produtiva.

A energia elétrica exerce forte impacto no custo de produção e, possui alternativas viáveis a serem estudadas, pois é um bem de natureza estratégica que além de caro, no ambiente rural concorre com interrupções e ineficiências que podem culminar com perda da produção.

Neste sentido, torna-se importante conhecer a matriz energética do país, estudar outras fontes de energia viáveis, renováveis e limpas, tais como a eólica, geradas a partir da força dos ventos, a solar fotovoltaica que realiza quimicamente a conversão de raios solares em energia elétrica ou o biogás obtido na decomposição de matéria orgânica. Deste modo, conhecer as fontes de energia e possivelmente encontrar uma capaz de substituir a energia

obtida das linhas de distribuição, por uma energia gerada no próprio empreendimento, garantindo segurança energética, reduzindo custos e o impacto sócio ambiental negativo causado com a construção de novas usinas hidrelétricas.

Segundo a IEA, Agência Internacional de energia, atualmente há três gerações de energias renováveis, sendo, as tecnologias de primeira geração, emergidas a partir da revolução industrial, que compreendem a energia hídrica, à combustão e a energia geotérmica; as de segunda geração que compreendem a energia solar fotovoltaica, eólica e bioenergia, iniciadas nos anos de 1980 por conta da crise energética; e as de terceira geração que compreendem a energia solar por concentração, sistemas maremotriz, sistema geotérmico avançado e sistema integrado de bioenergias, todas encontram-se em fase de estudos e desenvolvimento (IEA, 2007).

Realizou-se esse trabalho com objetivo de estudar fontes de energias renováveis de segunda geração, que melhor atendam as necessidades e possibilidades do empreendimento rural, expondo a viabilidade econômica por meio do custo de implantação, tempo médio de retorno do capital investido, valor presente líquido e a taxa interna de retorno do investimento. Neste sentido a investigação pretende apontar dentre as variáveis estudadas, qual a fonte de energia oferece melhor retorno sobre o capital investido para o agronegócio na atualidade e que agreguem em responsabilidade sócio ambiental.

## **2 Referencial Teórico**

### **2.1 Fontes de energia renováveis de segunda geração.**

Em 1987, na 42ª reunião da ONU, foi introduzido pela primeira vez o termo desenvolvimento sustentável, preconizando que o desenvolvimento deve responder às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas necessidades (BRUNDTLAND, 1987).

Sustentabilidade energética é utilização da energia necessária para prover o desenvolvimento sem comprometer o potencial das gerações futuras de realizar o mesmo, diante disso, é crescente a valorização e o desenvolvimento de novas tecnologias utilizadas na produção de energias proveniente de fontes renováveis.

#### **2.1.1 Energia Solar**

A radiação solar é uma fonte de energia renovável, inesgotável e limpa, pois seu processo de transformação não emite poluentes tal como o dióxido de enxofre SO<sub>2</sub>, óxidos de nitrogênio NO<sub>x</sub> e dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, gases poluentes e que contribuem com o aquecimento global, tampouco poluição sonora, além de sua utilização não causar impacto ambiental algum.

Segundo Simioni, (2006), há três formas de aproveitamento da energia proveniente da radiação solar. A primeira é a arquitetura solar, que é uma forma de energia solar passiva, vinculada ao aproveitamento doméstico, com o aquecimento de piscinas, caixas d'água e iluminação natural. A segunda conhecida como heliotérmica onde a radiação solar é aproveitada em aquecer a água, gerando o vapor que movimenta o gerador.

A terceira forma de aproveitamento é conhecida como fotovoltaica onde os raios solares incidem sobre as placas coletoras, gerando uma reação química que é convertida em energia que pode ser utilizada diretamente, armazenada em baterias ou depositada na rede de distribuição, assim como a heliotérmica esta também é uma forma de energia solar ativa.

#### **2.1.2 Energia Solar Térmica**

O uso dessa forma de energia se dá por meio de coletores, que são constituídos por uma superfície absorvedora, e tubulação de cobre que capta o calor, supera a água a uma

faixa de temperatura que varia de 30°C a 80°C e a direciona para um reservatório onde fica armazenada de modo a preservar a temperatura, para posterior utilização.

Apesar de ser uma forma de energia solar passiva por não gerar energia elétrica, o sistema de aquecimento solar tem um importante impacto sobre o sistema elétrico nacional,

Segundo dados do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina, a utilização do chuveiro elétrico representa em média 24% do consumo de energia elétrica residencial de todo Brasil, já em habitações de interesse social, o percentual de impacto é de 32%, (PRADO, GONÇALVES, 1992).

### **2.1.3 Energia Solar Heliotérmica ou Termosolar**

A fonte heliotérmica, também conhecida como Concentrated Solar Power (SCP), utiliza superfícies refletoras que concentram os raios solares em um receptor geralmente instalado em uma torre, aquecendo seu fluido e convertendo a energia solar em energia térmica, esses fluidos podem ser óleos sintéticos ou sal fundido atingem temperaturas de até 2000°C e passam por um trocador de calor (FILHO, 2013).

Assim gerando vapor e movendo as turbinas que giram o gerador, transformando a energia térmica em energia elétrica. Tem sido observado impacto ambiental na ocorrência de pássaros que eventualmente morrem queimados ao atravessarem a zona de reflexão dos raios (ALMEIDA, 2013).

### **2.1.4 Energia Solar Fotovoltaica**

Para o desenvolvedor da primeira célula solar "fotovoltaica" é o conjunto de tecnologias que viabilizam a conversão direta dos raios solares em eletricidade através do dispositivo chamado "célula solar" (LORENZO, 1994).

Portando sistema fotovoltaico é a conexão das placas coletoras, onde ficam alocadas as células solares, inversor de potência, capaz de converter a corrente contínua em corrente alternada e baterias, quando houver interesse em armazenar a energia. A célula solar é o coração de um painel de energia fotovoltaica, responsável pela conversão da radiação solar em energia elétrica, processo que se realiza quimicamente. Após a conversão a energia gerada passa pelo conversor e é encaminhada para a rede de distribuição ou para as baterias caso haja.

Esta forma de energia requerer, proporcionalmente, uma área muito menor a da exigida na produção hidráulica de energia, segundo Salés, (2008), para cada metro quadrado de coletor instalado evita-se a inundação de 56 metros quadrados de terras férteis utilizadas na construção de novas usinas hidrelétricas. Em relação à incidência de raios solares, o sistema se apresenta conveniente. O Brasil é um dos países mais propícios no mundo para o uso de sistemas fotovoltaicos para eletrificação rural (RIBEIRO et al., 1999).

### **2.1.5 Biogás**

O biogás é o produto do processamento dos dejetos suínos no biodigestor, este que nada mais é que uma câmara que realiza a fermentação de matéria orgânica, produzindo além de biogás, o biofertilizante (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

O metano (gás incolor e combustível) é o principal componente energético, altamente inflamável, que após ser purificado pode ser utilizado para combustão, geração de energia elétrica, aquecimento e resfriamento (CERVI et al., 2010, SUNADA et al., 2012).

A energia gerada a partir de biodigestores é uma das soluções mais promissoras para o produtor rural, pois promovem o tratamento do resíduo e retornam parte da energia que seria perdida, de volta ao sistema produtivo, por meio da queima do gás (ORRICO et al., 2007; SANTOS et al., 2007).

## 2.2 Análises de Investimento

A análise econômica requer a realização de estimativas dos valores que serão aplicados na implantação, operação e manutenção dos materiais e equipamentos, bem como as receitas produzidas em determinado período de tempo para assim montar o fluxo de caixa em anos e após determinar resultados alcançados pelo empreendimento, comparar com as demais alternativas de investimento, que necessariamente deverão ser as de maior segurança e liquidez, como os fundos de renda fixa, para finalmente se concluir sobre a viabilidade do projeto. As ferramentas de apoio às tomadas decisões utilizadas nesta análise de viabilidade serão o Payback, a taxa interna de retorno (TIR) e o Valor presente líquido (VPL).

## 2.3 Método do Payback

Payback quer dizer retorno do investimento, nada mais é que o resultado do cálculo utilizado para se saber em quanto tempo o investidor recuperará o capital aplicado. É um ótimo método para se verificar o tempo mínimo de retorno, no entanto, não leva em conta o valor do dinheiro no tempo em sua desvalorização, como também não considera as entradas de fluxo de caixa após a recuperação do investimento, ou seja, não auxilia na estimativa do lucro (GITMAN, 2002).

**Figura 1** – Fórmula do Payback.

$$PB = \frac{\text{Investimento Inicial}}{\sum FC_{Ano}}$$

**Onde:**  
PB = Tempo de retorno do investimento em anos  
Investimento Inicial = custo do investimento inicial, em R\$  
FC = fluxo de caixa ao ano, em Reais.

Fonte: Gitman (2002).

Por ser uma ferramenta simples é comumente utilizada em isolado para calcular o retorno de pequenos projetos, no entanto por apontar simplesmente a recuperação do investimento e não apurar o lucro, o Payback deverá ser utilizado em conjunto com o VPL e o TIR, que se complementam no apoio à tomada de decisão, reduzindo os riscos.

## 2.4 Método do Valor Presente Líquido (VPL)

Baseado em Gitman (2002), o Método VPL consiste em trazer para o tempo presente os valores estimados no fluxo de caixa do projeto, após a definição da taxa mínima de atratividade (TMA), que nada mais é que o retorno esperado pelo investidor, em outras palavras, o percentual mínimo de retorno para que o ele opte pelo projeto.

**Figura 2** – Fórmula do Valor Presente Líquido.

$$VPL = -X_0 + \frac{X_1}{(1 + TR)} + \frac{X_2}{(1 + TR)^2} + \dots + \frac{X_n}{(1 + TR)^n}$$

**Onde:**  
VPL = Valor Presente Líquido      TR = Taxa de retorno esperado  
X<sub>0</sub> = Investimento inicial      X<sub>n</sub> = Saldo operacional do Caixa no período

Fonte: Gitman (2002).

A taxa mínima de atratividade que é representada em percentual deve ser no mínimo equivalente ou superior à rentabilidade obtida em aplicações de melhor risco de investimento, aqui, utilizada a taxa SELIC, cujo valor anualizado em Fevereiro de 2017 era de 12,83% ao ano, por tanto aplicamos a (TMA) como 12,83% ao ano.

Utilizou se aqui a taxa SELIC como referencia, pois ela é o parâmetro para remuneração de títulos públicos, como o Titulo do Tesouro Direto, um titulo de renda fixa, considerado investimento seguro. Atingida a taxa média de atratividade o investidor deverá observar que quanto maior o VPL mais interessante é o projeto, pois significa que as entradas são maiores que as saídas.

### 2.5 Método da Taxa Interna de Retorno

A TIR, proposta por Keynes (1936), é uma taxa de desconto que aplicada ao fluxo de caixa, tornam iguais, o valor presente das despesas e o valor presente do retorno do investimento de um projeto.

**Figura 3** – Fórmula da Taxa Interna de Retorno.

$$TIR = \sum FC(1 + i)^{-n} = 0$$

Onde:  
TIR = Taxa Interna de Retorno  
FC: fluxo de caixa  
*i*: taxa de juros  
*n*: número de períodos, em anos.

Fonte: Keynes (1936).

O melhor dentre os investimentos é aquele que apresenta maior TIR, no entanto para uma análise mais eficaz a taxa interna de retorno deve ser comparada com a taxa mínima de atratividade. Para Gitman, (2002), os investimentos com TIR maior que o TMA são considerados rentáveis e passíveis de análise, na mesma linha Hummel e Taschner (1995), apontam que se a TIR for menor que a TMA, a alternativa deverá ser rejeitada.

## 3 Metodologia

A metodologia foi dividida em três etapas. i) coleta de dados; ii) tratamento; iii) análise de resultados. Na primeira realizou se pesquisa quantitativa com coleta de dados, por meio de pesquisa bibliográfica em revistas especializadas, e pesquisa documental na coleta de dados secundários junto a órgãos que atuam no cenário energético (BAUER & GASKEL, 2002).

A coleta de dados por meio de pesquisa bibliográfica foi realizada para conhecer as fontes de energia renováveis aplicáveis aos objetivos propostos. A coleta de dados por meio de pesquisa documental para identificar o panorama das matrizes elétricas em quatro realidades distintas e os resultados do conjunto, e em dois momentos no tempo: a Alemanha, Estados Unidos, China, Brasil e Mundo (BARDIN, 2004).

A escolha pelas realidades desses países no tocante ao cenário energético se deu, para identificar situação e tendências na exploração de energia em países desenvolvidos ou em desenvolvimento, de proporções continentais e situados em quatro continentes diferentes.

No tocante a avaliação de viabilidade econômica, realizou se também pesquisa bibliográfica para identificar na literatura as ferramentas de apoio à avaliação e tomada de decisões, de onde selecionados os métodos payback, valor presente líquido VPL e taxa interna

de retorno TIR, bem como documental para conhecer condições de financiamento, taxas de juros, legislação pertinente e custos de instalação (SAMANEZ, 2002).

Na segunda etapa, realizou-se o tratamento de dados no intuito de definir duas variáveis com maior aplicabilidade no empreendimento rural médio, bem como conhecer as vantagens, desvantagens, as barreiras e custo de implantação, respeitando a igualdade na capacidade produtiva entre as duas variáveis.

Na terceira etapa, realizou-se a análise de resultado para a escolha da variável ideal baseada na melhor razão entre quatro parâmetros. São elas: i) Econômica: Caracterizada pela escolha da opção mais viável de implantação, calculada a partir do custo de implantação, retorno de investimento e custo de oportunidade; ii) Social: Caracterizada pelo menor índice ou maior contenção do impacto social causados à população; iii) Ambiental: Caracterizada pela nulidade ou contenção do impacto causado ao meio ambiente; iv) Tecnológica: Verificou-se a variável em que a tecnologia não apresentasse uma barreira de entrada quanto à instalação ou operação.

Após definidas a variável com maior aplicabilidade realizou-se a comparação para verificar se esta alternativa se mostra economicamente competitiva frente à energia elétrica já distribuída pela concessionária local. Destaca-se que qualquer esforço de comparação estrita entre as alternativas, apresentará imprecisão por menor que seja. Cada região e cada tipo de empreendimento rural possuem características que privilegiam determinadas fontes de energias, o que impossibilita a construção de parâmetros de seleção.

## **4 Resultados**

Apresentadas as variáveis, eletricidade a partir do biogás de dejetos suínos e a partir de sistema fotovoltaico, será realizada a estimativa de custo de implantação, receita gerada a partir da economia na aquisição de energia da distribuidora, custos de operação e depreciação, e então, de posse dessas informações e de ferramentas como valor presente líquido, taxa interna de retorno e payback, será possível verificar a viabilidade econômico-financeira de cada um dos investimentos e mais a frente realizar a comparação de qual o mais atrativo entre eles. A taxa mínima de atratividade para o período da realização do estudo foi de 12,83%.

### **4.1. O Biodigestor**

Para realizar a análise de viabilidade econômica, será necessário de conhecer o custo de implantação e também o fluxo de caixa, que está diretamente relacionado com capacidade produtiva de biogás, que por sua vez está relacionada à quantidade de suínos envolvidos na produção, por tanto para obter as estimativas consideraremos uma população de 500 suínos.

### **4.2 Produção do Biogás**

De acordo com OLIVER et al. (2008), a produção diária de dejetos suínos é de 4 kg de por animal. A diluição é realizada a uma proporção de uma parte de esterco para uma, mais um terço de água, que resulta em 9,2 litros, o autor aponta também que após a transformação este volume pode ser transformado em 0,356m<sup>3</sup> de biogás, e que o período de retenção dos dejetos suínos no biodigestor é de 35 dias.

O autor Oliveira (1994) apresenta valores aproximados, com média de 8,6 litros de dejetos líquidos dia equivalente a 0,27m<sup>3</sup>/mês ou 0,312m<sup>3</sup> de biogás no período de processamento do biodigestor, no entanto, como esta literatura é a mais antiga e as tecnologias de produção tendem a amadurecer, consideraremos os valores apresentados por (OLIVER, 2008).

Segundo Fonseca (2009), esse tipo de produção deve apresentar um cálculo para o adequado dimensionamento da capacidade do biodigestor, utilizando a volumetria diária de chorume e o tempo de retenção:

**Figura 4** – Cálculo da Volumetria diária de chorume.

$VB = VC \times TRH$ <p>VB = Volume do biodigestor (m<sup>3</sup>);  VC = Volume de carga diária (matéria orgânica + água) (m<sup>3</sup>/dia),  TRH = tempo de retenção hidráulica (dias).</p>
---

Fonte: Fonseca (2009).

Temos por tanto que na construção de um tanque biodigestor o volume necessário para atender os 9,2 litros diários de dejetos, acumulados por 35 dias é de 322 litros ou 0,322 m<sup>3</sup>/animal, portanto o volume requisitado para um tanque em uma propriedade de 500 suínos é de 161m<sup>3</sup> e a produção diária de biogás será de 178m<sup>3</sup>, conforme (Tabela 1).

**Tabela 1** – Volume necessário para o tanque no ciclo de 35 dias.

Animais	Necessidade em m <sup>3</sup> /tanque	Biogás (m <sup>3</sup> /dia)
<b>1</b>	0,322	0,356
<b>100</b>	32,2	35,6
<b>300</b>	96,6	106,8
<b>500</b>	161	178

Fonte: Dados da Pesquisa.

### 4.3 Geração de Energia

Para auferir a energia produzida, foi utilizado como referencia o gerador fabricado para operar a biogás da marca ER-BR, modelo GMWM50 de 50KVA, potencia efetiva média de 45kVA. A energia gerada em kWh será obtida através da conversão das unidades de medida kVA para kWh que atuam na razão de 1kVA para 0,8kW/h, portanto o conjunto moto gerador operando a 45kVA tem capacidade de geração de 36kWh.

Segundo dados da fabricante (ER-BR) o consumo de biogás no sistema escolhido é de 17Nm<sup>3</sup>/h, o equivalente a 20m<sup>3</sup> em condições razoáveis de altitude, temperatura e umidade, observada a disponibilidade de 178m<sup>3</sup> de biogás por dia a uma taxa de geração de 1.8kWh/m<sup>3</sup> teremos uma produção diária de 320,4kW/h operando 9 horas por dia.

### 4.4 Receitas

A receita do projeto é medida através da quantidade de kWh produzida anualmente com a queima do biogás no conjunto moto gerador (Tabela 2), multiplicado pelo valor do kWh ofertado pela distribuidora (Tabela 3).

**Tabela 2** – Produção anual de energia elétrica e seus insumos.

Descrição	Quantidade	Unidade de medida
Produção diária de biogás	178	m <sup>3</sup>
Consumo de biogás no gerador por hora	20	m <sup>3</sup>
Geração de energia elétrica por hora	36	kWh



Horas de utilização por dia	8,9	h
Geração diária de energia elétrica	320,4	kWh
Horas de utilização por ano	3.249	h
Geração anual de energia elétrica	115.344	kWh

Fonte: Dados da Pesquisa.

**Tabela 3** – Valor da tarifa de energia em Mwh por região, na modalidade RURAL em 2016.

Brasil	Centro Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul
R\$ 325,40	R\$ 355,09	R\$ 311,67	R\$ 344,52	R\$ 337,22	R\$ 304,71

Fonte: ANEEL, 2017.

No Brasil, o custo de energia elétrica é subsidiado para os consumidores que se enquadrem na modalidade rural, tendo seu preço bastante reduzido. Em 2016 segundo dados da ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica, o valor do Mwh nacional para esta modalidade foi cotado em R\$325,40, multiplicado este valor pela produção anual estimada do biodigestor, de 115.334 Kwh, obtemos um valor anual economizado de R\$ 37.532,94, o que será considerado receita para fins de realização de fluxo de caixa.

#### 4.5 Custo de implantação

Conhecida a dimensão necessária para o biodigestor processar o volume diário de dejetos produzidos, podemos apurar o custo de implantação (Tabela 4).

**Tabela 4** – Custo de implantação

Investimento	Valor (R\$)
Aquisição do grupo gerador	35.000,00
Construção do biodigestor	18.500,00
Casa de máquinas e instalações em alvenaria	4.300,00
Adaptação da instalação elétrica	3.750,00
Projeto	1.450,00
Total	63.000,00

Fonte: Dados da Pesquisa.

A estimativa do custo de implantação foi realizada levando em consideração os preços alcançados através de pesquisa em meios especializados informais, que contemplaram o projeto, execução e equipamentos, não levando em consideração o emprego de mão de obra de funcionários da granja. O valor se aproximou bastante com os apresentados na literatura para os sistemas de mesmo porte, como no estudo de caso realizado por (DALPONTE, 2004).

#### 4.6. Origem do Capital

A fonte de recursos utilizada na confecção desta estimativa foi a de capital próprio, não muito comum em investimentos deste porte, mas dada a variação das taxas de juros e modalidades de créditos de produtor para produto. A opção também evita que os juros do financiamento causem distorções sobre taxa mínima de atratividade, comprometendo a tomada de decisões.

Atualmente linhas de créditos subsidiadas como o PRONAF - Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar e o PRONAMP - Programa Nacional de Apoio ao

Médio Produtor Rural para propriedades com faturamento anual bruto de até R\$360 mil e R\$500 mil respectivamente ofertam créditos com taxas de 5,5% e 7,5% ao ano para este tipo de investimento (Ministério da Agricultura e BNDES). Já o Banco do Brasil oferta uma linha de crédito chamada (ABC) Agricultura de Baixo Carbono para investimento em práticas que contribuam com a redução na emissão de gases, a taxas de 8,5% ao ano, todas em Março de 2017.

#### 4.7 Depreciação

A depreciação foi realizada linearmente, realizando a divisão do valor do bem pelo tempo de vida útil em anos, chegando a uma taxa de 5% ao ano para bens com 20 anos de vida útil e de 6,67% para bens com vida útil de 15 anos.

**Tabela 5 – Depreciação Linear**

Equipamento/Material	Valor (R\$)	Vida útil (ano)	Depreciação (R\$/ano)
Construção do biodigestor e instalações	18.500,00	20	925,00
Casa de máquinas e instalações em alvenaria	4.300,00	25	172,00
Adaptação da instalação elétrica	3.750,00	15	249,98
Grupo gerador	35.000,00	15	2.333,10
Total	61.550,00		3.680,08

Fonte: Dados da Pesquisa.

#### 4.8 Custos de operação

Os custos foram divididos em fixos e variáveis, o custo variável é por conta do custo de operação do gerador, quanto mais operar, mais manutenções serão necessárias, já o custo fixo foi atribuído ao funcionário encarregado de operar o gerador e realizar a limpeza dos tanques.

#### 4.9 Custo Variável

O gerador deverá operar 8,9 horas diárias por 365 dias ao ano, totalizando 3.249 horas de trabalho ao ano será apontada aqui uma estimativa de custo de manutenção. Como qualquer motor a combustão estacionário a manutenção preventiva dos componentes é exigida em horas, como por exemplo, a troca de óleo lubrificante deve ocorrer a cada 100 horas de operação, o que exigirá 32,49 trocas ao ano, a troca de filtro de óleo a cada 400 horas, entre outras. Também há a manutenção corretiva, como troca de rolamentos entre outras imprevisíveis. Estimada a manutenção preventiva acrescida de uma margem para a manutenção corretiva é estimado um valor médio de R\$6.189,35 para este conjunto gerador e tempo de operação.

#### 4.10. Custo Fixo

O custo fixo refere se exclusivamente à mão de obra do operador do sistema, foi realizado o rateio do custo de um funcionário já existente no empreendimento. Com salário de R\$1 mil adicionado dos encargos de R\$528,89 obtemos um custo de R\$ 9,55 a hora.

Dedicadas 1 hora diária ao acionamento e limpeza do sistema, temos um custo de R\$ 286,50 mensais ou R\$ 3.438,00 anuais com mão de obra voltada para o biodigestor.

#### 4.11 Tempo de Retorno do Investimento

De posse dos dados apresentados torna se possível realizar a projeção financeira, aqui aplicada aos cinco primeiros anos do investimento (Tabela 6), no total para começar operando foi necessário o investimento de R\$63 mil entre projeto, construção e equipamentos. A taxa mínima de atratividade definida foi de 12,83% ao ano.

**Tabela 6** – Fluxo de caixa do projeto do Ano 0 ao Ano 05

Lançamentos	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Receita Operacional						
<b>(+) receita com energia</b>		37.532,94	39.972,58	42.570,80	45.337,90	48.284,86
Custo Operacional		<b>13.307,43</b>	<b>13.933,20</b>	<b>14.599,66</b>	<b>15.309,43</b>	<b>16.065,34</b>
<b>(-) custo fixo</b>		3.438,00	3.661,47	3.899,47	4.152,93	4.422,87
<b>(-) custo variável</b>		6.189,35	6.591,65	7.020,11	7.476,42	7.962,38
<b>(-) depreciação</b>		3.680,08	3.680,08	3.680,08	3.680,08	3.680,08
Lucro Bruto		24.225,52	26.039,38	27.971,14	30.028,47	32.219,53
<b>(-) imposto de renda</b>		1.938,04	2.083,15	2.237,69	2.402,28	2.577,56
Lucro Líquido		22.287,47	23.956,23	25.733,45	27.626,20	29.641,97
<b>(+) depreciação</b>		3.319,74	3.319,74	3.319,74	3.319,74	3.319,74
Disponíveis		25.607,21	27.275,97	29.053,19	30.945,94	32.961,71
<b>(=) Fluxo de Caixa</b>	-63.000,00	25.607,21	27.275,97	29.053,19	30.945,94	32.961,71
<b>(=) Recursos acumulados</b>	-63.000,00	25.607,21	52.883,18	81.936,37	112.882,31	145.844,02

Fonte: Dados primários.

Foi aplicada uma taxa anual de 6,5% aos custos, buscando simular o efeito da inflação sobre as despesas, já em relação à receita com energia, que não acompanha o processo inflacionário, foi realizada a média de reajuste anual dos últimos dez anos para o grupo tarifário RURAL, que também alcançou média de 6,5%.

O valor presente líquido, (VPL), ferramenta que calcula o valor do investimento no tempo (Figura 2), levando em consideração o incremento da taxa mínima de atratividade (TMA), neste caso 12,83%, foi de R\$ 38.467,21 (Trinta e oito mil, quatrocentos e sessenta e sete reais e vinte e um centavos), valor em que o retorno supera o esperado.

A Taxa interna de retorno, (TIR), após elaboração dos cálculos apontou percentual de 32,08%. Sabendo que quanto maior a TIR maior a lucratividade do projeto, este caso apresenta ótimo potencial, ficando acima da taxa mínima de atratividade. O Payback calculado a partir do fluxo de caixa do projeto ficou em 29 meses ou 2 anos e 5 meses. Importante salientar que o payback não considera o valor do dinheiro no tempo como o VPL, portanto é uma estimativa que não deve ser vislumbrada isoladamente.

#### 4.12 O Sistema Fotovoltaico

Para realizar uma justa comparação de viabilidade entre o sistema biodigestor e o sistema fotovoltaico será fixada como parâmetro a mesma quantidade de energia produzida pelo biodigestor, conforme relatado acima, que foi de 9.600kWh/mês, consequentemente

obtendo a mesma receita anual. Importante citar que o custo de implantação para todo território brasileiro deverá ser aproximado, no entanto, é evidente que a produção está diretamente relacionada às condições do tempo e incidência de raios solares, variando por tanto a cada local a dimensão necessária para o sistema produzir a média de energia esperada.

Será aqui tomada como referencia a cidade de Rio Verde, no estado de Goiás, pois além de obter boa incidência de raios solares durante o ano, possui localização geográfica centralizada, topografia plana, e é a cidade com o quarto maior PIB do estado, tendo sua economia voltada para o agronegócio. A cidade possui uma ótima estrutura agroindustrial, sendo a maior produtor de soja do estado e também de importância reconhecida na bovinocultura, suinocultura e avicultura (IBGE, 2013).

#### 4.13 Custo de implantação

A potencia necessária para que um sistema fotovoltaico possa produzir media de 9.600kWh/mês naquela cidade é calculada em 75,19kWp (quilo watt pico), com necessidade de 289 placas fotovoltaicas com potencia nominal de 260wp cada. O valor apresentado corresponde a aquisição, instalação e ligação à rede elétrica, (sistema funcionando), porem pode se fazer necessária a preparação da área que irá recebê-lo. A área mínima ocupada pelo sistema pelo sistema com 289 placas é de aproximadamente 600m<sup>2</sup>.

O método mais viável para a acomodação de um sistema dessa proporção em um empreendimento rural deverá ser ao solo, elevado por estrutura metálica, podendo ser necessária a realização de terraplanagem ou adaptação da vegetação, no entanto por variáveis como utilização de mão de obra própria ou a não necessidade de alteração do local, este custo não será incrementado na análise.

Segundo orçado, com esta especificação, o sistema instalado e conectado à rede elétrica, deverá custar de R\$ 315.798,00 à R\$ 375.950,00 dependendo do fornecedor e condições de negociação. Para realizar por tanto, os cálculos de viabilidade de investimento, será utilizada a média desses dois valores, ou seja, R\$ 345.874,00, (tabela 7).

**Tabela 7 – Custo de implantação**

Investimento	Valor (R\$)
Placas solares (298un x 260kw)	R\$ 269.010,00
Inversor de potencia (3 un. x 25kw)	R\$ 63.000,00
Adaptação da rede elétrica	R\$ 4.500,00
Projeto e instalação	R\$ 6.500,00
Outras despesas de implantação	R\$ 2.864,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 345.874,00</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

#### 4.14 Depreciação

A depreciação contábil ocorre com a necessidade de reinvestimento em equipamentos por conta do desgaste constante ou obsolescência que pode ocorrer ao final de sua vida útil, no sistema fotovoltaico este tempo é de 25 anos, já no caso dos inversores esse tempo é de 10 anos.

**Tabela 8 – Depreciação de bens**

Equipamento/Material	Valor (R\$)	Vida útil (ano)	Depreciação (R\$/ano)
Placas solares (298un x 260kw)	R\$ 279.300,00	25	R\$ 11.172,00

Inversor de potencia (3 um x 25kw)	R\$ 63.000,00	10	R\$	6.300,00
Total	R\$ 342.300,00		R\$	17.472,00

Fonte: Dados da Pesquisa.

#### 4.15 Custos de operação

Em razão de o sistema fotovoltaico ser um sistema estacionário de conversão química, não ocorrerá desgaste excessivo e nem haverá consumo de insumo que produziria custo de natureza variável, por tanto serão estimados, apenas o custo fixo, em razão da necessidade de manutenção preventiva que corresponde à inspeção visual e limpeza dos painéis.

O custo fixo refere se exclusivamente à mão de obra de um encarregado, foi realizado o rateio do custo de um funcionário já existente no empreendimento. Com salário de R\$1 mil adicionado dos encargos de R\$528,89 obtemos um custo de R\$ 9,55 à hora. Dedicada 1 hora diária exclusivamente à inspeção visual e limpeza do sistema, temos um custo de R\$ 286,50 mensais ou R\$ 3.438,00 anuais com mão de obra voltada para o sistema fotovoltaico.

#### 4.16 Tempo de Retorno do Investimento

A fim de verificar o tempo de retorno para este investimento foi realizada a projeção financeira a partir do fluxo de caixa, aplicada aos vinte primeiros anos do investimento (Tabela 9), no total para obter um sistema com esta especificação operando será necessário investimento de R\$345.874,00 entre projeto, aquisição e instalação do sistema. Foi utilizada aqui também a taxa mínima de atratividade de 12,83% ao ano.

**Tabela 9** – Fluxo de caixa do projeto do Ano 0 ao Ano 05

DRE	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
<b>Receita Operacional</b>						
(+) receita com energia		37.532,94	39.972,58	42.570,80	45.337,90	48.284,86
<b>Custo Operacional</b>						
(-) custo fixo		3.438,00	3.661,47	3.899,47	4.152,93	4.422,87
(-) custo variável		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) depreciação		17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00
<b>Lucro Bruto</b>		16.622,94	18.839,11	21.199,33	23.712,97	26.389,99
(-) imposto de renda		1.329,84	1.507,13	1.695,95	1.897,04	2.111,20
<b>Lucro Líquido</b>		15.293,10	17.331,98	19.503,39	21.815,93	24.278,79
(+) depreciação	0,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00
<b>Disponíveis</b>	0,00	32.765,10	34.803,98	36.975,39	39.287,93	41.750,79
(=) Fluxo de Caixa	-345.874	32.765,10	34.803,98	36.975,39	39.287,93	41.750,79
(=) Recursos acumulados	-345.874	32.765,10	67.569,09	104.544,47	143.832,41	185.583,20

Fonte: Dados primários.

Foi aplicada uma taxa anual de 6,5% aos custos com mão de obra, buscando simular o reajuste inflacionário sobre salários, já em relação à receita com energia, continuamos com a média de reajuste anual dos últimos dez anos para o grupo tarifário RURAL, que foi de 6,5%, da mesma forma utilizada no investimento do biodigestor.

O valor presente líquido, (VPL), ferramenta que calcula o valor do investimento no tempo (Figura 2), levando em consideração o incremento da taxa mínima de atratividade

(TMA), neste caso 12,83%, foi de R\$ 3.419,11 (Três mil, quatrocentos e dezenove reais e onze centavos), valor em que o retorno supera o esperado, ocorreu apenas no vigésimo ano de operação.

A Taxa interna de retorno, (TIR), após elaboração dos cálculos apontou percentual de 32,08%. Sabendo que quanto maior a TIR maior a lucratividade do projeto, este caso apresenta ótimo potencial, ficando acima da taxa mínima de atratividade.

**Tabela 10** – Fluxo de caixa do projeto do Ano 16 ao Ano 20

DRE	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
<b>Receita Operacional</b>					
(+) receita com energia	96.528,75	102.803,12	109.485,33	116.601,87	124.180,99
<b>Custo Operacional</b>					
(-) custo fixo	8.841,99	9.416,72	10.028,81	10.680,68	11.374,92
(-) custo variável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) depreciação	17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00
<b>Lucro Bruto</b>	<b>70.214,76</b>	<b>75.914,40</b>	<b>81.984,52</b>	<b>88.449,19</b>	<b>95.334,07</b>
(-) imposto de renda	5.617,18	6.073,15	6.558,76	7.075,94	7.626,73
<b>Lucro Líquido</b>	<b>64.597,58</b>	<b>69.841,25</b>	<b>75.425,76</b>	<b>81.373,26</b>	<b>87.707,35</b>
(+) depreciação	17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00
<b>Disponíveis</b>	<b>82.069,58</b>	<b>87.313,25</b>	<b>92.897,76</b>	<b>98.845,26</b>	<b>105.179,35</b>
(-) Fluxo de Caixa	82.069,58	87.313,25	92.897,76	98.845,26	105.179,35
(=) Recursos acumulados	861.566,43	948.879,68	1.041.777,44	1.140.622,70	1.245.802,04

Fonte: Dados primários.

O Payback calculado a partir do fluxo de caixa do projeto ficou em 29 meses ou 2 anos e 5 meses. Importante salientar que o payback não considera o valor do dinheiro no tempo como o VPL, portanto é uma estimativa que não deve ser vislumbrada isoladamente.

A Taxa interna de retorno, (TIR), após elaboração dos cálculos apontou percentual de 12,95%. Sabendo que quanto maior a TIR maior a lucratividade do projeto, este caso apresenta bom potencial, se analisado o tempo de depreciação ficando acima da taxa mínima de atratividade. O Payback calculado a partir do fluxo de caixa do projeto ficou em 101 meses ou 8 anos e 5 meses. Importante salientar que o payback não considera o valor do dinheiro no tempo como o VPL, portanto é uma estimativa que não deve ser vislumbrada isoladamente.

## 5 Considerações finais

Objetivou se com este trabalho, apresentar a análise de viabilidade econômica com comparação na implantação de duas fontes de energia renováveis no agronegócio brasileiro, para tal, levou se em consideração que os investimentos deveriam apresentar rentabilidade igual ou superior a investimentos considerados seguros, neste caso, 12,83% ao ano.

Verificou se que, com custo inicial de apenas R\$63.000,00 o biodigestor pôde produzir a mesma quantidade de energia e oferecer um tempo de retorno do investimento de 29 meses enquanto que no sistema fotovoltaico o custo de implantação foi quase cinco vezes e meia superior, R\$345.874,00 apresentando payback de 101 meses.

Em relação ao valor presente líquido dos investimentos, no sistema fotovoltaico o valor só ficou positivo no vigésimo ano do projeto, levando se em conta que o sistema tem

vida útil de vinte cinco anos e que o VPL inclui a taxa mínima de atratividade requerida pelo investidor o resultado se torna razoável, em contrapartida, o sistema biodigestor apresenta valor presente líquido positivo já ao final do terceiro ano. Outro indicador é a taxa interna de retorno, em que o biodigestor atingiu 32,08% no quinto ano, resultado que impressiona mais que os 12,95% alcançados pelo sistema fotovoltaico no vigésimo ano.

Constatou-se que os dois casos apresentam viabilidade econômica, porém nota-se que todos os indicadores econômicos apontam para o sistema biodigestor como investimento de rentabilidade muito superior, tornando a implantação do sistema fotovoltaico economicamente viável, porém impraticável.

No entanto, cabe ressaltar que os dados utilizados foram baseados apenas em pesquisa bibliográfica, documental e coleta de dados, portanto quanto a produtividade, os valores apresentados foram estimativas para valores reais, alcançados com base em cálculos realizados a partir de fórmulas e dados disponíveis na literatura. Quanto a questão de viabilidade existe a limitação de que a produtividade do biodigestor foi baseada na criação de 500 suínos que não foram apreçados no projeto, portanto a viabilidade de implantação deve ser analisada caso a caso de acordo com a disponibilidade de recursos em cada empreendimento.

As demais cabem ressaltar que as fontes de energias renováveis não devem ser analisadas apenas como alternativas de interesse econômico, mas também como uma necessidade socioambiental imediata. Sabendo que um sistema fotovoltaico desta dimensão evitaria a inundação de aproximadamente 33km<sup>2</sup> de terras férteis na construção de novas usinas hidrelétricas ou que o biodigestor evitaria anualmente a liberação de aproximadamente 35 toneladas de metano na atmosfera, se faz necessário reavaliar o significado para a palavra viabilidade.

## Referências

ALMEIDA, G.S.M. Pesquisa e desenvolvimento de um sistema termoelétrico do tipo linear fresnel reflector. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis). s.l., Portugal : Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. p. 86. 2013.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, 2004.

BAUER, M. W. e GASKEL, G. Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático. 3. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2002.

BNDES. Banco Nacional De Desenvolvimento. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/pronamp-investimento>>. Acesso em 05 de mar. 2017.

BORGES, F. Matrizes elétricas na economia mundial: um estudo sobre os posicionamentos na Alemanha, Estados Unidos e China. Revista acadêmica: Contribuciones a la Economía, 2013.

BRUNDTLAND, G. H. (EDITOR). Our Common Future: The World Commission on Environment and Development. Oxford University Press. 398 p. 1987.

DALPONTE, Daiane. Avaliação do uso de dejetos suínos em biodigestor, na produção de biogás e na geração de energia. Florianópolis : [s. n.]. 2004.

FILHO, V.C.P. Análise experimental de um sistema solar com concentrador cilindro parabólico. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). s.l., Brasil : Universidade Federal de Santa Catarina., 2013. p. 114.

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: CONGRESSO DA SOBER, 47., Porto Alegre, 2009. Anais...

GITMAN, Lawrence J. Principios de administração financeira. São Paulo: Harbra, 2002  
HUMMEL, Paulo Roberto Vampre; TASCHNER, Mauro Roberto Black. Análise e decisão sobre investimentos e financiamentos: engenharia econômica : teoria e prática. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1995

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Renewables In Global Energy Supply, 2007. Disponível em: <[https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/renewable\\_factsheet.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/renewable_factsheet.pdf)> Acesso em 20 fev. 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Energia no Mundo - Matrizes e Indicadores 2016 Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/boletins-de-energia>>. Acesso em 21 de fev. 2017 .

OLIVER, A. P. M.; SOUZA NETO, A. A.; QUADROS, D. G.; VALLADARES, R. E. Manual de treinamento em biodigestão. Salvador: Instituto Winrock – Brasil, 2008.

PRADO, R.T.A.; GONÇALVES, O.M.C. Gerenciamento de demanda e consumo de energia para aquecimento de água em habitações de interesse social: Resumo. São Paulo, 1992.

SAMANEZ, Carlos Patricio. Matemática Financeira: Aplicações à Análise de Investimentos Carlos Patricio Samanez - São Paulo: PrenticeHall, 2002. ISBN 85-87918-07-9