

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

AMANDA DO PRADO DELABARY

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE ENERGIA HÍBRIDO NA ÁREA RURAL DE CANDIOTA**

**Bagé
2021**

AMANDA DO PRADO DELABARY

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE ENERGIA HÍBRIDO NA ÁREA RURAL DE CANDIOTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia de Energia como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador: Luciano Vieceli Taveira

**Bagé
2021**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

D331a Delabary, Amanda

Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia híbrido na área rural de Candiota / Amanda Delabary.

76 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA DE ENERGIA, 2021.

"Orientação: Luciano Vieceli Taveira".

1. Sistema híbrido. 2. Biogás. 3. Solar. 4. Eólica. 5. Energias. I. Título.

AMANDA DO PRADO DELABARY

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA HÍBRIDO NA ÁREA RURAL DE CANDIOTA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia de Energia como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Energia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 11 de maio de 2021.

Banca examinadora:

Prof.º Dr.º Luciano Vieceli Taveira
Orientador

Prof.ª Dr.ª Sabrina Neves da Silva
Universidade Federal do Pampa

Prof.º Dr.º Marcelo Romero de Moraes
Universidade Federal do Pampa



Assinado eletronicamente por **SABRINA NEVES DA SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/05/2021, às 12:18, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **LUCIANO VIECELI TAVEIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/05/2021, às 17:52, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MARCELO ROMERO DE MORAES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/05/2021, às 21:04, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_organizacao_acesso_externo=0, informando o código verificador 0522036 e o código CRC F9ADAC54.

Dedico este trabalho a minha familia, meu noivo
e meu cachorro.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante toda a graduação com saúde e forças para chegar até o final e por me proporcionar perseverança durante toda a minha vida.

Aos meus pais e irmã pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações.

Ao meu noivo pelo seu amor incondicional e por compreender minha dedicação ao curso, e que sempre esteve ao meu lado durante o meu percurso acadêmico.

Ao meu professor orientador Luciano Taveira pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo de desenvolvimento, desde a iniciação aos projetos até a conclusão do curso. Sou grata pela confiança depositada na minha proposta de projeto.

A todos os meus colegas do curso de graduação que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo, cito em especial Cintia Lemes e Bruna Modkovski.

Também quero agradecer à Universidade Federal do Pampa e de seu corpo docente que demonstrou estar comprometido com a qualidade e excelência do ensino.

A todos os mestres que contribuíram com a minha formação acadêmica e profissional durante a minha vida.

Gratidão a todos!

“Nossa maior fraqueza é a desistência. O caminho mais certo para o sucesso é sempre tentar apenas uma vez mais.”

Thomas Edison.

RESUMO

O desenvolvimento de novos métodos para a utilização consciente e eficiente da energia vem ocorrendo em crescente demanda com o passar dos anos. Os sistemas híbridos consistem de duas ou mais fontes geradoras de eletricidade que objetivam obter uma fonte confiável de suprimento de energia, podendo estar ou não conectados a rede de distribuição. A produção de biogás na área rural surge como uma alternativa para a região da Campanha Gaúcha, devido à extensão dessas áreas a qual inclui a equinocultura. Esses resíduos podem ser processados em biodigestores para produção de biogás. Os biodigestores são uma alternativa para o processamento da matéria orgânica, sendo um dos mecanismos que permitem essa produção. As placas solares têm como função captar a energia luminosa do sol e transformá-la em energia térmica ou elétrica. A energia eólica é proveniente da velocidade dos ventos, onde ocorre a transformação da energia do vento em energia útil, sendo uma forma de obter energia de forma renovável e limpa, uma vez que, não produz poluentes. Com base nestes aspectos, neste trabalho projetou-se um sistema híbrido para geração de energia elétrica do tipo solar-eólico-biodigestão para instalação em uma propriedade rural localizada na cidade de Candiota-RS. Para isso, foram selecionados os materiais e equipamentos necessários, estimou-se os custos de instalação e calculou-se a receita, o VPL e o TIR. O custo total em materiais e equipamentos foi de R\$ 19.496,81 com VPL e TIR de R\$9.770,82 e 12% respectivamente. Se o sistema projetado operasse continuamente, seriam gerados 682 kWh/mês, o que supriria totalmente a demanda da propriedade, contudo, considerando-se as variações da radiação solar e do vento, considerando-se um tempo de operação de 60%, a geração será de 409 kWh, ainda assim supre a demanda necessária. O investimento no projeto é recuperado após 6 anos de operação da planta. Foi demonstrado que o projeto é economicamente viável e possível de ser instalado no local do estudo, contribuindo ainda para minimização de impactos ambientais.

Palavras-chave: Sistema híbrido. Biogás. Solar. Eólica. Energias.

ABSTRACT

The development of new methods for the conscious and efficient use of energy has been occurring in increasing demand over the years. Hybrid systems consist of two or more sources of electricity that aim to obtain a reliable source of energy supply, whether they are connected or not to the distribution network. The production of biogas in the rural area appears as an alternative for the region of Campanha Gaúcha, due to the extension of these areas which includes equine farming. These residues can be processed in biodigesters to produce biogas. Biodigesters are an alternative for the processing of organic matter, being one of the mechanisms that allow this production. The solar plates have the function of capturing the luminous energy of the sun and transforming it into thermal or electrical energy. Wind energy comes from the speed of the winds, where wind energy is transformed into useful energy, being a way to obtain energy in a renewable and clean way, since it does not produce pollutants. Based on these aspects, this work designed a hybrid system for generating electric energy of the solar-wind-biodigestion type for installation in a rural property located in the city of Candiota-RS. For this, the necessary materials and equipment were selected, installation costs were estimated and revenue, NPV and IRR were calculated. The total cost of materials and equipment was R\$ 19,496.81 with NPV and IRR of R\$ 9,770.82 and 12%, respectively. If the projected system operated continuously, 682 kWh/month would be generated, which would fully supply the property's demand, however, considering the variations in solar and wind radiation, considering an operating time of 60%, the generation will be 409 kWh, yet still supply the necessary demand. The investment in the project is recovered after 6 years of operation of the plant. It was demonstrated that the project is economically viable and possible to be installed at the study site also contributing to the minimization of environmental impacts.

Keywords: Hybrid system. Biogas. Solar. Wind. Energies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comparação do consumo de energias renováveis	19
Figura 2: Comparação do consumo de energias renováveis	20
Figura 3: Matriz elétrica Brasil 2019	20
Figura 4: Usina Hidrelétrica	21
Figura 5: Usina Termoelétrica	22
Figura 6: Usina Nuclear	23
Figura 7: Energia Solar	24
Figura 8: Sistema Híbrido Solar/Éolico	25
Figura 9: Esquema de utilização do biogás.....	26
Figura 10: Modelo Indiano	28
Figura 11: Modelo Chinês	28
Figura 12: Modelo Canadense	29
Figura 13: Etapas de produção.....	30
Figura 14: Espectro de radiação solar.....	32
Figura 15: Linha do zênite e ângulo zenital.....	32
Figura 16: Ângulo de declinação solar conforme as estações do ano	33
Figura 17: Perfil da irradiância solar ao longo de um dia.....	34
Figura 18: On-grid – Off-gride	34
Figura 19: Elementos básicos célula fotovoltaica.....	36
Figura 20: Componentes eólicos.....	38
Figura 21: Modelo turbinas de eixo vertical	39
Figura 22: Modelo turbinas de eixo horizontal.....	39
Figura 23: Estância Recanto Amália.....	41
Figura 24: Croqui esquemático	43
Figura 25: Funcionamento biodigestor	44
Figura 26: Biodigestor 1m ³ (modelo canadense).....	45
Figura 27: Gerador de energia Shandhai	45
Figura 28: Inserção dos dados.....	46
Figura 29: Resultado energia solar	46
Figura 30: Pannel 330W Canadian Solar.....	47
Figura 31: Inversor 3,3kW	48

Figura 32: Produção Mensal Média.....	48
Figura 33: Simulação SIGD.....	49
Figura 34: Aerogerador Tesup 3100.....	50
Figura 35: Produção Anual de Energia.....	50
Figura 36: Medidor Dowerdeck.....	51
Figura 37: Gráfico Payback	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Efetivo de rebanho	26
Tabela 2: Produção diária de dejetos	27
Tabela 3: Estimativa de produção de biogás.....	30
Tabela 4: Dados NOAA	42
Tabela 5: Valores médios.....	43
Tabela 6: Custo Investimentos	52
Tabela 7: Inserção dos dados	52
Tabela 8: TIR X VPL	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Vantagens e Desvantagens	35
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CEEE	Companhia Estadual de Energia Elétrica
CRESESB	Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio Brito
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EGP	Enel Green Power
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GLP	Gás liquefeito de petróleo
kWh	Kilo Watt Hora
ONG	Organizações não governamentais
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SH	Sistemas Híbridos
TIR	Taxa Interna de Retorno
UNIPAMPA	Universidade Federal do Pampa
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	17
2.	OBJETIVOS.....	17
2.1	Objetivos Gerais.....	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3.	CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA	19
3.1	O Meio Ambiente	19
3.2	Fontes de Energia Elétrica no Brasil.....	20
3.3	Sistemas Híbridos de Energia	25
3.3.1	Biogás	26
3.3.1.1	Produção de Dejetos	27
3.3.1.2	Biodigestores e o Biogás.....	28
3.3.1.3	Geração de Energia.....	32
3.3.1.4	Vantagens e Desvantagens	32
3.3.2	Energia Solar	32
3.3.2.1	Funcionamento e Componentes Fotovoltaicos	36
3.3.2.2	Vantagens e Desvantagens	38
3.3.3	Energia Eólica	38
3.3.3.1	Componentes	38
3.3.3.2	Vantagens e Desvantagens	41
3.4	Disposições Legais	41
4	METODOLOGIA	42
4.1	Dados Obtidos	42
4.2	Croqui Esquemático	44
4.3	Materiais Utilizados	44
4.4	Estimativa dos Custos	52
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	53
6	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS.....	57
	ANEXO A	63
	ANEXO B	64
	ANEXO C	65

ANEXO D	66
ANEXO E	67
APÊNDICE.....	68

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais existem inúmeras formas de se economizar energia e de se preservar o meio ambiente. Dentre elas temos métodos de se reutilizar resíduos orgânicos, os quais correspondem a mais de 50% do total de resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil, segundo a ANEEL/ABSOLAR 2020, temos a energia solar proveniente do sol que corresponde a 1,6% de toda a matriz energética brasileira, alcançando a geração de 2,955 MW no mês de outubro de 2020, logo temos também a energia eólica, correspondendo a 9,1% da matriz, ficando atrás apenas da energia obtida por usinas hidrelétricas (em torno de 60%).

A produção de biogás a partir de dejetos de animais gera benefícios, sejam eles econômicos, ambientais e sociais, como diminuir o mau cheiro, reduzir o seu potencial poluente, redução de gastos com a energia através da utilização de biodigestores, que são recipientes onde a biomassa sofre a digestão pelas bactérias anaeróbicas, gerando o gás e, dessa forma, produzindo uma energia limpa.

A energia solar ou fotovoltaica é a geração de energia elétrica a partir da luz do sol, ou seja, quando a luz do sol é captada por painéis solares, ocorre a transformação da corrente elétrica para utilização em residências, comércios e indústrias, tendo como benefícios a não geração de resíduos, sendo considerada uma energia limpa, possui uma fonte de energia gratuita tornando a energia gerada mais barata, podendo gerar economia de até 95% na conta de luz, com baixa necessidade de manutenção.

Já a energia eólica é produzida a partir da força dos ventos e é gerada por meio dos aerogeradores. Este sistema pode ser utilizado em duas aplicações, sendo em sistemas isolados ou sistemas integrados à rede, trazem como benefício ser uma energia abundante, renovável e limpa.

A motivação do estudo está no fato de que, nas áreas rurais, o volume de dejetos ao ar livre acarreta vários problemas ambientais, o que nos faz buscar a minimização destes danos, ainda tendo como alternativas a energia solar e eólica para suprir toda a demanda energética da propriedade. Além disso, a produção de energia limpa contribuindo para preservação do meio ambiente e na economia da energia elétrica.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é projetar um sistema híbrido solar-eólico-biodigestão para geração de energia elétrica em uma propriedade rural localizada em Candiota-RS.

2.2 Objetivos Específicos

O objetivo geral abrange os seguintes objetivos específicos:

- Selecionar o biodigestor adequado para o volume de matéria orgânica produzido na propriedade rural.
- Calcular a quantidade de painéis solares e o aerogerador com base na demanda energética do local do estudo.
- Estimar o investimento para aquisição dos materiais e equipamentos.
- Calcular a viabilidade econômica do projeto.

3. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura está dividida em quatro seções, além desta introdução. A segunda seção trata da fundamentação teórica necessária para a construção do mesmo. Depois, são abordados os aspectos metodológicos da pesquisa. A próxima seção contempla os resultados obtidos, e o trabalho é finalizado com as considerações finais.

3.1 O Meio Ambiente

Nos últimos tempos, a questão ambiental surgiu como foco de cobrança de órgãos públicos, ONG's e mais recentemente de consumidores e sociedade (CATAPAN et al., 2012).

Ampliar o modelo energético atual no mundo é uma necessidade diante do agravamento dos problemas ambientais causados por gases poluentes liberados na atmosfera. O aquecimento global, o efeito estufa e as alterações climáticas são exemplos de danos causados ao meio ambiente. O uso de fontes renováveis é uma alternativa para geração de energia limpa, e colabora com a economia do uso da energia elétrica proveniente por exemplo, das termoelétricas, que emitem estes gases; busca-se com as energias renováveis o uso eficiente e consciente da energia.

De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), em 2015, cerca de 84,72% da população brasileira vivia em áreas urbanas e 15,28% dos brasileiros viviam em áreas rurais. Nessas áreas rurais os dejetos de animais são gerados conforme a espécie e o tamanho do animal, que produzem diariamente uma grande quantidade de esterco.

Segundo a Embrapa (2014), a produção de dejetos de animais é uma das atividades de grande impacto ambiental, considerada, pelos órgãos de controle ambiental, como uma das atividades mais causadoras de degradação, tendo um grande potencial poluidor devido ao mau cheiro e à acumulação por longo tempo ao ar livre. Os resíduos provenientes dos dejetos de animais, resíduos agrícolas, restos de alimentos, entre tantos outros casos existentes na área rural, podem ser utilizados como matéria-prima para gerar biogás. Dessa forma, diminui-se a poluição, decorrente do descarte inadequado e, se impõe a criação de soluções que permitam diminuir o impacto ambiental da localidade, gastando menos energia em todo o processo.

Segundo Pamela Carbonari (2016), existem alguns estudos realizados por cientistas que relatam que a poluição do ar na agricultura é a atividade humana que mais interfere na qualidade do ar, pois acreditam que a poluição do ar na agricultura é muito maior do que a das indústrias. Isso ocorre porque nestas áreas de agricultura a maior parte da poluição é gerada pela amônia,

que é uma substância tóxica, corrosiva para a pele, olhos, vias aéreas e para os pulmões.

Então, para a melhoria do meio ambiente nessas áreas rurais, os dejetos de animais devem ser gerados de forma a assegurar condições sanitárias pela diminuição do mau cheiro e pela redução do potencial poluente, minimizando, assim, a ocorrência de riscos ambientais.

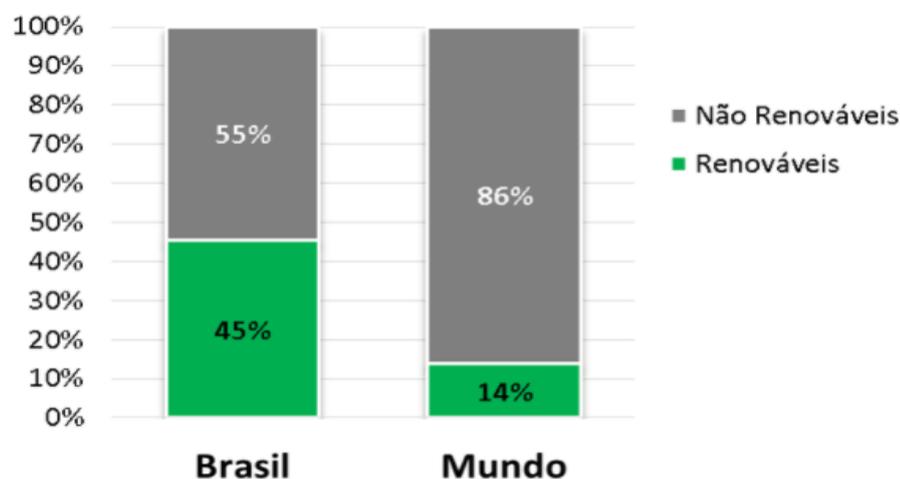
A energia hidrelétrica, por sua vez, afeta de maneira diversa o meio ambiente, algumas barragens podendo causar impactos bem significativos no clima através das emissões de metano pela decomposição de biomassa em represas, mas podendo também ocasionar problemas ecológicos através da destruição de *habitats*, bloqueio da migração de espécies aquáticas; por outro lado, no entanto, os reservatórios formam novos *habitats* para os pássaros e demais espécies.

As usinas termelétricas, que queimam combustíveis como os derivados de petróleo e o carvão, causam o maior índice de poluição ao meio ambiente no Brasil. Logo, a substituição de usinas de energias fósseis por fontes renováveis, incluindo as energias solar e eólica, reduziria diversos tipos de poluição (SOL CENTRAL, 2017).

3.2 Fontes de Energia Elétrica no Brasil

Sabe-se que a matriz energética é o conjunto de fontes de energia disponíveis para conseguir movimentar os carros, cozinhar e para gerar eletricidade, matriz esta que no Brasil se torna mais renovável que a matriz mundial, mesmo que ainda se tenha energias não renováveis em abundância. Na Figura 1, observa-se um gráfico da comparação do consumo de energia proveniente de energias renováveis mundial com o Brasil, conforme estudos da EPE no ano de 2018.

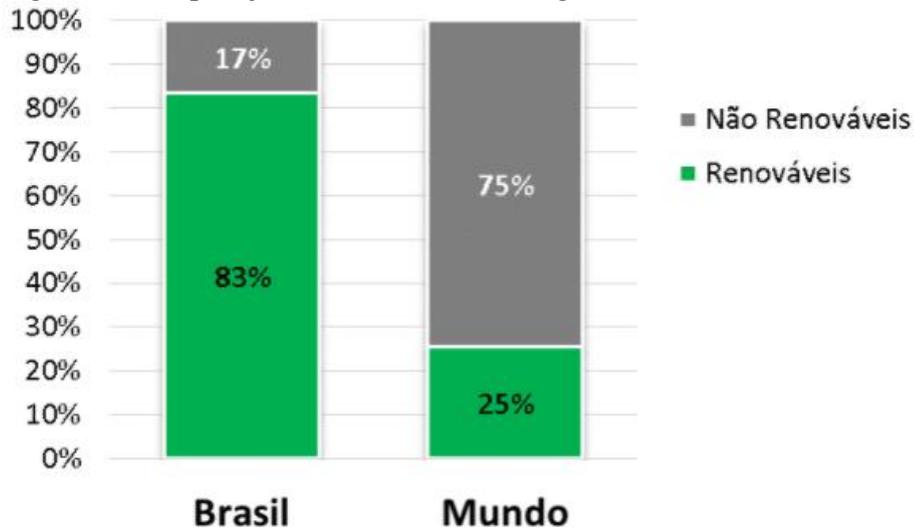
Figura 1 - Comparação do consumo de energias renováveis



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2018)

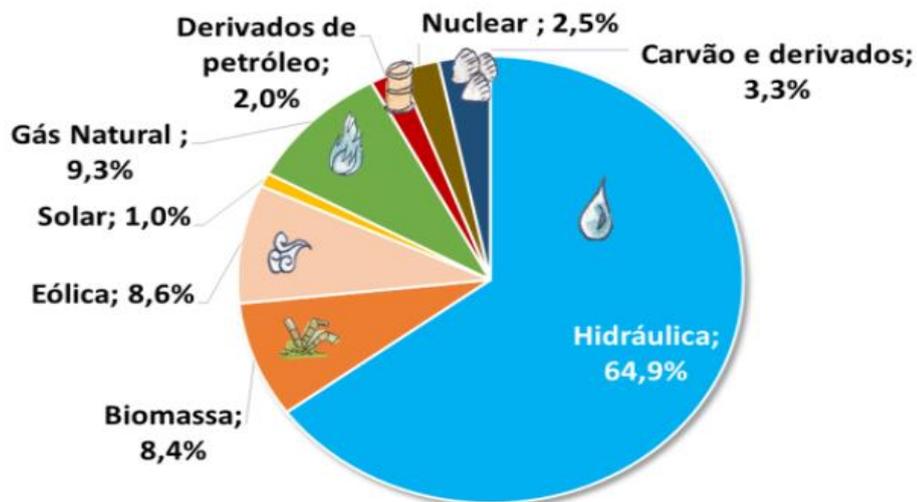
Já a matriz elétrica, é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica, do qual o Brasil também lidera esse *ranking* comparado com a geração de energia renovável mundial, observado na Figura 2. Na Figura 3 apresenta-se a matriz elétrica brasileira, conforme a Empresa de Pesquisa Energética (2018).

Figura 2: Comparação do consumo de energias renováveis



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2018)

Figura 3: Matriz Elétrica Brasil 2020



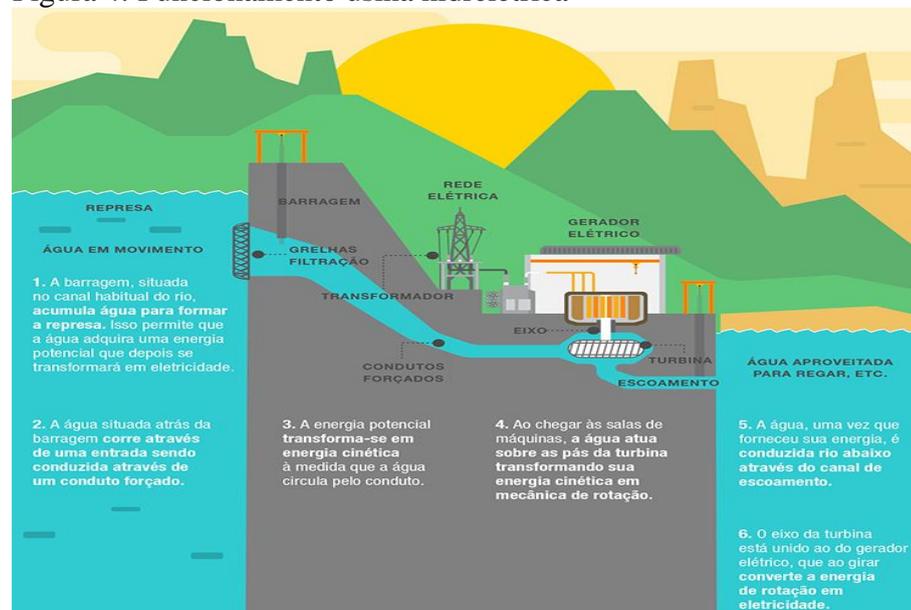
Fonte: Balanço Energético Nacional (2020)

Com isso, conforme estudos apresentados pela Empresa Hidroenergia, no ano de 2018 existem cinco maiores fontes de energia que alimentam a matriz energética brasileira, sendo elas: hidrelétrica, termoelétrica, eólica, nuclear e solar.

Ainda conforme a Empresa Hidroenergia a energia hidrelétrica encontra-se, em

primeiro lugar, a mesma é obtida pela força da água para então ocorrer a geração de energia elétrica, onde próximo a um rio está construída a barragem, que tem por objetivo represar esta água, esta fonte representa mais de 60% da matriz energética atual e é construída conforme Figura 4.

Figura 4: Funcionamento usina hidrelétrica



Fonte: Iberdrola (2020)

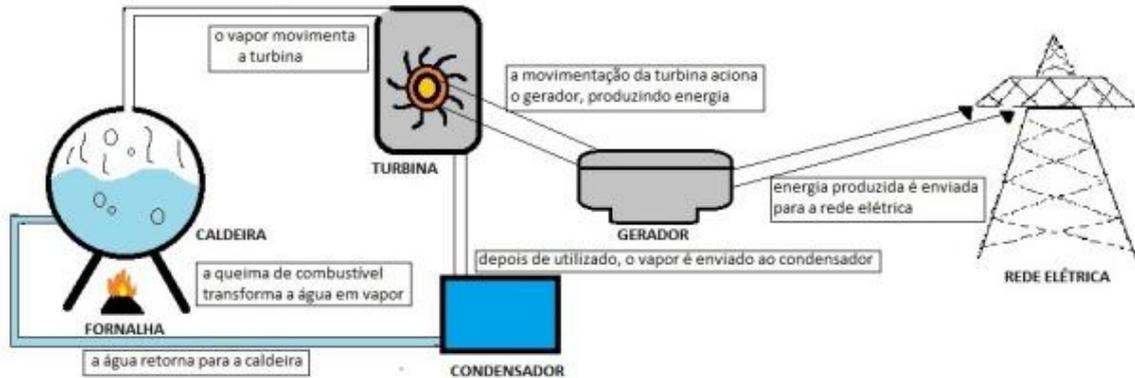
Conforme Figura 4 as etapas de funcionamento de uma usina hidrelétrica ocorre em 5 etapas, sendo elas:

- 1º) Iniciando pelo barragem local onde se acumula água para formar a represa;
- 2º) A água da represa é conduzida através de um duto forçado;
- 3º) Agora a medida que a água circula pelo duto a energia potencial transforma-se em energia cinética;
- 4º) Neste momento chega-se a casa das máquinas do qual a água atua sobre as pás da turbina, transformando a energia cinética em mecânica;
- 5º) Por fim o eixo da turbina está ligado ao gerador elétrico que com suas rotações converte em energia elétrica.

Em segundo lugar, encontra-se a energia vinda das termoelétricas, energia está obtida pelo aquecimento de água, seja ela com combustíveis fósseis, carvão ou derivados do petróleo. É uma fonte de energia não renovável, pois as usinas são alimentadas com esses combustíveis, o que causa grandes impactos ambientais. Atualmente segundo a Empresa Hidroenergia (2018),

ela corresponde a cerca de 27% da energia na matriz. O funcionamento da mesma pode ser observado na Figura 5.

Figura 5: Funcionamento usina termoelétrica



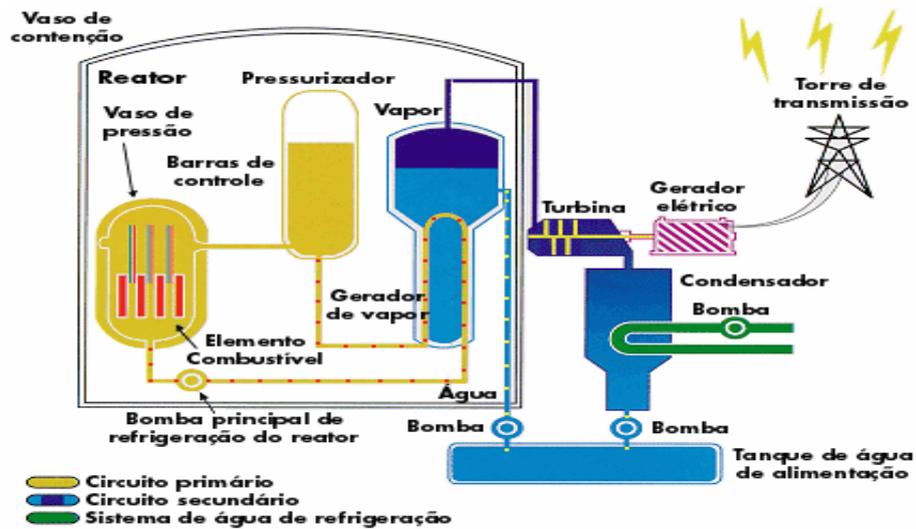
Fonte: Cognition More (2014)

O funcionamento da usina termoelétrica é dado da seguinte forma, os combustíveis fósseis são queimados em uma fornalha, com esse calor gerador a água da caldeira começa a aquecer e entra em ebulição, vapor ocasionando passa sob alta pressão pelas pás das turbinas que acionam um gerador de energia elétrica. Todo o vapor utilizado para movimentar as turbinas é direcionado para o condensador, para que o vapor condensado volte para a caldeira (PERROTI, 2014).

Em terceiro lugar, aparece a energia eólica, utilizada para aproveitar o vento, assim transformado em energia elétrica. Antigamente eram conhecidas por moinhos de vento e atualmente são os aerogeradores. Esta energia está representada no Brasil por 7% na matriz energética conforme Empresa Hidroenergia (2018), porém, é uma das energias que vem crescendo e se desenvolvendo com o passar dos anos. Sua principal vantagem é com relação ao impacto ambiental e por ser 100% renovável e limpa. Existem três tipos de sistemas eólicos: isolados, injeção de rede e *offshore*.

Em quarto lugar aparece a energia nuclear que utiliza elementos radioativos, principalmente o urânio, para gerar a energia térmica ou calor para a realização do movimento dos geradores elétricos. Sua desvantagem é não ser uma fonte de energia renovável, pois utiliza o urânio como “combustível”. Segundo a Empresa Hidroenergia (2018), o Brasil ocupa apenas 1% da matriz energética. Na Figura 6 a seguir pode-se observar o processo de funcionamento da mesma.

Figura 6: Funcionamento usina nuclear



Fonte: Eletrobrás (2017)

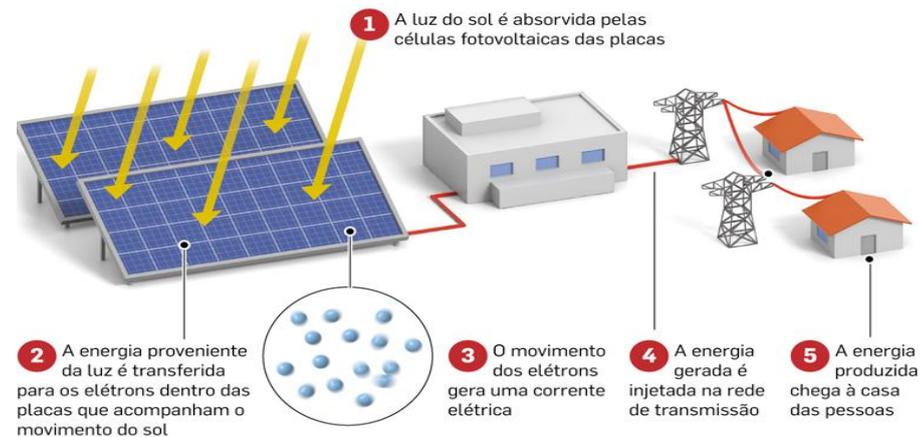
O seu funcionamento ocorre pelo modo denominada como vaso de pressão, porque a água utilizada para resfriar o núcleo do reator local onde encontra-se o combustível nuclear, circula no gerador de vapor. Quando se inicia o aquecimento uma corrente de água passa por dentro do gerador, esta água é transformada em vapor e a alta pressão as turbinas se movimentam gerando a energia elétrica. Do mesmo modo que nas termoelétrica o vapor é direcionado para um condensador, porém, a troca de calor faz com que a água se torne líquida novamente e possa retornar ao processo (BATISTA, 2011).

Já em quinto lugar encontra-se a energia solar, com contribuição de 0,1% na matriz energética nacional (Hidroenergia, 2018). Ela é proveniente da luz solar, sendo transformada em energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos. É uma energia renovável e limpa, porém seus custos de implantação são elevados. Por outro lado, é um recurso que nunca se esgotará, já que é obtida do sol. Na Figura 7 podemos observar sua forma de funcionamento dividido em 3 etapas, sendo elas:

- 1º) Os painéis solares absorvem os raios solares;
- 2º) A energia proveniente desta luz solar é transferida para os elétrons dentro das placas;
- 3º) O movimento desses elétrons geram a energia elétrica.

Desta forma a energia gerada é injetada na rede de transmissão, chegando as residências, empresas, escolas.

Figura 7: Energia Solar



Fonte: InfinitySun (2021)

3.3 Sistemas Híbridos de Energia

Sistemas híbridos (SH), consistem de duas ou mais fontes geradoras de eletricidade. Normalmente uma ou mais fontes convencionais e uma ou mais fontes renováveis como, por exemplo, captação de energia solar em conjunto com geradores diesel e captação de energia eólica (BARBOSA; PINHO; PEREIRA, 2004).

Estes sistemas são utilizados para atendimento de consumidores residenciais que estão em região afastada ou isolada da rede elétrica convencional, tendo como função gerar e distribuir eletricidade, dependendo da disponibilidade dos recursos, de forma otimizada e com custos mínimos (LEONI *et al.*, 2016). O uso destes sistemas está se tornando popular por conseguir promover a autonomia na geração de energia em locais isolados tudo isso levando em conta os avanços nas tecnologias de energia renovável.

Os primeiros SH foram instalados na década de 70, provavelmente buscando novas alternativas de energia frente a crise de petróleo, o SH em destaque desta época foi eólico-diesel e um fotovoltaico-diesel instalados nos Estados Unidos. Já no Brasil o primeiro foi instalado em 1986 na ilha de Fernando de Noronha utilizando as fontes eólico-diesel com uma potência de 75 kW e 50 kW respectivamente, posteriormente aumentou a sua potência. No ano de 2009 o aerogerador foi atingido por um raio e o sistema ficou operando apenas com o diesel (SETOR ELÉTRICO, 2017).

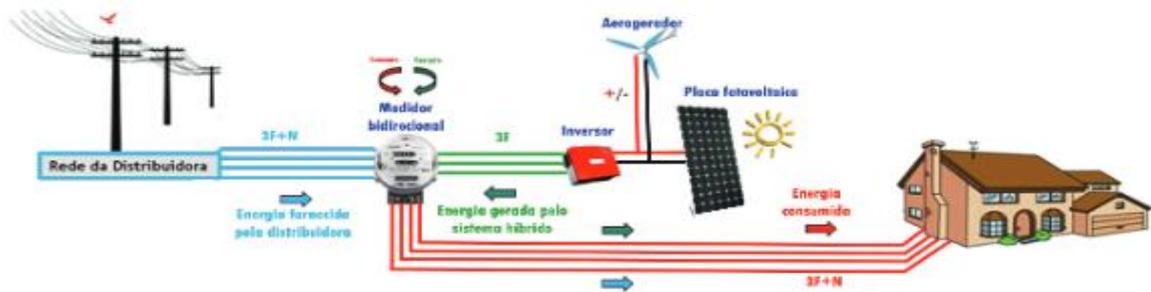
No ano de 2014 foi inaugurado a usina solar denominada Noronha I com potência instalada de 400 kWp, posteriormente entrou em operação a Noronha II. A Empresa Enel Green Power (EGP) inaugurou também uma usina híbrida eólico-solar localizada em Pernambuco, em operação a usina híbrida é capaz de produzir mais de 17 GWh cada ano (SETOR ELÉTRICO,

2017).

Com os SH em crescente demanda, e por serem atualmente mais procurados com a utilização da energia solar e eólica, onde as mesmas estão ligadas a baterias que armazenam a energia elétrica ou ligadas diretamente na rede da concessionária, é que este trabalho as fontes de energia que serão utilizadas para o desenvolvimento do SH são a energia proveniente do sol, dos ventos e o biogás para o aproveitamento dos esterco produzidos na propriedade, conforme detalhados nas seções a seguir.

O seu funcionamento básico pode ser observado na Figura 8, onde a energia do sol e do vento é convertida em eletricidade pelos aerogerador e os painéis solares, os inversores controlam toda a operação, um medidor bidirecional é utilizado para mostrar quanto de energia foi produzida pelo sistema que irá abastecer a residência bem como a energia excedida para a rede da distribuidora. O sistema também pode armazenar a energia para os momentos de queda através das baterias.

Figura 8: Sistema Híbrido Solar/Eólica



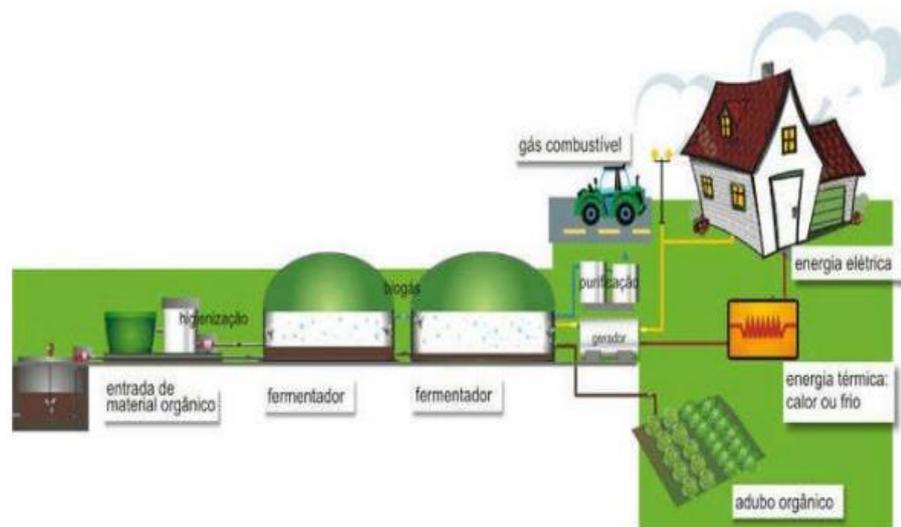
Fonte: Pinheiro (2016)

3.3.1. Biogás

Segundo Haroldo Ramirez (2019), o biogás é um combustível produzido a partir da decomposição de materiais orgânicos, sejam eles de origem vegetal ou animal. É constituído principalmente por metano, que pode ser utilizado para produzir energia elétrica, térmica ou também como combustível veicular.

A produção de biogás pode ser observada na Figura 9. Existe uma grande estimativa de produção do biogás, que será mostrada nas seções a seguir, então concluímos que o mesmo pode ser utilizado para diferentes fins, sendo o mais conhecido para a energia elétrica. Logo abaixo podemos observar todo o processo desde a produção até a utilização do biogás em um desenho esquemático de uma propriedade rural.

Figura 9: Esquema de utilização do biogás



Fonte: Portal Biosistemas (2018)

O subproduto do processo, o biofertilizante, pode ser utilizado como adubo orgânico nas plantações.

3.3.1.1 Produção de Dejetos

No Brasil a criação de animais é variada e inclui bovinos, equinos, suínos, caprinos, ovinos, galináceos e codornas. Através dos dados apresentados na Tabela 1 conforme IBGE (2020), observa-se que 11,82% da criação de bovinos está localizada do Sul, assim como 15,96% da criação de equinos, 49,50% de suínos, 1,83% de caprinos, 20,07% de ovinos, 45,99% de galináceos e ainda 16,34% de codornas.

Tabela 1: Efetivo de Rebanho no Brasil e Região Sul

Ano - 2019							
Brasil e Grande Região	Tipo de rebanho						
	Bovino	Equino	Suíno - total	Caprino	Ovino	Galináceos - total	Codornas
Brasil	214.893.800	5.850.154	40.556.892	11.301.481	19.715.587	1.466.556.199	17.418.818
Sul	25.392.462	934.109	20.077.230	207.487	3.958.484	674.491.017	2.847.047

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020.

Com esse número de animais, a produção diária de dejetos desses animais é mostrada a seguir na Tabela 2.

Tabela 2: Produção Diária de Dejetos

Dejetos	Produção diária
Bovinos	15 kg/animal
Suínos	2,25 kg/animal
Eqüinos	10 kg/animal
Ovinos	2,80 kg/animal
Aves	0,18 kg/galinha

Fonte: Aquino,2014.

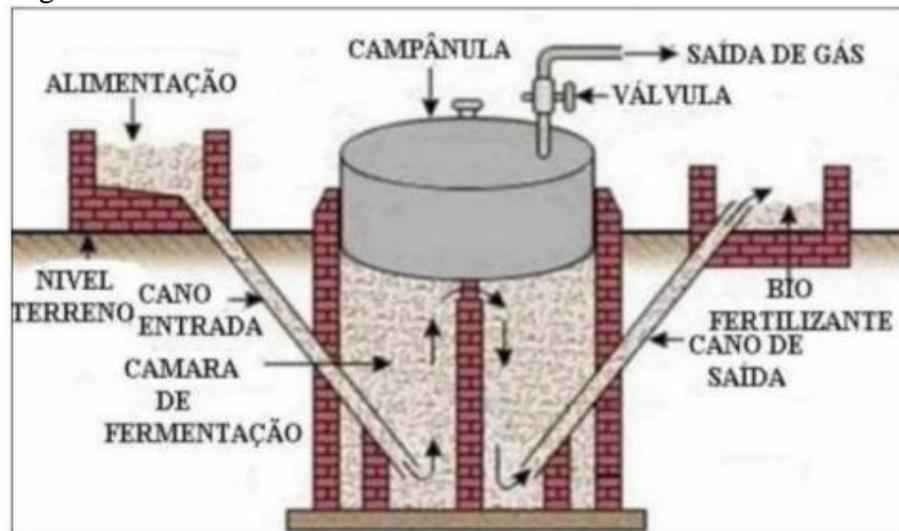
E para todos esses números mostrados e sabendo que essa quantidade elevada causa danos ao meio ambiente, devemos então buscar soluções para o seu reaproveitamento e que também ajudem a preservar o meio ambiente.

3.3.1.2 Biodigestores e o Biogás

Os biodigestores são conhecidos por serem estruturas projetadas e construídas de modo a produzir a degradação da biomassa, a qual, ao ser fermentada, tem como resultado as sobras que podem ser utilizadas como fertilizantes e a produção do biogás (JÚNIOR, 2009). Existem diversos tipos de biodigestores dentre eles:

- **Batelada** = operam de forma descontínua, logo, a alimentação do sistema ocorre de uma vez só a cada ciclo, e utiliza grande quantidade de matéria orgânica.
- **Contínuo** = operam de forma contínua, logo, é alimentado constantemente por meio de dutos de alimentação. Segundo Emas Júnior. (2020) seus modelos podem ser:
 - ✓ **Indiano** = sua principal característica é possuir uma campânula móvel, que serve como medidor de gás (Figura 10) e mantém a pressão constante.

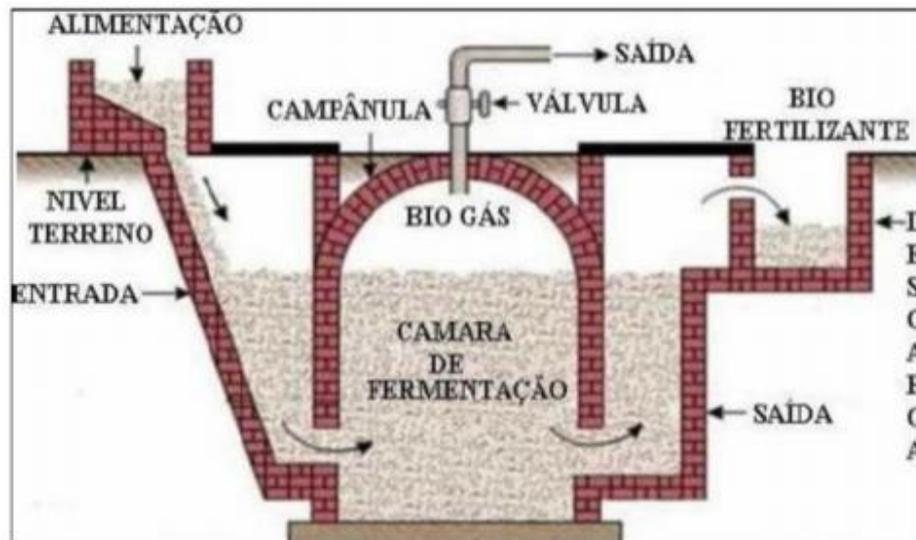
Figura 10: Modelo Indiano



Fonte: Emas Júnior (2020)

- ✓ **Chinês** = não possui campânula de metal, diferentemente do anterior. Assim, é construído quase totalmente em alvenaria, com teto impermeável para garantir o armazenamento (Figura 11).

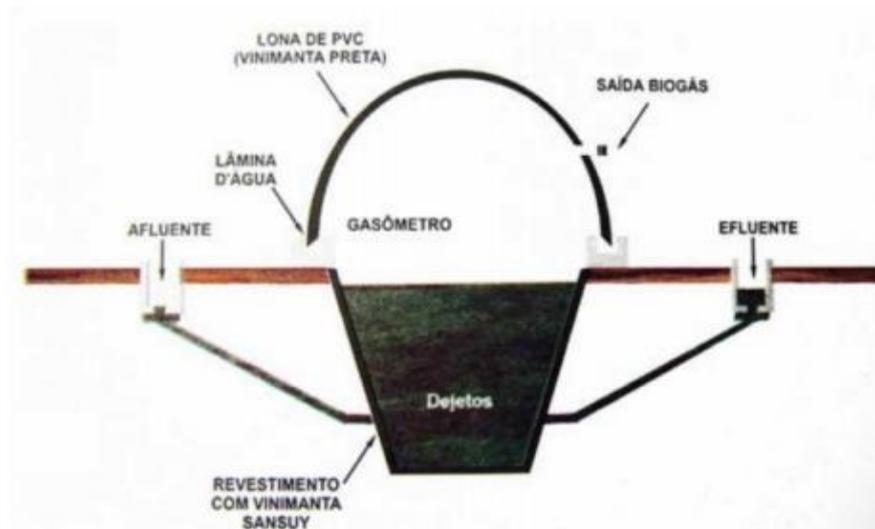
Figura 11: Modelo Chinês



Fonte: Emas Júnior (2020)

- ✓ **Canadense** = é de simples construção, uma vez que é praticamente todo construído utilizando material plástico e muito utilizado nas áreas rurais (Figura 12).

Figura 12: Modelo Canadense



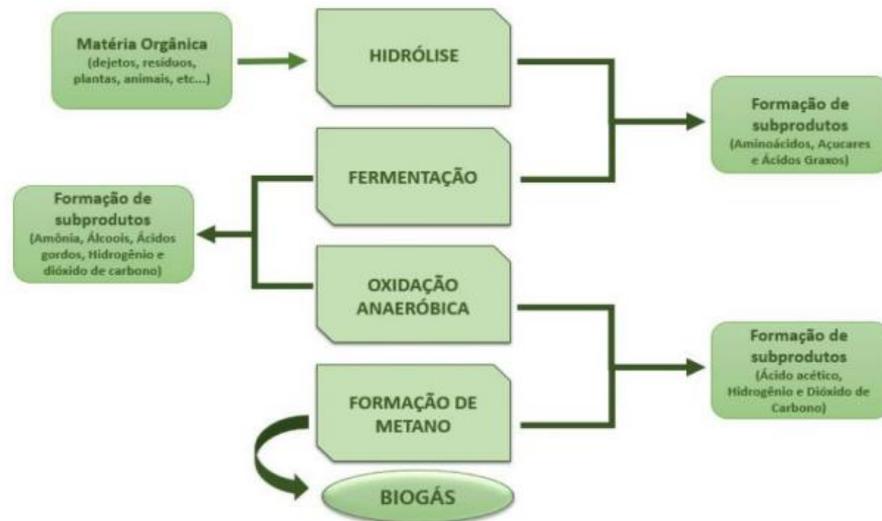
Fonte: Emas Júnior (2020)

Segundo Ana Paula Araújo (2017), o processo de produção do biogás acontece geralmente dentro de uma câmara fechada, por precisar de ausência do oxigênio para que possa ocorrer a ação das bactérias anaeróbias, pois as mesmas não necessitam de oxigênio para o crescimento. O biogás é encontrado no seu estado gasoso e é composto por cerca de 60% do hidrocarboneto metano (CH_4), 35% de dióxido de carbono (CO_2) e 5% de outros compostos como hidrogênio (H_2), nitrogênio (N_2), amônia (NH_3), ácido sulfídrico (H_2S), monóxido de carbono (CO), e oxigênio (O_2), podendo chegar então a uma produção de aproximadamente 40 a 80% de metano.

A produção ocorre através de quatro etapas e tem seus subprodutos, conforme pode ser observado na Figura 13:

- Hidrólise;
- Fermentação;
- Oxidação anaeróbica;
- Formação de metano (Biogás).

Figura 13: Etapas de Produção



Fonte: Instituto Brasileiro de Sustentabilidade (2019)

Pode-se observar na Figura 13 que o CH_4 é formado na quarta etapa de produção. Esse gás também causa efeito estufa estimado, no mínimo, como 21 vezes o do CO_2 . De acordo com o tipo de dejetos, pode-se estimar uma produção de biogás, conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Estimativa de Produção de Biogás

Dejetos	Sólidos (kg/animal/dia)	Produção biogás (m^3/animal/dia)	Gás metano produzido (%)
Bovinos	10 – 15	0,292 – 0,980	55
Suínos	2,25 – 2,5	0,799 – 0,933	50
Eqüinos	10	0,36 – 1,225	Variável
Ovinos	0,5 – 2,28	0,25 – 0,32	50
Aves	0,12 – 0,18	0,001 – 0,017	Variável

Fonte: Salomon (2007)

Segundo o Portal Agroecúario (2013), é possível fazer uma estimativa da quantidade de energia produzida, uma vez que 1m^3 de biogás equivale energeticamente a:

- 0,40 kg de gás de cozinha;
- 0,61 a 0,70 litros de gasolina;
- 0,55 litros de óleo diesel;
- 0,80 litros de álcool;
- 1,25 a 1,43 kWh de eletricidade.

Observando- se assim os biodigestores como uma fonte abundante, não poluidora e

acessível de energia, o qual permite a redução do consumo de outras fontes de energia (BARREIRA, 2011), com a possibilidade de agregar renda, vendendo energia gerada a partir do biogás (LUCAS JUNIOR, 1994).

3.3.1.3 Geração de Energia

Segundo a CIBiogás (2020), já existem possibilidades do aproveitamento do biogás por meio da combustão direta em caldeiras, motores de combustão interna, turbinas a gás e ainda aproveitamento térmico do biogás.

No presente estudo visamos converter o biogás em energia elétrica, onde será testada a tecnologia do motor gerador a gás.

3.3.1.4 Vantagens e Desvantagens do Uso do Biogás

Como todas as fontes de energia, a energia do biogás possui vantagens e desvantagens, decorrentes do seu aproveitamento para a produção de energia elétrica, que serão listadas abaixo. Conforme Pedro Reis (2012) as vantagens e desvantagens são:

- Fonte limpa de energia;
- Fonte de renda para agricultores que produzam biogás;
- Utilidade para o lixo orgânico de aterros sanitários;
- Possibilita a geração de fertilizantes;
- Bom substituto para gasolina, diesel e GLP.

E suas desvantagens são:

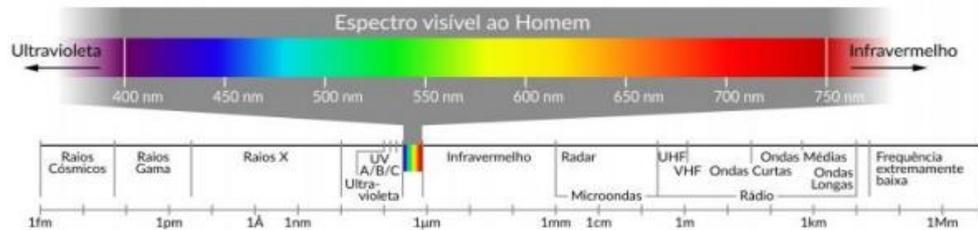
- A quantidade de energia gerada pelo biogás não é constante, variando ao longo do período de produção;
- Sistema de armazenamento complexo e de valor elevado;
- Há emissão de dióxido de carbono.

3.3.2 Energia Solar

A energia proveniente do sol surge através de ondas eletromagnéticas sob forma de radiação, podendo ser definida como “a energia produzida por um campo elétrico e magnético oscilante, transmitido por fótons” (NREL, 2018). Esta forma de energia contempla uma grande

faixa de energia da radiação, especificada pela frequência, comprimento de onda ou energia dos fótons, conhecida como espectro eletromagnético como pode ser observada na Figura 14.

Figura 14: Espectro da radiação solar

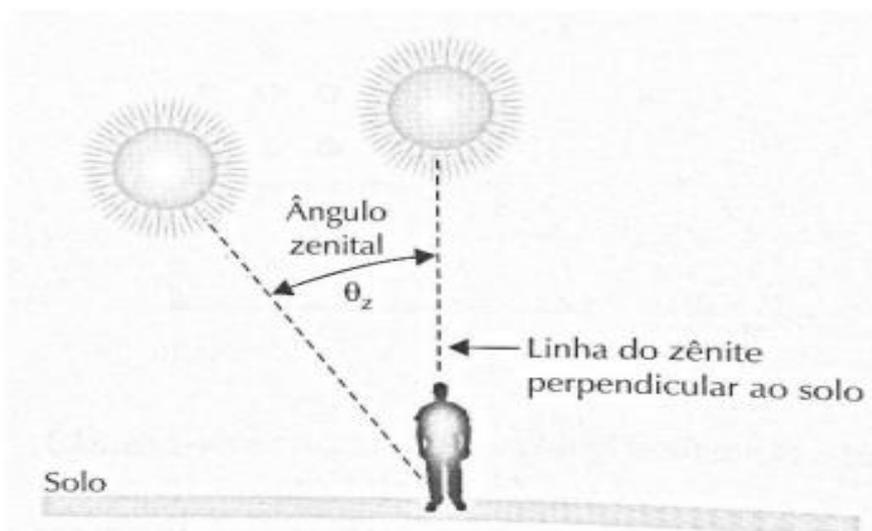


Fonte: VILLALVA; GAZOLI (2012)

Toda a faixa de espectro da radiação representada acima transporta energia, e também representa a geração de energia elétrica através do sol, no caso da energia fotovoltaica a mesma consiste na transformação da radiação eletromagnética do Sol em energia elétrica através de uma diferença de potencial, ou uma tensão elétrica, sobre uma célula formada por um “sanduíche” de materiais semicondutores. (VILLALVA; GAZOLI, 2012, p. 41)

Conforme autores Villalva e Gazzoli (2012) “a espessura da camada de ar atravessada pelos raios solares depende do comprimento do trajeto até o solo”, o qual está sujeito ao ângulo zenital do Sol (θ_z), que é o ângulo formado entre o zênite e o segmento, partindo da mesma origem, que liga a superfície terrestre ao Sol, representado pela Figura 15.

Figura 15: Linha do zênite e ângulo zenital



Fonte: Villalva; Gazzoli (2012)

Outro ângulo notável é o de declinação solar (δ), sendo o ângulo formado pelos raios

solares com a linha do equador. A declinação solar varia ao longo do ano, conforme a posição do Sol, a mesma pode ser observada na Figura 16.

Figura 16: Ângulo de declinação solar conforme as estações do ano



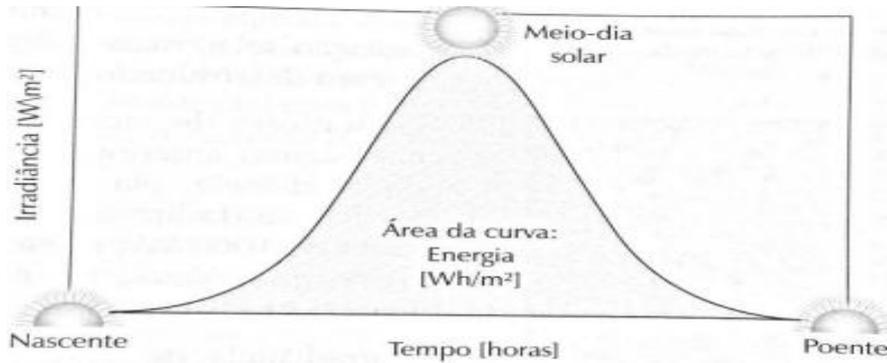
Fonte: PEREIRA (2017)

Estes ângulos notáveis são relevantes devido à sua influência na determinação da radiação solar incidente na atmosfera terrestre, única para cada região do globo, e diretamente relacionada com o potencial de geração solar.

Para estimar a radiação solar, tem-se a grandeza chamada de irradiância, dada em W/m^2 , que indica a quantidade de energia solar que chega a uma área específica de uma superfície durante um dado intervalo de tempo (NREL, 2018).

Com os dados da irradiância solar no período de um dia, pode-se chegar a um perfil da irradiância de um determinado local, sendo que na região delimitada pela curva da Figura 17, tem-se a chamada insolação, medida em Wh/m^2 , correspondente à energia solar que incide sobre uma determinada área superficial plana em um determinado intervalo de tempo (VILLALVA e GAZOLI, 2012).

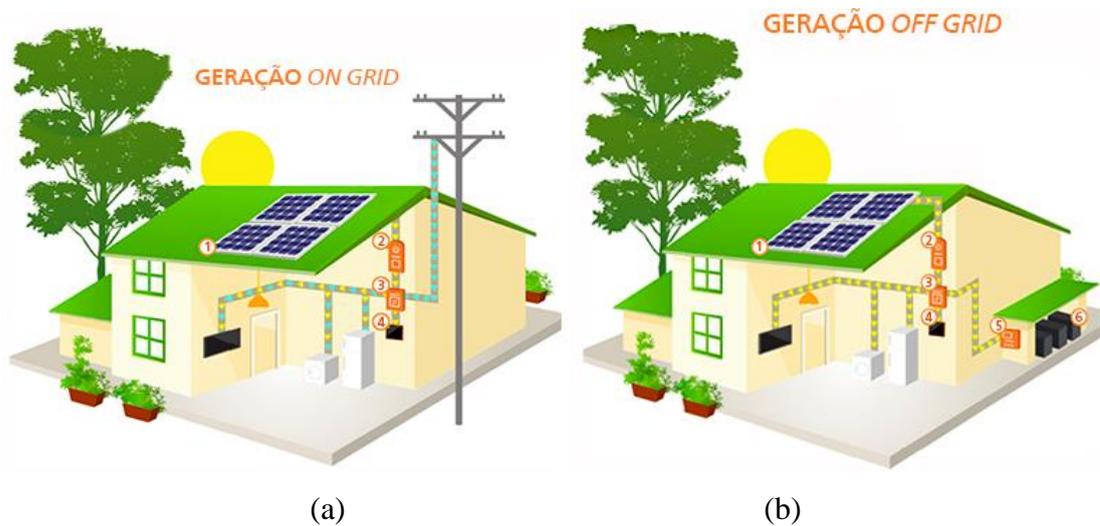
Figura 17: Perfil da irradiância solar ao longo de um dia



Fonte: Villalva; Gazzoli (2012)

A energia solar pode ser classificada de duas formas, sendo elas: as conectadas a rede, sendo chamadas de *on-gride* ou as isoladas da rede, chamadas de *off-gride*. As mesmas podem ser visualizadas na Figura 18 a seguir.

Figura 18: *On-gride* X *Off-gride*



Fonte: Strom (2014)

Podemos observar que na Figura 18 (a) o sistema *on-gride* está diretamente ligado à rede de distribuição de energia e na Figura 18 (b) o sistema *off-gride* se caracteriza pela utilização de baterias e controladores de carga para o armazenamento da energia.

O sistema *on-gride* funciona a partir do momento em que os painéis solares captam a radiação solar, assim transformando-a em energia elétrica; com a utilização do inversor, esta energia é convertida em corrente alternada que é compatível com a energia da rede e está pronta para o uso na residência, após é inserido um medidor de energia que tem como função verificar o valor da energia injetada na rede elétrica como pode ser visto na Figura 18 (a).

Segunda a matéria publicada no BlueSol (2017), este sistema não possui um equipamento de armazenamento, ou seja, toda a energia excedente produzida volta para a rede convencional de energia elétrica, o medidor de energia gira no sentido contrário onde o excedente é convertido em créditos de energia, podendo ser utilizados em momentos em que a demanda é maior que a produção.

Já o sistema *off-gride* observado na Figura 18 (b) funciona neste caso com a energia proveniente das placas diretamente ligada na residência através do inversor e do controlador de carga, e a energia produzida é armazenada em baterias que garantem o abastecimento de energia em períodos sem a incidência de sol.

No presente trabalho será utilizado o sistema *on-gride* pois é dispensada a utilização de baterias e controladores o que gera uma maior economia para o proprietário. No Quadro 1 podem ser observadas as vantagens e desvantagens de cada sistema apresentado.

Quadro 1: Vantagens e Desvantagens

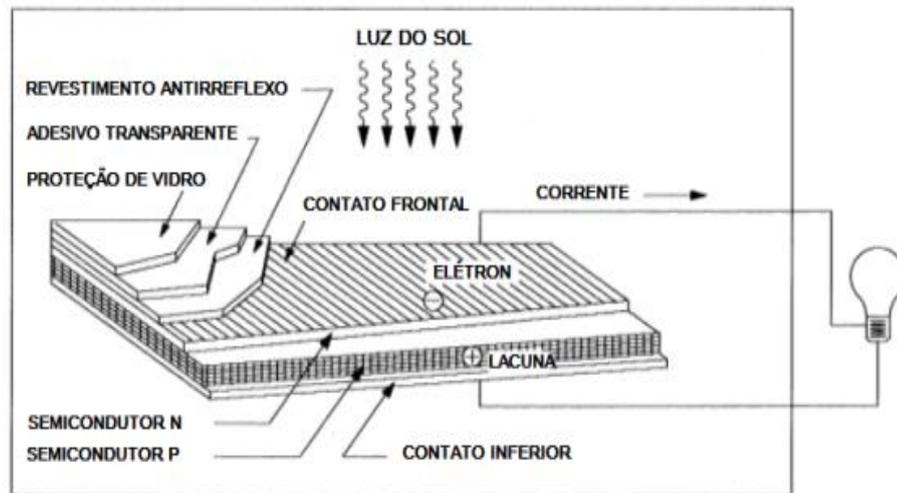
Sistema	Vantagens	Desvantagens
Off-Grid	Pode ser utilizado em regiões remotas, por ser independente da rede de distribuição de energia	Necessita da utilização de baterias e controladores de carga
	Não há necessidade de pagar conta de luz	Custo mais elevado
	Possui sistema de armazenamento de energia	Menos eficiente
On-Grid	Dispensa a utilização de baterias e controladores de carga	Necessita do acesso à rede de distribuição
	Possibilita ao consumidor adquirir créditos de energia	Não há sistema de armazenamento de energia
	Créditos podem ser usados em outras unidades consumidoras do mesmo proprietário	Necessidade de pagar conta de luz quando a demanda for maior que a produção e não houverem créditos disponíveis
	Mais eficiente	

Fonte: Ecycle (2016)

3.3.2.1 Funcionamento e Componentes Fotovoltaicos

O princípio de funcionamento de um painel fotovoltaico é dado pela capacidade de conversão da luz solar em eletricidade, através de um elemento semicondutor pequeno que absorve a luz. Esses semicondutores são compostos por silício, devido ao seu baixo custo e abundância. Na Figura 19 observa-se sua estrutura com seus elementos básicos.

Figura 19: Elementos básicos célula fotovoltaica.



Fonte: Monteiro (2018)

Os principais componentes que fazem parte de um sistema fotovoltaico são os: módulos fotovoltaicos, banco de baterias, controlador de carga e o inversor. Na Figura 19 observamos também a grade metálica que coleta a corrente, o revestimento antireflexo que evita a reflexão e aumenta a absorção da luz, tem também a proteção de vidro na parte superior da célula e também os semicondutores P e N. A camada N é responsável por facilitar a passagem da luz solar para descarregar sua energia nos elétrons, ocorrendo assim a movimentação para a camada P, o que cria um campo elétrico dentro da barreira de potencial. (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Para Joaquim Carneiro (2010), uma certa quantidade de células dá-se o nome de placa ou painel fotovoltaico, onde os mesmos podem ser instalados em série ou paralelo com os demais módulos. Se estes módulos forem conectados em série, a tensão de saída é o somatório das tensões individuais de cada um e a corrente é a mesma para todo o conjunto, já se conectado em paralelo a tensão de saída é a mesma fornecida pelo módulo e a corrente é a soma para cada uma das placas.

Para o presente trabalho serão utilizados sistemas conectados à rede, pois operam em paralelo com a rede de eletricidade já existente, tendo por objetivo gerar eletricidade para consumo local ou gerar excedente de energia elétrica. Este tipo de sistema é contemplado pela Resolução Normativa nº 482, de 12 de abril de 2012 da ANEEL, a qual estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica.

3.3.2.2 Vantagens e Desvantagens da Energia Solar

As vantagens que elencam a busca pela utilização da energia proveniente do sol, são conforme o Portal Solar:

- É uma energia limpa, sustentável e renovável;
- É silenciosa;
- Fonte de energia gratuita;
- Mínima necessidade de manutenção;
- Facilidade de instalação e de manutenção;
- Economia de até 90% na conta da luz;
- Vida útil de mais de 25 anos;
- Ocupa pouco espaço e supervaloriza o imóvel.

Porém também tem algumas desvantagem sendo elas:

- Alto custo de aquisição;
- Não produz energia no horário noturno;
- Falta de incentivos no Brasil.

3.3.3 Energia Eólica

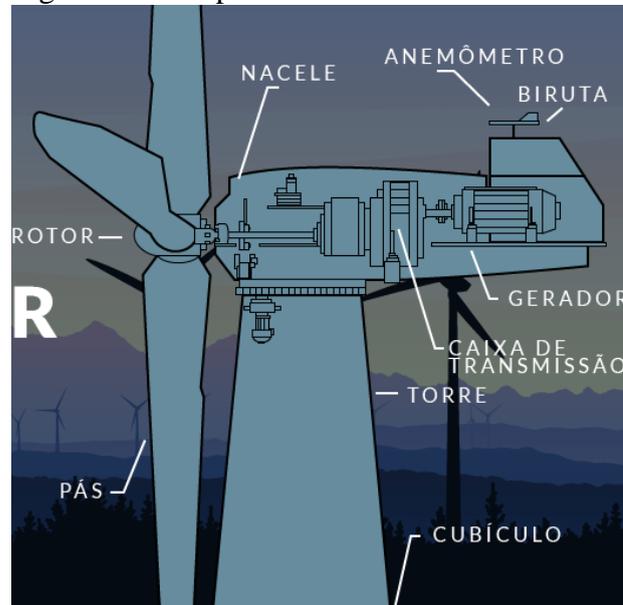
A energia eólica é a proveniente da conversão do vento em energia elétrica. Segundo estudos o vento se origina das massas de ar, ou seja, as massas de ar quente sobem e as de ar frio descem, dando origem assim então ao vento. Segundo o Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB), os ventos podem ser classificados da seguinte forma: ventos planetários ou constantes, ventos continentais ou periódicos e ventos locais. No presente estudo destacam-se os ventos locais por se tratar de ventos que sopram em determinadas regiões em razão das condições locais, sendo assim peculiares de cada região (CRESESB).

3.3.3.1 Componentes Aerogerador

Através do movimento da rotação das pás é que a turbina consegue transformar a energia cinética em mecânica e através de um gerador que se obtém a energia elétrica. A turbina possui alguns componentes essenciais para seu funcionamento sendo eles: anemômetro, biruta, as pás,

o gerador, mecanismos de controle, a caixa de multiplicação ou de transmissão, o rotor e o nacele e a torre, como pode ser observado na Figura 20 (Atlantic, 2019).

Figura 20: Componentes eólicos



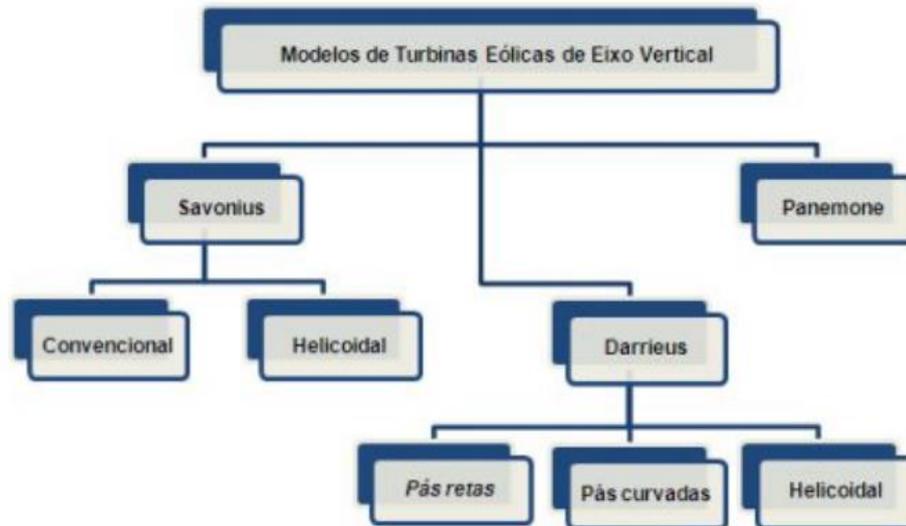
Fonte: Atlantic (2019)

A torre é a estrutura responsável por fornecer sustentação e posicionamento do rotor e nacele, enquanto o nacele é o local onde estão abrigados a caixa de multiplicação, o gerador e o transformador. O rotor compreende as pás e o cubo e o seu eixo pode ser horizontal ou vertical. As pás são os perfis aerodinâmicos, geralmente feitas com um material leve e resistente, por exemplo, resina epóxi ou poliéster reforçado com fibra de vidro e/ou carbono. Já o multiplicador é a caixa de transmissão, parte responsável por aumentar a rotação proveniente do rotor (Atlantic, 2019).

O gerador é o responsável pela conversão da energia mecânica de rotação em energia elétrica, podendo ser classificado em geradores síncronos ou assíncronos. Quando a velocidade de rotação é igual a frequência de alimentação o gerador é chamado de síncrono e se forem diferentes são geradores assíncronos. E o anemômetro tem função de medir a velocidade instantânea do vento local (Atlantic, 2019).

Como mencionado os aerogeradores são classificados de acordo com o seu eixo, podendo então ser de eixo vertical ou horizontal. Os modelos de eixo vertical podem ser observados na Figura 21.

Figura 21: Modelos de turbinas de eixo vertical



Fonte: DELLA FONTE (2012)

As turbinas eólicas do tipo eixo vertical possuem seus eixos de rotação perpendiculares ao solo, podendo ter rotores de pás retas ou curvadas. Por possuírem o eixo de rotação perpendicular à direção do vento conseguem capturar o vento de qualquer direção (DELLA FONTE, 2012).

Também podem ser classificadas conforme a potência nominal:

- Pequeno Porte (até 50 kW de potência);
- Médio Porte (potência de 50 a 1000 kW);
- Grande Porte (acima de 1 MW de potência).

Figura 22: Modelos de turbinas de eixo horizontal



Fonte: Zhang (2017)

No caso das turbinas de eixo horizontal a velocidade do rotor e a saída de potência podem ser controladas pelo controle do ângulo das pás (controle mais eficiente contra excesso de velocidade). Como o formato das pás do rotor pode ser otimizado aerodinamicamente, o mesmo alcança sua eficiência máxima quando a sustentação aerodinâmica é levada ao nível máximo, o que faz com que as turbinas tenham a liderança tecnológica no desenvolvimento de projetos (CRESESB, 2014).

As turbinas eólicas também podem ser classificadas conforme a potência:

- Turbinas de pequeno porte: potências até 100 kW;
- Turbinas de médio porte: potências maiores que 100 kW e menores que 1000 kW;
- Turbinas de grande porte: potência maior que 1000 kW.

Este tipo de energia também é classificado em sistema *on-gride* e *off-gride* e o funcionamento da mesma maneira que citado na seção anterior sobre a energia solar.

3.3.3.2 Vantagens e Desvantagens Energia Eólica

Como todas as formas de energia já mencionadas, a energia eólica também tem suas vantagens e desvantagens (REIS, 2019).

- Energia limpa e renovável;
- Não emite gases do efeito estufa;
- Não produz resíduos ao gerar a eletricidade;
- Custo de implantação relativamente baixo e baixa manutenção.

Porém também possui algumas desvantagens listadas a seguir:

- Poluição sonora;
- Necessita da realização do EIA e RIMA;
- Poluição visual;
- Morte de aves ao se colidirem com as hélices.

3.4 Disposições Legais

Nesta seção serão citadas algumas leis que norteiam este projeto.

- Resolução Normativa nº 482/2012-ANEEL;
- Resolução Normativa 687/2015 - ANEEL (atualização);
- Resolução Normativa 824/2018- ANEEL;
- Lei 9.478/1997 – ANP;
- Medida Provisória 14/2001 – PROINFA.

4 METODOLOGIA

O trabalho utilizará as criações de equinos, a luz do sol e a velocidade dos ventos na região sul do estado do Rio Grande do Sul, próximo à cidade de Candiota, em uma propriedade na área rural deste mesmo município, para que, a partir dos dejetos seja possível criar um biodigestor, através do vento, dimensionar um aerogerador e também placas solares que serão capazes de reduzirem os gastos de energia da propriedade em questão.

Esta propriedade tem como nome Estância Recanto Amália e se localiza no endereço Cor do Arborito número 901 no bairro Rural da Fortaleza do Seival, a 36 km da cidade de Candiota, ficando bem na área rural do município.

Figura 23: Estância Recanto Amália



Fonte: Autora (2021)

Durante o ano de 2020 até o mês de março de 2021 a propriedade gastou em média 370 kWh/mês de energia elétrica, a bandeira tarifária vigente é a amarela e a classe de consumo segundo a ANEEL é rural-agropecuária, sendo o preço do kWh de R\$0,6962. resultando em um gasto médio de R\$ 260,00 na conta da energia elétrica fornecida pela CEEE (Companhia Estadual de Energia Elétrica).

4.1 Dados Obtidos

Os dados obtidos estão disponíveis na NOAA (*National Oceanic Atmospheric Administration*), que possui séries de satélites e instrumentos operacionais. No sistema atual obtém-se imagens multiespectrais da superfície terrestre captadas pelo sensor AVHRR-3 e

também se adquire dados numéricos coletados por meio de sondas.

Na Tabela 4 encontram-se os dados meteorológicos referentes às temperaturas máxima e mínima, para que seja possível calcular a produção do biodigestor no inverno, a velocidade média dos ventos e suas rajadas, e ainda a radiação solar predominante na localidade da propriedade para um período de 2 anos, contados de 28/12/2018 a 31/12/2020. Na Tabela 5 os dados apresentados são os valores médios de acordo com as estações do ano, sendo: Outono: 21 de março a 20 de junho, inverno: 21 de junho a 22 de setembro, primavera: 23 de setembro a 20 de dezembro, verão: 21 de dezembro a 20 de março.

Tabela 4: Dados NOAA

Estação Ano	Período	Temp. Máx. (°C)	Temp. Min. (°C)	Vel. Vento (m/s)	Rajada Vento (m/s)	Radiação (KJ/mA²)
Verão	21/12/2018 20/03/2019	23,5	22,1	3,4	6,6	1558,8
Outono	21/03/2019 20/06/2019	18,2	16,8	3,2	6,0	1024,7
Inverno	21/06/2019 22/09/2019	14,1	12,8	3,7	7,0	1079,5
Primavera	23/09/2019 20/12/2019	20,4	18,9	3,8	7,3	1578,0
Verão	21/12/2019 20/03/2020	24,2	22,6	3,5	6,9	1765,6
Outono	21/03/2020 20/06/2020	17,5	16,0	3,3	6,4	1126,9
Inverno	21/06/2020 22/09/2020	14,3	13,1	3,7	7,0	1049,1
Primavera	23/09/2020 20/12/2020	19,8	18,3	4,0	6,7	1349,4

Fonte: Autora (2021)

Apresentando como valores médios os seguintes dados da Tabela 5.

Tabela 5: Valores médios

Período	Temp. Máx. (°C)	Temp. Min. (°C)	Vel. Vento (m/s)	Rajada Vento (m/s)	Radiação (KJ/mA²)
5 anos	19	17,57	3,57	6,73	1316,5

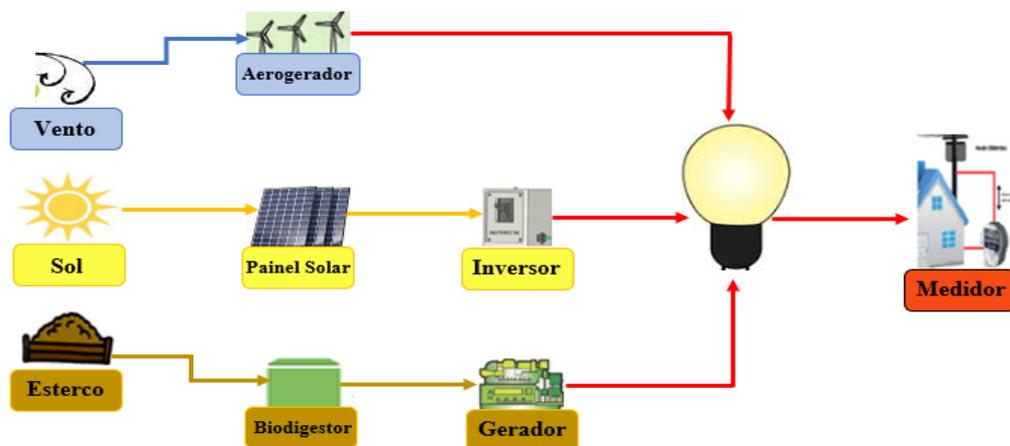
Fonte: Autora (2021)

Com os dados apresentados na Tabela 5 podemos realizar o dimensionamento dos equipamentos que serão utilizados na devida propriedade, sendo eles: um biodigestor, um aerogerador e placas solares.

4.2 Croqui Esquemático

O sistema híbrido será dimensionado conforme croqui esquemático apresentado na Figura 24. Com isso, os materiais escolhidos serão apresentados na secção 3.3 a seguir.

Figura 24: Croqui Esquemático



Fonte: Autora (2021)

4.3 Materiais

Para este estudo pretende-se utilizar um biodigestor, um aerogerador e placas solares, que serão detalhados a seguir.

A escolha do biodigestor foi realizada pelo site do fabricante BGS Equipamentos para Biogás, onde todos os equipamentos são produzidos com material de tripla camada e são considerados os mais resistentes do mercado. O funcionamento dos mesmos ocorre conforme explicado na Figura 25.

Figura 25: Funcionamento do Biodigestor



Fonte: BGS Equipamentos (2021)

Os biodigestores da BGS Equipamentos foram projetados para serem de fácil e rápida instalação, pois basta escavar em solo um buraco nas dimensões do biodigestor, conectar a tubulação de entrada e saída de matéria orgânica, conectar tubulação à saída do biogás e já estará pronto para utilização. Estima-se um retorno rápido, entre 1 e 2 anos após a instalação. A produção de biogás depende de vários fatores, mas em média, após o início da alimentação do biodigestor, a produção de biogás deve ocorrer entre 15 a 30 dias.

Uma vez que a propriedade tem apenas um animal que produz esterco equino, escolheu-se utilizar o biodigestor de 1 m³ que recebe até 15 kg de dejetos por dia e tem uma produção de biogás de 0,5 m³/dia, equivalente a meio botijão de 13 kg por mês e até 1.000 litros de biofertilizante por mês. O modelo é do tipo canadense, possui um comprimento de 1,6 metros, altura e largura de 0,8 metros e pode ser observado na Figura 26.

Figura 26: Biodigestor de 1m³ (modelo canadense)



Fonte: BGS Equipamentos (2021)

Para se obter energia elétrica necessita-se de um gerador de energia sendo para este equipamento de pequeno porte, até 7 kVa; com isso foi escolhido um gerador de energia a gás de 5,13 kVa da marca Shanghai Amazonas como pode ser observado na Figura 27, suas especificações encontram-se no Anexo A.

Figura 27: Gerador de energia Shanghai



Fonte: Grupos Geradores (2021)

Estimou-se que 1 m³ de biogás produz aproximadamente 0,8 kWh dia, produzindo mensalmente cerca de 24,8 kWh, além de produzir adubo para as plantações e deixar de poluir o meio ambiente mediante o esterco que ficaria exposto ao ar livre.

O painéis solares foram dimensionados a partir da utilização do Simulador Minha Casa Solar, onde primeiramente foram solicitados dados presentes na conta de energia elétrica da

propriedade.

A Figura 28 mostra o primeiro passo para a realização da simulação, onde foram inseridos o nome do projetista e email, sendo o consumo mensal médio de 370 kWh, a localização da implementação, assim como a distribuidora de energia e a cor da bandeira tarifária e o tipo de ligação todos os dados encontrados na conta mensal de energia elétrica da propriedade.

Figura 28: Inserção dos Dados

MINHA CASA SOLAR

Quem Somos Loja Virtual Blog Televendas: (31) 3517-9042

Calcule o **INVESTIMENTO** e o tamanho do seu sistema de energia solar

- Quanto dinheiro preciso investir em energia solar?
- Quantos painéis solares vou comprar?
- Qual será o valor da economia na minha conta?
- Vou recuperar o meu investimento em quanto tempo?

É só colocar seus dados ao lado, que a calculadora faz a conta na hora!

Faça sua simulação Gratuitamente!

Amanda Delabary

amanda_delabary@hotmail.com

370

Rio Grande do Sul

Candiota

CEEE-D

Bandeira Amarela - R\$ 0,015/kWh

Monofásica

Todos os dados solicitados estão disponíveis na sua conta de energia.

VER RESULTADOS

Fonte: Minha Casa Solar (2021)

Com os dados inseridos, o resultado da simulação já é obtido, podendo ocorrer variações devido ao modo de instalação. A Figura 29 apresenta os resultados encontrados.

Figura 29: Resultados Energia Solar

Como vai ficar a conta de energia



Fonte: Minha Casa Solar (2021)

Tamanho do seu solar

Potência do kit Solar

3.30 kWp

Energia produzida por mês

355 kWh

Número de painéis solares

10 painéis de 330w

Área acupada pelos painéis solares no telhado

20 m²

Obtendo como resultado para a utilização de 10 painéis de 330W que irão produzir mensalmente 358 kWh, tendo uma economia mensal de R\$262,00. Com esses números encontrados optou-se pelos painéis solares da marca Canadian Solar CS6U-330P com 72 células policristalinas, como pode ser visualizado na Figura 30. A descrição do painel encontra-se no Anexo B.

As placas serão instaladas na telhado da propriedade, ocupando uma área de aproximadamente 20m².

Figura 30: Painel 330W Canadian Solar



Fonte: Eletrógrafo (2021)

Para converter a corrente contínua dos painéis em energia alternada é necessário utilizar um inversor que comporte a demanda, ele deve possuir potência suficiente para o sistema, podendo ser igual a potência gerada pelo sistema ou superior. Segundo Silva (2013), para a escolha do inversor, a potência nominal de módulos ligados ao inversor não pode ser maior que 110% da potência máxima de corrente contínua do inversor.

Sabendo que teremos 10 painéis de 330 W, com uma potência instalada de 3,3kW, foi escolhido, assim, um inversor com 3,3kW que será suficiente para o sistema da marca RefuSol. Como cada painel apresenta potência máxima de 330 W, quando se divide a potência total do inversor (3,3kW) pela potência máxima de cada painel (330W), encontra-se o número de painéis que podem ser ligados ao inversor, portanto, neste inversor podem ser ligados 10 painéis, demanda da qual precisamos. Na Figura 31 pode ser observado o inversor escolhido, sendo que as demais especificações estão no Anexo D.

Figura 31: Inversor 3,3kW



Fonte: Solius (2021)

Ainda de acordo com Silva (2013), os módulos, para serem ligados em série, têm que apresentar a soma das tensões de curto-circuito menor que 90% da tensão de corrente contínua máxima do inversor. Portanto, como a tensão máxima do inversor usado é de 600V (Anexo D) e cada módulo usado apresenta tensão de curto-circuito igual a 45,6 V (conforme Anexo D), logo, foram utilizados 10 módulos, o que resultou em 456 V, o que corresponde a 76% da tensão do inversor. Concluiu-se, assim, que os 10 módulos podem ser ligados em série.

Através do Atlas Solar Global, pode-se saber a produção mensal média de energia delimitando a área da propriedade, a potência instalada e a aplicação do sistema sendo residencial rural, com isso na Figura 32 observa-se a produção em kWh.

Figura 32: Produção Mensal Média



Fonte: Atlas Solar (2021)

Percebe-se na Figura 33 que nos meses de novembro, dezembro e janeiro que predomina-se a estação do verão a produção alcança aproximadamente 500 kWh/mês, já para os meses próximos do inverno ocorre uma queda, produzindo em média 300 kWh/mês, ambos os períodos atendem a demanda da propriedade.

Para o aerogerador eólico foi utilizado o simulador online do Sistema de Informação para Geração Distribuída de Energia (SIGD), do qual pelo valor da velocidade média do vento na cidade de Candiota apresentado na Tabela 5, se tem que o rotor da turbina para a demanda mensal necessária deve ser de 2,43m, conforme a Figura 33 a seguir.

Figura 33: Simulação SIGD

SIGD - Sistema de Informações para Geração Distribuída de Energia

Simulação de Sistema de Geração

Velocidade média vento**
6.73 m/s
**Velocidade média no sul do Brasil de 5.5m/s a 6.5m/s de acordo com o Atlas Eólico Brasileiro

Dados de sua instalação

Carga instalada	Carga demandada (Conf. RIC)	Carga de uso real/mês (kWh)	Consumo médio/mês (30 dias)
			RS

Dados da Conta de Luz

Preencha SOMENTE se não preencher os dados de seus aparelhos
Preencha os campos com os 3 últimos valores de carga consumida, disponíveis em sua conta de luz.

Carga Consumida #1	Carga Consumida #2	Carga Consumida #3	Preço kWh
370 kWh	370 kWh	370 kWh	R\$ 0.6962

Calcular média Carga Média (kWh) 370.0 Valor médio da conta RS 257.59

Simulação da Turbina Eólica

Calcular o gerador *Este cálculo considera a velocidade média do vento informada e a carga de uso real ou a carga média da conta de luz. Uma turbina eólica com as dimensões apresentadas abaixo servirá para suprir, durante um mês, a carga real consumida ou a carga média. Para maiores informações consulte o Guia do Usuário.

Área varrida pelas pás	Diâmetro do rotor	Velocidade média vento
4.65 m ²	2.43 m	6.73 m/s

Fonte: Sistema de Informação para Geração Distribuída de Energia (2021)

Então para esses dados foi escolhida uma turbina eólica da marca Tesup ZEUS3.0, conforme mostrado na Figura 34, tendo como velocidade inicial 3m/s e que com ventos de até 15m/s produz 3100W. Suas demais especificações encontram-se no Anexo C.

A escolha desta turbina eólica se fez devido ao diâmetro do rotor ser de 2,5 m, ou seja, valor próximo do simulado (2,43 m). Segundo a autora Guesse Marina (2016), as turbinas que são instaladas a 10 m de altura buscam uma maior viabilidade da produção de pelo menos 300 kWh dependendo do período do ano.

Figura 34: Aerogerador Tesup3100

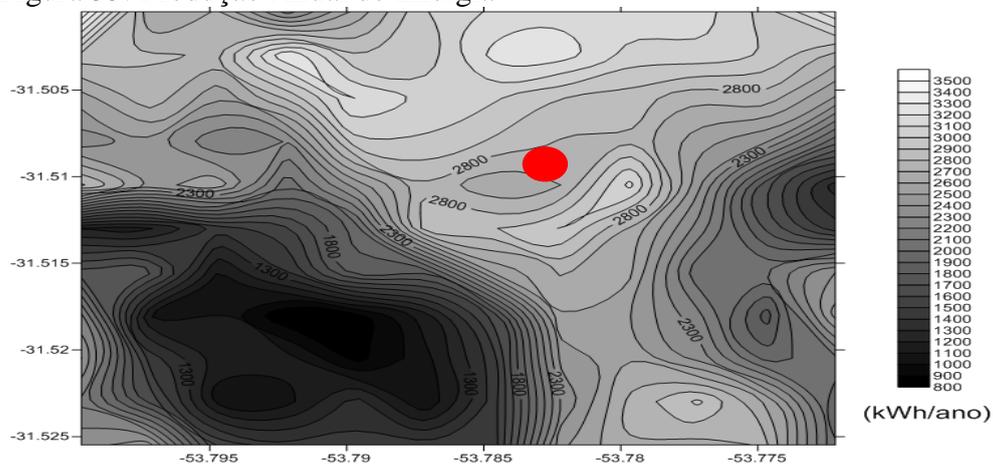


Fonte: Tesup (2021)

Esta turbina eólica já gera sua energia em AC (Corrente Alternada), ou seja, pode ser ligada diretamente a rede de energia da propriedade, sem necessidade da utilização de inversores. Será instalada no telhado da propriedade próximo aos painéis solares a uma altura de 10 m.

Através do Atlas de Vento Global, pode-se descobrir a produção anual de energia aplicando a altura da turbina, realizando a localização da propriedade de estudo e ainda adicionando as características da turbina escolhida, sendo assim a produção em kWh/ano pode ser observada na Figura 35.

Figura 35: Produção Anual de Energia



Fonte: Atlas Global (2021)

Estima-se conforme Figura 36 uma produção anual de 2800 kWh/ano, o ponto vermelho representa o local que se pretende instalar o aerogerador. A produção mensal média pode chegar a 230 kWh, o que atenderia 85% da demanda da propriedade.

Como os equipamentos serão sistemas ligados à rede da distribuidora, precisaremos utilizar um medidor de energia para saber o quanto de energia foi produzida e o quanto foi excedido para a rede da CEEE-D.

O medidor deve ser bidirecional por se tratar de sistema híbrido, sendo assim escolhido o da marca Dowertech, desenvolvido para baixas tensões e certificado pelo Inmetro, conforme apresentado na Figura 36. As demais especificações encontram-se no Anexo E.

Figura 36: Medidor Dowertech



Fonte: Mercado Livre (2021)

4.4 Estimativa dos Custos

Para estimar os custos, foi realizada uma pesquisa de mercado dos materiais. A partir dessas informações, calculou-se a receita e a viabilidade econômica considerando-se o TIR, VPL e o PAYBACK.

Segundo André Bona (2016), o TIR é a taxa interna de retorno ela complementa o VPL, uma vez que representa a taxa de desconto que equipara seu valor a zero, fazendo com que as entradas sejam iguais às saídas e refletindo os ganhos reais do projeto. O VPL é o valor presente líquido, o qual leva em conta o valor do dinheiro no tempo e o PAYBACK é o tempo de recuperação do investimento realizado. Com a utilização do Excel foi criado um algoritmo para calcular estes parâmetros.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados oriundos dos dimensionamentos e levantamento de valores dos equipamento serão apresentados a seguir.

A Tabela 6 a seguir apresenta o investimento para aquisição dos equipamentos, ainda sem considerar a instalação. Em média anualmente estima-se uma manutenção no valor de 1% a 2% do valor do investimento total.

Tabela 6: Investimento

Equipamento	Quantidade	Valor (R\$)
Biodigestor	1	2.575,00
Motor	1	810,00
Placa Solar	10	7.019,90
Aerogerador	1	5.000,00
Inversor	1	3.747,31
Medidor	1	345,50
TOTAL	-	19.496,81

Fonte: Autora (2021)

O valor médio de manutenção foi considerado de 2% do valor do investimento, sendo uma média de R\$390,00, podemos considerar também 6% da correção do valor da energia atual, assim como uma taxa de atratividade de 4%.

Sabendo que se tem um investimento de R\$19.496,81, precisa-se saber também o valor da receita, a qual ocorre com a multiplicação do consumo mensal pelo valor da energia por 12 meses (1 ano) assim chegando a um valor de:

$$\text{Receita} = (370\text{kWh} * 12\text{meses} * 0,6962) = \text{R}\$3.091,12$$

Para se saber a viabilidade deste projeto precisaremos calcular o valor do TIR, VPL e o PAYBACK, como pode ser observado nas Tabelas 7 e 8 a seguir.

Tabela 7: Inserção dos dados

ANO	0	1	2	3	4
RECEITA +		R\$ 3.091,12	R\$ 3.276,59	R\$ 3.473,18	R\$ 3.681,57
INVESTIMENTO (I ₀)	R\$ 19.496,81				
MANUTENÇÃO -		-R\$ 390,00	-R\$ 390,00	-R\$ 390,00	-R\$ 390,00
FLUXO DE CAIXA (FCL)	-R\$ 19.496,81	R\$ 2.701,12	R\$ 2.886,59	R\$ 3.083,18	R\$ 3.291,57
CORREÇÃO MONETÁRIA DO INVESTIMENTO		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
FLUXO DE CAIXA (PAYBACK)	-R\$ 19.496,81	-R\$ 16.795,69	-R\$ 13.909,10	-R\$ 10.825,92	-R\$ 7.534,35

Fonte: Autora (2021)

Na Tabela 7 foram inseridos os valores da receita, investimento, manutenção, assim como os valores de correção do valor da energia e a taxa de atratividade que é uma taxa de juros que representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar quando faz um investimento.

Já na Tabela 8, pode-se observar os resultados referentes ao VPL e TIR, sendo de R\$9.770,82 e 12% respectivamente. O valor do VPL corresponde ao valor do projeto no fim do prazo ,ou seja, se positivo, indica o lucro como situação favorável, o TIR por apresentar valor positivo, também se torna favorável.

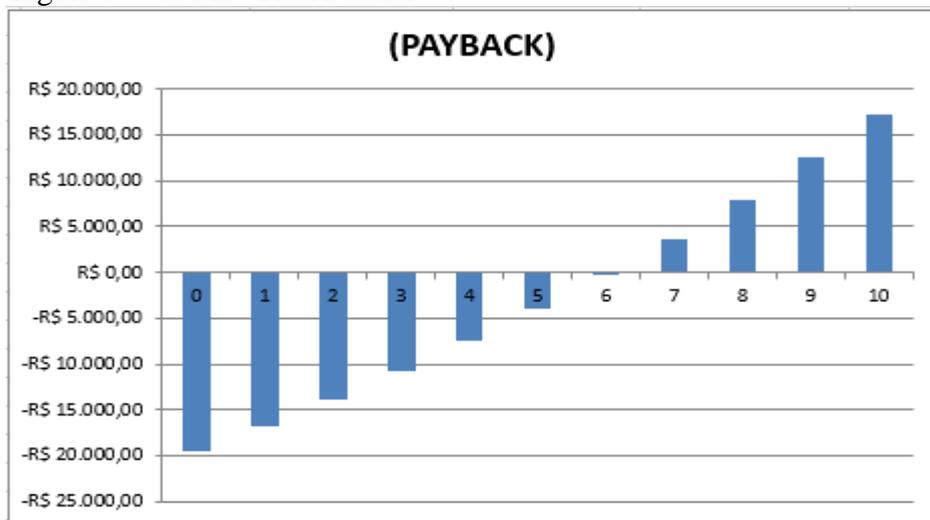
Tabela 8: TIR e VPL

VPL	R\$ 29.267,63	R\$ 9.770,82
TIR	12%	

Fonte: Autora (2021)

Na Figura 37 apresenta-se o gráfico do tempo no qual o investimento inicial é recuperado, ou seja, tempo a partir do qual o projeto começa a gerar lucro, sendo, no caso, a partir de 7 anos.

Figura 37: Gráfico PAYBACK



Fonte: Autora (2021)

Segundo Leticia de Oliveira (2020), devido a algumas comparações financeiras, a análise dos resultados dos indicadores calculados confirma a viabilidade do projeto. Considerando a taxa de atratividade definida como 4%, o VPL do projeto se demonstrou positivo no valor R\$ 29.297,00 , acima do investimento inicial, garantindo um retorno maior que o custo de capital. A TIR, que nada mais é do que a taxa de juros que o investimento no

projeto paga, se apresentou bem acima da taxa de atratividade, igual 12% ao ano, revelando que o projeto é bem mais vantajoso. Em relação ao tempo de recuperação do investimento, o payback revelou que o investimento seria pago dentro do ciclo de vida do projeto sendo a partir de 7 anos.

Se o sistema operar continuamente, seriam gerados mensalmente 682 kWh, o que supriria totalmente a demanda da propriedade, sendo que o restante seria cedido à concessionária ou seria realizada uma troca para compensar a energia elétrica da residência urbana da proprietária. Como há dias que a radiação é menor e a noite não se tem sol, assim como o vento que pode ter dias com ou sem, considerando o funcionamento de 60% dos sistema, o mesmo ainda produzirá 409 kWh, suprimindo ainda assim a demanda da propriedade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho realizou-se um projeto para instalação de um sistema híbrido solar/eólico e biodigestão a ser instalado em uma propriedade rural, localizada na cidade de Candiota-RS, para produção de energia elétrica. Os materiais e equipamentos necessários foram selecionados de acordo com a demanda energético do local e conforme o volume de matéria orgânica gerada. A partir destas informações, realizou-se o estudo da viabilidade econômica. Foi demonstrado que, a partir do consumo mensal de 370 kWh e do volume de matéria orgânica produzido na propriedade, é necessário os seguintes materiais e equipamentos: i) Um biodigestor com capacidade para 1 m³ que recebe até 15 kg de dejetos por dia e tem uma produção de biogás de 0,5 m³/dia, equivalente a meio botijão de 13 kg por mês e até 1.000 litros de biofertilizante por mês. O modelo é do tipo canadense, possui um comprimento de 1,6 metros, altura e largura de 0,8 metros; ii) Um gerador a gás de 5,13 kVa; iii) 10 placas solares de 330 W cada para produção de 358 kWh, assim, têm-se uma economia mensal de R\$ 262,00; iv) Um inversor CC/CA de 3,3 kW. v) Um aerogerador, escolhido com base na velocidade média do vento de Candiota (6,73 m/s) e por fim, vi) Um medidor bidirecional para o controle da energia excedente.

Após todos os dimensionamentos dos equipamentos, foi realizado a análise financeira deste projeto, partindo de um valor de investimento de R\$ 16.496,81, com uma receita de R\$ 3.091,12 e um valor de manutenção de R\$ 390,00, além da correção dos valores de algumas taxas, foi possível saber o valor do TIR, VPL e o PAYBACK.

Os resultados referentes ao VPL e TIR, foram respectivamente de R\$ 9.770,82 e 12%, sendo o valor do VPL corresponde ao valor do projeto no fim do prazo ,ou seja, valor positivo, indica o lucro como situação favorável, e o TIR por apresentar valor positivo, também se torna favorável. Por fim, o tempo a partir do qual o projeto começa a gerar lucro será 7 anos.

Assim o projeto em estudo se torna viável e de grande valia para a propriedade, onde se todos os equipamentos gerarem 100% de sua energia demandada, haverá uma produção mensal de 682 kWh, suprimindo com sobra a demanda da propriedade. Uma vez que isso não ocorre devido à instabilidade da radiação e do vento, caso opere em 60% mesmo assim a demanda a propriedade será alcançada.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica. **Geração Distribuída: micro e minigeração distribuídas. Micro e Minigeração Distribuídas.** 2018. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=14461914&_101_type=content&_101_groupId=656827&_101_urlTitle=geracao-distribuida-introduc-1&inheritRedirect=true. Acesso em: 12 fev. 2021.

Agência Nacional de Energia Elétrica. **Cadernos Temáticos ANEEL: micro e minigeração distribuída. Micro e Minigeração Distribuída.** 2016. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida++2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>. Acesso em: 12 fev. 2021.

AGROPECUÁRIO, Portal. **Produção de biogás::** conheça as vantagens desta fonte de energia alternativa. conheça as vantagens desta fonte de energia alternativa. 2013. Disponível em: <https://www.portalagropecuario.com.br/laticinios/producao-de-biogas-conheca-as-vantagens-desta-fonte-de-energia-alternativa>. Acesso em: 18 abr. 2021.

ALVES, S. de M.; DE MELO, C. F. M.; WISNIEWSKI, Alfonso. **Biogás: uma alternativa de energia no meio rural. Embrapa Amazônia Oriental-Séries anteriores (INFOTECA-E),** 1980.

ARAÚJO, Ana Paula Caixeta *et al.* **Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico.** 2017.

ATLANTIC. **Saiba como funciona o aerogerador, que transforma vento em eletricidade.** 2016. Disponível em: <http://atlanticenergias.com.br/saiba-como-funciona-o-aerogerador-que-transforma-vento-em-eletricidade/#:~:text=Na%20turbina%20e%20C3%B3lica%2C%20o%20vento,energia%20mec%C3%A2nica%20em%20energia%20el%C3%A9trica.&text=Rotor%3A%20elemento%20de%20fixa%C3%A7%C3%A3o%20das,o%20eixo%20de%20movimento%20lento..> Acesso em: 10 abr. 2021.

BATISTA, Carolina. **Usina Nuclear.** Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/usina-nuclear/>. Acesso em: 23 mar. 2021.

BIOGÁS, Bgs Equipamentos Para. **Biodigestor Rural.** Disponível em: <https://www.bgsequipamentos.com.br/rural/>. Acesso em: 14 abr. 2021.

BONA, André. **Conheça os métodos de análise de investimentos.** Disponível em: <https://andrebona.com.br/analise-de-investimentos/#:~:text=3.-,Taxa%20Interna%20de%20Retorno,capital%20igual%20todas%20as%20aplica%C3%A7%C3%B5es.&text=Caso%20contr%C3%A1rio%2C%20o%20investimento%20%C3%A9%20considerado%20invi%C3%A1vel..> Acesso em: 25 mar. 2021

BRASIL, Solar. **O que é energia solar fotovoltaica?** Disponível em:

<https://www.solarbrasil.com.br/energia-solar/>. Acesso em: 24 fev. 2021.

BRASIL, Strom. **SISTEMAS ON GRID E OFF GRID**. Disponível em: <https://www.strombrasil.com.br/sistemas-on-grid-e-off-grid/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

CARNEIRO, Joaquim. Electromagnetismo b módulos fotovoltaicos características e associações. **Universidade do Minho Escola de Ciências Departamento de Física Campus de Azurém, Guimarães**, 2010.

CARVALHO, Carlos. **Projeto híbrido eólico-solar**. Disponível em: <https://www.osetoreletrico.com.br/projeto-hibrido-eolico-solar/#:~:text=No%20Brasil%2C%20o%20primeiro%20sistema,diesel%2De%20C3%A9trica%20de%2050%20kW..> Acesso em: 17 maio 2021.

CATAPAN, Dariane Cristina et al. Análise da viabilidade financeira da produção de biogás através de dejetos de equinos. CEP, v. 81630, p. 050, 2012.

CIBIOGÁS. **BIOGÁS E ENERGIA ELÉTRICA: COMO PRODUZIR ELETRICIDADE COM RESÍDUOS ORGÂNICOS?** 2020. Disponível em: <https://cibiogas.org/blog-post/biogas-e-energia-eletrica-como-produzir-eletricidade-com-residuos-organicos/>. Acesso em: 18 abr. 2021.

CENTRAL, Sol. **Fontes de energia sustentáveis agridem o meio ambiente?** 2017. Disponível em: <http://www.solcentral.com.br/news/fontes-de-energia-sustentaveis-agridem-o-meio-ambiente/>. Acesso em: 25 fev. 2021.

CRESESB. **Tipos de Aerogeradores para Geração de Energia Elétrica**. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=231. Acesso em: 15 abr. 2021.

DA COSTA, Rita Joana Relva. **PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE BIOGÁS**. SILVA, Thaisa Carolina Ferreira. Utilização de biogás de estações de tratamento de esgoto para fins energéticos. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DALLIN, Carla Marielle Pavin; DE BRAGA, Jainara Pacheco; SOMENSI, Cleder Alexandre. **TRATAMENTO E VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS AVÍCOLAS VIA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES RENOVÁVEIS E BIOGÁS:: Utilização de conceitos da economia circular na agropecuária. Anais da Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar (MICTI)-e-ISSN 2316-7165**, v. 1, n. 12, 2019.

DEGANUTTI, Roberto et al. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. *Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural*, 2002.

DELLA FONTE, Rodrigo Borges. **ESTUDO DE TURBINAS EÓLICAS VERTICAIS COM EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE UMA TURBINA EÓLICA DARRIEUS PARA APLICAÇÃO EM EDIFÍCIOS**. 2012. Disponível em: <https://docplayer.com.br/72365768-Estudo-de-turbinas-eolicas-verticais-com-exemplo-de-dimensionamento-de-uma-turbina-eolica-darrieus-para-aplicacao-em-edificios.html>. Acesso em: 18 abr. 2021.

DE OLIVEIRA JÚNIOR, Frederico Alvarenga. Manual de construção do biodigestor rural. 2017.

DOS SANTOS, Edval Batista; DE NARDI JUNIOR, Geraldo. Produção de biogás a partir de dejetos de origem animal. *Tekhne e Logos*, v. 4, n. 2, p. 80-90, 2013.

DUARTE, Felipe. Tipos de Biodigestores. 2018. Disponível em: . Acesso em: 10 abr. 2019.

ECYCLE. **Tipos de sistemas fotovoltaicos: on-grid e off-grid**. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/3483-sistema-fotovoltaico-painel-solar-estrutura-suporte-inversor-controlador-carga-cabos-baterias-captacao-armazenamento-kit-geracao-energia-eletrica-eletricidade-vantagens-desvantagens-fontes-renovavel-meio-ambiente-sustentavel-onde-comprar.html>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ELETROTRAF. **PAINEL SOLAR CS6U-330P 72 CÉLULAS POLICRISTALINO 330W – CANADIAN**. Disponível em: <https://www.eletrotrafo.com.br/painel-solar-canadian-cs6u-330p-72-celulas-policristalino-330w/p>. Acesso em: 23 mar. 2021.

ENERGÉTICA, Empresa de Pesquisa. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 22 fev. 2021.

ENERGIA, Sistema de Informações Para Geração Distribuída de. **Simulador SIGD**. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/sieolica/index1.html#panel-eolica>. Acesso em: 20 mar. 2021.

ENGENHARIA, Roma. **SISTEMAS FOTOVOLTAICOS:: on grid e off grid** :: saiba quais são as alternativas disponíveis no mercado. On Grid e Off Grid – Saiba quais são as alternativas disponíveis no mercado. Disponível em: <http://www.romaengenharia.com.br/sistemas-fotovoltaicos-on-grid-e-off-grid-saiba-quais-sao-as-alternativas-disponiveis-no-mercado/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

FONTES, Pedro. **Simulação de energia fotovoltaica: uma sequência didática alternativa para o ensino da eletrodinâmica**. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343250563_Simulacao_de_energia_fotovoltaica_u_ma_sequencia_didatica_alternativa_para_o_ensino_da_eletrodinamica. Acesso em: 18 maio 2021.

GERADORES, Grupos. **Motor a Gás 5.5 HP**. Disponível em: <https://www.lojassgeradores.com.br/geradores-de-energia/geradores-de-energia-a-gasolina/partida-manual/motor-a-gas-5-5-hp-partida-manual-shanghai-amazonas>. Acesso em: 22 abr. 2021.

GUESSE, MARINA LATINI. DIMENSIONAMENTO DE UMA TURBINA EÓLICA DE EIXO HORIZONTAL DE PEQUENO PORTE APLICADO A RESIDÊNCIAS. 2016.

HIDROENERGIA. **As 5 Maiores Fontes de Energia Elétrica no Brasil**. 2018. Disponível em: <http://www.hidroenergia.com.br/as-5-maiores-fontes-de-energia-eletrica-no-brasil/>. Acesso em: 20 fev. 2021.

HEINEMAN, Jan Thomas. Estudo de viabilidade para a implantação de um sistema híbrido

eólico-fotovoltaico de baixa potência com conexão à rede elétrica. 2007.

IBERDROLA. **Você sabe como funcionam as usinas hidrelétricas?** Disponível em: <https://www.iberdrola.com/meio-ambiente/o-que-e-energia-hidreletrica>. Acesso em: 26 mar. 2021.

LIVRE, Mercado. **Relógio Medidor Energia Bifásico Bidirecional Dowertech.** Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1671361889-relogio-medidor-energia-bifasico-bidirecional-dowertech-_JM?matt_tool=18956390&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic. Acesso em: 12 mar. 2021.

METZ, H. LEONARDO. **Construção de um biodigestor caseiro para demonstração de produção de biogás e biofertilizante em escolas situadas em meios urbanos.** 40 f. Monografia (Especialização)-Curso de Formas Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

MONTEIRO, Andressa Lorayne. **Análise de viabilidade econômica de um sistema híbrido de energia renovável (eólico-solar) na Ilha do Mel.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

OLIVEIRA, Leticia de. **ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SERVIÇO DE CLUBE DE JARDINAGEM.** 2020. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/22/anais/arquivos/181.pdf>. Acesso em: 18 maio 2021.

OLIVEIRA, Luiz Henrique et al. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico residencial conectado à rede de energia elétrica.** 2018.

PINHEIRO JUNIOR, Miéssimo Alves *et al.* **SISTEMA HÍBRIDO DE ENERGIA:: funcionamento e utilização residencial. FUNCIONAMENTO E UTILIZAÇÃO RESIDENCIAL.** 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/77705862-Sistema-hibrido-de-energia-funcionamento-e-utilizacao-residencial.html>. Acesso em: 25 fev. 2021.

PEREIRA, E. B. et al. Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2ª ed. INPE, 2017. Disponível em: http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html. Acesso em: 12 abr. 2021.

PEREIRA RIBEIRO, Raylla. Estudo de caso: **dimensionamento de um sistema fotovoltaico residencial.** 2016.

PERROTI, Caina. **Como funciona a usina termoeletrica?** 2014. Disponível em: <https://cognitionmore.wordpress.com/2014/08/25/como-funciona-a-usina-termoeletrica/>. Acesso em: 25 mar. 2021.

PROPEQ. **COMO SABER SE SEU PROJETO É VIÁVEL ECONOMICAMENTE?** 2019. Disponível em: [https://propeq.com/post/analise-de-viabilidade-economica/#:~:text=Taxa%20Interna%20de%20Retorno%20\(TIR,projeto%20come%C3%A7a%20a%20gerar%20lucro..](https://propeq.com/post/analise-de-viabilidade-economica/#:~:text=Taxa%20Interna%20de%20Retorno%20(TIR,projeto%20come%C3%A7a%20a%20gerar%20lucro..) Acesso em: 20 abr. 2021.

REIS, Pedro. **Vantagens e desvantagens da Energia do Biogás.** 2012. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-da-energia-do-biogas/>. Acesso em:

16 abr. 2021.

REIS, Pedro. **Vantagens e desvantagens da Energia Eólica**. 2019. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/> Acesso em: 16 abr. 2021.

RENOVAVEIS, Atlantic Energias. **Conheça as partes do aerogerador**. 2019. Disponível em: <http://atlanticenergias.com.br/conheca-as-partes-do-aerogerador/>. Acesso em: 10 abr. 2021.

SALOMON, K. R. **Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade**. Itajubá. 219 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Conversão de Energia) – Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, 2007.

SATIS. **Produza sua própria energia: sistema híbrido**. Sistema Híbrido. Disponível em: <http://www.satisenergia.com.br/hbrida>. Acesso em: 25 fev. 2021.

SILVA NETO, Adalberto Gomes da et al. **Princípios aerodinâmicos de uma turbina eólica de eixo vertical: características básicas das turbinas savonius e darrieus**. 2020.

SOFTLINE. **As 4 principais ferramentas para análise de investimentos**. 2018. Disponível em: <https://brasil.softlinegroup.com/sobre-a-empresa/blog/as-4-principais-ferramentas-para-analise-de-investimentos>. Acesso em: 20 mar. 2021.

SOLAR, Blue Sol Energia. **O Guia Mais Absurdamente Completo da Energia Solar Fotovoltaica: entenda tudo!**. Entenda Tudo!. 2019. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-fotovoltaica-guia-supremo/>. Acesso em: 10 abr. 2021.

SOLAR, Minha Casa. **Simulador Solar**. Disponível em: <https://www.minhacasasolar.com.br/simulador-solar>. Acesso em: 25 mar. 2021.

SOLAR, Portal. **Dados do Mercado de Energia Solar no Brasil**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>. Acesso em: 22 mar. 2021.

SOLAR, Portal. **Vantagens e Desvantagens da Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar.html#:~:text=Vantagens%3A%20n%C3%A3o%20polui%2C%20%C3%A9%20renov%C3%A1vel,n%C3%A3o%20gerar%20energia%20%C3%A0%20noite..> Acesso em: 18 abr. 2021.

SOUSA, Rafaela. **Fontes renováveis de energia**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/fontes-renovaveis-energia.htm>. Acesso em: 15 fev. 2021.

Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas / Coordenado por Paulo Armando Victória de Oliveira - Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004.

SUSTENTABILIDADE, Instituto Brasileiro de **Biogás**. 2019. Disponível em:

<https://www.inbs.com.br/biogas-o-que-e-e-como-ele-e-transformado-em-energia-renovavel/>. Acesso em: 18 abr. 2021.

TESUP. **Turbina Eólica de ZEUS3.0**. Disponível em: <https://www.tesup.com.br/product-page/zeus3-vento-turbina-gerador-carregador-12v-24v-48v-casa-amazon-Brasil>. Acesso em: 03 mar. 2021.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 1ª ed. Editora Érica, São Paulo, 2012.

ZHANG, Shizhong. **Accelerated rain erosion of wind turbine blade coatings**. 2017. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/43252361.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2021.

ZANI, Victor. **O que é Energia Solar**: tudo sobre energia solar fotovoltaica. Tudo sobre energia solar fotovoltaica. 2018. Disponível em: <https://engehallrenovaveis.com.br/artigos/o-que-e-energia-solar>. Acesso em: 24 fev. 2021.

ZANONI, Naubert. Análise da viabilidade da implantação de um sistema híbrido para geração de energia elétrica. 2018.

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

WASP. **Atlas do Vento Global**. 2021. Disponível em: <https://globalwindatlas.info/>. Acesso em: 18 abr. 2021.

WASP. **Atlas do Solar Global**. 2021. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/>. Acesso em: 18 abr. 2021.

ANEXO A – Ficha Técnica Motor Gerador

Modelo	LT-168F-LPG
Tipo do motor	Refrigeração forçada a ar, 4 tempos, OHV, único cilindro
Diâmetro x curso	68x45 (mm)
Cilindrada	163cc
Taxa de compressão	8.5:1
Potência max. saída	(5.5HP) 4.1kW / 5.12kVA
Potência nominal de saída	(4.0HP) 3.0kW / 3.75kVA
Torque max.	10.8N.m
Sistema de ignição	Magneto transistor
Sistema de partida	Manual retrátil / elétrica
Capacidade do óleo do motor	0.6L
Consumo de LPG	198g/kw/h
Tomada de força	1:1
Virabrequim tipo	1:5.1:5333.
Virabrequim direção	Esquerda
Dimensões (CxLxA) (mm)	390x330x350mm
Peso líquido	15 kg
Filtro de ar	Semi-seco, à óleo, duplo

ANEXO B – Ficha Técnica Painel Fotovoltaico

Painel Solar Canadian CS6U-330P 72 Células Policristalino 330W Os novos módulos policristalinos maxpower da canadian solar usam a mais recente tecnologia inovadora de célula de cinco barras, aumentando a saída de potência do módulo e a confiabilidade do sistema. Corrente operacional ideal (imp): 8,88 a Tensão de circuito aberto (voc): 45,6 v Corrente de curto-circuito (isc): 9,45 a Eficiência do módulo: 16,97% Temperatura operacional: -40 °c ~ +85 °c Tensão máxima do sistema: 1.000 v (iec) ou 1.000 v (ul) Desempenho do módulo contra incêndio: tipo 1 (ul 1703) ou classe c (iec 61730) Classificação máx.De Fusíveis da série: 15 a Classificação da aplicação: classe a Tolerância de potência: 0 ~ + 5 w* Dados elétricos/noct*: Cs6u 330p Potência nominal máx. (pmáx): 239 w Tensão operacional ideal (vmp): 33,9 v Corrente operacional ideal (imp): 7,05 a Tensão de circuito aberto (voc): 41,9 v Dados elétricos/stc: Cs6u 330p Potência nominal máx. (pmáx): 330 w Tensão operacional ideal (vmp): 37,2 v Corrente de curto-circuito (isc): 7,66 a Dados mecânicos: Especificação: dados Tipo de célula: policristalino, 6 polegadas Organização das células: 72 (6 x 12) Dimensões: 1.960 x 992 x 40 mm (77,2 x 39,1 x 1,57 pol.) Peso: 22,4 kg (49,4 lb) Tampa dianteira: vidro temperado de 3,2 mm Material da estrutura: liga de alumínio anodizado Caixa de derivação: ip67, 3 diodos Cabo 4 mm² (iec) ou 4 mm² e 12 awg 1.000 v (ul) , 1.160 mm (45,7 pol.) Conectores t4 (iec/ul). *Imagem meramente ilustrativa*

ANEXO C – Ficha Técnica Aerogerador

SPECIFICATIONS	
DESIGNATION	TESUP Zeus3.0
GENERATOR	
TYPE	Permanent magnet rotor, brushless, gearless, maintenance- free
WEIGHT	24 kg
MAX. POWER	3.1 kW
OPERATING CIRCUIT VOLTAGE	0-143
CURRENT	3-Phase-AC
START OF CHARGING	3m/s
HOUSING MATERIAL	Aluminium
DIRECTION OF ROTATION	Any
TEST STANDARDS	EN 61000-6-1 (electromagnetic compatibility – immunity) EN 61000-6-3 (electromagnetic compatibility – emissions)
ROTOR BLADES	
MATERIAL	Composites
HUB FLANGE	Cast Steel
DIAMETER	2.25 m
WEIGHT PER ROTOR BLADES	720 g
DIRECTION OF ROTATION	From the front in a clockwise direction
STARTING WIND SPEED	2 m/s
NO. OF BLADES	3
MAX RPM	1200
MAX SPEED	Hurricane scale III
NOISE	60 dB
PARAMETER	

ANEXO D – Ficha Técnica Inversor

Dados de entrada:

Máx. potência pico STC 5KWp

Tensão máx. de entrada 600 VCC

Faixa de tensão CC em potencia nominal 300~520 VCC

Faixa MPPT 50~600 VCC

Tensão nominal de entrada 360 VCC

Corrente DC por MPPT 12A

Corrente máxima de curto-circuito 15A

Rastreadores de MPP 1

Dados de saída

Potência nominal de saída 3,3KW

Tensão nominal 220, 230, 240 VCA

Faixa de tensão CA 180V~276

Frequência nominal 50, 60Hz

Faixa de frequência 47~55 / 54~66

Corrente máx. de saída 16A

Eficiência máxima 97.7%

THD <3%

Grau de proteção IP65

ANEXO E – Ficha Técnica Medidor

Características Técnicas:

Tensão nominal (VN): 120/240V

Faixa de operação: Faixa de operação: 80% a 115% da tensão nominal

Corrente nominal (IN): 15A

Corrente máxima (Imax): 120A

Frequência 60Hz

Precisão Classe B (1%)

Faixa de Operação Térmica: -10C a 85C;

Consumo Circuito de Potencial 120/240V (menor) 2W

Consumo Circuito de Corrente (menor) 0,15 VA

Tipo de Registro Bidirecional

Mostrador Digital - 5 dígitos inteiros (padrão)

Características Mecânicas:

Tampa principal: policarbonato transparente

Tampa do bloco: policarbonato (curta)

Base: policarbonato + 10% fibra de vidro

Bloco: policarbonato + 20% fibra de vidro

Terminal de conexão: tipo gaveta em latão estanhado

Peso: 860g

Dimensões: 166 x 187 x 55 mm

APENDICE A – Artigo Acadêmico**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA HÍBRIDO NA ÁREA RURAL DE CANDIOTA**

Amanda do Prado Delabary

RESUMO

O desenvolvimento de novos métodos para a utilização consciente e eficiente da energia vem ocorrendo em crescente demanda com o passar dos anos. Os sistemas híbridos consistem de duas ou mais fontes geradoras de eletricidade que objetivam obter uma fonte confiável de suprimento de energia, podendo estar ou não conectados a rede de distribuição. A produção de biogás na área rural surge como uma alternativa para a região da Campanha Gaúcha, devido à extensão dessas áreas a qual inclui a equinocultura. Esses resíduos podem ser processados em biodigestores para produção de biogás. Os biodigestores são uma alternativa para o processamento da matéria orgânica, sendo um dos mecanismos que permitem essa produção. As placas solares têm como função captar a energia luminosa do sol e transformá-la em energia térmica ou elétrica. A energia eólica é proveniente da velocidade dos ventos, onde ocorre a transformação da energia do vento em energia útil, sendo uma forma de obter energia de forma renovável e limpa, uma vez que, não produz poluentes. Com base nestes aspectos, neste trabalho projetou-se um sistema híbrido para geração de energia elétrica do tipo solar-eólico-biodigestão para instalação em uma propriedade rural localizada na cidade de Candiota-RS. Para isso, foram selecionados os materiais e equipamentos necessários, estimou-se os custos de instalação e calculou-se a receita, o VPL e o TIR. O custo total em materiais e equipamentos foi de R\$ 19.496,81 com VPL e TIR de R\$9.770,82 e 12% respectivamente. Se o sistema projetado operasse continuamente, seriam gerados 682 kWh/mês, o que supriria totalmente a demanda da propriedade, contudo, considerando-se as variações da radiação solar e do vento, considerando-se um tempo de operação de 60%, a geração será de 409 kWh, ainda assim supre a demanda necessária. O investimento no projeto é recuperado após 6 anos de operação da planta. Foi demonstrado que o projeto é economicamente viável e possível de ser instalado no local do estudo. Contribuindo ainda para minimização de impactos ambientais.

Palavras-chave: Sistema Híbrido. biogás. solar. eólica. energias.

ABSTRACT

The development of new methods for the conscious and efficient use of energy has been occurring in increasing demand over the years. Hybrid systems consist of two or more sources of electricity that aim to obtain a reliable source of energy supply, whether they are connected to the distribution network. The production of biogas in the rural area appears as an alternative for the region of Campanha Gaúcha, due to the extension of these areas which includes equine farming. These residues can be processed in biodigesters to produce biogas. Biodigesters are an alternative for the processing of organic matter, being one of the mechanisms that allow this production. The solar plates have the function of capturing the luminous energy of the sun and transforming it into thermal or electrical energy. Wind energy comes from the speed of the winds, where wind energy is transformed into useful energy, being a way to obtain energy in a renewable and clean way, since it does not produce pollutants. Based on these aspects, this work designed a hybrid system for generating electric energy of the solar-wind-biodigestion type for installation in a rural property located in the city of Candiota-RS. For this, the necessary

materials and equipment were selected, installation costs were estimated and revenue, NPV and IRR were calculated. The total cost of materials and equipment was R \$ 19,496.81 with NPV and IRR of R \$ 9,770.82 and 12%, respectively. If the projected system operated continuously, 682 kWh / month would be generated, which would fully supply the property's demand, however, considering the variations in solar and wind radiation, considering an operating time of 60%, the generation will be 409 kWh, yet still supply the necessary demand. The investment in the project is recovered after 6 years of operation of the plant. It was demonstrated that the project is economically viable and possible to be installed at the study site. Also contributing to the minimization of environmental impacts.

Keywords: Hybrid System. biogas. solar. wind. energies.

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais existem inúmeras formas de se economizar energia e de se preservar o meio ambiente. Dentre elas temos métodos de se reutilizar resíduos orgânicos, os quais correspondem a mais de 50% do total de resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil, segundo a ANEEL/ABSOLAR 2020, temos a energia solar proveniente do sol que corresponde a 1,6% de toda a matriz energética brasileira, alcançando a geração de 2,955 MW no mês de outubro de 2020, logo temos também a energia eólica, correspondendo a 9,1% da matriz, ficando atrás apenas da energia obtida por usinas hidrelétricas (em torno de 60%).

A produção de biogás a partir de dejetos de animais gera grandes benefícios, sejam eles econômicos, ambientais e sociais, como diminuir o mau cheiro, reduzir o seu potencial poluente, redução de gastos com a energia através da utilização de biodigestores, que são recipientes onde a biomassa sofre a digestão pelas bactérias anaeróbicas, gerando o gás e, dessa forma, produzindo uma energia limpa.

A energia solar ou fotovoltaica é a geração de energia elétrica usando a luz do sol, ou seja, quando a luz do sol é captada por painéis solares, ocorre a transformação da corrente elétrica para utilização em residências, comércios e indústrias, tendo como benefícios a não geração de resíduos, sendo considerada uma energia limpa, possui uma fonte de energia gratuita tornando a energia gerada mais barata, podendo gerar economia de até 95% na conta de luz, com baixa necessidade de manutenção.

Já a energia eólica é produzida a partir da força dos ventos e é gerada por meio dos aerogeradores. Este sistema pode ser utilizado em duas aplicações, sendo em sistemas isolados ou sistemas integrados à rede, trazem como benefício ser uma energia abundante, renovável e limpa.

Em vista disso, o objetivo geral deste trabalho consiste na implantação de um sistema híbrido de geração de energia através de dejetos de equinos e bovinos, energia solar e eólica em uma propriedade rural. Este estudo é de grande importância pois, nas áreas rurais, o volume de dejetos ao ar livre acarreta vários problemas ambientais, o que nos faz buscar a minimização destes danos, ainda tendo como alternativas a energia solar e eólica para suprir toda a demanda energética da propriedade.

2. DESENVOLVIMENTO

Nos últimos tempos, a questão ambiental surgiu como foco de cobrança de órgãos públicos, ONG's e mais recentemente de consumidores e sociedade (CATAPAN *et al.*, 2012).

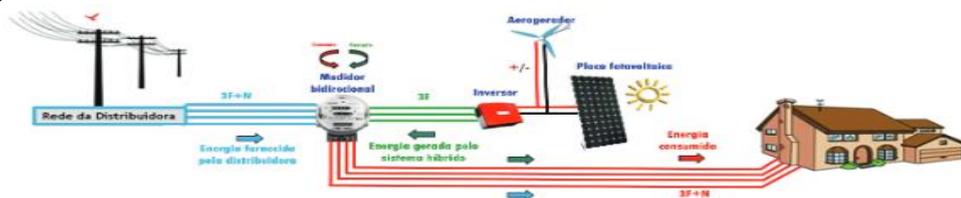
Ampliar o modelo energético atual no mundo é uma necessidade diante do agravamento dos problemas ambientais causados por gases poluentes liberados à atmosfera. O aquecimento global, o efeito estufa e as alterações climáticas são exemplos de danos causados ao meio

ambiente. O uso de fontes renováveis é uma alternativa para geração de energia limpa, que causa menos danos ao meio ambiente e colabora com a economia do uso da energia elétrica proveniente das termoeletricas, que emitem estes gases; busca-se com as energias renováveis o uso eficiente e consciente da energia.

Uma dessas alternativas encontra-se nos sistemas híbridos, tendo como sigla SH, que consistem de duas ou mais fontes geradoras de eletricidade. Normalmente uma ou mais fontes convencionais e uma ou mais fontes renováveis como, por exemplo, captação de energia solar em conjunto com geradores diesel e captação de energia eólica (BARBOSA; PINHO; PEREIRA, 2004).

Grande parte dos sistemas híbridos estão relacionados com a energia solar e eólica, onde as mesmas estão ligadas a baterias que armazenam a energia elétrica ou ligadas diretamente na rede da concessionária, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1: Sistema Híbrido Solar/Eólica



Fonte: Pereira (2016)

Neste artigo as fontes de energia que serão utilizadas para o desenvolvimento do sistema híbrido são a energia proveniente do sol, dos ventos e outra alternativa é o biogás para o aproveitamento dos esterco produzidos na propriedade.

Dando início a descrição destas fontes de energia utilizadas partiremos primeiramente pelo biogás. Segundo Haroldo Ramirez (2019), o biogás é um combustível produzido a partir da decomposição de materiais orgânicos, sejam eles de origem vegetal ou animal. É constituído principalmente do gás chamado metano, que pode ser utilizado para produzir energia elétrica, térmica ou também como combustível veicular.

Segundo Ana Paula Araújo (2017), o processo de produção do biogás acontece geralmente dentro de uma câmara fechada, por precisar de ausência do oxigênio para que possa ocorrer a ação das bactérias anaeróbias, pois as mesmas não necessitam de oxigênio para o crescimento, sendo eles os biodigestores, classificados como: batelada e contínuo (Chinês, Canadense e Indiano).

Já a energia solar, proveniente do sol surge através de ondas eletromagnéticas sob forma de radiação, podendo ser definida como “a energia produzida por um campo elétrico e magnético oscilante, transmitido por fótons” (NREL, 2018). Esta forma de energia pode ser classificada de duas formas, sendo elas: as conectadas a rede, sendo chamadas de *on-gride* ou as isoladas da rede, chamadas de *off-gride*. As mesmas podem ser visualizadas na Figura 2 a seguir.

Figura 2: *on-gride* X *off-gride*



Fonte: Strom (2014)

Podemos observar que na Figura 2 (a) o sistema *on-gride* está diretamente ligado à rede de distribuição de energia e na Figura 2 (b) o sistema *off-gride* se caracteriza pela utilização de baterias e controladores de carga para o armazenamento da energia.

E por fim, a energia eólica é a proveniente da conversão do vento em energia elétrica. Segundo estudos o vento se origina das massas de ar, ou seja, as massas de ar quente sobem e as de ar frio descem, dando origem assim então ao vento. Através do movimento da rotação das pás é que a turbina consegue transformar a energia cinética em mecânica e através de um gerador que se obtém a energia elétrica.

3. METODOLOGIA

O artigo utilizará as criações de equinos e bovinos, a luz do sol e a velocidade dos ventos na região sul do estado do Rio Grande do Sul, próximo à cidade de Candiota, em uma propriedade na área rural. Esta propriedade tem como nome Estância Recanto Amália e se localiza no endereço Cor do Arborito número 901 no bairro Rural da Fortaleza do Seival, a 36Km da cidade de Candiota.

Figura 3: Estância Recanto Amália

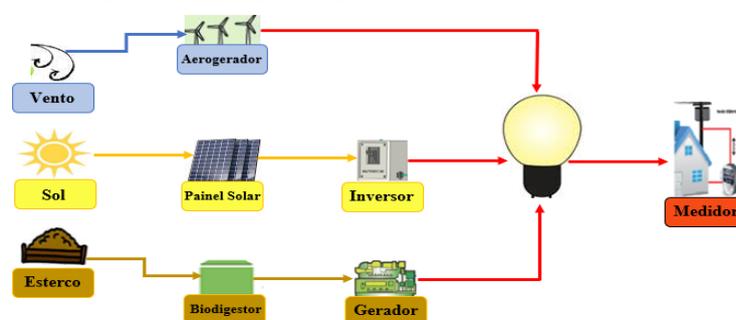


Fonte: Autora (2021)

Durante o ano de 2020 até o mês de março de 2021 a propriedade gastou em média 370 kWh/mês de energia elétrica, a bandeira tarifária vigente é a amarela e a classe de consumo segundo a ANEEL é rural-agropecuária, sendo o preço do kWh de R\$0,6962. Resultando em um gasto médio de R\$ 260,00 na conta da energia elétrica vinda da CEEE.

O sistema híbrido será dimensionado conforme croqui esquemático apresentado na Figura 4.

Figura 4: Croqui Esquemático



Fonte: Autora, 2021.

3.1 Materias Utilizados

A escolha do biodigestor foi realizada pelo site do fabricante BGS Equipamentos para

Biogás. Uma vez que a propriedade tem apenas um animal que produz esterco, escolheu-se utilizar o biodigestor de 1 m³ que recebe até 15 kg de dejetos por dia e tem uma produção de biogás de 0,5 m³/dia, equivalente a meio botijão de 13 kg por mês e até 1.000 litros de biofertilizante por mês. O modelo é do tipo canadense, possui um comprimento de 1,6 metros, altura e largura de 0,8 metros e pode ser observado na Figura 5. Para se obter energia elétrica necessita-se de um gerador de energia sendo para este equipamento de pequeno porte, até 7 kVa; com isso foi escolhido um gerador de energia a gás de 5,13 kVa da marca Shanghai Amazonas como pode ser observado na Figura 6.

Figura 5: Biodigestor de 1m³



Fonte: BGS Equipamentos (2021)

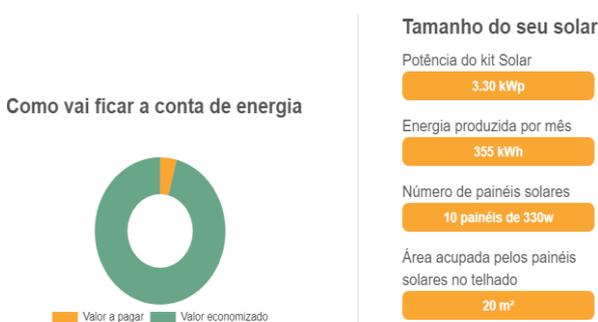
Figura 6: Gerador de energia Shanghai



Fonte: Grupos Geradores (2021)

Já os painéis solares foram dimensionados a partir da utilização do Simulador Minha, inserido os dados da propriedade, o resultado da simulação já é obtido, podendo ocorrer variações devido ao modo de instalação. A Figura 7 apresenta os resultados encontrados. Obtendo como resultado para a utilização de 10 painéis de 330 W que irão produzir mensalmente 358 kWh, tendo uma economia mensal de R\$ 262,00. Com esses números encontrados optou-se pelos painéis solares da marca Canadian Solar CS6U-330P com 72 células policristalinas, como pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 7: Resultados Energia Solar



Fonte: Minha Casa Solar (2021)

Figura 8: Painele 330W Canadian Solar



Fonte: Eletrógrafo (2021)

Para converter a corrente contínua dos painéis em energia alternada precisaremos utilizar um inversor que comporte a demanda, ele deve possuir potência suficiente para o sistema, podendo ser igual a potência gerada pelo sistema ou superior. Segundo Silva (2013), para a escolha do inversor, a potência nominal de módulos ligados ao inversor não pode ser maior que 110% da potência máxima de corrente contínua do inversor.

Sabendo que teremos 10 painéis de 330 W, com uma potência instalada de 3,3 kW, foi escolhido, assim, um inversor com 3,3 kW que será suficiente para o sistema da marca RefuSol conforme Figura 9.

Figura 9: Inversor 3,3 kW



Fonte: Solius (2021)

Para o aerogerador eólico foi utilizado o simulador online do Sistema de Informação para Geração Distribuída de Energia (SIGD), do qual pelo valor da velocidade média do vento na cidade de Candiota se obtém que o rotor da turbina para a demanda mensal necessária deve ser de 2,43 m, conforme Figura 10 a seguir.

Figura 10: Simulação SIGD

Simulação de Sistema de Geração

Velocidade média vento**
6.73 m/s
**Velocidade média no sul do Brasil de 5.5m/s a 6.5m/s de acordo com o Atlas Eólico Brasileiro

Dados de sua instalação

Carga instalada	Carga demandada (Conf. RIC)	Carga de uso real/mês (kWh)	Consumo médio/mês (30 dias)
			RS

Dados da Conta de Luz

Preencha SOMENTE se não preencher os dados de seus aparelhos.
Preencha os campos com os 3 últimos valores de carga consumida, disponíveis em sua conta de luz.

Carga Consumida #1	Carga Consumida #2	Carga Consumida #3	Preço kWh
370 kWh	370 kWh	370 kWh	RS 0.6962

Calcular média Carga Média (kWh) 370.0 Valor médio da conta RS 257.59

Simulação da Turbina Eólica

Calcular o gerador

*Este cálculo considera a velocidade média do vento informada e a carga de uso real ou a carga média da conta de luz. Uma turbina eólica com as dimensões apresentadas abaixo servirá para suprir, durante um mês, a carga real consumida ou a carga média. Para maiores informações consulte o Guia do Usuário.

Área varrida pelas pás	Diâmetro do rotor	Velocidade média vento
4.65 m²	2.43 m	6.73 m/s

Fonte: Sistema de Informação para Geração Distribuída de Energia (2021)

Então para esses dados foi escolhida uma turbina eólica da marca Tesup ZEUS3.0, conforme mostrado na Figura 11, tendo como velocidade inicial 3m/s e que com ventos de até 15 m/s produz 3100 W.

Figura 11: Aerogerador Tesup3100



Fonte: Tesup (2021)

Esta turbina eólica já gera sua energia em AC (Corrente Alternada), ou seja, pode ser ligada diretamente a rede de energia da propriedade, sem necessidade da utilização de inversores.

Como os equipamentos serão sistemas ligados à rede da distribuidora, precisaremos utilizar um medidor de energia para saber o quanto de energia foi produzida e o quanto foi excedido para a rede da CEEE-D. O medidor deve ser bidirecional por se tratar de sistema híbrido, sendo assim escolhido o da marca Dowertech, desenvolvido para baixas tensões e

certificado pelo Inmetro, conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12: Medidor Dowertech



Fonte: Mercado Livre (2021)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados oriundos dos dimensionamentos e levantamento de valores dos equipamentos serão apresentados a seguir.

A Tabela 1 a seguir apresenta os custos totais dos equipamentos sem contar o valor da instalação, em média anualmente estima-se uma manutenção no valor de 1% a 2% do valor do investimento total.

Tabela 1: Investimento

Equipamento	Quantidade	Valor (R\$)
Biodigestor	1	2.575,00
Motor	1	810,00
Placa Solar	10	7.019,90
Aerogerador	1	5.000,00
Inversor	1	3.747,31
Medidor	1	345,50
TOTAL	-	19.496,81

Fonte: Autora (2021)

O valor médio de manutenção foi considerado de 2% do valor do investimento, sendo uma média de R\$ 390,00, podemos considerar também 6% da correção do valor da energia atual, assim como uma taxa de atratividade de 4%.

Sabendo que se tem um investimento de R\$ 19.496,81, precisa-se saber também o valor da receita, a qual ocorre com a multiplicação do consumo mensal pelo valor da energia por 12 meses (1 ano) assim chegando a um valor de:

$$\text{Receita} = (370\text{kWh} * 12\text{meses} * 0,6962) = \text{R}\$3.091,12$$

Com a utilização do Excel foi criado um algoritmo capaz de calcular o valor do TIR, VPL, bem como o gráfico que representa o tempo do retorno do investimento o PAYBACK, como pode ser observado nas Tabelas 2 e 3 a seguir.

Figura 2: Inserção dos dados

ANO	0	1	2	3
RECEITA +		R\$ 3.091,12	R\$ 3.276,59	R\$ 3.473,18
INVESTIMENTO (I ₀)	R\$ 19.496,81			
MANUTENÇÃO -		-R\$ 390,00	-R\$ 390,00	-R\$ 390,00
FLUXO DE CAIXA (FCL)	-R\$ 19.496,81	R\$ 2.701,12	R\$ 2.886,59	R\$ 3.083,18
CORREÇÃO MONETÁRIA DO INVESTIMENTO		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
FLUXO DE CAIXA (PAYBACK)	-R\$ 19.496,81	-R\$ 16.795,69	-R\$ 13.909,10	-R\$ 10.825,92

Fonte: Autora (2021)

Na Tabela 1 foram inseridos os valores de receita, manutenção e investimento, já na Figura 14, podemos observar os resultados referentes ao VPL e TIR, sendo de R\$ 9.770,82 e 12% respectivamente. O valor do VPL corresponde ao valor do projeto no fim do prazo, ou seja, se positivo, indica o lucro como situação favorável, o TIR por apresentar valor positivo, também se torna favorável.

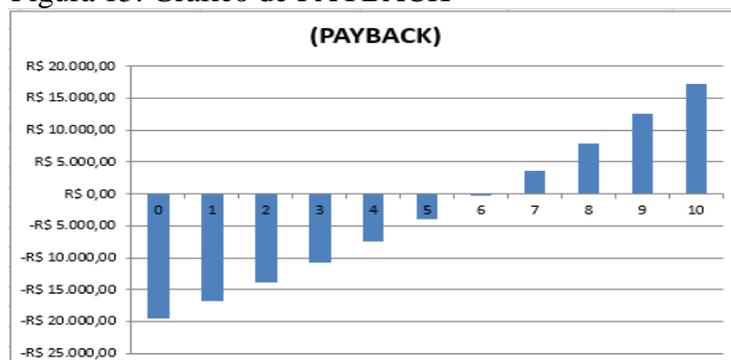
Tabela 3: TIR e VPL

VPL	R\$ 29.267,63	R\$ 9.770,82
TIR	12%	

Fonte: Autora (2021)

Na Figura 15 apresenta-se o gráfico do tempo no qual o investimento inicial é recuperado, ou seja, tempo a partir do qual o projeto começa a gerar lucro, sendo, no caso, a partir de 7 anos.

Figura 15: Gráfico de PAYBACK



Fonte: Autora (2021)

5. CONCLUSÃO

Para a propriedade rural situada na cidade de Candiota-RS, buscou-se realizar o dimensionamento dos equipamentos para se produzir energia elétrica através de um sistema híbrido solar/eólico e de um biodigestor, que busca a preservação do meio ambiente, economia para o proprietário e ainda com o biodigestor produzindo adubo para as plantações, sendo assim esterco não será mais descartado no meio ambiente, ocorrendo poluição.

Sabendo quanto de consumo energético a propriedade gera durante um mês (370kWh), foi realizado o dimensionamento dos equipamentos sendo eles: as placas solares, aerogerador e o biodigestor.

Assim o projeto em estudo se torna viável e de grande valia para a propriedade, onde se todos os equipamentos gerarem 100% de sua energia demandada, haverá uma produção mensal de 682kWh, suprimindo com sobra a demanda da propriedade. Uma vez que isso não ocorre devido à instabilidade da radiação e do vento, caso opere em 60% mesmo assim a demanda a propriedade será alcançada.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Ana Paula Caixeta et al. Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico. 2017.

BRASIL, Solar. **O que é energia solar fotovoltaica?** Disponível em: <https://www.solarbrasil.com.br/energia-solar/>. Acesso em: 24 fev. 2021.

BRASIL, Strom. **SISTEMAS ON GRID E OFF GRID.** Disponível em: <https://www.strombrasil.com.br/sistemas-on-grid-e-off-grid/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

DEGANUTTI, Roberto et al. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural, 2002.

ELETROTRAFO. **PAINEL SOLAR CS6U-330P 72 CÉLULAS POLICRISTALINO 330W – CANADIAN.** Disponível em: <https://www.eletrotrafo.com.br/painel-solar-canadian-cs6u-330p-72-celulas-policristalino-330w/p>. Acesso em: 23 mar. 2021.

ENERGIA, Sistema de Informações Para Geração Distribuída de. **Simulador SIGD.** Disponível em: <https://www.ufrgs.br/sieolica/index1.html#panel-eolica>. Acesso em: 20 mar. 2021.

GERADORES, Grupos. **Motor a Gás 5.5 HP.** Disponível em: <https://www.lojassgeradores.com.br/geradores-de-energia/geradores-de-energia-a-gasolina/partida-manual/motor-a-gas-5-5-hp-partida-manual-shanghai-amazonas>. Acesso em: 22 abr. 2021.

HEINEMAN, Jan Thomas. Estudo de viabilidade para a implantação de um sistema híbrido eólico-fotovoltaico de baixa potência com conexão à rede elétrica. 2007.

LIVRE, Mercado. **Relógio Medidor Energia Bifásico Bidirecional Dowertech.** Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1671361889-relogio-medidor-energia-bifasico-bidirecional-dowertech-_JM?matt_tool=18956390&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic. Acesso em: 12 mar. 2021.

SOFTLINE. **As 4 principais ferramentas para análise de investimentos.** 2018. Disponível em: <https://brasil.softlinegroup.com/sobre-a-empresa/blog/as-4-principais-ferramentas-para-analise-de-investimentos>. Acesso em: 20 mar. 2021.

SOLAR, Minha Casa. **Simulador Solar.** Disponível em: <https://www.minhacasasolar.com.br/simulador-solar>. Acesso em: 25 mar. 2021.

TESUP. **Turbina Eólica de ZEUS3.0.** Disponível em: <https://www.tesup.com.br/product-page/zeus3-vento-turbina-gerador-carregador-12v-24v-48v-casa-amazon-Brasil>. Acesso em: 03 mar. 2021.