



JOVANA MARIA PELLIN

**ENERGIA FOTOVOLTAICA: ANÁLISE DE CUSTOS E
VIABILIDADE ECONÔMICA EM UM ESTABELECIMENTO
RURAL FAMILIAR**

Horizontina

2018

Jovana Maria Pellin

**ENERGIA FOTOVOLTAICA: ANÁLISE DE CUSTOS E
VIABILIDADE ECONÔMICA EM UM ESTABELECIMENTO RURAL
FAMILIAR**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas pelo Curso de Ciências Econômicas da Faculdade Horizontina (FAHOR).

ORIENTADORA: Marliza Beatris Reichert, Doutora
COORIENTADORA: Ivete Linn Ruppenthal, Especialista

Horizontina

2018

**FAHOR – FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“Energia fotovoltaica: análise de custos e viabilidade econômica em um
estabelecimento rural familiar”**

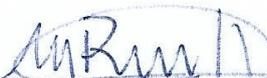
Elaborada por:

Jovana Maria Pellin

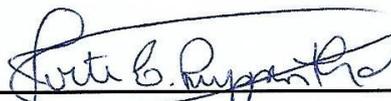
como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Econômicas

Aprovado em: 06/12/2018

Pela Comissão Examinadora



**Doutora. Marliza Beatris Rejchert
Presidente da Comissão Examinadora - Orientadora**



**Especialista. Ivete Linn Ruppenthal
FAHOR – Faculdade Horizontalina - Coorientadora**



**Mestre. Márcio Leandro Kalkmann
FAHOR – Faculdade Horizontalina**



**Mestre. Stephan Sawitzki
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

Horizontalina

2018

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus filhos, Leonardo Pellin Rigon e Julia Pellin Gaertner.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que de alguma forma fizeram parte deste trabalho. A Instituição Faculdade Horizontina - FAHOR pela Gratuidade Escolar 50%. Agradeço as minhas orientadoras, Doutora Marliza Beatris Reichert e Esp. Ivete Linn Ruppenthal pelas contribuições e dedicação para que este trabalho fosse realizado. Agradeço o coordenador do Curso de Ciências Econômicas Me. Stephan Sawitzki pelas instruções recebidas, aos demais professores e funcionários por todo o suporte disponibilizado. Por fim, agradecimento especial para o meu irmão Me. Adonis Pellin pela contribuição na realização da minha formação acadêmica, aos pais Pedro Luiz Pellin e Celia Vanzan, ao irmão Marcelo Luis Pellin, e ao Sr. G.R. que permitiu a realização do estudo em sua propriedade rural, e a sua disponibilidade em fornecer as informações necessárias.

RESUMO

A energia fotovoltaica se apresenta como uma das melhores alternativas para fornecer energia elétrica de maneira confiável, pois é um recurso natural e inesgotável, considerado um fator importante no desenvolvimento socioeconômico. Neste sentido, realizou-se o estudo sobre o sistema fotovoltaico implantado em um estabelecimento rural familiar, localizado em Esquina Mambuca, interior do município de Horizontina – RS, com uma área de 19,5 hectares, sendo 2 hectares utilizados para a produção de hortigranjeiros, no sistema de estufas com irrigação por aspersão e semi-hidropônico. Como problema de pesquisa buscou-se identificar quais os benefícios econômicos gerados com o investimento na instalação de painéis fotovoltaicos para a geração de energia elétrica na propriedade rural. O objetivo da pesquisa visou analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia fotovoltaica, em uma propriedade rural de pequeno porte. Os métodos de pesquisa utilizados foram exploratório-descritivos combinados e a abordagem dedutiva. Os métodos de investigação foram o estudo de caso, comparativo, documental e pesquisa de campo, sendo que os dados foram analisados no *software Excel*. Foram analisados os custos de geração de energia em um período de 8 meses anterior a implantação do sistema de geração de energia fotovoltaica na propriedade rural, bem como foi realizado o levantamento dos custos da implantação de um sistema de energia fotovoltaica, para posterior análise do retorno do investimento. No período analisado identificou-se uma redução de 93,57% na conta de energia elétrica gerando um benefício econômico para o produtor. O valor presente líquido mostrou-se positivo, o *payback* de 9 anos e 3 meses, apresenta-se longo, mas comprovou ser um investimento viável para o produtor.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica. Análise de custos. Viabilidade econômica.

ABSTRACT

Photovoltaic energy is presented as one of the best alternatives to provide electric energy in a reliable way, since it is a natural and inexhaustible resource, considered an important factor in the social and economic development. In this sense, it was necessary to develop a study about the photovoltaic system implemented in a rural property of small size, located in Esquina Mambuca, in the countryside area of Horizontina-RS, with an area of 19.5 hectares, being two of them used for horticultural production, using the greenhouse system with sprinkler and semi hydroponic irrigation. As a research problem, it was important to identify the economic benefits generated by the investment with the installation of photovoltaic panels for generation of electric energy in the rural property. The objective of such research aimed to analyze the economic viability of the installation of a photovoltaic energy system in a small size rural property. The research methods used were of exploratory-descriptive kind combined and the approach was deductive. The investigation methods were case study, comparative, documental and field research, considering that the data were analyzed in the software Excel. The costs of energy generation were analyzed in a period of eight months prior to the implementation of the photovoltaic energy generation system in the rural property, as well as it was possible to make cost analysis on the implementation of a photovoltaic energy system for later analysis of the investment payoff. In the analyzed period it was possible to identify a reduction of 93.57% in the electric energy bill, generating an economic benefit for the farmer. The net present value was positive, with a payback in 9 years and 3 months, which is long, but proved to be a viable investment to the farmer.

Keywords: *Photovoltaic energy. Cost Analysis. Economic Viability.*

LISTA DE FIGURAS

QUADROS

Quadro 1 – Valor presente líquido.....	34
--	----

FIGURAS

Figura 1 – Funcionamento na captação de energia solar	19
Figura 2 - Participação de diferentes classes de consumidores na potência instalada e número de sistemas solares fotovoltaicos.....	20
Figura 3 - Localização do Sistema Solar Fotovoltaico.....	29
Figura 4 - Consumo de energia elétrica em KWh no período de 8 meses	30
Figura 5 - Gastos com energia elétrica no período de 8 meses.....	30
Figura 6 - Sistema fotovoltaico	31
Figura 7 - Inversor do sistema fotovoltaico.....	32
Figura 8 - Consumo de energia elétrica anterior a implantação do sistema solar	33
Figura 9 - Situação anterior	35
Figura 10 - Consumo anterior ao sistema fotovoltaico	36
Figura 11 - Situação atual com a microgeração solar	37
Figura 12 - Gastos em energia elétrica com a microgeração solar	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 ENERGIA ELÉTRICA.....	13
2.2 ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	14
2.2.1 Energia Solar	16
2.1.1.1 Geração de Energia Fotovoltaica	17
2.2.1.2 Benefícios de Implantação de Energia Fotovoltaica.....	20
2.3 ESTABELECIMENTO RURAL FAMILIAR.....	22
2.3.2 Gestão do Estabelecimento Rural Familiar.....	23
2.4 CUSTOS	24
2.5 AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS.....	25
3 METODOLOGIA	26
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	29
4.1 CUSTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ANTERIOR A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA	32
4.2 CUSTOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO ESTABELECIMENTO RURAL FAMILIAR.....	33
4.3 RETORNO DO INVESTIMENTO	33
4.4 COMPARATIVO DA SITUAÇÃO ANTERIOR E A ATUAL	35
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é um constante assunto de debates e posições controversas. O tema é um estímulo que leva a repensar os modos e finalidades do desenvolvimento econômico e a verificar as consequências da intervenção do ser humano na natureza.

As primeiras referências ao desenvolvimento sustentável surgiram em 1972, durante a primeira conferência da ONU – Organização das Nações Unidas, sobre meio ambiente e desenvolvimento, em Estocolmo, na Suécia. O termo utilizado então foi “ecodesenvolvimento” (GIASANTI, 1998).

A definição de “desenvolvimento sustentável é a que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades” (NAÇÕES UNIDAS, 2018). O desenvolvimento somente será alcançado quando houver planejamento e a consciência de que os recursos naturais são finitos.

Os recursos físicos são resultados de ciclos naturais do planeta Terra, que duram milhões de anos. A capacidade de recomposição de um recurso tem sido o principal critério para a classificação dos recursos naturais. Uma delas é a energia de fonte não-renovável onde se pode dizer que são aquelas que se encontram na natureza em quantidades limitadas e se extinguem com a sua utilização como, por exemplo, os combustíveis fósseis (carvão, petróleo bruto e gás natural) e o urânio, que é a matéria-prima necessária para obter a energia resultante do processo de fusão nuclear (MAY et al., 2003).

Outra forma de energia utilizada é a energia renovável onde não é possível definir um fim temporal para a sua utilização como, por exemplo, o calor emitido pelo sol, a existência do vento, das marés ou dos cursos de água sendo assim consideradas, justamente, inesgotáveis, mas limitadas em termos da quantidade de energia que é possível extrair em cada momento (MAY et al., 2003).

As energias renováveis são derivadas de ciclos naturais de conversão da radiação solar, fonte primária de quase toda energia disponível no planeta Terra e, por serem abundantes, não alteram o balanço térmico do planeta e representam fontes de energia que podem ser chamadas de não-convencionais, ou seja, aquelas não baseadas nos combustíveis fósseis e grandes hidroelétricas. No momento atual, tem-se buscado usar as denominações energias renováveis e novas energias, para

determinar o conceito daquelas com ciclos de renovação natural, que resultam de energia solar como fonte primária. Inserindo-se nesta categoria a energia eólica, de biomassa e a solar, estas são formas de energia que se renovam em ciclos em um tempo reduzido (PACHECO, 2006).

Para Ignatios (2006) *apud* Pacheco (2006), a nova ordem mundial é a busca pela autossuficiência em geração de energia, ou seja, a busca por diferentes fontes de energias alternativas que abasteçam o consumo interno dos países, no caso de uma insuficiência de combustíveis fósseis. Para tanto, os países têm que ter sob domínio fontes primárias de produção de energia elétrica, térmica e veicular e, em um mundo globalizado é fundamental que haja uma reciprocidade entre os países e uma autonomia em alguma fonte de energia, para não ficar dependente de outros países.

No contexto dos debates sobre a demanda energética, aprofundada pelo panorama internacional de escassez do petróleo e pelas alterações climáticas, provocadas pela queima de combustíveis fósseis, surgem pesquisas e estudos técnicos, econômicos e de impactos socioeconômicos e ambientais. Diante deste cenário, surgem empresas trazendo novas tecnologias na produção de energias alternativas: a partir de matéria orgânica de origem animal e vegetal, a biomassa; por meio da força dos ventos, a denominada energia eólica; através da captação da luz do sol, a energia fotovoltaica; e a partir de pequenas centrais hidroelétricas, as quais atendem a demandas em áreas vizinhas ao sistema de transmissão (PACHECO, 2006).

Neste contexto, o tema deste estudo é análise da viabilidade econômica da instalação de painéis solares fotovoltaicos, em um estabelecimento rural familiar, produtor de hortigranjeiros, na localidade de Esquina Mambuca, no município de Horizontina, região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, para que o consumo de energia elétrica proveniente da concessionária tenha uma redução significativa ou total. Dessa forma, identificando os benefícios gerados para o produtor, para o meio ambiente e para a sociedade.

Diante deste cenário, buscou-se responder o seguinte problema de pesquisa: Quais os benefícios financeiros gerados com o investimento na instalação da energia fotovoltaica no estabelecimento rural familiar?

A Sustentabilidade está relacionada com a economia e o meio ambiente, de forma em que os dois trabalhem em conjunto, sem depredar os recursos naturais, sabendo usufruir os mesmos e mantê-los, para que haja um melhoramento da vida

econômica das populações.

O sistema fotovoltaico de geração de energia elétrica, originária de uma fonte de energia renovável, pode ser utilizada para o fornecimento de energia elétrica em pequenas propriedades onde há um acesso de energia direto ou não, fazendo com que o produtor tenha a opção pelo meio de energia condizente com as suas necessidades e que tragam benefícios econômicos para a sua atividade comercial.

Goldemberg (2000) *apud* Ribeiro (2002) enfatiza que a rapidez do uso de tecnologias energéticas modernas é importante para o desenvolvimento sustentável da zona rural dos países em desenvolvimento, apontando as seguintes possibilidades e aplicações: combustíveis ambientalmente mais limpos, líquidos e gasosos, para cocção e eletricidade para iluminação e outros aproveitamentos nas residências; combustíveis líquidos e eletricidade para mecanizar a agricultura; eletricidade suficientemente econômica para atrair a atividade industrial.

Entre as tecnologias que utilizam as fontes renováveis de energia, a tecnologia fotovoltaica se apresenta como uma das melhores alternativas para fornecer energia elétrica de maneira confiável. O uso da energia solar, recurso natural e inesgotável, é um fator importante no desenvolvimento socioeconômico, comercial e agroindustrial das comunidades rurais (MARINI, 2001).

A extensão territorial brasileira e os programas de eletrificação rural implementados nos últimos anos vêm tornando o custo da extensão de rede para eletrificação rural (custo marginal por domicílio atendido) cada vez mais alto, com isso surgem alternativas descentralizadas de suprimento de energia. Devido à sua dimensão e localização geográfica, o Brasil é um dos países mais favoráveis no mundo para o uso de sistemas fotovoltaicos para eletrificação rural (RIBEIRO, 2002).

Esta fonte renovável oferece múltiplas vantagens para o suprimento energético para áreas rurais, pois é de origem local, facilita a produção em pequena escala, não é poluente e não agride a natureza. Este estudo se justifica por apresentar dados sobre a viabilidade do mesmo, também servirá de base para outros produtores que queiram implantar energia fotovoltaica na propriedade, em busca da redução dos gastos em energia elétrica, com isso, promovendo o melhoramento dos seus fatores de produção e os benefícios gerados a partir deste novo sistema de captação de energia elétrica, para o proprietário, meio ambiente e a sociedade.

O objetivo geral deste estudo é analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia fotovoltaica, em um estabelecimento rural

familiar.

Para atingir o objetivo geral, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar custos de geração de energia em um período de 8 meses anterior a implantação do sistema de geração de energia fotovoltaica na propriedade;
- b) Levantar custos da implantação de um sistema de energia fotovoltaica em um estabelecimento rural familiar;
- c) Analisar o retorno do investimento;
- d) Realizar um comparativo entre a situação anterior e a atual.

Este relatório está estruturado em cinco capítulos. No capítulo um, apresenta-se o tema, o problema de pesquisa, os objetivos, e a justificativa para o estudo de caso apresentado. Já o capítulo dois descreve a revisão de literatura, onde foram abordados os pontos teóricos sobre energia elétrica, direcionando para o estudo de caso na geração de energia fotovoltaica em um estabelecimento rural familiar.

No capítulo três está apresentada a metodologia usada para descrever os métodos e as técnicas empregadas, a análise dos dados para alcançar os objetivos deste estudo. O capítulo quatro refere-se a análise da viabilidade econômica da implantação do sistema de energia fotovoltaica, considerando o período anterior a implantação dessa tecnologia no estabelecimento rural familiar, até o momento atual. Por fim, o capítulo cinco apresenta as considerações finais obtidas com a realização deste trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Na revisão de literatura apresenta-se um histórico da geração de energia elétrica, energias renováveis e energia solar, enfatizando a importância da geração de energia solar fotovoltaica, que é o objeto de estudo. Também foi abordado sobre a gestão do estabelecimento rural familiar, os custos e a viabilidade econômica da implantação do sistema fotovoltaico. Outro item abordado é a avaliação do investimento realizado.

2.1 ENERGIA ELÉTRICA

A primeira função da eletricidade se deu na esfera das comunicações, com o telégrafo e o telefone elétrico. A construção das primeiras usinas geradoras em corrente contínua, iniciou no ano de 1882, com Thomas Edison, para o atendimento de sistemas de iluminação. A primeira transmissão de energia elétrica em corrente alternada, no ano de 1886, feita por George Westinghouse; o uso da corrente alternada e dos sistemas polifásicos desenvolvidos por Nikola Tesla, em conjunto com o transformador eficiente de Willian Stanley, possibilitaram a transmissão a espaços maiores e o uso doméstico da energia elétrica. Seu mérito pode ser comprovado pelo fato das nações mais industrializadas duplicarem seu consumo de energia elétrica a cada dez anos. Na época atual, a produção de eletricidade é responsável em cerca de um terço do consumo de energia primária mundial (WALTER, 2010).

A energia, nas suas mais diferentes formas, é necessária para à sobrevivência do ser humano. Para continuar a viver, o homem buscou evoluir, encontrando novas formas de adaptação ao ambiente em que vive e de atendimento às suas necessidades. Em termos de abastecimento energético, a eletricidade se tornou uma das formas mais variáveis e importantes de energia, passando a ser recurso fundamental e estratégico para o desenvolvimento socioeconômico de muitos países e regiões (ANEEL, 2002).

No Brasil, água e energia têm uma forte e histórica interdependência, de forma que o auxílio da energia hidráulica ao desenvolvimento econômico do país tem sido significativa, ou seja no atendimento das diversas demandas da economia –

atividades industriais, agrícolas, comerciais e de serviços –, ou da própria sociedade, tendo uma maior comodidade das residências e a qualidade de vida dos usuários. Desempenhando também um papel significativo na integração e desenvolvimento de regiões mais afastadas dos grandes centros urbanos e industriais (ANEEL, 2002).

A energia hidráulica com sua atuação na matriz energética brasileira é da ordem de 42%, gerando cerca de 90% de toda a eletricidade produzida no país. Embora com a forte tendência de aumento de outras fontes, devido a restrições socioeconômicas e ambientais de projetos hidrelétricos e os avanços tecnológicos na utilização de fontes de energias renováveis, aponta que a energia hidráulica continuará sendo, por muito tempo, a principal fonte geradora de energia elétrica do Brasil. Embora os maiores potenciais remanescentes estejam localizados em regiões com fortes restrições ambientais e afastados dos principais centros consumidores, avalia-se que, nos próximos anos, pelo menos 50% da necessidade de expansão da capacidade de geração seja de origem hídrica (ANEEL, 2002).

A energia que provém de recursos hídricos é a segunda maior fonte de geração de energia elétrica do planeta, com uma atuação em torno de 18%. Em vários países, entre os quais o Brasil, sua participação é superior a 90%. Os cinco maiores produtores de energia hidrelétrica no mundo são Canadá, Estados Unidos, Brasil, China e Rússia (IEA, 2000).

2.2 ENERGIAS RENOVÁVEIS

As energias renováveis são derivadas de ciclos naturais de conversão da radiação solar, fonte primária de quase toda energia disponível no planeta Terra e, por serem abundantes, não alteram o balanço térmico do planeta e representam fontes de energia que podem ser chamadas de não-convencionais, ou seja, aquelas não baseadas nos combustíveis fósseis e grandes hidroelétricas. No momento atual, tem-se buscado usar as denominações energias renováveis e novas energias, para determinar o conceito daquelas com ciclos de renovação natural, que resultam de energia solar como fonte primária. Inserindo-se nesta categoria a energia eólica, de biomassa e a solar, estas são formas de energia que se renovam em ciclos em um tempo reduzido (PACHECO, 2006).

A nova ordem mundial é a busca pela autossuficiência em geração de energia, adepto a uma modificação da matriz energética, ou seja, a busca por diferentes fontes de energias alternativas que abasteçam o consumo interno dos países, no caso de uma insuficiência de combustíveis fósseis. Para tanto, os países têm que ter sob domínio fontes primárias de produção de energia elétrica, térmica e veicular e em um mundo globalizado é fundamental que haja uma reciprocidade entre os países e uma autonomia em alguma fonte de energia (IGNATIOS, 2006).

No contexto dos debates sobre a demanda energética, aprofundada pelo panorama internacional de escassez do petróleo e pelas alterações climáticas, provocadas pela queima de combustíveis fósseis, surgem pesquisas e estudos técnicos, econômicos e de impactos socioeconômicos e ambientais, de iniciativas de empresas, na produção de energias alternativas, a partir de matéria orgânica de origem animal e vegetal, a biomassa; por meio da força dos ventos, a denominada energia eólica; através da captação da luz do sol, a energia fotovoltaica; e a partir de pequenas centrais hidroelétricas, as quais atendem a demandas em áreas vizinhas ao sistema de transmissão (PACHECO, 2006).

O Sol é composto de uma mistura de gases, em cujo interior a fusão nuclear converte hidrogênio em hélio, elemento de menor massa atômica, da qual o efeito é a liberação de energia. Dessa liberação de energia resultam várias outras fontes energéticas primárias existentes na Terra, como a hidráulica, eólica, biomassa e os combustíveis fósseis (EPE, 2016)

A energia originária do Sol é uma forma de energia renovável e praticamente inesgotável que pode ser utilizada pela sociedade para suprir suas necessidades energéticas. De toda energia solar que chega à Terra, aproximadamente metade atinge a superfície, totalizando cerca de 885 milhões de TWh/ano, mais de 8.000 vezes o consumo final total de energia mundial em 2013. Esses valores são atribuídos à fonte solar, considerando seus múltiplos usos, o maior potencial técnico de aplicação frente a outras fontes renováveis (EPE, 2016).

2.2.1 Energia Solar

Sabe-se que o Sol tem grande relevância para o planeta Terra e que seus raios gama alcançam a órbita terrestre poucos minutos depois de largarem a sua própria superfície, percorrendo, aproximadamente, 150 milhões de quilômetros. A circulação pela atmosfera faz com que a radiação atinja a superfície da Terra com a intensidade de potência cerca de 35% menor que a lançada na estratosfera. Em um dia claro, a potência luminosa na superfície do solo é de, aproximadamente, $1.000\text{W}/\text{m}^2$. Esse valor serve como definição de unidade de intensidade solar: $\text{sun}=1.000\text{W}/\text{m}^2$ (FARRET, 2014).

Descreve-se energia solar, como a energia obtida do sol, que chega na superfície terrestre como ondas eletromagnéticas (fótons), através de maneira direta ou difusa. No sol, é a fusão atômica a responsável pela liberação dessa energia, caracteriza-se em um processo termonuclear que converte cerca de 650 milhões de toneladas de hidrogênio em hélio cada segundo. No planeta Terra, a energia solar é a origem do ciclo d'água, do vento, e da fotossíntese do reino vegetal, do qual depende o reino animal através das cadeias alimentares (DIENSTMANN, 2009).

Segundo Dienstmann (2009), no que se refere a geração de energia elétrica, ao construirmos usinas hidroelétricas e eólicas, estamos aproveitando o sol indiretamente como fonte renovável. Ao utilizarmos o petróleo e o carvão, estamos usando o sol, mas de maneira não renovável, esses materiais são fósseis da vida vegetal e animal do passado. Ao empregarmos a energia nuclear (não renovável), geotérmica ou das marés, estamos utilizando outras fontes de energia que o sol.

Ao longo de muitos anos, o desenvolvimento da tecnologia de uso direto do sol como fonte de energia foi um tanto lenta. Em 1921, Albert Einstein ganhava o Nobel de Física por sua pesquisa no efeito fotoelétrico, o fenômeno básico da geração de energia por painéis fotovoltaicos. Cinquenta anos antes, William Grylls Adams descobriria que o selênio produzia eletricidade quando exposto à luz, fato revelado pelo alemão Heinrich Hertz em 1887. No ano de 1953 a primeira célula solar produziu uma corrente mensurável, pela Bell Laboratories, nos Estados Unidos (DIENSTMANN, 2009).

2.1.1.1 Geração de Energia Fotovoltaica

Dentre as fontes renováveis, a energia solar fotovoltaica é uma das mais perenes em todo o planeta Terra e é inesgotável na escala de tempo da humanidade. Por este motivo é uma das escolhas mais propícias para a constituição de uma nova matriz energética mundial e seu aproveitamento tem se concretizado em muitos países (DUPONT et al., 2015).

As células fotovoltaicas são dispositivos mais modernos, quando em comparação das primeiras tecnologias de aerogeradores, datando de 1839 quando Antoine Henri Becquerel comandou os primeiros estudos sobre o efeito fotovoltaico. Contudo, foi na década de 1950 que o aproveitamento de células fotovoltaicas iniciou a ter maior aplicação nos programas espaciais (DUPONT et al.,2015).

A geração de energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico é bastante simples. Quando fótons incidem em junções de materiais semicondutores dopados com certos tipos de elementos químicos ocorre a liberação de elétrons. A grande maioria das células fotovoltaicas emprega o silício como base para sua fabricação. Isto se deve ao fato deste material ser abundante na natureza e a própria tecnologia de microeletrônica avançou significativamente a manipulação do silício nos últimos anos (DUPONT et al.,2015).

Em geral estão disponíveis comercialmente três tipos de células fotovoltaicas (PATEL, 2006) *apud* (DUPONT et al.,2015). As células policristalinas são compostas pelo derretimento em moldes do silício de máxima pureza. Não há um domínio sobre o procedimento de cristalização, o qual acontece desordenadamente, aparecendo em múltiplos cristais, e por esta razão surge sua denominação. São células de custo mínimo e menor rentabilidade, mas amplamente aceitas e divulgadas comercialmente. Outro tipo de células são as monocristalinas, produzidas a partir de silício de elevadíssima pureza (mínimo de 99,9999%), em que após a fundição os átomos colocam-se em ordem compondo um único cristal (BORGES NETO E CARVALHO, 2012).

O método de fabricação apresenta custo elevado e o emprego de energia é bastante elevado, mas a célula monocristalina apresenta melhor resultado que a policristalina. Por fim, as células amorfas, ou de filmes finos, caracterizam-se por não apresentar qualquer ordenação em sua organização molecular. Há uma forte tendência de diminuição de despesas nesta tecnologia, razão pela qual é uma das

mais investigadas atualmente. São mais leves, podem ser maleáveis, mas ainda apresentam rentabilidade e vida útil inferior às células cristalinas (BORGES NETO E CARVALHO, 2012).

No que se refere à energia fotovoltaica, o Brasil iniciou suas pesquisas a partir da década de 1950, buscando a criação de células de silício cristalino e, em seguida, filmes finos (PINHO E GALDINO, 2014). A partir da década de 1970, esse movimento intensificou-se, com o aparecimento grupos de pesquisas e laboratórios destinados à energia fotovoltaica ao redor do país. Além das pesquisas referentes ao desenvolvimento tecnológico, nessa década começaram a ser estudadas aplicações no setor das telecomunicações, e em sistemas de bombeamento d'água (EPE, 2016).

A energia fotovoltaica na década de 1990, foi um dos recursos para o auxílio das localidades afastadas da rede elétrica pública. No ano de 1994, o Governo Federal, através do MME (Ministério de Minas e Energias), criou o PRODEEM (Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios), que pretendia promover a eletrificação rural, em específico através dos sistemas fotovoltaicos. Posteriormente, em 2003, foi instituído o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica – Programa Luz para Todos (LpT), que impulsionou a instalação de SIGFIs⁷ ao redor do Brasil, incluindo sistemas fotovoltaicos (PINHO E GALDINO, 2014).

No que se refere aos sistemas conectados à rede, associados a unidades consumidoras, no final dos anos 90 iniciou-se a implantação de projetos experimentais, em universidades e centros de pesquisa (PINHO e GALDINO, 2014). Porém, somente em 2012 esse modelo de geração de energia foi regulamentado pela ANEEL, através da Resolução Normativa n° 482/2012, que estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, e o sistema de compensação de energia elétrica (net metering) (ANEEL, 2016).

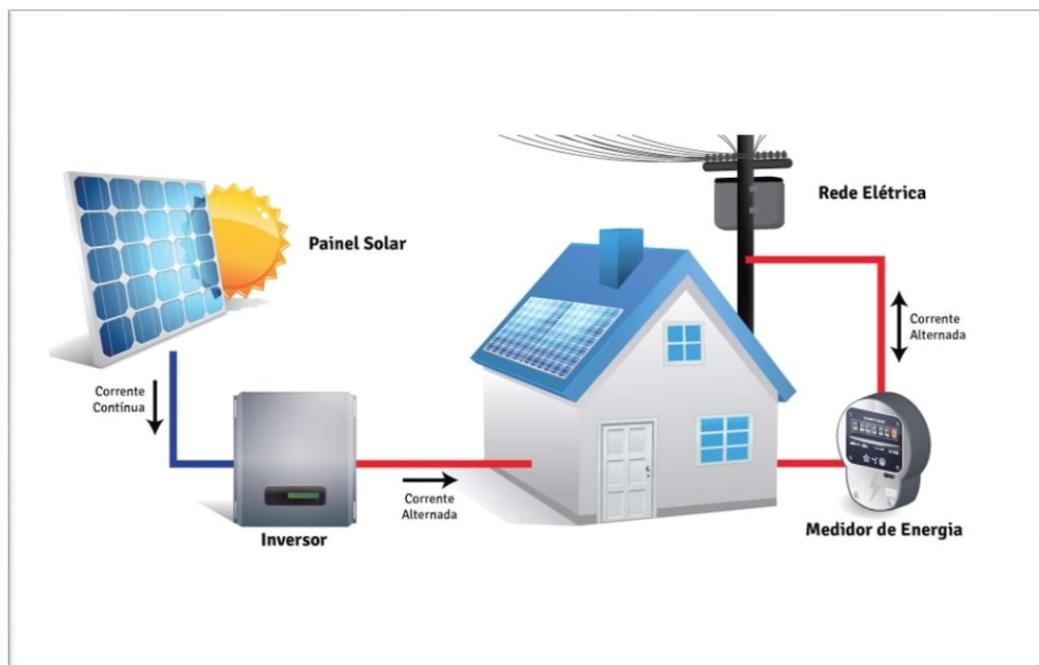
Logo após a regulamentação houve pouca adesão dos sistemas de microgeração de energia elétrica, por ser um novo processo em formação, mas o número de consumidores vem crescendo de modo sustentável, na medida em que a população toma conhecimento dessa inovação e que se aumenta a viabilidade econômica do investimento. Ao final de 2015, havia o registro de 1675 sistemas fotovoltaicos conectados sob o regime da REN 482, somando 13,4 MW (ANEEL, 2016).

O Brasil é privilegiado no seu potencial energético solar, em torno de 2.500 MW, cinco vezes maior que os Estados Unidos e amplamente maior que o da maioria dos países do primeiro mundo. Assim, são grandes as possibilidades de aproveitamento energético do Sol, predominando o térmico e o fotovoltaico (FARRET,2014).

Diante deste cenário promissor o Brasil acaba de atingir a marca histórica de 100 MW de potência acumulada em sistemas de microgeração e minigeração distribuída solar fotovoltaica instalados em residências, comércios, indústrias, edifícios públicos e na zona rural (ABSOLAR, 2017). De acordo com a Associação, o Brasil possui atualmente 12.520 sistemas solares fotovoltaicos conectados à rede, apresentando economia e engajamento ambiental a 13.897 unidades consumidoras, somando mais de R\$ 850 milhões em investimentos acumulados desde 2012, distribuídos ao redor de todas as regiões do Brasil.

A microgeração de energia solar de forma simples, se dá pela ocorrência de luz em painéis solares. A luz é absorvida e convertida em energia elétrica em corrente contínua. O inversor capta a corrente contínua e a transforma em corrente alternada, que passa pelo contador de distribuição de energia elétrica, a partir deste processo podendo ser consumida pelos equipamentos elétricos (PORTAL SOLAR, 2018).

Figura 1 – Funcionamento na captação de energia solar



Fonte: Solar Connect, 2018.

No momento atual os consumidores residenciais lideram o uso da energia solar fotovoltaica, somando 42% da potência instalada no País, vêm logo depois as empresas dos setores de comércio e serviços com 38%, as indústrias 11%, o poder público 5% e sistemas localizados na zona rural 3%. Na avaliação do número de sistemas instalados, aos consumidores residenciais continuam liderando com 80% dos sistemas instalados, seguido por empresas dos setores de comércio e serviços 15%, indústrias 2%, consumidores rurais 2% e outros tipos, como consumidores do poder público 1%, serviços públicos 0,2% e iluminação pública 0,1% (ABSOLAR, 2017).

Figura 2 - Participação de diferentes classes de consumidores na potência instalada e número de sistemas solares fotovoltaicos



Fonte: ABSOLAR (2017).

Conforme o mesmo autor, o crescimento da microgeração e minigeração distribuída solar fotovoltaica é estimulado por três fatores principais: a redução de mais de 75% no preço da energia solar fotovoltaica nos últimos 10 anos, o aumento de mais de 50% nas tarifas de energia elétrica nos últimos dois anos e a crescente consciência da responsabilidade socioambiental dos consumidores, com a redução dos custos com energia elétrica e com isso a preservação do meio ambiente.

2.2.1.2 Benefícios de implantação de energia fotovoltaica

A conversão da energia solar em energia elétrica, pelo sistema fotovoltaico, ocorre em um processo limpo, silencioso, realizado no local de consumo. Isto, aliado

ao progresso tecnológico, faz com que a produção de eletricidade por meio de geradores fotovoltaicos seja, hoje, uma realidade técnica e econômica que se difunde pelo mundo e pelo Brasil, e que apresenta significativas propensões de conquistar novos usuários na perspectiva capitalista, progressista e desenvolvimentista (DA SILVA, 2010).

Tendo em vista a extensão territorial, as características de afastamento dessa população, os níveis de umidade do ar, o elevado nível de radiação solar e o baixo índice de eletrificação nas áreas rurais do Brasil, diante disso, da Silva (2010) pode-se declarar que o Brasil se encontra destinado a ser um importante usuário dessa tecnologia.

Segundo o Energy Resources & Technology (2001) apud Marini (2001) dos Estados Unidos, os sistemas fotovoltaicos oferecem os seguintes benefícios:

- a maneira de operar sistemas fotovoltaicos é mecanicamente simples, não há partes móveis e as células não precisam de manutenção;
- as células fotovoltaicas geram eletricidade em corrente contínua que pode ser armazenada em baterias e consumida em um amplo intervalo de voltagens dependendo da configuração do banco de baterias, a geração de eletricidade pelo processo fotovoltaico é silenciosa e não gera óxidos de carbono ou outros gases tóxicos durante seu uso;
- o uso destes sistemas, como fonte renovável de eletricidade ajuda a diminuir a dependência com relação aos combustíveis fósseis;
- os sistemas fotovoltaicos permitem o uso de iluminação elétrica e outros equipamentos em áreas isoladas onde conexões com a rede elétrica convencional tem um valor elevado ou não estão disponíveis e;
- a maior parte das aplicações operam em corrente alternada, embora alguns equipamentos são feitos para operar em corrente contínua. Inversores de corrente de alta eficiência, que mudam a corrente contínua em corrente alternada, usada na grande maioria das casas e construções, dispõem de custos relativamente baixos.

De acordo com o mesmo autor, as desvantagens apresentadas são:

- a eletricidade gerada é ainda muito cara relativamente aquela produzida por outros meios;
- as células fotovoltaicas devem ser iluminadas para gerar eletricidade. Sombras de nuvens, árvores ou construções próximas diminuem a produtividade dos sistemas fotovoltaicos. Baterias devem ser usadas para armazenar eletricidade para

uso durante as horas em que não há luz solar;

- sistemas fotovoltaicos que são integrados as linhas convencionais de corrente alternada devem oferecer energia que seja combinada com este fornecimento e requererem equipamentos especiais de interconexão;
- as baterias precisam de manutenção periódica e trocas.

2.3 ESTABELECIMENTO RURAL FAMILIAR

A pequena propriedade é o imóvel rural cultivado pelo agricultor e sua família, aceita a ajuda eventual de terceiro, assegurando a eles a subsistência e o progresso social e econômico. O tamanho da pequena propriedade rural familiar é variável conforme a região do país onde ela se localiza (FERREIRA, 2014).

Caracterizar um terreno como pequeno, médio ou grande pode parecer sem parâmetro. Contudo, quando se trata de propriedade rural, esses tamanhos estão determinados por lei, por meio do módulo fiscal. Este dispositivo define que o pequeno produtor rural é aquele que, residindo na zona rural, detenha a posse de gleba rural não superior a 50 (cinquenta) hectares, explorando-a mediante o trabalho pessoal e de sua família, admitida a ajuda eventual de terceiros, bem como as posses coletivas de terra considerando-se a fração individual não superior a 50 (cinquenta) hectares, cuja renda bruta seja proveniente de atividades ou usos agrícolas, pecuários ou silviculturais ou do extrativismo rural em 80% (oitenta por cento) no mínimo, Conforme a Lei Federal nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006 (FERREIRA, 2014).

Cabe ao INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária a competência de definir o tamanho do módulo, dispositivo legal determinado pela Lei 8.629, de 25 de fevereiro de 1993. O módulo fiscal é um conjunto de fatores e não envolve só o tamanho do imóvel. Para estabelecer a extensão do módulo é avaliado o tipo de cultura que a propriedade vai fazer uso e se a lavoura será permanente, temporária ou de exploração florestal, além disso, é levado em conta a renda alcançada pela propriedade (GLOBOECOLOGIA, 2011).

2.3.2 Gestão do estabelecimento rural familiar

De acordo com Minozzo (1999) *apud* Neukirchen et al. (2005) na atual conjuntura do mercado, intensamente marcada pela competitividade, a procura por novas tecnologias tem sido o propósito de muitas empresas. Para assegurar um espaço nesse novo ambiente global, as empresas buscam produzir com custos menores e com padrões de qualidade elevados. Esse fato pode ser percebido no campo do agronegócio, que apesar de ter características operacionais diferentes das demais áreas comerciais e industriais, precisa estar organizada em todas as fases da cadeia produtiva para se adaptar às novas características desse mercado, mantendo e ampliando seu espaço (NEUKIRCHEN et al., 2005).

Ainda com base no mesmo autor, as mudanças que vem acontecendo no mundo, exige-se dos profissionais uma contínua evolução, para que eles possam seguir as mudanças e se manterem competitivos em seu comércio e empresa. Para a agricultura, a realidade é ainda mais árdua, pois o acesso as informações que possibilitam a profissionalização dos produtores rurais, pode ser considerado o principal impedimento enfrentado pela classe, além de fatores culturais que travam o seu progresso. As propriedades possuem pequenas áreas para ampliarem suas produções, é importante que as mesmas desenvolvam-nas de maneira eficiente, visando obter, além da sustentabilidade, também rendimentos na atividade que exploram.

De acordo com Antunes e Engel (1999, p. 39) *apud* Neukirchen et al. (2005, p. 7),

Os produtores que se operacionalizaram em informática, que buscaram os princípios de qualidade total, que vigiam custos de produção estão capazes a tomadas de decisões administrativas com probabilidades de efeitos reais no desempenho de sua empresa rural. Este produtor já possui subsídios, já possui qualidade superior para levar seu negócio a alcançar uma produtividade maior e, principalmente, de lucratividade.

Segundo Batalha et al. (2005), pode-se dizer que os desafios gerenciais da agricultura familiar colocam-se em dois planos diferentes de atuação: gestão de sistema e da propriedade. O primeiro nível diz respeito à obrigação de aumentar a capacidade produtiva e ferramentas para abordar as relações sistêmicas do produtor rural com os outros agentes das cadeias agroindustriais, até, e talvez particularmente,

o convívio entre os próprios agricultores familiares.

Com base no mesmo autor, o segundo nível diz respeito à gestão individual das propriedades. As dificuldades neste nível estão ligadas a alguns aspectos fundamentais: inadequação das ferramentas gerenciais existentes à realidade do produtor rural familiar; baixo investimento em P&D nesta área; a falta de recurso financeiro por parte dos pequenos agricultores que não podem ter acesso e beneficiar-se das modernas tecnologias de informação; baixo nível de educação formal dos agricultores familiares; falta de uma cultura que produza um ambiente favorável à adoção de novas tecnologias de gestão e, a falta de capacitação adequada dos técnicos responsáveis pela assessoramento aos produtores. Na atualidade, a sobrevivência sustentável do agricultor familiar brasileiro, proprietário de imóveis de pequeno e médio porte, depende da competência de intensificar a geração/agregação de valor do produto.

2.4 CUSTOS

Os custos inclusos em uma comercialização são fundamentais tanto para a produção dos serviços ou mercadorias oferecidas pela empresa, quanto para os gastos para manter o pleno funcionamento do comércio, entre estas despesas estão os custos fixos e custos variáveis (PORTAL EDUCACAO, 2014).

Os custos fixos são os gastos que continuam constantes, fazendo parte da estrutura do negócio, independente dos aumentos ou diminuições na produção e venda de mercadorias, sendo mantidos mesmo que não houver produção (RICHARDSON, 2016).

Se a maior parte do custo de uma empresa for fixo, quanto mais ela vender, maior será o seu lucro, isso ocorre porque seu custo é constante, esse gasto se diluirá proporcionalmente através da ampliação da produção de mercadorias. A empresa cuja produção tem por base os custos fixos, possuirá vantagens competitivas quando realizará promoções, lucrando no volume de vendas (DICIONARIO FINANCEIRO, 2017).

As despesas variáveis ou custos variáveis, são classificados porque apresentam variabilidade proporcional com o seu nível de produção ou atividades

desenvolvidas na indústria. Seus valores dependem diretamente do volume produzido ou volume de vendas efetivado num determinado período. No sistema de custo variável o custo final do produto ou serviço, será a soma do custo variável, dividido pela produção correspondente, a geração de riqueza está na venda e não na produção (ZANLUCA, 2017).

A viabilidade financeira será verificada se o valor gasto para instalar os painéis mostrar-se inferior aos gastos que o investidor incorre com a compra de energia elétrica da distribuidora local. Para isto será calculado o custo médio da energia gerada pelo sistema fotovoltaico, considerando o investimento nos equipamentos e instalação, os custos de operação e manutenção, a vida útil e o custo de capital (taxa de desconto) e ainda a rendimento do sistema, que depende da insolação do local onde foi instalado. Este custo é então comparado com a tarifa paga pela energia elétrica da distribuidora (CABELLO E POMPERMAYER, 2013).

2.5 AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

Partindo de um panorama viável e dispondo de um modelo matemático apropriado para simulação, é necessário conhecer os indicadores de qualidade fornecidos pelo modelo de cálculo, compreendendo os indicadores para estabelecer critérios particulares de decisão (GIACOMIN, 2008).

Os métodos mais conhecidos e empregados para a análise de viabilidade econômica de projetos de investimentos é o valor presente líquido ou VPL, que é a soma dos valores correntes de diversas datas futuras do fluxo de caixa descontados do valor presente, a TMA taxa mínima de atratividade é uma taxa de desconto utilizada nos métodos de análise de investimento que representa o mínimo de retorno que o empreendedor deseja obter, a TIR taxa interna de retorno, que é a taxa de juro implícita em um fluxo de caixa que zera o VPL (HOJI MASAKAZU, 2014).

Para a análise do tempo de recuperação do capital investido, usa-se o método de período de recuperação do capital – *payback*. Esse cálculo pode ser feito com base em moeda constante, que não considera o efeito da inflação ou através da moeda corrente e, nesse caso, considera-se o efeito da inflação. O que tiver o menor período de *payback* é considerado o melhor para o investimento (OLIVEIRA, 2005).

3 METODOLOGIA

De acordo com Gil (2007), a metodologia descreve os procedimentos a serem adotados na realização da pesquisa, sendo que a sua organização varia de acordo com as peculiaridades de cada investigação. A metodologia deste estudo visou apontar o tipo de pesquisa utilizada, de que forma os dados foram obtidos, bem como os mesmos foram analisados.

O estudo deste trabalho foi a análise de um estabelecimento rural familiar, que faz uso da energia fotovoltaica, transformada em energia elétrica em sua propriedade para expansão do sistema produtivo, buscando economia nos custos empregados. Entende-se que com este novo sistema há diversos benefícios para o meio ambiente e que no longo prazo, poderá ampliar o número de consumidores desta tecnologia.

Quanto aos objetivos o estudo se classifica em exploratório - descritivo combinados, que tem por objetivo descrever integralmente determinado fenômeno, como por exemplo, o estudo de caso para o qual são realizadas análises empíricas, ou seja, desenvolvido a partir da prática, da observação e teóricas (LAKATOS E MARCONI, 2003). Utilizou-se a pesquisa exploratória-descritiva para descrever a situação anterior à implantação do sistema de energia fotovoltaica, bem como para especificar a situação atual da propriedade.

Para explorar os dados coletados referentes aos custos de implantação e ainda verificar a viabilidade do sistema, o método de abordagem utilizado é o dedutivo, método este que tem o propósito de explicar o conteúdo das premissas, partindo do geral e, a seguir para o particular (GIL, 2007). Utilizou-se este método para verificar como a energia fotovoltaica está sendo utilizada na propriedade e finalizando com a análise da utilização na mesma.

Com relação aos métodos de investigação a pesquisa é classificada como estudo de caso e comparativa. O estudo de caso consiste no estudo de um ou poucos objetos, de maneira que aceite sua amplitude e conhecimento, com o propósito de proporcionar uma visão total do problema (Gil, 2007). Realizou-se o levantamento de custos de energia do sistema público de um ano anterior com a implantação do novo sistema no ano de 2016, e os custos do projeto de energia fotovoltaica implantado no estabelecimento rural familiar. O cálculo utilizado foi o VPL, através da seguinte expressão:

$$VPL = -I + \frac{FC_1}{1+k} + \frac{FC_2}{(1+k)^2} + \frac{FC_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+k)^n}$$

Na qual:

VPL: Valor presente líquido;

I: Investimento inicial;

FC: Fluxo de caixa no referido período;

K: Taxa mínima de atratividade;

N: Número de retornos de fluxo de caixa.

Para a obtenção do retorno do investimento utilizou-se o cálculo da TIR, através da seguinte expressão:

$$VP = -capital + \sum_{t=1}^N \frac{FC}{(1+i)^t}$$

Na qual:

VP: valor presente;

Capital: valor do investimento;

N: quantidade de períodos;

FC: fluxo de caixa;

i: taxa interna de retorno.

t: cada período

Por meio do método comparativo é possível analisar dados concretos, deduzindo do mesmo os elementos estáveis, abstratos e gerais (LAKATOS E MARCONI, 2001). Efetuou-se um comparativo da situação anterior, onde se usava a energia elétrica pública, e após a implantação do sistema de energia fotovoltaico no ano de 2016 na propriedade rural, comparando dados e fatos.

Utilizou-se a pesquisa bibliográfica, desenvolvida com base em material já organizado, constituído de livros, artigos científicos e materiais disponibilizados na Internet. Na pesquisa bibliográfica a principal vantagem, está no fato de permitir ao investigador um amplo estudo de fenômenos, porém convém analisar todas as fontes para desviar-se de dados coletados ou processados incorretamente (GIL, 2007).

Quanto as técnicas de pesquisa foram utilizadas a pesquisa documental e pesquisa de campo (entrevista) para a coleta dos dados do estabelecimento. A pesquisa documental se faz com a coleta de dados, restrita a documentos, escritos ou não, constituindo o que se denomina de fontes primárias (LAKATOS E

MARCONI,2001). Os dados foram coletados junto ao gestor do estabelecimento rural, em documentos, como faturas de energia elétrica, notas fiscais, produção mensal, manutenção do sistema fotovoltaico, entre outros para a análise do referido tema.

Por fim, com base nos dados e informações obtidas com o estudo de caso, foi realizada uma análise através do *Software Excel*, onde gerou-se gráficos com os resultados.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O sistema fotovoltaico estudado foi implantado do ano de 2016, em um estabelecimento rural familiar, localizado em Esquina Mambuca, interior do município de Horizontina – RS, com uma área de 19,5 hectares, sendo 2 hectares utilizados para a produção de hortigranjeiros, no sistema de estufas com irrigação por aspersão e semi-hidropônico, sistema este que usa energia 24 horas do dia para que haja a circulação da água. Diante disso, o produtor buscou uma nova alternativa de geração de energia elétrica para que houvesse a redução no custo de produção. O consumo médio de energia elétrica mensal é de 2.213 KWh, gerando um custo médio mensal de R\$ 1.076,93 para o produtor rural.

A energia elétrica utilizada na propriedade era fornecida pela distribuidora CERTHIL – Cooperativa de Distribuição de Energia Entre Rios Ltda, com sede em Três de Maio – RS.

Figura 3 - Localização do Sistema Solar Fotovoltaico

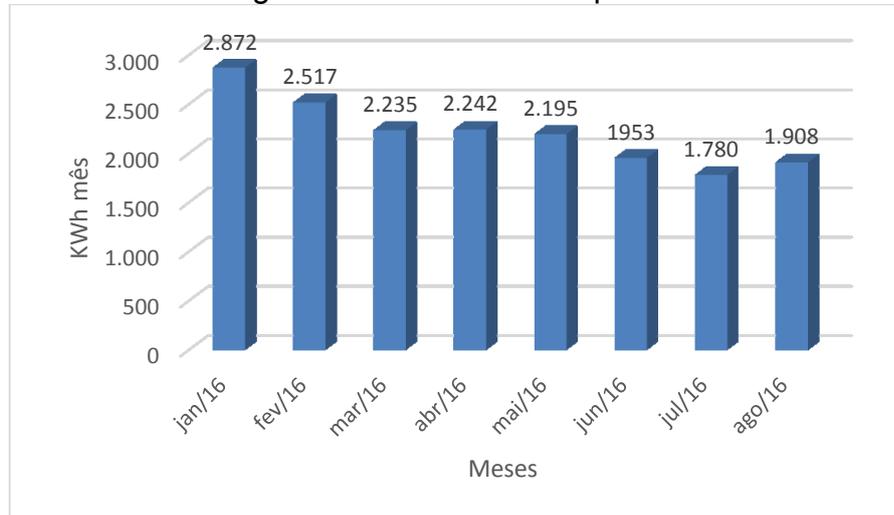


Fonte: Google Earth, 2018.

Na imagem, (Figura 3) pode-se observar a localização da propriedade rural, objeto deste estudo, onde foi implantado o sistema solar fotovoltaico. A seguir, apresenta-se o consumo de energia elétrica na propriedade, de um período de 8

meses (Figura 4).

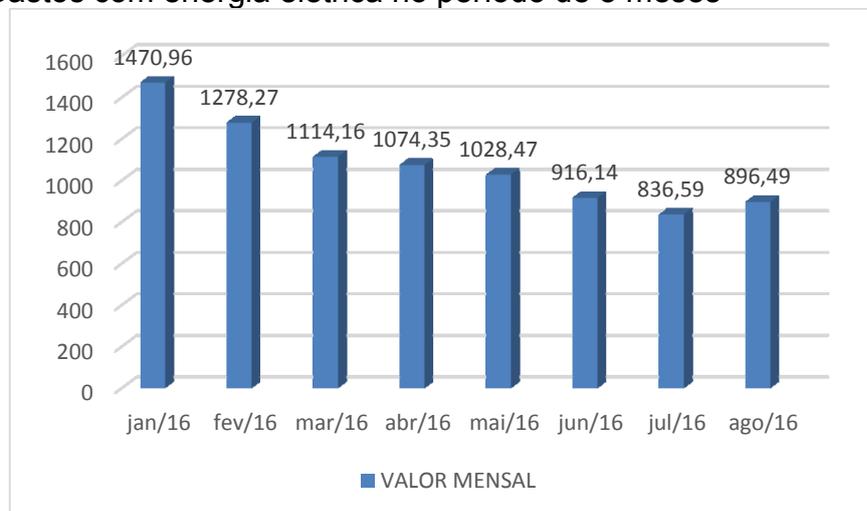
Figura 4 - Consumo de energia elétrica em KWh no período de 8 meses



Fonte: O Autor, 2018.

Através da análise gráfica do consumo de energia elétrica, percebe-se que o maior índice de consumo elétrica dá-se nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril. A média do consumo neste período é de 2.466,50 KWh. Constatou-se que o mês de janeiro tem o maior consumo de energia devido as altas temperaturas neste período, pelo uso na captação de água para a irrigação, câmara fria, onde se faz o armazenamento dos produtos hortigranjeiros, e também pelo consumo doméstico com ar condicionado, ventilador, freezer, refrigerador, etc. A seguir, relaciona-se os gastos com energia elétrica no estabelecimento rural, conforme demonstrado na Figura 5.

Figura 5 - Gastos com energia elétrica no período de 8 meses



Fonte: O autor, 2018.

Pode-se observar que o gasto médio no período de maior consumo foi de R\$ 1.234,44. A diferença percentual do mês de maior e menor consumo foi de 26,96%, gerando um custo maior para o produtor, visto que neste período não à alteração no valor do produto para o consumidor.

Na Figura 6 apresenta-se a implantação do sistema fotovoltaico, na propriedade em estudo.

Figura 6 - Sistema fotovoltaico



Fonte: O autor, 2018.

As 80 placas fotovoltaicas implantadas no estabelecimento rural têm a capacidade de geração de energia elétrica de 16,4 KWh, a luz solar é absorvida e convertida em energia elétrica de corrente contínua. O sistema foi instalado no telhado do galpão da propriedade onde é feita a separação, higienização e identificação dos produtos em embalagens individuais. A durabilidade das placas solares é de 20 anos. A manutenção das placas é feita através de uma limpeza anual com água e detergente, feitas pelo proprietário. A figura 7 apresenta o inversor do sistema fotovoltaico instalado no estabelecimento.

Figura 7 - Inversor do sistema fotovoltaico



Fonte: O autor, 2018.

O inversor capta a corrente contínua e a transforma em corrente alternada que passa pelo contador de distribuição de energia elétrica, e a partir desse processo é feita a distribuição para o consumo dos equipamentos elétricos. Quando não há o consumo em sua totalidade, a sobra de energia elétrica vai para a rede de distribuição.

4.1 CUSTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ANTERIOR A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Para que fosse possível realizar a análise dos custos referentes a geração de energia elétrica, fez-se a apuração dos dados do consumo em KWh e valor monetário da energia elétrica anterior à implantação do sistema solar fotovoltaico (Figura 8).

Figura 8 - Consumo de energia elétrica anterior a implantação do sistema solar

Mês/Ano	Consumo KWh	Valor KWh	Valor Mensal R\$
Janeiro/16	2.872	0,5122	1.470,96
Fevereiro /16	2.517	0,5079	1.278,27
Março/16	2.235	0,4987	1.114,16
Abril/16	2.242	0,4792	1.074,35
Mai/16	2.195	0,4686	1.028,47
Junho/16	1.953	0,4691	916,14
Julho/16	1.780	0,4700	836,59
Agosto /16	1.908	0,4699	896,49
Média	2.213	0,4845	1.076,93

Fonte: O autor, 2018.

O período desta análise foi de oito meses, com início em janeiro de 2016 e finalizando no mês de agosto de 2016. Observou-se que o maior consumo está entre os meses de janeiro a abril. O consumo médio deste período é de 2.213 KWh, gerando um custo médio de R\$ 1.076,93 para o produtor. No mês de janeiro, onde o consumo é maior, identifica-se o uso diário de 92,64 KWh, com um custo de R\$ 45,47.

4.2 CUSTOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO ESTABELECIMENTO RURAL FAMILIAR

O sistema de microgeração elétrica solar foi financiado com recursos próprios do produtor rural, ressaltando que foi o primeiro projeto nesta área instalado no município de Horizontina. As placas solares, o inversor, e a instalação do sistema, teve um custo de R\$ 110.000,00 no ano de 2016, sendo instalado por uma empresa da Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

4.3 RETORNO DO INVESTIMENTO

Para calcular o retorno do investimento foi usado a fórmula do valor presente líquido, a fórmula da taxa interna de retorno e o *payback*.

Quadro 1 – Valor presente líquido

Ano	Valor	Investimento
0	- 110.000,00	- 110.000,00
1	11.945,48	- 98.054,52
2	11.945,48	- 86.109,04
3	11.945,48	- 74.163,56
4	11.945,48	- 62.218,08
5	11.945,48	- 50.272,60
6	11.945,48	- 38.327,11
7	11.945,48	- 26.381,63
8	11.945,48	- 14.436,15
9	11.945,48	- 2.490,67
10	11.945,48	9.454,81
11	11.945,48	21.400,29
12	11.945,48	33.345,77
13	11.945,48	45.291,25
14	11.945,48	57.236,73
15	11.945,48	69.182,22
16	11.945,48	81.127,70
17	11.945,48	93.073,18
18	11.945,48	105.018,66
19	11.945,48	116.964,14
20	11.945,48	128.909,62

Fonte: O autor, 2018.

Cálculo do valor presente:

$$VPL = -110.000,00 + \frac{11.945,48}{1 + 6,5} + \frac{11.945,48}{(1 + 6,5)^2} + \frac{11.945,48}{(1 + 6,5)^3} + \dots + \frac{238.909,62}{(1 + 6,5)^{20}}$$

A implantação do sistema de energia fotovoltaica na propriedade rural teve um investimento de R\$ 110.000,00. Diante do alto valor de investimento, o valor presente líquido é de R\$ 20.301,75 indicando ser positivo, e o *payback* de 9 anos e 3 meses, apresenta-se longo, mas comprovou ser um investimento viável com retorno financeiro para o produtor.

Cálculo da taxa interna de retorno:

$$20.301,75 = -110.000,00 + \sum_{1}^{20} \frac{11.945,48}{(1 + 6,5)^t}$$

Ao analisar a Taxa Interna de Retorno, evidencia-se que o investimento é viável a uma taxa de desconto de 6,5%. O projeto de instalação fotovoltaico teve uma taxa

de retorno do investimento da ordem de 9% ou seja, retornou maior valor do que um investimento em renda fixa, que retornaria algo em torno de 6,5% ao ano.

Além disso, esse investimento é viável ambientalmente, já que pode substituir tanto a energia elétrica proveniente das usinas hidrelétricas, quanto a termoelétrica derivada dos combustíveis fósseis (diesel, carvão mineral, gás natural, gasolina, etc.), e com isso, gerando a redução do efeito estufa.

4.4 COMPARATIVO DA SITUAÇÃO ANTERIOR E A ATUAL

Para poder evidenciar a viabilidade do investimento, fez-se necessário realizar um comparativo da situação anterior a implantação do sistema fotovoltaico com a situação atual, conforme descrito a seguir.

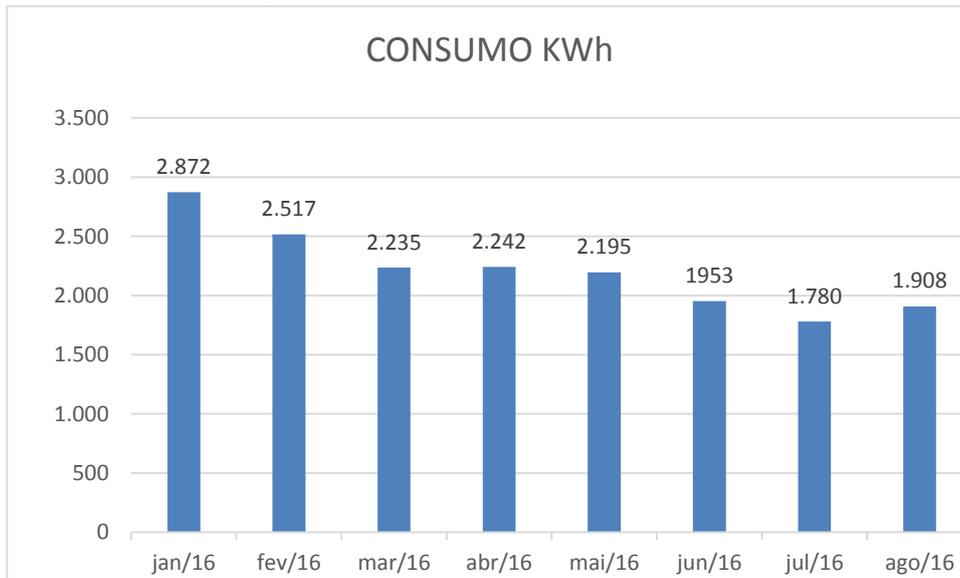
Figura 9 - Situação anterior

MÊS/ANO	VALOR MENSAL
Janeiro/16	1.470,96
Fevereiro/16	1.278,27
Março/16	1.114,16
Abril/16	1.074,35
Mai/16	1.028,47
Junho/16	916,14
Julho/16	836,59
Agosto/16	896,49
Custo do período	8.615,43
Média	1.076,93

Fonte: O autor, 2018.

O período analisado é de oito meses, com início no mês de janeiro de 2016 e finalizando em de agosto de 2016. Observou-se que o maior custo está entre os meses de janeiro a abril. O custo em energia elétrica neste período é de R\$ 8.615,43 para o produtor, com uma média de R\$ 1.076,93. No mês de janeiro onde o consumo é maior, identifica-se o custo de R\$ 45,47. A diferença percentual do mês de início e final da análise é de 39, 05%.

Figura 10 - Consumo anterior ao sistema fotovoltaico



Fonte: O autor, 2018.

O consumo de energia elétrica em KWh no período analisado é de 17.702 KWh, gerando a média mensal de 2.203 KWh.

O sistema foi instalado em setembro de 2016, mas só em abril de 2017 a empresa concessionária de energia elétrica fez a interligação do sistema com a rede distribuidora, por isso, a análise não foi feita no mesmo período de meses. A análise em KWh do período da situação atual com a microgeração se dá da seguinte forma: o excedente de energia do sistema vai para a rede distribuidora e é contado em KWh e o custo é calculado como se o produtor estivesse consumindo. A empresa credita em sua conta o mesmo consumo em KWh, mas o crédito do KWh é de 5,34% menor que o valor cobrado do consumo, por isso, o produtor sempre tem um saldo a pagar para a empresa distribuidora, denominado de Custo de disponibilidade de Microgeração.

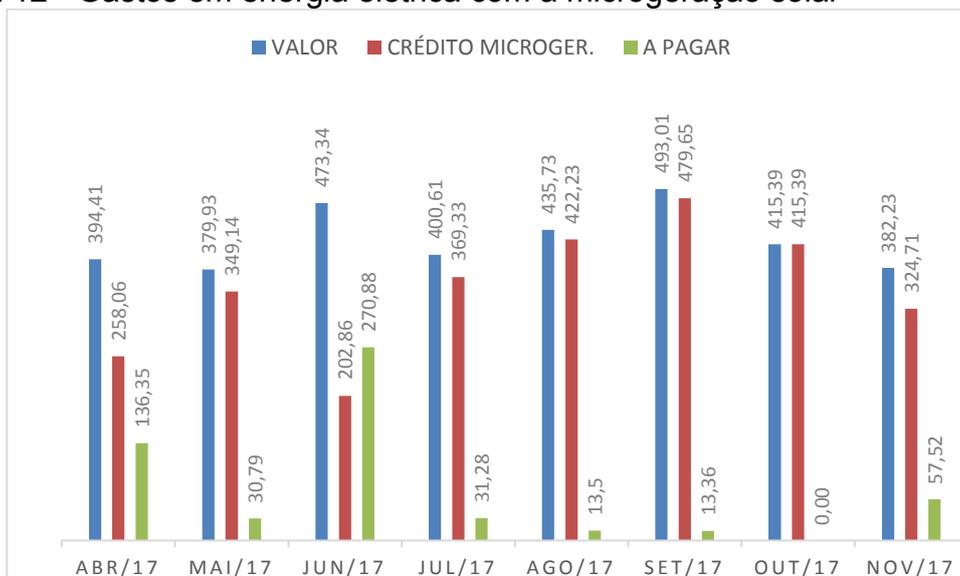
Figura 11 - Situação atual com a microgeração solar

MÊS/ANO	CONS. KWh	\$ KWh	VALOR MÊS	CRÉDITO MICROGE.	A PAGAR MENSAL
Abri/17	732	0,5388	394,41	258,06	136,35
Mai/17	759	0,5006	379,93	349,14	30,79
Junho/17	992	0,4776	473,34	202,86	270,88
Julho/17	760	0,5271	400,61	369,33	31,28
Agosto/17	853	0,5108	435,73	422,23	13,5
Setembro/17	969	0,5088	493,01	479,65	13,36
Outubro/17	839	0,4950	415,39	415,39	0,00
Novembro/17	751	0,5035	382,23	324,71	57,52
CUSTO			3374,65	2821,37	553,68

Fonte: O autor, 2018.

O período analisado com a implantação do sistema solar fotovoltaico deu-se entre os meses de abril e novembro de 2017. O custo em energia é de R\$ 3.374,65 no período, e a média mensal de R\$ 421,83. Com o sistema gerou-se o crédito de microgeração de R\$ 2.821,37 dos oito meses e média de R\$ 352,67, com isso, o consumidor tem um custo de R\$ 553,68 do período, com a média mensal de R\$ 69,21 a pagar para a empresa de distribuição de energia, designado de Custo de Disponibilidade de Microgeração.

Figura 12 - Gastos em energia elétrica com a microgeração solar



Fonte: O autor, 2018.

Por meio da análise de tabelas e gráficos do período anterior a implantação do sistema, e do atual, foi possível verificar os custos com energia elétrica da propriedade rural, identificando os seguintes valores: de janeiro a agosto de 2016, teve-se um

gasto de R\$ 8.615,43; e de abril a novembro de 2017, o gasto foi de R\$ 553,68 com a microgeração de energia. A redução do custo de energia elétrica nos períodos analisados foi de 93,57%.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as fontes renováveis, a energia solar é uma das mais abundantes em todo o planeta Terra, sendo ilimitada na escala de tempo da humanidade. Por este motivo é uma das escolhas mais propícias para a construção de uma nova matriz energética mundial e seu aproveitamento tem se consolidado em muitos países, dentre eles a China, Espanha, Alemanha, Estados Unidos, entre outros. O Brasil tem um grande potencial para produzir energia fotovoltaica, devido a condição climática existente.

O problema de pesquisa deste estudo era evidenciar qual o benefício financeiro gerado com o investimento na instalação da energia fotovoltaica no estabelecimento rural familiar. O período analisado identificou a redução de 93,57% na conta de energia elétrica gerando um benefício financeiro para o produtor. O valor presente líquido mostrou-se positivo, o *payback* de 9 anos e 3 meses, apresenta-se longo, mas comprovou ser um investimento viável para o produtor.

A implantação do sistema de energia fotovoltaica, teve um investimento de R\$ 110.000,00, mostrando ser um alto valor. Este custo ainda se deve ao sistema ser relativamente novo no Brasil, com pouca mão de obra especializada e a maior parte dos equipamentos empregados são provenientes de outros países.

Para atingir o objetivo geral deste estudo foi necessário elencar os objetivos específicos, os quais foram realizados um por um. Inicialmente foi necessário fazer uma análise dos custos com energia anterior a implantação do sistema fotovoltaico; o segundo item analisado foi o custo de implantação do sistema; a seguir foi estudado o retorno do investimento para o produtor, que apontou a viabilidade do investimento e por fim, realizou-se um comparativo da situação anterior ao sistema e a atual com o sistema em funcionamento, indicando a redução expressiva no custo com energia elétrica.

Como forma de dar sequência ao estudo realizado, propõem-se a análise da viabilidade econômica do sistema fotovoltaico e o consumo de energia elétrica em outros estabelecimentos, tais como: residências urbanas, indústrias, comércios, entidades de ensino público e privado. Outra sugestão seria buscar informações com as empresas concessionárias de energia elétrica da Região Noroeste do Estado do

Rio Grande do Sul, por exemplo: quantas propriedades rurais de pequeno porte fazem uso do sistema fotovoltaico conectados à rede, e quanta energia elétrica é gerada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA (ABINEE) - **Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira.** Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>> Acesso em: 03 abril 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR (ABSOLAR). **Energia solar fotovoltaica atinge marca histórica de 100 MW de microgeração e minigeração distribuída no Brasil. 2017.** Disponível em: <<https://www.mtitecnologia.com.br> > Acesso em: 13 outubro 2018.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (IEA). **Energy Technologies for the 21st Century.** Disponível em < <http://www.iea.org/techno/index.htm> > Acesso em: 25 maio 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). **Atlas de energia elétrica do Brasil.** Brasília, ANEEL, 2002. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf.html> Acesso em: 25 de maio 2017.

BATALHA, O. M., BUAINAIN, M. A.; DE SOUZA FILHO, M. H. **Tecnologia de gestão e agricultura familiar.** 2005. Disponível: <<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/241/TecnologiaAgriculturaFamiliar.pdf>> Acesso em: 08 Junho 2017.

BORGES NETO, M. R.; CARVALHO, P. C. M. D. **Geração de energia elétrica: fundamentos.** São Paulo: Érica, 2012.

CABELLO, A. F; POMPERMAYER, F. M. **Energia fotovoltaica ligada à rede elétrica: atratividade para o consumidor final e possíveis impactos no sistema elétrico.** 2013. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=17110&catid=337> Acesso em: 13 outubro 2018.

PORTAL SOLAR. **Como Funciona o Painel Solar Fotovoltaico – Placas Fotovoltaicas.** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-o-painel-solar-fotovoltaico.html>> Acesso em: 11 novembro 2018.

DA SILVA, E. P. **Estudo da viabilidade do uso de energia solar fotovoltaica no carregamento de baterias para fins diversos.** 2010. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4527/1/TCC> > Acesso em: 11 outubro 2018.

DICIONÁRIO FINANCEIRO. **O que são custos fixos e variáveis? 2017.** Disponível em: <<https://www.dicionariofinanceiro.com/custos-fixos-e-variaveis/>> Acesso em: 06 junho 2017.

DIENSTMANN, G. **Energia solar uma comparação de tecnologias**. 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/24308/000736300.pdf?>> Acesso em: 25 abril 2017.

DUPONT, Fabrício Hoff, GRASSI Fernando e ROMITTI Leonardo - **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria v. 19, n. 1, Ed. Especial, p. 70 – 81, Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM** - Recebido: 28/07/2015 Aceito: 18/08/2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/19195/pdf>> Acesso em 03 de Abril de 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. EPE: Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Documents/EnergiaRenovavelOnline2016maio2016.pdf>.html > Acesso em: 17 maio 2017.

FARRET, Felix Alberto, **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. Santa Maria: UFSM Editora, 2014.

FERREIRA, M. R. **A definição de Pequena Propriedade Rural**. 2014. Disponível: <<https://fjradogados.jusbrasil.com.br/noticias/126322854/a-definicao-de-pequena-propriedade-rural>> Acesso em: 24 Abril 2017.

GIACOMIN, J. H. **Estudo de viabilidade econômico-financeira de uma Micro cervejaria no estado de Santa Catarina**. 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/122545>> Acesso em 11 outubro 2018.
GIASANTI R. **O desafio do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Atual, 1998.

GIL, ANTONIO CARLOS. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2007.

GLOBO ECOLOGIA. **Tamanho da propriedade rural é definido por meio do módulo fiscal**. 2011. <<http://redeglobo.globo.com/globoecologia/noticia/2011/12/tamanho-da-propriedade-rural-e-definido-por-meio-do-modulo-fiscal.html> - 2011> Acesso em: 08 junho 2017.

GOOGLE EARTH PRO. 2018. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>> Acesso em: 05 novembro 2018.

HOJI, MASAKAZU. **Administração Financeira na Prática: Guia para Educação Financeira Corporativa e Gestão Financeira Pessoal**, 5ª edição. Atlas, 09/2014. [Minha Biblioteca].

IGNATIOS, Miguel. **Um governo auto-suficiente**. Gazeta Mercantil. 2006. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0884-1.pdf>>. Acesso 17 maio 2017.

LAKATOS, E. M.; MARCONI M. de A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São

Paulo: Atlas, 2003.

LAKATOS, E. M.; MARCONI M. de A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2001.

MAY H.P., LUSTOSA C. M., VINHA V. da. **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

MARINI, A. J. **Desenvolvimento de programa computacional para projeto de sistemas fotovoltaicos no suprimento de eletricidade a pequenas comunidades rurais**. 2001. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/>> Acesso em: 29 Maio 2017.

NEUKIRCHEN, C. L.; ZANCHET, A.; DE PAULA. **Tecnologia de gestão e rentabilidade na pequena propriedade rural – estudo de caso**. 2005. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/506.pdf>> Acesso em: 08 Junho 2017.

OLIVEIRA, D. DE P. R. DE. **Planejamento estratégico: conceitos, metodologia, e práticas**. São Paulo: Atlas, 2005.

NAÇÕES UNIDAS. **A ONU e o meio ambiente**. 2018. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/> Acesso em: 09 de novembro 2018.

PACHECO, F. **Energias Renováveis: breves conceitos. Conjuntura e Planejamento**, Salvador: SEI, n.149, p.4-11, Outubro/2006. Disponível em: <<http://pet-quimica.webnode.com>> Acesso em: 17 maio 2017.

PINHO, J. T; GALDINO, M. A. - **Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/manual_de_engenharia_fv_2014.pdf> Acesso em: 05 abril 2017.

PORTAL EDUCAÇÃO. Por Colunista Portal - **Finanças e Áreas Afins**. 2014. Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/contabilidade/conceito-de-custos-fixos-custos-variaveis-e-despesas/54306>> Acesso em: 05 de junho 2017.

RICHARDSON, M. **O que são custos fixos e variáveis**. 2016 Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/ap/artigos/o-que-sao-custos-fixos-e-custos-variaveis>> Acesso em: 07 junho 2017.

RIBEIRO, M. C. **Eletrificação Rural com Sistemas Fotovoltaicos Distribuídos no Contexto da Universalização do Serviço de Energia Elétrica no Brasil**. 2002. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/ribeiro2002.pdf>> Acesso em: 03 Abril 2017.

SOLAR CONNECT. **Unidades de Produção para Autoconsumo**. 2018. Disponível em: <<http://solarconnect.pt/pt/ms/ms/solar-fotovoltaico-2460-395-coz/ms-90059945-p-1/>> Acesso em: 11 novembro 2018.

WALTER, Osvaldo Luiz. **História de eletricidade**. 2010. Disponível em: <<http://www.univasf.edu.br/~edmar.nascimento/iee/1HistoriaEletricidade.pdf>> Acesso em: 25 maio 2017.

ZANLUCA, DE S. J. **Custos fixos e variáveis**. 2017. Disponível em: <<http://www.portaldecontabilidade.com.br/tematicas/custo-fixo-variavel.htm>> Acesso em: 05 junho 2017.