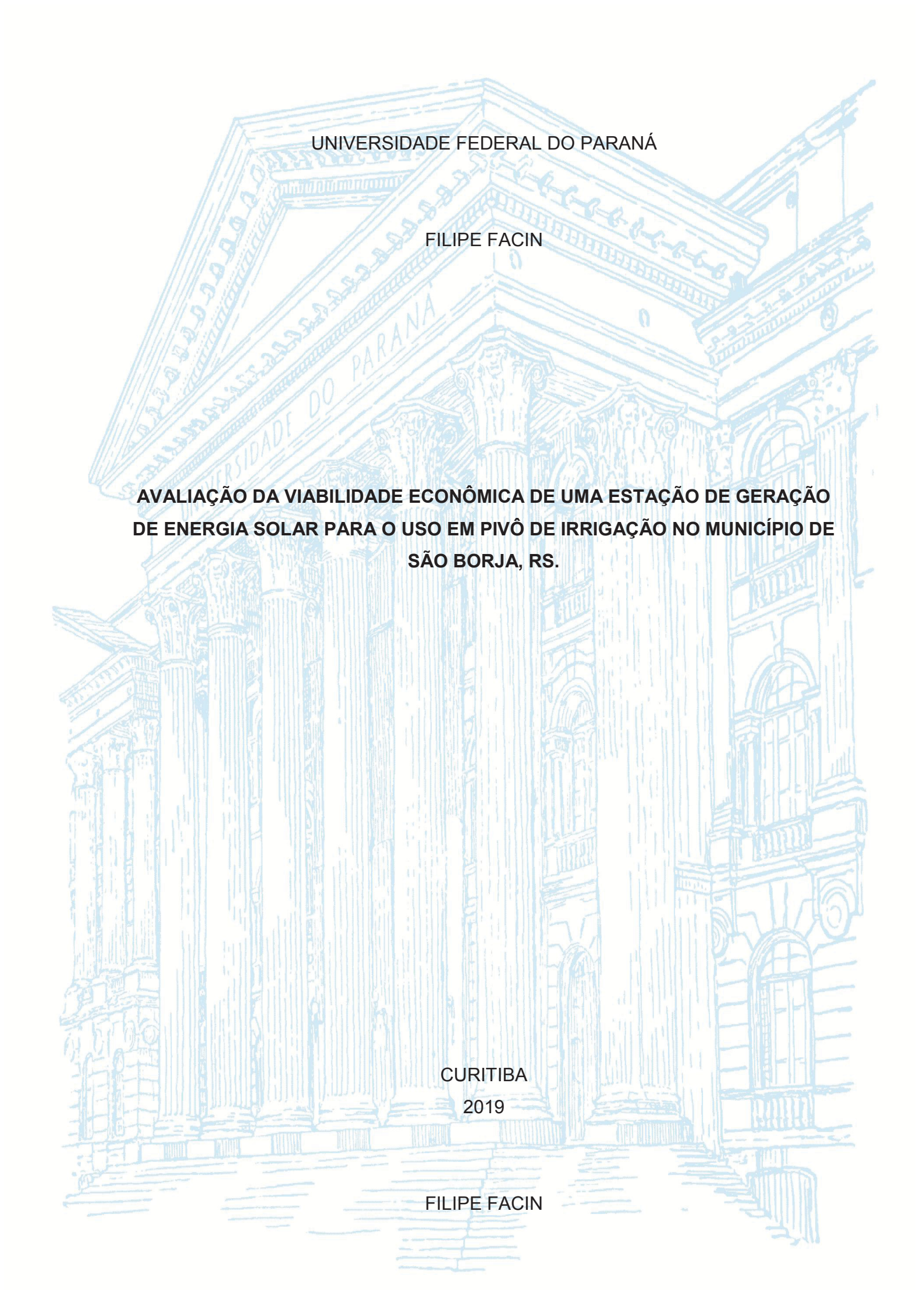




UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FILIPE FACIN

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA ESTAÇÃO DE GERAÇÃO
DE ENERGIA SOLAR PARA O USO EM PIVÔ DE IRRIGAÇÃO NO MUNICÍPIO DE
SÃO BORJA, RS.**

CURITIBA

2019

FILIPE FACIN

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA ESTAÇÃO DE GERAÇÃO
DE ENERGIA SOLAR PARA O USO EM PIVÔ DE IRRIGAÇÃO NO MUNICÍPIO DE
SÃO BORJA, RS.**

Trabalho apresentado ao curso de Pós-Graduação em MBA EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO, Setor de CIÊNCIAS AGRÁRIAS, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão do Agronegócio.

Orientador(a): Prof. Me. Nilson Correa Biscaia Junior

Coorientador(a): Prof. Me. Ângelo José da Silva

CURITIBA

2019

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA ESTAÇÃO DE GERAÇÃO
DE ENERGIA SOLAR PARA O USO EM PIVÔ DE IRRIGAÇÃO NO MUNICÍPIO DE
SÃO BORJA, RS.**

ECONOMIC FEASIBILITY ASSESSMENT OF A SOLAR POWER GENERATION
STATION FOR USE IN IRRIGATION PIVOT IN SÃO BORJA, RS.

CURITIBA

2019

RESUMO

A energia solar fotovoltaica no Brasil vem sendo muito difundida como uma fonte de energia limpa e renovável. Com os incentivos fiscais do Governo, os sistemas tornaram-se economicamente atrativos. O presente estudo contempla uma análise da viabilidade econômica da instalação de um sistema de geração de energia solar para utilização em um sistema de irrigação por pivô central abrangendo uma área de 107 ha, em propriedade rural localizada no município de São Borja (RS). O sistema de irrigação tem uma grande importância para a produção de grãos elevando a sua produtividade. A implantação da geração de energia solar fotovoltaica visa reduzir os custos com a eletricidade que move o sistema. O estudo tem como base os indicadores Valor Presente Líquido (VPL), Taxa interna de Retorno (TIR) e Prazo de Retorno de Investimento Inicial Descontado (Payback), calculados a partir do fluxo de caixa projetado para os 25 anos de vida útil do equipamento. O fornecimento do Sistema foi pesquisado junto à uma empresa fornecedora da Região Sul do País. A proposta analisada contemplou o fornecimento dos equipamentos, sua instalação e acompanhamento da autorização para geração de energia do sistema On-grid. Após as análises dos indicadores, concluiu-se que, apesar de economicamente viável, a proposta de investimento apresenta um Payback de 17 anos, que eleva os riscos do investimento e desaconselha a sua implementação.

Palavras-chave: Fotovoltaica 1. Viabilidade Econômica 2. VPL 3. Payback 4. TIR 5. TMA 6.

ABSTRACT

Photovoltaic solar energy in Brazil has been widespread as a source of clean and renewable energy. With government tax incentives, the systems became economically attractive. The present study contemplates an economic viability analysis of the installation of a solar energy generation system for use in a central pivot irrigation system covering an area of 107 ha, in a rural property located in the municipality of São Borja (RS). The irrigation system is of great importance for grain production increasing its productivity. The implementation of photovoltaic solar power generation aims to reduce the costs with the electricity that drives the system. The study is based on the indicators Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Discounted Initial Investment Return (Payback), calculated from the projected cash flow. for 25 years of equipment life. The supply of the system was researched with a supplier company in the southern region of the country. The proposal analyzed included the supply of equipment, its installation and monitoring of the authorization for power generation of the on-grid system. After analyzing the indicators, it was concluded that, although economically viable, the investment proposal has a 17-year Payback, which increases the investment risks and advises against its implementation.

Keywords: Photovoltaic 1. Economic Feasibility 2. NPV 3. Payback 4. IRR 5. TMA 6.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	7
1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
1.2.1 A Energia Solar no Brasil	7
1.2.2 Geração de Energia Fotovoltaica no Brasil	8
1.2.3 Sistemas de Irrigação na Agricultura.....	9
1.2.4 A irrigação no Brasil	11
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 Objetivo geral	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
1.4 JUSTIFICATIVA	14
2 MATERIAL E MÉTODOS	16
2.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS.....	16
2.1.1 Descrição do local	16
2.1.2 Sistema de mini geração solar	17
2.1.4 Estudo de Viabilidade.....	22
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
3.1 FLUXO DE CAIXA DO INVESTIMENTO.....	24
4 CONCLUSÕES	29

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O crescimento populacional e a procura por qualidade de vida têm gerado um aumento no consumo de energia, aspectos que se encontram diretamente interligados. Nogueira (2009) afirma que alguns aspectos essenciais para a política e planejamento energético, tais como, a segurança no suprimento de energia para o desenvolvimento socioeconômico e seus custos ambientais, geram preocupações devido ao rápido desenvolvimento da demanda.

A agricultura moderna, tem se beneficiado com os avanços tecnológicos da energia elétrica, onde pode-se ter equipamentos de irrigação de grande porte, irrigando grandes áreas, quais anteriormente não era possível ou inviáveis com motores a combustão.

Tais equipamentos utilizam grandes demandas de energia, porém, na maioria dos casos o seu uso é sazonal, como quando é utilizado para a safra de verão, e esporadicamente fora da época para outras culturas.

O sistema fotovoltaico ligado à rede (*Grid Tie*) vem ao encontro do desenvolvimento da agricultura sustentável, onde podem ser diminuídos ou até mesmo eliminados os sistemas de combustão e viabilizados sistemas de irrigação elétricos com mini gerações de energia solar para essa finalidade.

Apesar das vantagens que esse sistema pode oferecer, deve-se observar que se trata de um investimento cujo retorno é de longo prazo. Portanto, antes da sua implementação, torna-se necessário um estudo aprofundado para que se tenha a certeza da sua viabilidade econômica e seja estimado o retorno financeiro proporcionado até o fim da vida útil do equipamento.

1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.2.1 A Energia Solar no Brasil

O investimento global em energias renováveis em 2018 foi de US\$ 288,9 bilhões, dos quais US\$ 139,7 bilhões foram em energia solar, sendo que o Brasil representa apenas 1% desse valor. O levantamento, produzido pela BloombergNEF

(BNEF), foi publicado como parte do Relatório da Situação Global das Renováveis 2019, da REN21 (Renewables 2019 Global Status Report, em inglês).

Durante o ano de 2018 o Brasil instalou 1.2GW de capacidade instalada, de um total de 3.1GW produzidos. Os principais estados são Minas Gerais com 19,7%; Rio Grande do Sul com 15,9% e São Paulo com 12,6%. (ABSOLAR,2019).

O território Brasileiro em sua grande parte está localizado próxima a linha do equador, de forma que não existem grandes variações na duração solar do dia, o que a torna favorável ao uso da luz solar como fonte energética.

A geração da energia do sol em elétrica segundo Sousa (2019) se dá através de células fotovoltaicas, estas composta por um material semicondutor, normalmente o silício, onde ao incidir a luz sobre as células, ela provoca a movimentação dos elétrons do material condutor, transportando-os pelo material até serem captado por um campo elétrico que e formado pela diferença de potencial existente entre os semicondutores.

Após a geração a energia pode ir para sistemas *On Grid* , sistemas que são conectados à rede elétrica de distribuição, onde sempre que houver excedentes à energia gerada, a mesma será enviada para a rede, à qual gera desconto na conta de luz posteriormente, então nesse sistema se a energia gerada não for suficiente para suprir a demanda, a rede de distribuição compensará o que falta. O sistema *Off Grid* é caracterizado por não estar conectado à rede, esse sistema deve ser adotado quando não existe acesso a rede de distribuição, onde a energia gerada é armazenada em um conjunto de baterias para o uso posterior, quando não ocorre geração, como no período noturno, sendo este como o preferencial para o uso da irrigação.(ENETEC)

1.2.2 Geração de Energia Fotovoltaica no Brasil

Em 1839 o francês Edmund Becquerel observou pela primeira vez um fenômeno chamado de Efeito Fotovoltaico, quando, em uma solução de selênio, constatou o surgimento de uma tensão entre os eletrodos de solução condutora, quando em contato com a luz solar. Assim, através da conversão da radiação solar em eletricidade por intermédio de materiais semicondutores, obtêm-se a Energia Solar Fotovoltaica

A energia fotovoltaica já é uma realidade em muitos países que apresentam incentivos e políticas públicas, onde os equipamentos estão ligados à rede elétrica, e todo o excedente de energia produzida é repassado para a rede da distribuidora. Esse processo gera um saldo de potência (Quilowatts – KW) que, posteriormente, quando as placas solares não estiverem produzindo, é descontado do consumo, reduzindo-se assim o valor pago pelo proprietário do sistema ao fornecedor de energia elétrica.

Atualmente, a maior fonte de geração de energia no Brasil se dá por meio das hidrelétricas(61%), seguida, respectivamente, por: eólica (8,7%); biomassa (8,5%); gás natural (7,7%); petróleo (5,1%); importação (4,7%); carvão mineral (1,9%); solar fotovoltaica (1,2%); nuclear (1,1%) e outros combustíveis fósseis (0,1%). (ANEEL/ABSOLAR, 2019.).

Segundo a ABSOLAR-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA, a energia solar é responsável pela produção de 3.103,2 MW no Brasil, abaixo de outros países como a China (176GW), EUA (62,2GW) e Japão (56gw) os quais são os 3 maiores produtores de energia solar, respectivamente. Esses países possuem políticas de incentivo à produção de energia há muitos anos, quando levados em comparação com o Brasil, onde somente a partir de 2012 a ANEEL aprovou a resolução nº 482, a qual destinava ao acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica.

O Brasil por possuir dimensões continentais e estar localizado próximo da linha do equador, possui um grande potencial inexplorado para produção de energia fotovoltaica. Porém, ainda faltam incentivos para investimentos na área e estudos de casos especiais como no caso deste trabalho voltado a área de irrigação.

1.2.3 Sistemas de Irrigação na Agricultura

A irrigação é uma ferramenta de grande valor para o produtor, pois permite que durante períodos com menor precipitação das chuvas, utilize para elevar a umidade do solo, favorecendo ao crescimento, estabelecimento da cultura e garantia de produtividade. No Brasil os sistemas de irrigação mais utilizados são os de aspersão, os quais se subdividem em aspersão convencional, auto propelido e pivô central. A aspersão convencional pode variar conforme o projeto sendo o equipamento fixo, semifixo ou portáteis. Tais equipamentos são utilizados em pequenas áreas

devido à grande quantidade de tubulações, aspersores e necessidade de mão de obra em sistemas semifixo ou portáteis.

FIGURA 1 – EXEMPLO DE ASPERSOS CONVENCIONAL



FONTE: EMBRAPA (2014)

O sistema auto propelido, também conhecido como canhão, é composto por um canhão que libera água a uma grande distância, numa base de um carrinho, o qual se desloca longitudinalmente, sendo a conexão com a fonte da água feita através de mangueira flexível, a qual fornece a propulsão do carrinho.

FIGURA 2 - EXEMPLO DE IRRIGAÇÃO POR CANHÃO



FONTE: TECNOLOGIA NO CAMPO (2018)

Para grandes áreas o mais utilizado é o sistema de pivô central, o qual ele gira em torno do seu centro, sendo a água conduzida até o centro através de uma adutora enterrada.

FIGURA 3 - SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL



FONTE: COTRISOJA (2019)

1.2.4 A irrigação no Brasil

O Brasil, em 2017, tinha 6,95 milhões ha de área irrigada (ANA,2017), onde, além de consumir água, os sistemas de irrigação necessitam de energia para seu funcionamento, seja proveniente da rede de energia elétrica, ou através de motores a combustão, sendo que ambas as alternativas geram custos para o produtor.

Segundo a ANEEL, durante o ano de 2017 o consumo de energia elétrica para a classe rural irrigante foi de aproximadamente 6.4 milhões de MWh onde com a tarifa média com tributos de R\$308,90 gerou uma receita de aproximadamente R\$1,97bilhoes, através de 2.5 milhões de unidades consumidoras.

Observa-se uma elevação dos valores do fornecimento da eletricidade nos últimos anos, desde 1995 até 2017. Conforme estudo do Instituto Ilumina, a tarifa média praticada no país aumentou 50% mais do que o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), o que resultou na elevação do custo de produção em culturas irrigadas.

Quadro 1 – Custo da irrigação em algumas culturas

	Custo médio (R\$)	Irrigação (mm)	Custo irrigação (R\$/ha)	Custo (%)
Soja	R\$ 2.540,00	250	R\$ 592,04	23,3%
Milho	R\$ 3.550,00	600	R\$ 1.420,90	40,0%
Feijão	R\$ 4.230,00	350	R\$ 828,86	19,6%
Trigo	R\$ 3.250,00	350	R\$ 828,86	25,5%
Algodão	R\$ 8.340,00	250	R\$ 592,04	7,1%
Café	R\$ 10.530,00	350	R\$ 828,86	7,9%
Tomate	R\$ 16.500,00	320	R\$ 757,81	4,6%
Batata	R\$ 45.600,00	340	R\$ 805,18	1,8%



Acima de 85% dos
pivôs centrais
utilizam estas
culturas comerciais

Fonte: IRRIGER (2017)

Nos últimos anos, a eletricidade tornou-se o maior custo das áreas irrigadas, evidenciando a importância de se considerar a geração de energia solar, como alternativa para a redução desse custo.

Embora ocorra uma grande disseminação dessa tecnologia atualmente no Brasil, sua implementação ainda representa um investimento elevado, em virtude de grande parte dos seus componentes serem materiais importados. Além disso, as empresas nacionais que produzem sistemas solares não conseguem bater o preço dos produtos importados.

Devido ao grande consumo de energia elétrica de um sistema de irrigação, frente ao elevado custo de implementação de um projeto de mineração de energia solar, a sua adoção deve ser objeto de criteriosa análise e planejamento, que deve ser efetuado através de ferramentas que auxiliem a determinar a viabilidade e retorno do investimento, antes de sua implementação

1.2.5 Projeto de investimento e avaliação econômica.

A elaboração do projeto de investimento é uma necessidade atualmente, devido a tantas inovações tecnológicas e oscilações econômicas e políticas. Ao ser criado o projeto de investimento tem uma função determinada, a qual busca a resolução da viabilidade e seu custo benefício, levando em considerações projeções futuras de diversos fatores, que são peculiares a cada projeto. Um sistema de energia solar segundo Müller (2019) pode ser considerado um investimento de baixo risco, pois sua expectativa de produção pode ser feita por um longo prazo e tendo em vista a tendência da elevação do custo da eletricidade, aponta para que seja um

investimento economicamente viável e um atrativo por abater em até 99% da conta de energia elétrica.

Investimento é a aplicação de fundos feito pela empresa ou pessoa, buscando um retorno de lucratividade no prazo de tempo estabelecido. Analisar o aspecto econômico e financeiro é de grande importância com o fim de se precaver contra possíveis prejuízos, a análise é o momento em que a empresa avaliara a sua capacidade de pagamento do investimento e o retorno estimado para o projeto.

A avaliação do projeto necessita de técnicas que tem a finalidade de expressar resultados financeiros. Os métodos utilizados para a avaliação foram as análises de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa interna de Retorno (TIR), Prazo de Retorno de Investimento Inicial Descontado (Payback) e a Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

A VPL é uma técnica que calcula o valor do dinheiro no tempo, a qual é calculada diminuindo do valor inicial as entradas do fluxo de caixa corrigidas para o valor presente, permitindo a comparação com os retornos futuros. A TIR, é uma medida relativa percentual que demonstra o quanto rende um projeto de investimento, considerando os fluxos de caixa do projeto.

Dentre os cálculos mais utilizados para analisar a viabilidade de um investimento, estão o Payback descontado e o Payback simples, no qual ambos consistem em demonstrar o período no qual o retorno de um investimento de um projeto demorara para voltar para o investidor, porem o Payback descontado considera o valor do capital investido no tempo.

O Payback é o tempo necessário para que a empresa recupere o investimento inicial em um projeto, calculado a partir das entradas de caixa. É muito utilizado por considerar os fluxos de caixa e não o lucro contábil. É também, bastante difundido como critério para tomada de decisão ou complementar outras, por ser considerado um medidor de exposição ao risco. Quanto maior o tempo para recuperar o capital investido, maior também será a probabilidade de ocorrência de imprevistos, portanto, quanto menor for o tempo de Payback, menor será a exposição ao risco (GITMAN, 2010).

Ambos os métodos de Payback comparam o tempo de Payback (Payback time) calculado para o projeto com um tempo mínimo de recuperação do investimento definido e aceito pelo investidor como satisfatório (Payback Mínimo Aceito).

A TMA é a taxa mínima que um investidor se propõe a ganhar ao fazer um investimento ou a taxa máxima que um tomador de dinheiro se propõe a pagar ao

fazer um financiamento. Ela serve como parâmetro de aceitação ou rejeição de um determinado projeto de investimento e é considerar a TMA como taxa de desconto a ser utilizada no cálculo do VPL.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar a viabilidade econômico-financeira de um investimento na implantação de uma estação de geração de energia solar fotovoltaica em um sistema de irrigação por pivô central de uma propriedade rural localizada no Município de São Borja-RS.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar o levantamento do consumo de energia do equipamento de irrigação;
- Dimensionar o equipamento de geração ao consumo, considerando a incidência solar da região;
- Efetuar o orçamento do fornecimento do equipamento e sua instalação na propriedade;
- Avaliar sua viabilidade através dos indicadores: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e do Payback descontado do investimento.

1.4 JUSTIFICATIVA

O manejo adequado de uma plantação leva em consideração práticas importantes, como a irrigação. A irrigação consiste em complementar a disponibilidade da água disponível no solo, proporcionando um teor de umidade suficiente para suprir as necessidades hídricas das culturas. Tal umidade no solo afeta diretamente a produtividade das plantações, conseqüentemente o lucro.

Sistemas de irrigação, necessitam de uma força motriz para a movimentação e bombeamento, a fonte atualmente mais utilizada é a elétrica, devido sua eficiência elevada perante outros sistemas, como no caso de combustíveis fósseis ou naturais,

contudo o valor da eletricidade a cada ano vem se elevando, o que torna mais oneroso um sistema de irrigação.

A energia fotovoltaica se apresenta como uma ferramenta que pode reduzir custos com a eletricidade, onde atualmente com incentivos governamentais se tornou um investimento mais acessível no país. Ao utilizar um sistema de geração de energia solar, o excedente da eletricidade gerado pode ser enviado a concessionária de eletricidade, onde gera um saldo que pode ser usado posteriormente, em um período noturno ou em até 60 meses.

Um sistema de micro geração de energia solar pode exigir um grande investimento, tal projeto deve ser estudado e adequado a melhor situação de quem solicita, após o projeto deve ser avaliado se possui viabilidade econômica para que possa ser efetuado o investimento.

Este trabalho propõe um estudo de viabilidade econômica de um sistema de micro geração de energia solar, a qual será dimensionada para um sistema de irrigação por aspersão (pivô central), podendo servir de base para o processo de tomada de decisão para o equipamento dimensionado, onde posteriormente poderá servir de referência para outros projetos similares na região.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS

2.1.1 Descrição do local

O local onde o projeto vai ser instalado encontra-se na propriedade rural pertencente ao Sr. Vitor Facin, situada no Município de São Borja, localizado na Região Sudoeste do Rio Grande do Sul, com área de 740 ha. A região é caracterizada pelo cultivo agrícola, e a principal atividade econômica da propriedade é a produção de grãos, sendo os principais: Arroz, soja, trigo, milho. A propriedade apresenta uma grande área disponível para a instalação dos equipamentos a nível do solo.

Figura 4 - LOCAL DE INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS



FONTE: GOOGLE (2019)

A área de instalação localiza-se ao lado da sede da propriedade, área escolhida pela facilidade de acesso e sem interferência para as placas solares.

FIGURA 5 - ÁREA DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO



FONTE: GOOGLE EARTH (2019)

2.1.2 Sistema de mini geração solar

O sistema de mini geração será fornecido pela empresa Solar Parceria solar, com sede no município de São Borja, que atua no mercado de eletricidade e sistemas solares em todo o Sul do país, conta com quadro técnico especializado e uma atuação significativa de sistemas de geração de energia solar na região. Para o dimensionamento do equipamento mais adequado, a empresa efetuou o levantamento da demanda com base em consultas às contas de energia elétrica referentes à linha do equipamento. Esse levantamento tomou como base o período de 12 meses a partir de agosto de 2017, o qual representou o maior consumo de eletricidade nos últimos 5 anos.

A seguir, a empresa efetuou levantamento “in loco” para averiguar as modificações necessárias no sistema elétrico existente na propriedade, bem como avaliar o local mais indicado para a instalação.

Conforme solicitado pelo cliente, o sistema solar foi projetado para sua instalação a nível de solo, e próximo à sede da fazenda, o que facilitaria manutenção e inspeções do equipamento.

FIGURA 6 - IMAGEM ILUSTRATIVA DO SISTEMA DE SOLO



FONTE: TECHSUN (2018)

O orçamento realizado contempla a solução completa para o sistema fotovoltaico, onde a empresa executa todas as etapas do processo, as quais são:

- Equipamento fotovoltaico com acessórios;
- Diagrama Unifilar;
- Memorial descritivo;
- Emissão de ART de projeto e execução;
- Mão de obra de instalação;
- Acompanhamento de obra por eng. eletricista;
- Aprovação na concessionária de energia.

A escolha da empresa se deu através da análise de referências do município e da região, a empresa escolhida conta com mais de 1500 equipamentos instalados no Sul do país, desde pequenos sistemas residenciais até grandes sistemas para

industrias. A empresa atua em todo o Sul do país e possui escritório e assistência técnica no Município.

Na região da instalação do equipamento existem diversas empresas e autônomos que instalam este tipo de equipamento, as quais tem projetos já dimensionados e disponíveis para a instalação, porém são sistemas de pequena geração e não possuem mão de obra especializada, ou terceiriza todo o processo desde instalação até pós venda, sendo este um dos principais fatores para a escolha da empresa.

Os equipamentos que contemplam o orçamento são:

TABELA 1 - ITENS DO SISTEMA ORÇADO

KIT GERADOR FOTOVOLTAICO WEG DE 15,64 kWp	
Módulos Fotovoltaicos Policristalinos	
1 Inversor de 13kW	
String Box (Sistema de proteção)	
Cabo Solar	
Conjunto de estruturas para fixação dos módulos	
Sistema de monitoramento	

FONTE: PARCERIA SOLAR (2019)

2.1.3 Especificações dos equipamentos

Os equipamentos serão da marca WEG, marca reconhecida no Brasil por equipamentos elétricos há 60 anos, o kit entregue pela empresa contém 46 módulos fotovoltaicos policristalino, 1 inversor de 13kw, String Box(sistema de proteção), cabo solar, conjuntos de estruturas de fixação dos módulos e sistema de monitoramento WI-FI, onde todos os equipamentos são de marca WEG. O projeto também contempla a instalação, projeto aprovado na concessionária e entrega do material no endereço.

Módulos Fotovoltaicos Policristalinos 340Wp (A)

Para o projeto em questão é considerado o fornecimento de módulos de 340 Wp, que serão conectados eletricamente, formando grupos em série e paralelo, a fim de se atingirem os requisitos de tensão e corrente de cada um dos inversores.

TABELA 2 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO MÓDULO FOTOVOLTAICO

Dados Elétricos STC	
Potência Nominal Máxima (Pmax)	340 W
Tensão de Operação (Vmp)	37,33 V
Corrente de Operação (Imp)	9,11 A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	46,16 V
Corrente de Curto Circuito (Isc)	9,62 A
Eficiência do Módulo	17,6 %
Temperatura de Operação	-40 °C ~ +85 °C
Tensão Máxima do Sistema	1500 V
Tolerância de Potência	0 ~ +5 W

Fonte: WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S.A (2019)

TABELA 3 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO MÓDULO FOTOVOLTAICO

Dados Mecânicos	
Tipo de célula	Silício Policristalino
Arranjo de células	72 (6 x 12)
Dimensões	1954 x 990 x 40 mm
Peso	21,8 kg
Características	
Coeficiente de Temperatura (Pmax)	-0,408%/°C
Coeficiente de Temperatura (Voc)	-0,311%/°C
Coeficiente de Temperatura (Isc)	0,050%/°C

Fonte: WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S.A (2019)

Inversor Fotovoltaico Trifásico SIW500H ST013 (B)

- Sistema de operação: geração de energia solar fotovoltaica conectada à rede elétrica;

- Display LED;

Função MPPT (Maximum Power Point Tracking) – Função automática que constantemente busca o ponto máximo de potência dos painéis solares fotovoltaicos, maximizando a geração de energia para a rede.

Proteção Anti-ilhamento – Função de segurança que monitora constantemente as condições da rede elétrica (tensão e frequência) e que desliga automaticamente o inversor em caso de ilhamento, cessando a geração de energia para a rede e retornando à operação tão logo as condições de rede se restabeleçam.

TABELA 4 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO INVERSOR FOTOVOLTAICO

Modelo	SIW500H ST013
Entrada (CC)	
Máxima tensão de entrada	1000 V
Faixa de tensão de máxima potência	380 ... 800 V
Máxima corrente entrada por MPPT	18 A
Número de MPPT	2
Número de entradas CC	4
Saída (CA)	
Tensão de saída 3Φ	380 V
Potência de saída	13,3 kW
Frequência CA	60 Hz
Corrente de saída	20 A
Máxima eficiência do inversor	98,5%
Informações gerais	
Temperatura ambiente	-25 °C ... 60 °C
Grau de proteção	IP65
Umidade relativa do ar	Até 95% - sem condensação

Fonte: WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S.A (2019)

String box (C)

É essencialmente um equipamento de proteção que isola o sistema de produção de energia fotovoltaica para impedir o risco de propagação de acidentes elétricos, como os curtos-circuitos e os surtos elétricos. Nesses casos, a String Box sacrifica seus componentes e abre o circuito elétrico em que ela está instalada.

Cabo solar (D)

O sistema de geração possui cabeamento especial que resistem ao tempo e possuem grande capacidade de corrente, os conectores são desenvolvidos especialmente para a finalidade de energia solar, o qual conferem uma longa vida útil, assim como os painéis solares.

Estrutura de Suporte para Módulos (E)

Nesta proposta estão sendo ofertadas estruturas metálicas de suporte dos módulos fotovoltaicos. As estruturas garantem inclinação indicada para que os módulos fiquem em posicionamento favorável para o recebimento da radiação solar.

Sistema de monitoramento (F)

O equipamento monitora em tempo real a geração de energia e envia informações remotamente para a central de monitoramento, na qual pode identificar imediatamente problemas ou curtos e a manutenção para que se evite qualquer dano ao patrimônio.

Figura 7 - EQUIPAMENTOS DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR



Fonte: WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S.A (editado pelo autor) (2019)

2.1.4 Estudo de Viabilidade

Para estipular o retorno sobre o investimento, foram realizados os cálculos de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback, os quais

avaliam as diferenças entre as receitas líquidas e os investimentos adicionais realizados com o projeto e o tempo de retorno do investimento

Segundo Pilão e Hummel (2003), o método do VPL permite que conheçamos as nossas necessidades de caixa ou os ganhos de certo projeto, em termos de moeda corrente ao longo do tempo. Isso porque essa técnica considera a somatória na data 0 (zero) existentes no fluxo de caixa como o seu valor atual a uma taxa especificada (TMA).

Para o presente estudo adotou-se uma TMA de 10% ao ano, de acordo com orientação do investidor, proprietário do imóvel rural. O investidor informou que adotou essa Taxa Mínima de Atratividade com base na remuneração que vem obtendo através de investimentos que realiza em Certificado de Depósito Bancário prefixado (CDB), de 10,39% a.a., junto ao Banco BMG. Sendo esse o limite para a atratividade do projeto, considerando o risco do investimento.

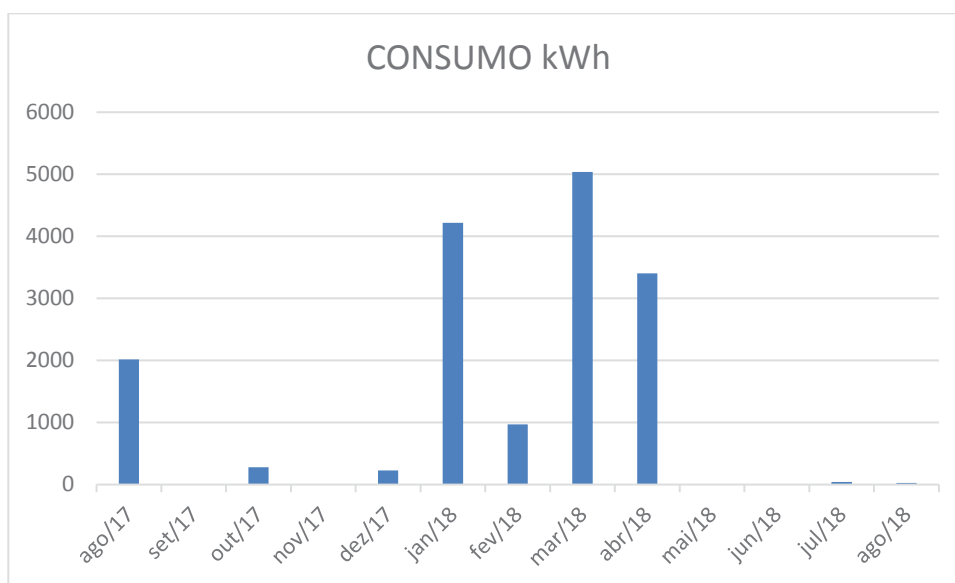
O reajuste estabelecido pela ANEEL para a RGE no ano de 2019 foi de 11,32% ano, a partir desta tarifa foi realizada a projeção dos próximos 25 anos de geração com valores de energia corrigidos e levando em conta a taxa de degradação anual do equipamento de 0,8% ao ano.

As projeções foram efetuadas para 25 anos, devido esse ser o tempo de vida útil de um equipamento de geração de energia solar.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A demanda energética do sistema foi levantada através da conta do fornecimento de energia elétrica da propriedade. Foram considerados dados do consumo entre agosto de 2017 e agosto de 2018, que totalizaram 16.226 KWh/ano durante este período, com uma média mensal de 1353kWh/mês.

GRAFICO 1 – DADOS DO CONSUMO EM KWh



Fonte: Elaboração do autor (2019)

Pode-se observar que o consumo em alguns meses foi igual a zero (Set/17, Mai/18 e jun./18). Esses eventos são explicados pela ausência de cultura no período, segundo o produtor.

A empresa fornecedora apresentou o valor de R\$ 58.927,09 para o fornecimento do sistema de geração de 15,64 KWp , sendo todo o equipamento entregue e instalado, com acompanhamento de autorização junto a Concessionaria de energia.

3.1 FLUXO DE CAIXA DO INVESTIMENTO

Com base nos investimentos necessários para a alocação do projeto, frente aos custos e receitas provenientes da geração de energia do equipamento objeto do projeto de investimento, projetou-se o Fluxo de Caixa apresentado na Tabela 5.

No fluxo de caixa foram considerados a produção de energia, Tarifa da energia elétrica, receita gerada, custos de manutenção, seguro anual, fluxo de caixa, fluxo de caixa descontado e Payback descontado.

A produção de energia foi estimada em KWh, onde o primeiro ano produzira 20.983,95 KWh e a cada ano ocorre uma perda de eficiência de 0,8%, a qual foi descontada em todos os anos. A classificação do consumidor é A4 Rural Agropecuária – Irrigante onde a demanda contratada tem a tarifa com tributos de 20,72 centavos por KW, sendo o seu reajuste calculado anualmente pela última portaria da Aneel, a qual libera o reajuste de 11,32% a.a.

A receita gerada é proveniente da energia produzida no ano, multiplicado pela tarifa elétrica, no qual o valor obtido será descontado a manutenção anual e o seguro anual do equipamento, formando o fluxo de caixa anual.

A manutenção foi estipulada em 1% do valor do projeto, onde a mesma empresa responsável por todo o projeto do sistema solar, irá realizar a manutenção periodicamente e acompanhamento em tempo real através de sensoriamento remoto.

O seguro anual dos equipamentos foi cotado com a seguradora Berkley Brasil Seguros, a qual ofereceu seguro mediante um prêmio correspondente a 0,89% a.a. A manutenção e o seguro foram corrigidos anualmente em 8% acompanhando a evolução média dos custos de manutenção.

O fluxo de caixa descontado avalia o fluxo de caixa a serem agregados no futuro e descontados pela taxa mínima de atratividade (TMA), onde posteriormente o valor de cada ano é descontado do Payback descontado.

Tabela 5 – DADOS GERADOS PELOS CALCULOS

Ano	Energia Produzida(KWh) (*)	Tarifa Elétrica (KWh) RGE (**)	Receita de Energia Produzida	Manutenção Anual (***)	Seguro Anual(***)	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado	Payback Descontado
0						R\$ -58.927,09	R\$ -58.927,09	R\$ -58.927,09
1	20.983,95	R\$ 0,23	R\$ 4.837,72	R\$ 589,27	R\$ 524,45	R\$ 3.723,99	R\$ 3.385,45	R\$ -55.541,64
2	20.816,08	R\$ 0,26	R\$ 5.342,26	R\$ 636,41	R\$ 566,41	R\$ 4.139,45	R\$ 3.421,03	R\$ -52.120,61
3	20.649,55	R\$ 0,29	R\$ 5.899,43	R\$ 687,32	R\$ 611,72	R\$ 4.600,39	R\$ 3.456,34	R\$ -48.664,27
4	20.484,35	R\$ 0,32	R\$ 6.514,71	R\$ 742,31	R\$ 660,66	R\$ 5.111,74	R\$ 3.491,39	R\$ -45.172,88
5	20.320,48	R\$ 0,35	R\$ 7.194,16	R\$ 801,69	R\$ 713,51	R\$ 5.678,95	R\$ 3.526,18	R\$ -41.646,69
6	20.157,91	R\$ 0,39	R\$ 7.944,47	R\$ 865,83	R\$ 770,59	R\$ 6.308,05	R\$ 3.560,72	R\$ -38.085,97
7	19.996,65	R\$ 0,44	R\$ 8.773,03	R\$ 935,09	R\$ 832,24	R\$ 7.005,69	R\$ 3.595,03	R\$ -34.490,94
8	19.836,68	R\$ 0,49	R\$ 9.688,01	R\$ 1.009,90	R\$ 898,82	R\$ 7.779,29	R\$ 3.629,09	R\$ -30.861,84
9	19.667,98	R\$ 0,54	R\$ 10.692,98	R\$ 1.090,69	R\$ 970,72	R\$ 8.631,56	R\$ 3.660,62	R\$ -27.201,22
10	19.520,5	R\$ 0,60	R\$ 11.814,16	R\$ 1.177,95	R\$ 1.048,38	R\$ 9.587,83	R\$ 3.696,52	R\$ -23.504,69
11	19.364,4	R\$ 0,68	R\$ 13.046,36	R\$ 1.272,19	R\$ 1.132,25	R\$ 10.641,92	R\$ 3.729,93	R\$ -19.774,77
12	19.209,48	R\$ 0,75	R\$ 14.407,02	R\$ 1.373,96	R\$ 1.222,83	R\$ 11.810,22	R\$ 3.763,10	R\$ -16.011,67
13	19.055,81	R\$ 0,83	R\$ 15.909,59	R\$ 1.483,88	R\$ 1.320,66	R\$ 13.105,05	R\$ 3.796,07	R\$ -12.215,60
14	18.903,36	R\$ 0,93	R\$ 17.568,87	R\$ 1.602,59	R\$ 1.426,31	R\$ 14.539,97	R\$ 3.828,83	R\$ -8.386,77
15	18.752,13	R\$ 1,03	R\$ 19.401,20	R\$ 1.730,80	R\$ 1.540,41	R\$ 16.129,99	R\$ 3.861,39	R\$ -4.525,38
16	18.602,12	R\$ 1,15	R\$ 21.424,65	R\$ 1.869,26	R\$ 1.663,65	R\$ 17.891,74	R\$ 3.893,76	R\$ -631,62
17	18.453,3	R\$ 1,28	R\$ 23.659,11	R\$ 2.018,80	R\$ 1.796,74	R\$ 19.843,57	R\$ 3.925,94	R\$ 3.294,33
18	18.305,67	R\$ 1,43	R\$ 26.126,62	R\$ 2.180,31	R\$ 1.940,44	R\$ 22.005,83	R\$ 3.957,94	R\$ 7.252,27
19	18.159,23	R\$ 1,59	R\$ 28.851,49	R\$ 2.354,73	R\$ 2.095,72	R\$ 24.401,04	R\$ 3.989,76	R\$ 11.242,04
20	18.013,95	R\$ 1,77	R\$ 31.860,53	R\$ 2.543,11	R\$ 2.263,37	R\$ 27.054,04	R\$ 4.021,41	R\$ 15.263,45
21	17.869,84	R\$ 1,97	R\$ 35.183,41	R\$ 2.746,56	R\$ 2.444,44	R\$ 29.992,40	R\$ 4.052,89	R\$ 19.316,34
22	17.726,88	R\$ 2,19	R\$ 38.852,84	R\$ 2.966,29	R\$ 2.639,99	R\$ 33.246,55	R\$ 4.084,20	R\$ 23.400,54
23	17.585,07	R\$ 2,44	R\$ 42.904,98	R\$ 3.203,59	R\$ 2.851,19	R\$ 36.850,19	R\$ 4.115,36	R\$ 27.515,94
24	17.444,39	R\$ 2,72	R\$ 47.379,73	R\$ 3.459,88	R\$ 3.079,29	R\$ 40.840,56	R\$ 4.146,36	R\$ 31.662,26
25	17.304,83	R\$ 3,02	R\$ 52.321,16	R\$3.736,67	R\$ 3.325,64	R\$ 45.258,85	R\$ 4.177,21	R\$ 35.839,48
Total	477.184,59		R\$ 507.598,52	R\$ 43.079,14	R\$ 38.340,49	R\$ 426.178,89	R\$ 94.766,57	
VPL	R\$ 94.766,57							
TIR	14,27%							
(*)Degradação do painel fotovoltaico de 0,8% ao ano								
(**)Estimativa de Reajuste Tarifários 11,32% ao ano								
(***)Reajuste de 8% ao ano nos custos								

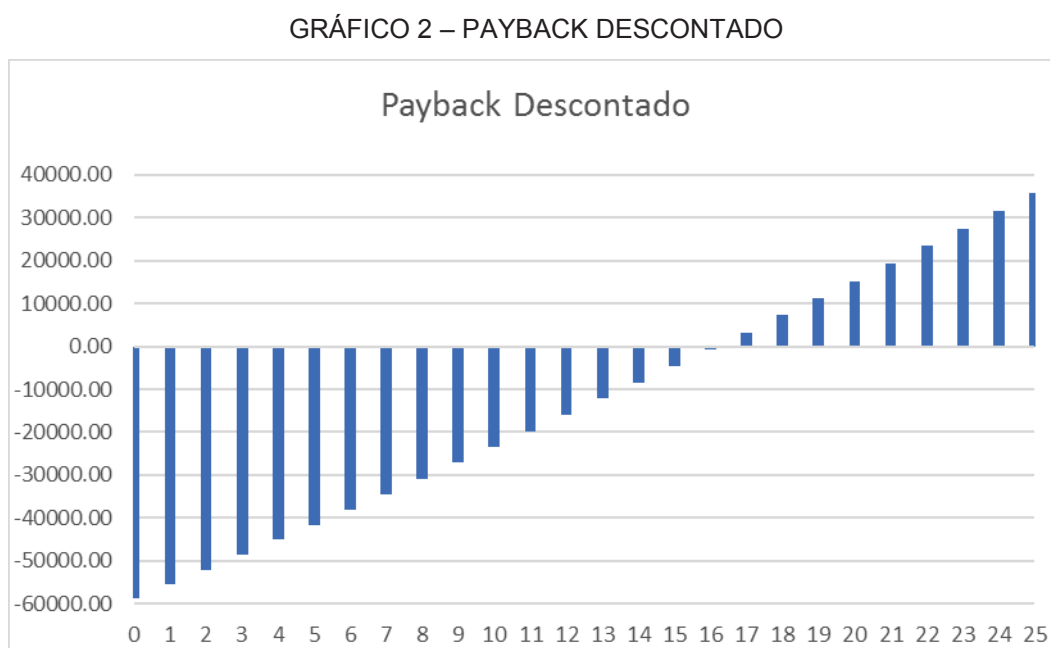
Fonte: Elaboração do autor (2019)

Analisando as projeções pode-se notar a elevação dos preços para o KWh das tarifas elétricas alcançando os R\$ 3,02, demonstrando um cenário preocupante para o setor da irrigação, onde tais valores podem impor futuras restrições econômicas ao uso da irrigação.

A partir dos cálculos realizados e demonstrados na tabela acima, consta-se pela análise do VPL obtido ao final do fluxo de caixa descontado o valor foi maior que zero (VPL> R\$ 0,00), ou seja, proporcionara ao produtor rural uma economia de R\$

94.766,57 sobre o investimento em 25 anos, elevando a chance de concretização do projeto.

O Payback descontado calculado, demonstra a recuperação do investimento inicial em um período de 17 anos, onde é possível visualizar no gráfico seguinte.



Fonte: Elaboração do autor (2019)

O tempo elevado de retorno do investimento pode ser atribuído as tarifas elétricas rurais para irrigação, por terem um valor menor que em comparação com a urbana, onde o retorno do investimento se dá em um menor tempo em consequência da tarifa cobrada.

Projetos de geração solar urbanos possuem um tempo Payback menor e são mais atrativos, como exemplo Santos (2016) no município de Lagoa Santa-MG onde seu projeto teve o Payback de 6 anos para um investimento de R\$ 79.788,00, nota-se a discrepância tanto em termos de valores como em tempo de retorno com o projeto de geração em um condomínio residencial, demonstrando a diferença de taxas do urbano para o irrigante rural.

Outro projeto com uma demanda energética muito superior foi avaliado por Alves (2016) onde encontrou um Payback de 8,7 anos para um consumo anual de mais de 400mil KWh e um investimento de R\$ 1.440.502,57 em um sistema para uma

fábrica na cidade de São Carlos-SP, que possui também tarifas menores que as do consumidor urbano.

Segundo Bueno (2018) a geração de energia solar para o abatimento de 100% do consumo para um pivô na cidade de Iraí de Minas-MG, com o Payback de 20 anos e investimento de R\$63.000,00, o qual foi considerado economicamente inviável, mesmo com sua taxa de retorno de 12,74% a.a. ser superior à TMA de 10% ao ano considerada no projeto, devido às incertezas do mercado que aumentam significativamente o risco do investimento a longo prazo.

Analisando a Taxa Interna de Retorno de 14,27% ao ano, calculada para o projeto, frente à Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 10% ao ano considerada pelo produtor, pode-se afirmar que o investimento no equipamento de geração solar proporcionará retorno financeiro ao produtor.

Fatores como: mudanças na política econômica, mudanças na política energética, rotatividade e até mesmo a inviabilidade das culturas atualmente exploradas na propriedade, além da rápida evolução tecnológica do segmento que pode tornar obsoleta tecnologia implementada em um curto período de tempo (3 a 4 anos) se comparados ao Payback time do projeto, não recomendam a imediata implementação do projeto.

Com base no estudo, pode-se concluir que sistemas fotovoltaicos conectados à rede podem não ser economicamente atraentes para a classe irrigante, devido suas tarifas de fornecimento elétrico apresentarem um valor relativamente baixo, quando comparadas às tarifas de outros segmentos, por exemplo as tarifas urbanas, Além disso, o produtor pode optar por irrigar suas culturas em horários de baixa demanda, com descontos maiores nas tarifas, elevando a sua economia.

4 CONCLUSÕES

As análises efetuadas no projeto evidenciam que o mesmo tem viabilidade econômica quando analisado os dados do VPL, onde o produtor ao final dos 25 anos teria uma economia de R\$ 94.766,57 e o TIR de 14,27%, demonstrando ser um investimento mais atrativo que as atuais aplicações convencionais do Mercado Financeiro, tais como CDB e a caderneta de poupança.

Entretanto o Payback Descontado de 17 anos pode ser considerado relativamente alto e expor o investimento a riscos oriundos de diversas mudanças nos cenários que podem ocorrer nesse prazo.

Dessa forma, apesar de os resultados obtidos demonstrarem a viabilidade do sistema fotovoltaico para abatimento do consumo elétrico do pivô central do ponto de vista econômico, do ponto de vista estratégico denota-se tratar-se de investimento de longo prazo de retorno que pode sujeitar o investidor a riscos sistêmicos que não estão sob o seu controle, sendo o projeto não recomendado para o investimento no cenário atual.

Finalmente, para novas conclusões e análise de outros investimentos da espécie, recomenda-se novos estudos, com a realização de novos levantamentos tempestivos de dados, atualização da Taxa Mínima de Atratividade conforme as taxas vigentes no Mercado e a verificação da existência de novas tecnologias disponíveis no Brasil.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. Disponível em:

<<http://www.absolar.org.br/infografico-absolar-.html>> Acesso em: 26 ago. 2019.

ALVES, G. H. Projeto e análise da viabilidade econômica da instalação de painéis fotovoltaicos no setor industrial. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, curso de Engenharia Elétrica Universidade de São Paulo, São Carlos. 2016

ANEEL. Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/aprovado-reajuste-tarifario-da-rge-sul/656877?inheritRedirect=false> Acesso em 28 set. 2019.

Atlas da Energia Elétrica do Brasil 3ª edição. Brasília: 2008. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>

Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada. Brasília 2017. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacao-UsodaAguanaAgriculturalIrrigada.pdf>>

Brasil Escola. Disponível em:

<<https://Brasilescola.uol.com.br/geografia/energia-solar.htm>>. Acesso em :30 ago. 2019.

DANTAS, F.; MARINHO, A. F. Aumento de fontes de energia renovável impulsiona mercado de seguros. **A Redação**, Goiás, 21 set. 2019. Disponível em: <https://www.aredacao.com.br/noticias/124080/aumento-de-fontes-de-energia-renovavel-impulsiona-mercado-de-seguros>

Embrapa. Disponível em:

<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_16820051120.html> Acesso em 30 out. 2019.

Energia solar. Brasília 2005. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>

ENETEC. Disponível em:

<<http://enetec.unb.br/blog/on-grid-off-grid/#hero>>. Acesso em: 21 ago. 2019.

Época negócios. Disponível em:

<<https://epocanegocios.globo.com/Economia/noticia/2019/01/epoca-negocios-energia-solar-deve-crescer-44-no-Brasil-em-2019-com-impulso-de-geracao-distribuida.html>>. Acesso em :21 ago. 2019.

GITMAN, L. J. Princípios de administração financeira. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.

IRRIGER. Consumo de energia elétrica na irrigação. São Paulo, 05 de maio de 2005. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/insumos-agropecuarios/anos-antiores/consumo-de-energia-eletrica-na-irrigacao-87.pdf>. Acesso em 25 ago. 2019.

MACHADO, C. A. Avaliação de regiões com potencial de aproveitamento solar e identificação de áreas para implantação de uma usina solar fotovoltaica no rio grande do sul. 2017. 122 f. Trabalho de Graduação (Engenharia Ambiental) - Universidade do Vale do Taquari, UNIVATES, Lajeado, 2017. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1915/1/2017CezarAugustoMachado.pdf>.

MENDES. M, A, B.; Relatório de classe de consumo. Brasília: ANEEL, 2019. Relatório técnico.

NORONHA, J. F. Projetos Agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica. 2. ed, São Paulo: Editora Atlas S.A, 1987.

ONU meio ambiente. Disponível em:

<https://www.unenvironment.org/pt-br/noticias-e-reportagens/press-release/investimento-em-energias-renovaveis-atingiu-us-2889-bilhoes-em>. Acesso em :28 ago. 2019.

PAULINO, A.; KAFRUNI, S. Preço da eletricidade sobre 50% acima da inflação de 1995 a 2017. **Correio Braziliense**, 21 abr. 2018. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2018/04/22/internas_economia,675343/preco-da-energia-eletrica-subiu-50-acima-da-inflacao.shtml

PILÃO, N. E. Matemática financeira e engenharia econômica: a teoria e a prática da análise de projetos de investimentos. São Paulo: Cengage Learning, 2003.

REN21. Renewables 2019 global status report. Paris, 2019. Disponível em: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf

Safrá Irrigação. Disponível em:

<https://www.safrairrigacao.com.br/materia/qual-a-importancia-da-irrigacao-para-o-solo> Acesso em: 25 set. 2019.

Saldanha, C. RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL. Porto Alegre: Fepagro-CEMETRS, 2013. Relatório técnico.

SANTOS, M. A. Dimensionamento e Retorno de Investimento de Geração de Energia Solar Residencial: Um Estudo de Caso no Município de Lagoa Santa – MG. 2016. 44 f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/52304/R%20-%20E%20-%20MARCIO%20AZEVEDO%20DOS%20SANTOS.pdf?sequence=1>.

SOLARVOLT. Disponível em:

< <https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/energia-solar-como-investimento-pros-e-contras/> Acesso em 13 out. 2019.

WEG; Fornecimento de módulos e inversor fotovoltaico. São Carlos: WEG, 2019.
Relatório técnico