

ESTUDO DA VIABILIDADE FINANCEIRA PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA FOTOVOLTAICA EM UMA PROPRIEDADE RURAL

Elcio Rodrigo Bombana¹
Diones Kleinibing Bugalho²

¹Bacharel em Ciências Contábeis

²Mestre em Ciências Contábeis e Administração

RESUMO

O consumo de energia elétrica vem crescendo no Brasil e no mundo, enquanto os recursos naturais para a geração de energia tornam-se mais limitados. As hidrelétricas causam grandes impactos ambientais, o que torna essencial a busca por alternativas menos prejudiciais ao meio ambiente, a pesquisa destaca a relevância da energia solar como uma alternativa sustentável, pois é uma fonte renovável, inesgotável e não poluente. O presente estudo tem como objetivo analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma usina fotovoltaica em uma propriedade rural no Sudoeste do Paraná. A pesquisa caracteriza-se como exploratória, realizada por meio de um estudo de caso aperfeiçoada em uma propriedade rural familiar. Para calcular os resultados foi utilizando indicadores financeiros como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback. Para isso, foi realizada uma análise aprofundada dos custos de instalação, manutenção e dos benefícios econômicos a longo prazo, aonde teve um investimento inicial de R\$ 297.178,27 reais, embora elevado, o payback pode retornar em aproximadamente 4 anos e 8 meses, com uma TIR superior a 10% e uma TMA de 10% ao ano. Além disso, o estudo reforça a importância da energia renovável em propriedades rurais e sugere que essa tecnologia tende a contribuir para a sustentabilidade e independência energética.

Palavras-chave: Viabilidade Econômico-Financeira. Energia Renovável. Energia Solar Fotovoltaica. Propriedade Rural.

ABSTRACT

Electricity consumption has been growing in Brazil and worldwide, while natural resources for energy generation are becoming more limited. Hydroelectric plants cause major environmental impacts, which makes it essential to seek alternatives that are less harmful to the environment. The research highlights the relevance of solar energy as a sustainable alternative, as it is a renewable, inexhaustible and non-polluting source. This study aims to analyze the economic and financial viability of implementing a photovoltaic plant on a rural property in the Southwest of Paraná. The research is characterized as exploratory, carried out through a case study improved on a family rural property. To calculate the results, financial indicators such as Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Payback were used. To this end, an in-depth analysis of the installation and maintenance costs and long-term economic benefits was carried out, with an initial investment of R\$297,178.27 reais. Although high, the payback period can be approximately 4 years and 8 months, with an IRR of over 10% and a MARR of 10% per year. In addition, the study reinforces the importance of renewable energy on rural properties and suggests that this technology tends to contribute to sustainability and energy independence.

Keywords: Economic and Financial Viability. Renewable Energy. Photovoltaic Solar Energy. Rural Property.

1 INTRODUÇÃO

A energia fotovoltaica tem se tornado uma alternativa cada vez mais viável e sustentável para a produção de energia, especialmente em propriedades rurais. No entanto, a implantação de uma usina fotovoltaica requer um estudo detalhado de sua viabilidade financeira. Neste contexto, a profissão de ciências contábeis desempenha um papel fundamental. Nesse sentido, os profissionais de ciências contábeis, com seu conhecimento aprofundado em análise financeira, podem contribuir significativamente para a avaliação da viabilidade financeira de tais projetos. Eles podem ajudar a identificar os custos associados, estimar os retornos potenciais e, assim, auxiliar na tomada de decisões.

Proença (2007) aponta que o Brasil é um país com alta dependência de energia hidrelétrica. No entanto, apesar de ser uma fonte renovável, seu uso tem causado impactos ambientais significativos, principalmente devido ao alagamento de áreas cultiváveis. Além disso, a energia hidrelétrica está se esgotando, o que exige que o Brasil busque outras fontes de energia. Franciscatto (2005) sugere que a busca por outras fontes renováveis deve ser orientada pelo desenvolvimento e aplicação de tecnologias sustentáveis. Isso significa que essas tecnologias devem atender às demandas sociais e ambientais, ser economicamente viáveis e ter um menor impacto ambiental na sociedade.

A energia solar fotovoltaica tem experimentado um crescimento significativo como uma fonte renovável de energia que não causa impacto ambiental. Apesar do custo de instalação ainda ser considerado alto, é importante considerar que se trata de uma fonte de energia limpa e que o Brasil tem um grande potencial para a sua utilização. Dassi (2015) destaca a descentralização como uma das principais vantagens da instalação de energia solar, uma vez que permite a produção de energia no local de consumo. Isso representa uma independência para o consumidor, que não fica mais dependente dos custos de distribuição nem dos altos impostos governamentais sobre a fatura de energia elétrica.

A energia solar fotovoltaica, que é gerada pela transformação da luz solar em eletricidade através de painéis solares instalados em telhados ou quintais, está se tornando cada vez mais popular nas propriedades brasileiras. Dassi (2015) atribui esse aumento à regulamentação da ANEEL, que permite a conversão da energia produzida em créditos de kWh na conta de energia. Com isso, o investimento em energia renovável tem atraído a atenção de uma variedade de profissionais, incluindo pesquisadores, empresas e governos. O Brasil, em particular, tem sido destacado como um país com um grande potencial para a produção de energia solar. Segundo Cabral (2012), o Brasil é beneficiado por uma abundância de radiação solar durante a maior parte do ano, o que aumenta seu potencial para a produção de energia solar.

O problema central deste estudo é: **Qual a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma usina fotovoltaica em uma propriedade rural do Sudoeste do Paraná?** Isso envolve uma análise detalhada dos custos de instalação e manutenção da usina, bem como a projeção dos benefícios financeiros a longo prazo decorrentes da geração de energia solar. O objetivo principal da presente pesquisa consiste em avaliar a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma usina fotovoltaica em uma propriedade rural do Sudoeste do Paraná. Para isso, foi necessário realizar uma análise aprofundada dos aspectos financeiros e econômicos associados à implantação de uma usina fotovoltaica, com o intuito de fornecer uma avaliação precisa e confiável do retorno sobre o investimento. Este estudo visa, portanto, fornecer informações valiosas para proprietários rurais, investidores e profissionais da área contábil.

A análise da viabilidade financeira para a instalação de uma usina fotovoltaica em propriedades rurais é fundamental, dada a relevância da energia solar como fonte renovável e sustentável. Este estudo se justifica pela importância de equilibrar o alto investimento inicial com os benefícios a longo prazo, incluindo a potencial fonte de renda adicional para os proprietários rurais e a redução da dependência de fontes de energia não renováveis.

A justificativa para o desenvolvimento deste estudo é relevante, pois a usina fotovoltaica, sendo uma fonte renovável e sustentável de energia, tem crescido significativamente nos últimos anos devido à demanda por este tipo de investimento, tanto em indústrias quanto em residências. É importante compreender os custos e benefícios associados à transição para fontes de energia mais limpas, ressaltando que esta fonte de recurso é infinita e não gera escassez.

As potenciais contribuições se dão no campo prático, teórico e social. No que se refere ao aspecto prático contribui para a gestão porque permite avaliar o retorno do investimento em projetos de energia solar e tomar decisões informadas sobre a alocação de recursos. No campo teórico, esta pesquisa está alinhada com os interesses atuais da Ciência Contábil, pois permite avaliar a rentabilidade e o impacto financeiro dos investimentos em energia solar, contribuindo para a tomada de decisões estratégicas e a gestão eficiente de recursos. Ademais, atualmente sustentabilidade e a eficiência energética são prioridades globais, dessa forma se entende que os resultados podem oferecer avanços nestas áreas, o que demonstra presente contribuição âmbito social.

O estudo está estruturado por essa seção, de caráter introdutório, na segunda seção apresenta-se a revisão de literatura, destacando os conceitos de desenvolvimento sustentável e indicadores de sustentabilidade. Na terceira seção destacam-se os procedimentos metodológicos. A quarta seção aborda a análise dos dados e resultados e, na quinta seção as considerações finais do estudo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção tem por objetivo fundamentar as discussões do tema abordado por este artigo, levando em consideração o tema abordado, se faz necessário a discussão sobre a viabilidade financeira para implantação de uma usina fotovoltaica em propriedade rural; na subseção 2.1 busca-se descrever o que são sistema de energia fotovoltaico; na subseção 2.2 trata-se da viabilidade financeira e, por fim, na subseção 2.3 é apresentado os estudos correlatos.

2.1 Sistema de Energia Fotovoltaico

O sistema fotovoltaico é caracterizado por seu processo simples, sendo composto por painéis solares dispostos de maneira plana e em série, além de circuitos de controle, conversão e distribuição. O sistema é atraente devido à praticidade de configuração, que inclui poucos componentes e nenhuma parte móvel. Além disso, requer pouca manutenção, tem uma montagem simples, com uma energia limpa que não produz emite poluentes ou ruídos ao meio ambiente e apresenta uma relação vantajosa entre a potência gerada e o peso das placas (FERIOLI et al., 2013).

As células fotovoltaicas são produzidas a partir de blocos de silício, esse material é predominantemente usado na fabricação de módulos fotovoltaicos com as tecnologias atuais. Entre as várias tecnologias disponíveis, a que emprega silício monocristalino é considerada a mais apropriada para a instalação de módulos fotovoltaicos. Isso se deve ao seu alto nível de uso e produção, ao menor custo por potência gerada e à sua ampla disponibilidade comercial (DEMONTI, 2012).

As células fotovoltaicas de silício, que são fundidos e resfriados lentamente em moldes especiais para formar uma estrutura policristalina. No entanto, essa estrutura não é perfeitamente organizada em um único cristal, resultando em superfícies de separação entre os cristais. Essas células têm uma eficiência de conversão de luz solar em eletricidade ligeiramente inferior às células de silício monocristalino. Embora as células policristalinas tenham um custo de produção mais baixo devido à necessidade de menos energia para sua purificação, elas apresentam um rendimento elétrico inferior, com 18% em laboratório e 14% em módulos. A causa dessa redução de rendimento é as imperfeições na estrutura cristalina (DEMONTI, 2012).

Os controladores de carga são circuitos eletrônicos que administram a energia que entra e sai dos acumuladores de energia. Eles protegem esses acumuladores ajustando os pontos de atuação dos circuitos de carga e consumo para evitar sobrecarga e descarga profunda. Existem basicamente duas configurações de construção física, paralelo e série, e duas estratégias ou métodos de controle de carga, conhecidos como “ON/OFF” e tensão constante (DIAS, LORENZO, 2001).

O banco de baterias, é projetado para fornecer energia ao estágio isolado do projeto durante a noite. Levando em conta os recursos financeiros disponíveis, foi possível atender ao sistema isolado com uma autonomia de um dia de operação, com ciclos diários de descarga máxima de 20%. Isso prioriza a vida útil do banco de baterias (DEMONTI, 2012).

A produção de energia de placas fotovoltaicas é influenciada por vários fatores, incluindo a temperatura do ar, a altitude da cidade e do sistema, o sombreamento, a poluição atmosférica e a umidade relativa do ar. Mesmo no inverno, a média de insolação na capital é de 800 kWh/m², o que é favorável para a geração de energia solar. Além disso, o Instituto de Desenvolvimento de Energias Alternativas e da Auto Sustentabilidade (IDEAAS) lançou o projeto Hospitais Solares em 2016, com o objetivo de fornecer energia elétrica segura para pequenos hospitais e centros de saúde em áreas isoladas, principalmente na Amazônia, através de um sistema autônomo de placas fotovoltaicas (ABSOLAR, 2016).

Segundo Bissochi (2002), a geração de energia solar fotovoltaica apresenta diversas vantagens, como o fato de ser uma fonte de energia limpa, sem poluição ambiental, de fácil instalação, com mínima manutenção e vida útil dos módulos superior a 25 anos. Além disso, não consome combustível e oferece a possibilidade de autossuficiência energética, sem gerar custos com eletricidade, já que a luz solar é gratuita. A energia solar também se mostra como uma solução para fornecer eletricidade em áreas remotas, onde a rede convencional não chega. No entanto, Bissochi (2002) ressalta que o alto custo inicial das placas solares é uma desvantagem, embora a longo prazo esse custo seja reduzido. Martinazzo (2014) complementa, destacando a queda dos custos e os avanços tecnológicos no uso da energia fotovoltaica.

Com isso, conclui-se que a energia solar fotovoltaica oferece mais vantagens do que desvantagens. Apesar do alto investimento inicial ser um dos principais obstáculos à adoção dessas placas, é importante considerar que se trata de uma fonte renovável, sem impactos ambientais, que depende apenas da luz solar. Além disso, nos últimos anos, houve uma redução nos investimentos necessários, impulsionada pelo surgimento de novos fornecedores, o que torna o uso da energia fotovoltaica uma opção cada vez mais viável e econômica para reduzir os custos com eletricidade.

Nesse sentido, o sistema de energia fotovoltaica representa uma alternativa sustentável e econômica, pois converte a luz solar em energia elétrica, diminuindo a necessidade de fontes não renováveis. Além disso, foi destacado como um progresso tecnológico importante para um futuro com energia limpa e de fácil acesso (KRUGER; ZANELLA; BARICHELO, 2023).

2.2 Viabilidade Financeira

A tomar a decisão de investir em um sistema fotovoltaico, é importante considerar os aspectos econômicos e financeiros. Isso envolve a avaliação de alternativas, a maximização da contribuição marginal dos recursos e a promoção da riqueza líquida. O objetivo do investimento é economizar nos custos de energia elétrica (GAVIOLI, 2021).

Ao investir em um processo complexo que deve considerar vários aspectos, principalmente a análise econômico-financeira. Essa análise permite que a organização avalie as opções de investimento, maximize a contribuição marginal de seus recursos e aumente sua riqueza líquida. O investimento em questão tem como objetivo economizar no consumo de energia elétrica, tornando-se necessário verificar a viabilidade financeira desse investimento (ASSAF NETO, 2012).

Para Kruger; Zanella e Barichelo (2023), cada projeto, dependendo do tema tratado, apresenta diferentes tipos de indicadores específicos de viabilidade econômico-financeira. No entanto, com o objetivo de analisar a viabilidade econômico-financeira em projetos de energia solar fotovoltaica, os mais abordados, são os seguintes indicadores: payback descontado, valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e valor anual uniforme equivalente.

A viabilidade econômica dos painéis fotovoltaicos é avaliada pelos benefícios de sua utilização. A viabilidade de uma tecnologia energética não pode ser determinada apenas por recursos físicos, mas deve considerar uma variedade de fatores, incluindo econômicos, técnicos, ambientais, institucionais e sociais. Em uma economia de livre mercado, uma usina fotovoltaica, como qualquer empresa, deve gerar lucro. A indústria de geração de energia elétrica a partir da energia solar é vista como a melhor opção para atender à demanda futura de energia, devido à sua superioridade em termos de disponibilidade, custo-benefício, acessibilidade, capacidade e eficiência em comparação com outras fontes de energia renováveis (FONTELES, 2019).

Motta e Calôba (2002) definem o Payback como um indicador de viabilidade econômica que avalia a atratividade relativa das opções de investimento. Segundo eles, é necessário um período de tempo para que as entradas de caixa se igualem ao valor investido. Além disso, o Payback descontado tem como objetivo determinar o tempo necessário para obter um retorno, sempre avaliando os fluxos de caixa descontados.

Diversos estudos anteriores sobre decisões de investimento e risco destacam o uso frequente de certos métodos. O método de Payback, que determina o tempo necessário para recuperar o investimento, é comumente utilizado. A Taxa Interna de Retorno (TIR) é outra ferramenta útil que auxilia na avaliação das oportunidades de investimento. O Valor Presente Líquido (VPL), que representa a diferença entre o

valor presente de entrada e o investimento, também é um método adotado nesses estudos (GAVIOLI, 2021).

A Taxa Interna de Retorno é uma técnica que ajuda o gestor a escolher a oportunidade de investimento que proporcionará os melhores resultados para a organização. O Valor Presente Líquido (VPL), por outro lado, é calculado como a diferença entre o valor presente das entradas de caixa esperadas e o valor presente do investimento (ASSAF NETO, 2012).

De Silva et al. (2009) enfatizam a importância de considerar a Taxa Interna de Retorno (TIR) em um projeto de investimento. Esta taxa, que é uma síntese dos resultados de rentabilidade do projeto, representa o retorno indispensável que resulta em um Valor Presente Líquido (VPL) zero quando usado como taxa de desconto. Njoku e Omeke (2020) acrescentam que o cálculo da TIR não requer a consideração de outras taxas mínimas de desconto. Em vez disso, tudo gira em torno da taxa para a qual o VPL é nulo, o que se traduz no patamar mínimo de retorno para determinar se um projeto é financeiramente aceitável ou não.

Quadro 1- Principais indicadores da análise de viabilidade financeira

Indicadores	Cálculo	Conceitos
<i>TIR</i>	$TIR = \sum FC(1 + i)^{-n} = 0$	É o índice que mostra a rentabilidade do investimento em determinado período.
<i>VPL</i>	$VPL = FC_0 + \frac{FC_1}{(1 + TMA)^1} + \frac{FC_2}{(1 + TMA)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1 + TMA)^n}$	Indica o valor atual de uma série de fluxos de caixa, descontados a uma determinada taxa de juros compostos.
<i>Payback</i>	$PB = \frac{\text{Investimento Inicial}}{\sum FC \text{ do ano}}$	Calcula quantos períodos será necessário para cobrir o capital investido, ou ainda, quanto tempo levará para recuperar o investimento, descontado uma taxa que o investidor ganharia se investisse em outro projeto.
<i>TMA</i>	Taxa ou % de retorno desejado	Retorno esperado pelo investidor referente ao capital aplicado em determinado investimento, isso com uma taxa percentual em um determinado período.

Fonte: Adaptado de Assaf Neto e Lima (2019).

De acordo com Filho e Kopittke (2010), a Taxa Interna de Retorno (TIR) é um método que permite calcular a taxa que zera o Valor Presente Líquido (VPL) de um projeto. Isso significa que, ao aplicar a TIR, os fluxos de caixa do projeto são ajustados para um valor presente de zero. Portanto, se a TIR de um investimento for maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), isso indica que o investimento é rentável e merece ser considerado para análise.

Por fim Filho e Kopittke (2010) alertam que a análise da Taxa Interna de Retorno (TIR) deve ser feita com cautela. Eles argumentam que um projeto não deve ser considerado ideal apenas por ter uma taxa maior. É importante analisar outros indicadores para chegar a uma conclusão mais precisa. Portanto, a análise exclusiva da TIR não garante que o projeto seja o melhor.

2.3 Estudos Correlatos

O estudo de Nespolo et al. (2020) avaliou um Projeto de Investimento Agropecuário para redução de custos com energia elétrica em uma pequena propriedade rural, via instalação de um sistema fotovoltaico. A análise incluiu indicadores econômicos, Metodologia Multi-índice Ampliada e Simulação de Monte Carlo, com foco em indicadores de riscos extremos como VaR e CVaR. Os resultados indicaram viabilidade econômica, suportada pela SMC, destacando sua utilidade na tomada de decisões. Recomenda-se a implementação do sistema fotovoltaico, considerando seu retorno financeiro a longo prazo.

Em um estudo realizado por Dassi, Zanin, Bagatini, Tibola, Barichello e Moura (2015), a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica foi analisada como uma alternativa para a redução de custos e diversificação energética em uma Instituição de Ensino Superior em Santa Catarina. O estudo, caracterizado como uma pesquisa exploratória, destacou o potencial da energia solar fotovoltaica em instituições de ensino superior para otimizar os custos e diversificar as fontes de energia.

No estudo de Kruger, Zanella e Barichello (2022), foi realizada uma análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica como uma alternativa para redução de custos em uma propriedade rural em Santa Catarina. A pesquisa, de natureza exploratória, foi um estudo de caso em uma propriedade rural familiar, especificamente uma Propriedade Aviária, localizada no Oeste do Estado de Santa Catarina. Os resultados do estudo indicaram que o projeto para a instalação de energia solar fotovoltaica é viável para o período analisado, com base nos dados projetados. Foi concluído que o projeto poderia começar a gerar retorno a partir do sexto ano de implantação.

No estudo conduzido por Barbosa Filho, Ferreira, Azevedo, Costa e Pinheiro (2015), os impactos ambientais resultantes da construção e operação de usinas solares fotovoltaicas foram analisados. A

pesquisa, realizada pela Fundação Estadual do Meio Ambiente, envolveu uma revisão literária de publicações nacionais e internacionais para entender melhor as usinas brasileiras. O estudo concluiu que há uma necessidade evidente de desenvolver uma norma federal para o licenciamento ambiental de usinas solares fotovoltaicas, a fim de evitar a insegurança jurídica.

No estudo de Jacques e Frankenberger (2022), foi realizada uma análise da viabilidade técnica e econômica da geração de energia elétrica através da implantação de painéis fotovoltaicos em uma instituição hospitalar em Curitiba, PR. O estudo incluiu a descrição da instituição, a avaliação do potencial para a geração de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos e a realização de um estudo da viabilidade econômica do projeto. Os resultados mostraram que, embora o sistema gere apenas uma parcela da energia necessária por mês, ele se mostrou positivo, com um retorno financeiro previsto em média de 10 anos e uma vida útil adicional de mais de 15 anos.

No estudo conduzido por Gavioli, Frederico, Pereira e Albareda (2020), foi realizada uma análise da viabilidade financeira da implantação de painéis fotovoltaicos em um hospital público em Curitiba, Paraná. A pesquisa, de natureza qualitativa, utilizou métodos descritivos, bibliográficos e documentais para coleta de dados. Os resultados do estudo indicaram que, apesar do investimento inicial significativo, a implantação de painéis fotovoltaicos é financeiramente viável. Levando em consideração a vida útil de 25 anos do sistema de painéis fotovoltaicos e uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 8% ao ano, os cálculos de viabilidade mostraram que o investimento inicial poderia ser recuperado em apenas 13 anos. Além disso, a Taxa Interna de Retorno (TIR) de 12,02% ao ano indicou que o investimento é economicamente atrativo.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo caracteriza-se como pesquisa exploratória, realizada por meio de um estudo de caso em uma propriedade rural familiar, localizada no município de Pato Branco estado do Paraná. De acordo com Gil (2016, p. 27), o objetivo desse tipo de pesquisa é desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias em relação a um determinado tópico. Ele também sugere que essas pesquisas tendem a ser menos rígidas em termos de planejamento. Normalmente, envolvem a revisão de literatura e documentos, a realização de entrevistas não estruturadas e a condução de estudos de caso.

Caracteriza o estudo de caso como uma análise profunda e exaustiva de um ou mais objetos de estudo. Ele observa que os estudos de caso estão sendo cada vez mais utilizados pelos pesquisadores devido à sua versatilidade. Esses estudos têm vários propósitos, incluindo a exploração de situações da vida real, a descrição do contexto dessas situações e a explicação das possíveis causas de um determinado fenômeno em várias situações (GIL, 2016).

Yin (2005) destaca que o estudo de caso é uma abordagem empírica que investiga um fenômeno dentro de seu contexto real, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidas. Ele sugere que, em tais situações, outras fontes de evidência podem ser utilizadas para auxiliar na investigação. Yin também ressalta que o estudo de caso é uma ferramenta versátil, podendo ser aplicado em pesquisas exploratórias, descritivas e explicativas.

Bernardes e Camacho (2019) sugerem que os estudos indicam uma rentabilidade promissora para a implantação de alternativas de energias renováveis, como a energia fotovoltaica e o biogás, em atividades produtivas industriais. A geração e distribuição dessas formas de energia podem proporcionar um retorno de investimento seguro e em curto prazo, variando de acordo com o tamanho e a potência desejada para a geração.

Os dados relacionados nesse estudo foram coletados na propriedade rural localizada no município de Pato Branco, situado no Sudoeste do Paraná, no período de março de 2024 a setembro de 2024. Segundo Gil (2016), o método observacional é aquele que o pesquisador toma providências para que alguma coisa ocorra, a fim de observar aquilo que é objeto de estudo, na observação apenas observa o que acontece ou já aconteceu.

De maneira mais específica, essa pesquisa iniciou-se com o estudo sobre o local a ser implantado observando a geografia do terreno e posição do sol, tamanho da área a ser ocupada, tipo de estrutura, tamanho do disjuntor e o tipo de rede, pois são fatores que influenciam no modelo e material a ser utilizado para a geração da energia solar fotovoltaica. Após, foram realizadas análises técnicas dos sistemas propostos pelos possíveis fornecedores, incluindo todo o material necessário para a construção dos painéis solares.

Sendo assim, foi realizado o cálculo do investimento necessário para a instalação do sistema proposto, com base em orçamento de equipamentos fornecido por um possível fornecedor local. O custo da energia elétrica será pago com dinheiro próprio e disponível do produtor rural ao fornecedor.

Quanto a abordagem do problema deste estudo foi disposta do método quantitativo na análise da viabilidade econômico-financeira de um projeto de energia solar fotovoltaica em uma propriedade rural. Aqui estão os pontos principais:

Quadro 2 – Itens avaliados na pesquisa

Investimento Inicial	O estudo considera um investimento inicial de R\$ 297.178,27 reais para a instalação do sistema fotovoltaico.
Métodos de Avaliação	Utiliza métodos como Valor Presente Líquido (VPL), Payback Descontado, Taxa Interna de Retorno (TIR) para avaliar a viabilidade e Taxa Mínima de Atratividade (TMA)
Resultados	Indica que o projeto é viável, com um payback descontado de 4 anos e 8 meses uma TMA de 10,00 %.
Benefícios	Destaca a energia solar fotovoltaica como uma fonte renovável e não poluente, contribuindo para a redução de custos e diversificação energética.

Fonte: Dados da Pesquisa (2024).

A próxima seção, abordará todas as informações relativas ao sistema fotovoltaico proposto, bem como as análises econômico-financeiras do projeto.

4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Esta seção descreve o estudo propriamente dito, ou seja, o trabalho desenvolvido, que pode envolver diagnóstico, estabelecimento de controles de melhoria, implantação de técnicas, verificação de relações entre variáveis dependentes e independentes, nível de evidenciação, projetos de viabilidade econômica, etc.

4.1 Instalação do Sistema Fotovoltaico Proposto

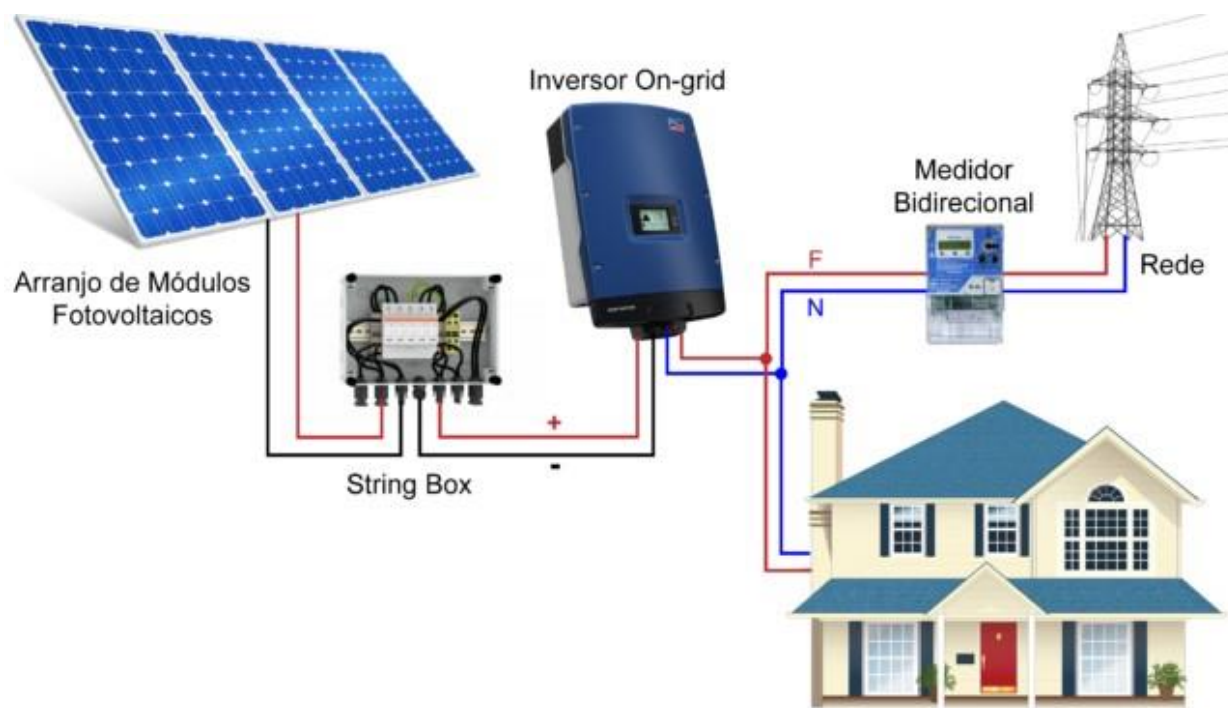
O sistema escolhido para a instalação das placas solares no será o de compensação On-Grid, conforme as características mencionadas. Esse tipo de sistema tem um convênio de ligação com a concessionária de energia, onde o medidor de entrada será substituído por um modelo bidirecional. Dessa forma, toda a energia injetada na rede será contabilizada como crédito/receita, em uma relação de um para um, conforme ilustrado a seguir na Figura 1. A energia enviada à distribuidora para crédito estará sujeita à cobrança de ICMS, de acordo com as políticas estaduais vigentes, variando conforme o perfil de consumo.

Este tipo de projeto envolve o estudo de viabilidade, levantamento de campo, elaboração do projeto elétrico, solicitação de conexão com a concessionária de energia, fornecimento de materiais, execução do serviço de instalação elétrica, seguros de vida para os instaladores, aterramento da estrutura, além de teste e ligação do sistema. O orçamento solicitado não inclui obras civis, manutenções

nas instalações existentes, adequações de energia fora dos padrões da concessionária, seguros e garantias referentes à estrutura física pré-existente. Existe ainda, um custo para as obras civis, manutenções e adequações de energia que está incluso no orçamento total, apresentado na sequência.

A Figura 1 apresentada a seguir demonstra o sistema de geração de energia solar, esquematizando o processo completo.

Figura 1 – Sistema de geração de energia solar



Fonte: Moraes (2021).

Os painéis solares fotovoltaicos que serão instalados são compostos por módulos de silício policristalino, inversores monofásicos ou trifásicos, estruturas metálicas de fixação, minidisjuntores de corrente alternada (MDW), dispositivos de proteção contra surtos (DPS) do tipo SPW, conectores MC4 e cabos solares especiais (vermelho e preto). A garantia para os painéis solares é de 25 anos, com uma produção de 80% da capacidade nominal, e de 10 a 12 anos contra defeitos de fabricação. Já para os inversores, a garantia é de 12 anos para inversores de 75kW, ambos contra defeitos de fabricação.

O projeto também inclui um sistema de monitoramento via internet, que permite ao usuário acessar remotamente seu sistema e verificar a geração de energia, tanto por meio de um site quanto por um aplicativo no celular. Para que esse monitoramento funcione, o cliente precisa fornecer um ponto de conexão com a internet no local de instalação do projeto.

4.2 Equipamentos e capacidade de produção de energia fotovoltaica

Para o correto dimensionamento de um sistema fotovoltaico são necessárias algumas informações como, consumo médio diário, localização onde será instalado o sistema, irradiação média diária do local e fatores externos que possam limitar a geração.

Os equipamentos necessários para a geração de energia fotovoltaica (energia solar) e a capacidade de produção variam conforme o tipo de instalação e o porte do sistema. A capacidade de produção de um sistema fotovoltaico depende de vários fatores, como a potência dos painéis, a área disponível para instalação, a incidência solar na região e a eficiência do sistema. A potência de um sistema é geralmente medida em kWp (kilowatt-pico), que representa a capacidade máxima de geração de energia em condições ideais.

Com base nos dados, o sistema proposto para a propriedade é apresentado no Quadro 3:

Quadro 3 – Dados do Projeto

DADOS DA SOLICITAÇÃO	
Consumo médio diário anual (kwh/dia)	-
Área disponível para montagem do sistema	-
Demanda contratada	-
Horas de sol pleno	4,64
DADOS DO PAINEL FOTOVOLTAICO	
Marca	HELIUS
Potência (w)	570
Modelo	DHT570HE
DADOS DO INVERSOR	
Marca	NASEN
Potência do inversor	75KW

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A escolha do painel e do inversor vem acompanhada de análises do consumo e previsão de geração de energia do sistema. Fazendo essas análises, o inversor que atende a necessidade do projeto é um inversor com capacidade de 75KW. Esse modelo de inversor, devido a sua capacidade necessita de apenas uma unidade, conforme apresentado no Quadro 3.

Para a execução do projeto elétrico, é necessário detalhar a conexão dos painéis solares ao inversor, bem como obter a aprovação da concessionária de energia para a rede. Após essa etapa, será

realizada a vistoria da instalação e a troca do medidor de entrada de energia. O projeto inclui a ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) dos serviços, devidamente registrada e quitada no CREA.

A instalação do sistema é realizada por uma equipe técnica especializada, equipada com treinamentos adequados, ferramentas específicas, equipamentos de segurança e acompanhamento de engenheiros elétricos e de segurança do trabalho.

4.3 – Investimento em equipamentos para instalação do sistema e geração de energia

Com base nos dados coletados, o sistema proposto para a propriedade rural necessitará de vários painéis solares que serão instalados sob uma estrutura próxima ao solo montada com estrutura metálica pré-montada, conforme detalhamento apresentado no Quadro 4:

Quadro 4 – Capacidade e Custo do Projeto

Potência total instalada	110,01 KW
Tipo do telhado	Estrutura metálica fixada no solo
Quantidade de painéis instalados	193 Unidades
Potência unitária dos painéis	570 W
Quantidade de inversores instalados	1 Unidade
Potência unitária do inversor	75 KW
Área total necessária para o sistema	514,1 M2
Previsão de geração média de energia (dia)	384,6 KW/H
Custo total do projeto	R\$ 297.178,27

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Os dados apresentados no Quadro 4 refletem de modo resumido todo o custo para implantação da usina de geração de energia solar da propriedade analisada. O valor pode ser considerado alto num primeiro momento, e por isso, se faz necessário avaliar o Retorno do Investimento (ROI), uma vez que o objetivo da instalação desse sistema é a geração de receitas e/ou abatimento no custo com a conta mensal de energia, que atualmente é paga a concessionária Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL).

Para uma correta análise da viabilidade desse projeto é necessário avaliar a previsão de geração mensal. O Quadro 5, lista a irradiação média diária para cada mês do ano, e com isso, na última coluna, há a previsão de geração do sistema dimensionado.

Quadro 5 - Demanda prevista de geração de energia

Mês	Irradiancia Solar (KWH/m²*Dia)	Produção Prevista(KWH/MÊS)
Janeiro	6,13	15.488,3
Fevereiro	5,66	12.916,8
Março	5,07	12.810,1
Abril	4,14	10.122,9
Maio	3,23	8.161,1
Junho	2,77	6.773,0
Julho	3,07	7.756,8
Agosto	3,99	10.081,3
Setembro	4,20	10.269,6
Outubro	5,11	12.911,1
Novembro	6,05	14.793,1
Dezembro	6,27	15.842,0
Média	4,64	11.493,8

Fonte: Dados da Pesquisa (2024).

O Quadro 5 apresentado acima demonstra a capacidade de geração do sistema instalado. A média de produção prevista mensalmente é de 11.413,8 KWH/Mês. Essa previsão é uma média apontada pelo responsável técnico pelo projeto, uma vez que a produção de energia está intrinsicamente ligada a fatores climáticos. Ou seja, essa projeção pode ser ampliada ou diminuída de acordo com a quantidade de sol captada durante o ano.

Os dados apresentados no Quadro 5 são uma previsão para instalação em uma propriedade rural localizada na cidade de Pato Branco – PR. É possível observar ainda que nos meses maio, junho e julho, a capacidade de geração cai em média 30%, e justifica-se por ser período com menor nível de insolação na região, período que coincide com o inverno. Em contrapartida, os meses de novembro, dezembro e janeiro se destacam pela ampliação da capacidade de geração, com temperaturas acima de trinta graus do verão brasileiro.

O próximo item da pesquisa avalia o Payback para apresentação do retorno financeiro do projeto instalado, medindo o prazo para retorno do investimento.

4.4 PAYBACK

Para fins de demonstração da viabilidade econômica do sistema fotovoltaico On-grid, o Quadro 6 demonstra o tempo necessário para retorno financeiro do valor investido, bem como o fluxo de caixa anual, para os próximos 25 anos que é o período médio da vida útil do sistema.

Quadro 6 – Projeção de retorno do investimento

Ano	Geração em KWH	Projeção do KWH	Economia	Fluxo de Caixa
0°	0	R\$ 0,00	R\$ -	-R\$ 297.178,27
1°	136822,7	R\$ 0,46	R\$ 62.938,44	-R\$ 234.239,83
2°	135719,3	R\$ 0,00	R\$ 64.928,10	-R\$ 169.311,73
3°	134615,9	R\$ 0,50	R\$ 66.976,24	-R\$ 102.335,49
4°	133512,5	R\$ 0,52	R\$ 69.084,35	-R\$ 33.251,14
5°	132409,1	R\$ 0,54	R\$ 71.253,94	R\$ 38.002,79
6°	131305,6	R\$ 0,56	R\$ 73.486,56	R\$ 111.489,35
7°	130202,2	R\$ 0,58	R\$ 75.783,79	R\$ 187.273,14
8°	129098,8	R\$ 0,61	R\$ 78.147,21	R\$ 265.420,35
9°	127995,4	R\$ 0,63	R\$ 80.578,46	R\$ 345.998,81
10°	126892,3	R\$ 0,65	R\$ 83.079,17	R\$ 429.077,99
11°	125788,6	R\$ 0,68	R\$ 85.651,01	R\$ 514.729,00
12°	124685,2	R\$ 0,71	R\$ 88.295,68	R\$ 603.024,68
13°	123581,8	R\$ 0,74	R\$ 91.014,87	R\$ 694.039,55
14°	122478,4	R\$ 0,77	R\$ 93.810,33	R\$ 787.849,87
15°	121375,1	R\$ 0,80	R\$ 96.683,80	R\$ 884.533,67
16°	120271,6	R\$ 0,83	R\$ 99.637,05	R\$ 984.170,72
17°	119168,1	R\$ 0,86	R\$ 102.671,86	R\$ 1.086.842,58
18°	118064,7	R\$ 0,90	R\$ 105.790,05	R\$ 1.192.632,63
19°	116961,3	R\$ 0,93	R\$ 108.993,41	R\$ 1.301.626,04
20°	115857,9	R\$ 0,97	R\$ 112.283,78	R\$ 1.413.909,81
21°	114754,5	R\$ 1,01	R\$ 115.662,98	R\$ 1.529.572,79
22°	113651,1	R\$ 1,05	R\$ 119.132,87	R\$ 1.648.705,67
23°	112547,7	R\$ 1,09	R\$ 122.695,29	R\$ 1.771.400,96
24°	111444,3	R\$ 1,13	R\$ 126.352,09	R\$ 1.897.753,05
25°	110340,9	R\$ 1,18	R\$ 130.105,13	R\$ 2.027.858,18

Fonte: Dados da Pesquisa (2024).

Os valores encontrados no Quadro 6 foram obtidos fazendo a comparação entre a previsão de geração do sistema fotovoltaico com o preço previsto para o KWh. Sendo considerado um reajuste anual de 4% no valor do KWH, que é a média de reajuste aprovado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Observa-se que no quarto ano de utilização do sistema, a economia do sistema é equivalente ao seu custo de implantação, sendo então o payback do projeto instalado, em outras palavras, o tempo necessário para que o sistema tenha o retorno financeiro investido. O payback deste sistema é encontrado exatamente no 56º mês de implantação, ou seja, 4 anos e 8 meses de utilização para retorno total do investimento.

Assim, é possível concluir que, para uma TMA de 10% ao ano, o projeto de energia solar fotovoltaica como alternativa de investimento e de diversificação energética é viável para o período analisado, considerando os dados do projeto avaliado para esta propriedade rural.

Os achados desta pesquisa reforçam as conclusões do estudo de Barbosa Filho et. al., (2015) sob os seguintes aspectos de viabilidade financeira e socioambiental:

1: Avaliação da viabilidade financeira: O ROI permite medir o tempo necessário para recuperar o investimento inicial. Isso ajuda a determinar se o projeto é financeiramente viável e quando começará a gerar lucro.

2: Comparação com outras opções de investimento: Com o ROI, é possível comparar o investimento em energia solar com outras alternativas de investimento. Se o ROI dos painéis solares for mais atraente, o investimento se torna mais justificado.

3: Tomada de decisões informadas: O cálculo do ROI fornece informações essenciais para os investidores avaliarem os riscos e os benefícios do projeto, ajudando-os a tomar decisões com base em dados concretos.

4: Planejamento financeiro: Saber o ROI permite planejar melhor o fluxo de caixa e entender como o investimento impactará as finanças ao longo do tempo, além de ajudar no planejamento de futuras expansões ou atualizações do sistema.

5: Sustentabilidade econômica: O retorno financeiro positivo, indicado por um bom ROI, confirma que o projeto de energia solar é sustentável economicamente, além de ser benéfico para o meio ambiente.

6: Redução de custos a longo prazo: O ROI indica o ponto em que os custos de instalação começam a ser compensados pela economia gerada nas contas de energia, o que é crucial para avaliar a rentabilidade do projeto a longo prazo.

Do mesmo modo, reforça a viabilidade da implantação do sistema encontrado na pesquisa de Kruger, Zanella, Barichello (2023). Neste estudo, a implantação de 148 placas solares em uma propriedade rural com atividade avícola situada no oeste catarinense, teve um custo total do sistema orçado em R\$203.914,01, enquanto que o Payback foi obtido num prazo de 5 anos e quatro meses após a instalação e operação.

Reforça ainda, os achados de Gavioli et al., (2021) que avaliou a viabilidade econômico-financeira da implantação de um projeto de energia solar em um hospital localizado na cidade de Curitiba – PR. Nesta pesquisa, o montante inicial do projeto teria um custo de R\$351.387,00 para instalação de 240 placas solares, sendo o Payback obtido num prazo de 8 anos e 3 meses de operação.

No contexto de propriedades rurais, Nespolo et al., (2022) também avaliaram o prazo de retorno do investimento em uma pequena propriedade rural. O valor investido de R\$36.287,83 para instalação de 20 placas solares teria seu Payback após 9 anos e 2 meses de instalação do projeto.

Em suma, destaca-se a viabilidade financeira para implantação de projetos de energia fotovoltaica, podendo existir uma diferença de prazo para obtenção do retorno financeiro do valor investido, que pode estar relacionada a vários fatores, tais como: capacidade instalada, região de instalação do projeto, fatores climáticos, quantidade de equipamentos e obras necessárias para instalação.

O custo das placas e inversores também é o principal fator que pode interferir no prazo para o retorno desse investimento. No entanto, dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica – ABSOLAR revelam que o custo médio destes produtos vem caindo significativamente nos últimos anos, e tende a baratear ainda mais com o passar dos anos, devido a concorrência do setor, e principalmente pela tecnologia que vem evoluindo expressivamente no setor, com produtos mais eficientes que alcançam uma maior vida útil a uma maior quantidade de energia gerada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia fotovoltaica tem se tornado uma alternativa cada vez mais viável e sustentável para a produção de energia, especialmente em propriedades rurais. No entanto, a implantação de uma usina fotovoltaica requer um estudo detalhado de sua viabilidade financeira.

O principal objetivo desta pesquisa foi avaliar a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma usina fotovoltaica em uma propriedade rural localizada no Sudoeste do Paraná. Para alcançar esse propósito, foi realizada uma análise detalhada dos aspectos financeiros e econômicos envolvidos na instalação da usina, buscando oferecer uma avaliação confiável do retorno sobre o

investimento. Assim, o estudo poderá fornecer informações úteis e relevantes para proprietários rurais, investidores e profissionais da área contábil.

Portanto para obter os objetivos propostos foi utilizado uma pesquisa exploratória, realizada por meio de um estudo de caso em uma propriedade rural familiar, localizada no município de Pato Branco estado do Paraná. Para a análise da viabilidade econômico-financeira dessa energia, foi analisado o payback descontado, o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o valor anual uniforme equivalente.

Os resultados revelaram que o investimento inicial, embora elevado, pode retornar em aproximadamente 4 anos e 8 meses, com uma TIR superior a 10%. A análise mostrou que a energia solar é uma alternativa sustentável e financeiramente viável para propriedades rurais, com benefícios adicionais como a independência energética e a redução de custos a longo prazo. Além disso, os dados indicam que a produção de energia poderá atender à demanda anual da propriedade, gerando economia significativa nas faturas de energia elétrica.

Conclui-se que a implantação de uma usina fotovoltaica em propriedades rurais é uma solução financeiramente viável, especialmente a longo prazo, quando os custos iniciais são superados pela economia gerada com a produção de energia solar. O estudo também demonstra a relevância de fontes de energia renovável como um passo importante rumo à sustentabilidade e à redução da dependência de fontes de energia não renováveis.

Sugere-se investigar a viabilidade da implementação de sistemas híbridos que combinem energia solar com outras fontes renováveis, como o biogás, em propriedades rurais. Também seria interessante analisar o impacto de diferentes políticas de incentivo governamentais sobre o tempo de retorno do investimento e o potencial de expansão do uso da energia fotovoltaica em diferentes regiões do Brasil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA - ABSOLAR. **Entenda como funciona a energia solar fotovoltaica**. São Paulo, 2022.

BARBOSA FILHO, Wilson Pereira et al. Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: impactos ambientais e políticas públicas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, p. 628-642, 2015.

BERNARDES, Effrain Roney; CAMACHO, José Roberto. Viabilidade de geração distribuída com biogás e fotovoltaica em sistema isolado. **Revista Energia Renovável e Qualidade de Energia**, v. 343-48, 2019.

BISSOCHI, Fabiana. Utilizando técnicas de realidade virtual para o estudo da conversão de energia solar em energia elétrica. laboratório de computação gráfica, **Universidade Federal de Uberlândia (UFU)**, 2012.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. In: **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. 2012.

DA MOTTA, Regis Rocha; CALÔBA, Guilherme Marques. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. Atlas, 2002.

DA SILVA, Christian Luiz et al. A cadeia de biogás e a sustentabilidade local: uma análise socioeconômica ambiental da energia de resíduos sólidos urbanos do aterro da Caximba em Curitiba. **Innovar**, v. 19, n. 34, p. 83-98, 2009.

DASSI, Jonatan Antonio et al. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. In: **Anais do congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2015.

DEMONTI, Rogers et al. Geração de energia fotovoltaica: pesquisa e desenvolvimento de geração isolada e conexão com o sistema de distribuição. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 8, n. 15, 2012.

DÍAZ, Pablo; LORENZO, Eduardo. Solar home system battery and charge regulator testing. **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**, v. 9, n. 5, p. 363-377, 2001.

FERIOLI, K. C. O. et al. Projeto de Sistema fotovoltaico isolado (OFF GRID) para residências. **IESAM**:

Belém.Disponível em: https://www.academia.edu/download/50477944/Projeto_de_Sistema_Fotovoltaico_Isolado_OFF-GRID.pdf, Acesso em, v. 22, 2022.

FILHO, Nelson Casarotto; KOPITTKE, Bruno Hartmut. Análise de investimentos. 11 ed. São Paulo: Atlas S.A, 2010.

FONTELES, Ananda Tinno et al. **Viabilidade econômica na utilização de painéis solares fotovoltaicos em uma empresa do agronegócio de Itaporã-MS**. 2019.

FRANCISCATTO, Anderson et al. Energia eólica e solar fotovoltaica no contexto de universalização e diversificação da matriz de geração brasileira. 2005.

GAVIOLI, Amanda Maria et al. Viabilidade financeira para implantação de painéis fotovoltaicos em um hospital público do município de Curitiba. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 9342-9359, 2021.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

JACQUES, Romário César; FRANKENBERGER, Rubia Lohanny de Freitas. Estudo de viabilidade para implantação de painéis fotovoltaicos em uma instituição de saúde. 2022.

KRUGER, Silvana Dalmutt; ZANELLA, Cleunice; BARICHELO, Rodrigo. Análise da viabilidade econômico-financeira para implantação de projeto de produção de energia solar fotovoltaica em uma propriedade rural. **Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)**, v. 14, n. 1, p. 428-445, 2023.

MARTINAZZO, Michel. **Análise econômica da implantação e utilização de sistemas de aproveitamento de energia solar e de águas pluviais em uma residência unifamiliar**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná

NESPOLO, Sabrina et al. Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico em uma propriedade rural. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 3, p. 1-17, 2022.

NETO, Alexandre Assaf. **Finanças corporativas e valor**. Atlas, 2003.

NJOKU, Howard O.; OMEKE, Ozioma M. Potentials and financial viability of solar photovoltaic power generation in Nigeria for greenhouse gas emissions mitigation. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 22, n. 2, p. 481-492, 2020.

PROENÇA, E. D. R. B. A energia solar fotovoltaica em Portugal. **Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa**, 2007.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.