

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FARROUPILHA
CAMPUS SANTO AUGUSTO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU* EM GESTÃO DO
AGRONEGÓCIO

GUILHERME HECKENBICK SIVA DE MOURA

IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM PROL DO
AGRONEGÓCIO: VIABILIDADE, DIFICULDADES, BENEFÍCIOS E IMPACTOS

Santo Augusto - RS

2024

GUILHERME HECKENBICK SILVA DE MOURA

IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM PROL DO AGRO-
NEGÓCIO: VIABILIDADE, DIFICULDADES, BENEFÍCIOS E IMPACTOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Gestão do Agronegócio, do Instituto Federal Farroupilha *Campus Santo Augusto* – RS, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão do Agronegócio.

Orientador(a): Prof. Dr. Cristiano Nunes dos Santos

Santo Augusto - RS

2024

Guilherme Heckenbick Silva de Moura

Implementação de sistemas fotovoltaicos em prol do agronegócio: viabilidade, dificuldades, benefícios e impactos

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado para obtenção do título de Especialista em Gestão do Agronegócio, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Santo Augusto, 01 de agosto de 2024.

Prof. Cristiano Nunes dos Santos, Dr.

Orientador

Instituto Federal Farroupilha – campus Santo Augusto

Prof. Lessandro de Conti, Dr.

Instituto Federal Farroupilha – campus Santo Augusto

Prof. Tarcísio Samborski, Dr.

Instituto Federal Farroupilha – campus Santo Augusto

Dedico este trabalho à minha família que, em todos os momentos se fez presente incentivando o estudo e a pesquisa. Em especial à minha mãe Cristiane, que nunca mediu esforços para ensinar que educação e conhecimento estão sempre em primeiro lugar.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Professor Cristiano pelo seu apoio e orientação durante todo o período desta pós-graduação. Seu conhecimento e dedicação foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento acadêmico.

Não poderia deixar de mencionar o apoio crucial da minha colega Amanda. Sua colaboração constante, encorajamento e troca de ideias foram essenciais para superar desafios e alcançar resultados significativos ao longo desta jornada acadêmica.

Também gostaria de estender meus agradecimentos à empresa Pró-sol pelo suporte em fornecer os dados técnicos necessários para a realização da pesquisa. A colaboração da Pró-sol foi fundamental para enriquecer o embasamento teórico e prático do meu estudo.

RESUMO

Este estudo investiga a viabilidade da instalação de sistemas de energia solar fotovoltaica em propriedades rurais da cidade de Santo Augusto, Rio Grande do Sul, focando em aspectos econômicos e ambientais. A introdução aborda a crescente importância da eficiência produtiva no agronegócio, destacando a energia solar como uma solução promissora para reduzir custos e impactos ambientais das atividades agrícolas. A metodologia incluiu uma pesquisa bibliográfica e exploratória, analisando dados de dois casos práticos, fornecidos pela empresa local Pró-Sol – Energia Sustentável, antes e após a instalação dos sistemas fotovoltaicos. Os resultados mostram reduções significativas no consumo de energia elétrica e custos operacionais nos meses analisados. Para o Senhor X, o consumo caiu 97,1% e os custos foram reduzidos em 96,7%, enquanto para a Senhora Y, a economia foi de 99,3% no custo de energia. A análise revela que, apesar do alto custo inicial, os sistemas fotovoltaicos proporcionam um retorno financeiro favorável e contribuem para a redução das emissões de CO₂. A conclusão destaca que a energia solar é uma solução viável e sustentável para o agronegócio, recomendando políticas públicas e incentivos para apoiar a adoção mais ampla dessa tecnologia. As descobertas confirmam que a energia solar não só melhora a eficiência econômica das propriedades rurais, mas também promove a sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Viabilidade econômica, energia solar fotovoltaica, agricultura.

ABSTRACT

This study investigates the feasibility of installing photovoltaic solar energy systems in rural properties in Santo Augusto, Rio Grande do Sul, focusing on economic and environmental aspects. The introduction highlights the growing importance of productive efficiency in agribusiness, emphasizing solar energy as a promising solution for reducing costs and environmental impacts associated with agricultural activities. The methodology included bibliographic and exploratory research, analyzing data from two practical cases provided by the local company Pró-Sol – Energia Sustentável, before and after the installation of photovoltaic systems. The results show significant reductions in electricity consumption and operational costs. For Mr. X, consumption fell by 97.1% and costs were reduced by 96.7%, while for Mrs. Y, the cost savings were 99.3%. The analysis reveals that, despite the high initial cost, photovoltaic systems offer favorable financial returns and contribute to the reduction of CO₂ emissions. The conclusion highlights that solar energy is a viable and sustainable solution for agribusiness, recommending public policies and incentives to support the wider adoption of this technology. The findings confirm that solar energy not only enhances the economic efficiency of rural properties but also promotes environmental sustainability.

Keywords: Economic viability, photovoltaic solar energy, agribusiness.

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	10
1.1 OBJETIVO GERAL	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2 ARTIGO CIENTÍFICO	13
2.1 INTRODUÇÃO	13
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	18
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
2.4 CONCLUSÃO	25
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFÊRNCIAS	28

1 APRESENTAÇÃO

Durante muitos anos perdurou a ideia de que os recursos naturais seriam inesgotáveis. No entanto, com o passar das décadas, percebeu-se um grande impacto negativo causado ao meio ambiente em detrimento de atividades e ações humanas. Desta forma, busca-se cada vez mais entender e suprimir ações que trazem consequências negativas ao planeta.

O crescimento contínuo da população, cumulados com a adesão de inovações tecnológicas aplicadas às indústria, comércio e meio rural, levantam questionamentos inerentes à forma de condução de diversos setores em esfera global. Um dos setores que vêm passando por grandes mudanças, é o setor de minas e energia. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020), o Brasil é um dos países que mais consomem energia no mundo, dada sua grande extensão territorial. O país consome cerca de 475 TWh de potência energética anualmente, o que coloca em evidência o seu modelo energético. Nos últimos anos, o setor está investindo fortemente na busca por soluções energéticas em fontes alternativas e renováveis, a fim de minimizar danos ambientais e melhorar indicadores de custo/benefício para os consumidores finais.

Dentre as fontes de energia sustentáveis, elencar-se-á o aproveitamento da luz solar e a sua consequente conversão em energia fotovoltaica, a qual vêm demonstrado índices de grande adesão pelo mercado consumidor. Isso se deve tanto pelo grande avanço tecnológico na produção e desenvolvimento de equipamentos, quanto pelo fato do sol ser uma fonte inesgotável de produção de energia, fatores que se demonstram elementarmente essenciais para o futuro do uso energético sustentável (IPCC, 2014; PINHO; GALDINO, 2014).

As implementações de sistemas de geração de energia fotovoltaica têm se popularizado no Brasil em virtude do formato de sistema em conexões de Geração Distribuída (GD), o qual possibilita um melhor aproveitamento energético de utilização, podendo o consumidor gerar sua própria energia através das tecnologias disponíveis (ANEEL, 2021).

Ressalta-se a importância e a necessidade de que todos os setores do país participem dessa transição energética, no intuito de que seja viável vislumbrar uma

evolução em relação a atividades sustentáveis. O agronegócio e o setor rural já têm representatividade nessa transição energética. O item de número 2 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável apresentados pela Cúpula das Nações Unidas em 2015, apresenta a ideia: “Fome zero e agricultura sustentável” (ONU, 2015), a qual vem sendo amplamente incentivada em inúmeros países componentes da Organização.

Até o ano de 2021, segundo índices publicados pela ANEEL, a geração de energia fotovoltaica rural no Brasil não foi tão expressiva quanto nos âmbitos residencial e comercial, atingindo apenas 13,6% do total de potência instalada em Geração Distribuída. No entanto, mesmo tendo um percentual pouco representativo, a quantidade métrica de unidades consumidoras (UC) que aderiram ao sistema de geração de energia fotovoltaica revela um aumento expressivo entre os anos de 2017 a 2021, passando de 520 para 19.038 UC, respectivamente.

Acerca disso, cabe ressaltar que além da adesão à sustentabilidade, a energia solar impacta na maior produtividade e rentabilidade econômica da agricultura e do agronegócio, melhorando a gestão de recursos naturais no intuito de que beneficiem o produtor rural economicamente. A redução de custos gastos com energia, apesar do necessário investimento para a implementação de um sistema fotovoltaico, possibilita ao produtor rural, empresa rural ou agroindústria, investir em tecnologias que beneficiem a produtividade e a lucratividade do seu agronegócio.

Diante do significativo fato do crescente aumento do consumo energético no Brasil, as empresas concessionárias de fornecimento de energia elétrica observam aumentos significativos nas taxas de fornecimento, transmissão e distribuição de energia, aumentando, assim, o peso do custo desse consumo nas despesas mensais dos consumidores finais. A implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaico evidencia ao consumidor de energia uma notável redução de custos, de otimização de produção e, ainda, possibilita ao consumidor, em âmbito rural, uma oportunidade de direcionar investimentos para outras demandas do seu agronegócio.

1.1 Objetivo geral

O principal objetivo desta pesquisa é buscar um melhor entendimento acerca do que motiva ou impede que os gestores de propriedades rurais e de empresas do agronegócio implementem sistemas fotovoltaicos, que possibilitam a geração de energia própria, renovável e sustentável, bem como os benefícios econômicos oriundos de sua adesão.

Os dados serão coletados junto à empresa Pró-Sol, cuja matriz se localiza no município de Santo Augusto, pertencente ao Estado do Rio Grande do Sul.

Buscou-se por informações oriundas de propriedades de dois produtores rurais como base da pesquisa. O espaço será delimitado dentro do município de Santo Augusto, localizado no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, cuja empresa tem forte atuação de mercado.

1.2 Objetivos específicos

Inicialmente, a pesquisa buscou bibliografia a respeito da temática, bem como elencou tópicos básicos que insiram o leitor em um contexto relativo ao tema. Num segundo momento, a pesquisa delimitará o seu campo de atuação, trazendo informações relativas aos custos e índices de consumo energético de propriedades rurais antes da instalação de sistema de geração de energia fotovoltaico, analisando o preço para a sua implementação. Feito isso, realizou-se análise de custos e de consumo após a instalação de um sistema de geração de energia fotovoltaico, mensurando o tempo de retorno de investimento e a capacidade anual de geração de energia.

A partir disso, entenderam-se os benefícios que as utilizações desses sistemas trazem para a gestão do respectivo agronegócio. Outro viés da pesquisa, é conhecer os empecilhos e dificuldades que os gestores encontram no momento da tomada de decisão, como o custo de implantação do sistema que, em alguns casos, pode ser fator determinante para que não haja adesão desta forma sustentável de produzir sua própria energia.

A finalidade é comparar os benefícios e retornos positivos com as dificuldades enfrentadas frente à implementação de sistemas alternativos de geração de energia. Ou seja, diagnosticar a viabilidade técnica e os benefícios econômicos sobre a implementação dessa tecnologia.

2 ARTIGO CIENTÍFICO

IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM PROL DO AGRONEGÓCIO: VIABILIDADE, DIFICULDADES, BENEFÍCIOS E IMPACTOS

IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS FOR AGRIBUSINESS: FEASIBILITY, DIFFICULTIES, BENEFITS AND IMPACTS

Guilherme Heckenbick Silva de Moura¹

Cristiano Nunes dos Santos²

2.1. – INTRODUÇÃO

O termo “eficiência produtiva” nunca esteve tão em alta como no decorrer dos últimos anos. A diversidade de linhas de pesquisa em prol do agronegócio vem se ampliando fortemente, visto que o setor agrícola tem enfrentado desafios significativos relacionados à sustentabilidade e eficiência energética. Nesse contexto, a energia solar surge como uma alternativa crucial para mitigar os impactos ambientais das atividades agropecuárias, além de oferecer oportunidades para redução de custos operacionais. De acordo com estudos recentes, a implementação de sistemas fotovoltaicos em propriedades rurais não apenas aumenta a autonomia energética, mas também contribui para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, promovendo assim práticas agrícolas mais sustentáveis (Smith, 2023; Oliveira, 2022).

Este artigo examina os benefícios e desafios associados ao uso da energia solar no agronegócio, enfocando especialmente sua aplicação em atividades agropecuárias da cidade brasileira de Santo Augusto, localizada do Estado do Rio Grande do Sul. Serão apresentados exemplos de casos práticos que demonstram

¹ Acadêmico do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão do Agronegócio do Instituto Federal Farroupilha – Campus Santo Augusto

² Professor Orientador da pesquisa.

os impactos positivos da adoção de tecnologias fotovoltaicas, assim como será discutida a questão financeira de aquisição e implantação desses sistemas de geração própria de energia e os incentivos governamentais que têm estimulado essa transição energética no setor.

Por meio desta análise, pretende-se fornecer uma visão abrangente das oportunidades oferecidas pela energia solar no contexto do agronegócio, identificando as lacunas e os obstáculos que necessitam ser superados para uma implementação mais ampla e eficaz dessa fonte energética renovável.

A agricultura sustentável representa um paradigma emergente que busca conciliar a produção agrícola com a conservação dos recursos naturais e a redução dos impactos ambientais. Este conceito ganhou relevância significativa diante dos desafios globais como mudanças climáticas, degradação do solo e escassez hídrica, que afetam diretamente a produtividade e a segurança alimentar mundial (PRETTY, 2018).

As empresas rurais têm incorporado ações sustentáveis às suas estratégias, seja por pressão da opinião pública, seja por busca pela vantagem competitiva (ROMEIRO, 2007). De acordo com Giordano (2005, p. 256), “as atividades agrícolas são reconhecidamente causadoras de problemas ao meio ambiente”. Assim, a inclusão dentro das propriedades de iniciativas que busquem a produção agrícola de forma sustentável é bem-vinda, para que sejam minimizados os problemas enfrentados pelos produtores.

A despeito disto, existem uma série de desafios ao adotar práticas agrícolas sustentáveis. Entre eles, destacam-se a necessidade de equilibrar as demandas por aumento de produção com a preservação ambiental, o acesso limitado a tecnologias e insumos adequados, além dos custos associados à transição para métodos mais sustentáveis (GARNETT, 2013). Além disso, a resistência a mudanças por parte de alguns agricultores e a falta de políticas públicas adequadas que visem incentivar a implementação desses sistemas também são barreiras significativas que precisam ser superadas (PAAS, 2020).

Autores como Garnett et al. (2013) argumentam que a agricultura sustentável não apenas visa garantir a viabilidade econômica a longo prazo, mas também promover a resiliência dos ecossistemas agrícolas e a equidade social entre os diversos setores envolvidos na cadeia produtiva. A implementação eficaz de práticas sustentáveis requer uma abordagem holística, integrando conhecimentos científicos, políticas públicas eficientes e a participação ativa dos produtores e comunidades locais (PRETTY, 2018).

Enquanto os desafios da agricultura sustentável são complexos e multifacetados, o compromisso com práticas que promovam a sustentabilidade ambiental, econômica e social é fundamental para enfrentar os desafios atuais e futuros da agricultura global.

Nesse contexto, implementar novas tecnologias nas propriedades rurais representa um desafio considerável para os produtores, principalmente devido às dificuldades financeiras que frequentemente acompanham essas iniciativas. Tecnologias agrícolas avançadas, como sistemas de irrigação precisos, maquinário automatizado e práticas de manejo sustentável, oferecem potencial para aumentar a produtividade e reduzir os impactos ambientais (GODFRAY, 2010). No entanto, o alto custo inicial de aquisição e instalação muitas vezes torna essas inovações inacessíveis para pequenos e médios agricultores.

A falta de acesso a crédito agrícola adequado é um dos principais obstáculos enfrentados pelos produtores rurais. Instituições financeiras nem sempre oferecem condições favoráveis ou linhas de crédito específicas para investimentos em tecnologias agrícolas, limitando severamente a capacidade dos agricultores de modernizar suas práticas e infraestrutura (BARRETT, 2012; KOSSAM, 2020). Além disso, as altas taxas de juros e as garantias exigidas dificultam ainda mais para os agricultores obterem financiamento para inovações tecnológicas.

Ademais, a incerteza econômica e os ciclos de preços voláteis das commodities agrícolas também impactam a capacidade financeira dos agricultores para investimentos de longo prazo (GODFRAY, 2010). A necessidade de priorizar o capital para a manutenção das operações diárias muitas vezes impede a alocação de recursos

para inovações tecnológicas que, embora promissoras a longo prazo, exigem um investimento inicial substancial.

Para mitigar esses desafios financeiros, é crucial que políticas públicas ofereçam incentivos fiscais e subsídios direcionados para a adoção de tecnologias sustentáveis no campo (KOSSAM, 2020). Além disso, parcerias entre setores público e privado podem ser fundamentais para facilitar o acesso a financiamentos acessíveis e adequados às necessidades específicas do setor agrícola (BARRETT, 2012). Educação financeira e assistência técnica também desempenham um papel crucial, capacitando os agricultores a tomarem decisões informadas sobre investimentos em tecnologias que possam melhorar a eficiência e a sustentabilidade de suas operações.

Enquanto os benefícios das novas tecnologias são amplamente reconhecidos, a superação das barreiras financeiras continua sendo um passo essencial para garantir que todos os produtores, independentemente do tamanho de suas propriedades, possam participar e se beneficiar do avanço tecnológico no campo agrícola.

O agronegócio enfrenta desafios crescentes relacionados ao uso eficiente de recursos, incluindo o uso de energia elétrica. A demanda por eletricidade nas propriedades rurais não apenas sustenta as operações agrícolas, mas também influencia diretamente a competitividade e a sustentabilidade ambiental do setor (BISWAS, 2020).

A implementação de energia solar fotovoltaica tem emergido como uma solução promissora para reduzir os custos operacionais e mitigar os impactos ambientais associados ao uso de energia convencional. Segundo Biswas et al. (2020), sistemas fotovoltaicos permitem aos produtores rurais gerarem eletricidade de forma descentralizada, aproveitando os recursos naturais disponíveis, como a luz solar abundante.

O uso de energia solar no agronegócio tem ganhado destaque como uma solução estratégica para aumentar a eficiência operacional, reduzir os custos com energia e abrandar os impactos ambientais associados às práticas agrícolas convencio-

nais. A energia solar fotovoltaica, em particular, oferece uma fonte de energia renovável e limpa que pode ser integrada em diversas etapas da cadeia produtiva agrícola.

Além dos benefícios ambientais, a energia solar também pode oferecer uma redução significativa nos custos operacionais a longo prazo para os produtores rurais, especialmente em regiões com alta incidência solar. A alternativa é viável para a diversificação da matriz energética no agronegócio, mas também uma estratégia essencial para promover práticas agrícolas sustentáveis e resilientes em face dos desafios climáticos globais.

A adoção da produção de energia solar fotovoltaica no agronegócio não se limita apenas à geração de eletricidade para as operações cotidianas, mas também pode incluir a implementação de sistemas de bombeamento solar para irrigação, reduzindo a dependência de fontes de água não renováveis e melhorando a eficiência hídrica nas práticas agrícolas (BISWAS, 2020; SIQUEIRA, 2021).

No entanto, apesar dos benefícios evidentes, a implementação de energia solar enfrenta desafios significativos, como o investimento inicial elevado e a falta de conhecimento técnico especializado entre os produtores rurais. Políticas públicas e incentivos governamentais desempenham um papel crucial na facilitação dessa transição energética, fornecendo subsídios, financiamentos acessíveis e programas de capacitação para apoiar a adoção de tecnologias renováveis no setor agrícola (SIQUEIRA, 2021).

Um dos fatores que expressa análise de viabilidade econômica no momento da compra do sistema fotovoltaico é a taxa de retorno do investimento que será necessário para a aquisição do produto. Nos dias atuais, grande parte das empresas especializadas em venda de sistemas fotovoltaicos já apresenta, durante a negociação, esta taxa para que o consumidor tenha conhecimento acerca do *payback* relativo ao tamanho do seu investimento. De acordo com Kebede (2015), estudar a viabilidade econômica informa ao consumidor quais são os benefícios de utilizar esse tipo de tecnologia, tornando-o sabedor dos benefícios financeiros que, de certa forma, conscientizam o investidor acerca da rentabilidade prevista ao longo dos anos.

2.2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Empregou-se o tipo de pesquisa bibliográfica para o desenvolvimento deste projeto, o qual “procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em artigos, livros, dissertações e teses [...] busca-se conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas do passado sobre determinado assunto, tema ou problema” (CERVO; BERVIAN; DA SILVA, 2003, p. 60).

Em razão da necessidade de familiarização com o problema (GIL, 2017), também se utilizou pesquisa exploratória, com a intenção de que se possa considerar mais de um aspecto relativo ao fenômeno da aplicabilidade e implantação de energia sustentável, dando ênfase, no caso em estudo, à energia solar fotovoltaica, no ramo do agronegócio.

Como fonte de dados amostrais oriundos de implementações de sistemas fotovoltaicos, serão analisados dados de dois clientes localizados no interior da cidade de Santo Augusto, Rio Grande do Sul, aqui denominados como “Senhor X” e “Senhora Y”, cedidos pela empresa de Energia Solar Pró-Sol – Energia Sustentável, também localizada neste mesmo município.

Como fonte de pesquisa, a referida empresa forneceu, inicialmente, as faturas de energia elétrica apresentadas pelos proprietários das empresas rurais antes da instalação dos sistemas fotovoltaicos, demonstrando a totalidade do consumo de energia e dos consequentes gastos provenientes da demanda de energia elétrica vislumbradas nas propriedades. Ademais, a fatura de energia elétrica também demonstra o custo equivalente a cada kW de energia consumido dentro das propriedades. Após esta etapa, a empresa Pró-Sol, por meio de estudos realizados pelo seu engenheiro elétrico responsável, dimensionou o projeto de instalação fotovoltaico necessário para cada uma das propriedades, apresentando, assim, o orçamento comercial técnico para os seus clientes.

No orçamento técnico, puderam ser analisadas as dimensões do sistema ideal necessário para que a geração de energia fotovoltaica compensasse o con-

sumo de energia elétrica de cada uma das propriedades. Dentro do orçamento técnico, foi possível analisar o tamanho do sistema fotovoltaico, o custo de implementação deste sistema, bem como o período de retorno de investimento.

Além destes documentos, a empresa de energia solar também forneceu informações quanto à quantidade de energia gerada pelo sistema após instalado com dados obtidos através do seu sistema interno de monitoramento de geração de energia, o software Solar Z. Por fim, a pesquisa apresentará dados de consumo de energia das propriedades baseadas em faturas de energia elétrica atuais, demonstrando, assim, a redução de valores vislumbrada após decorrido determinado período da instalação dos sistemas nestas propriedades.

2.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

As propriedades analisadas neste estudo pertencem ao Senhor X e à Senhora Y, ambas localizadas na região rural de Santo Augusto, no estado do Rio Grande do Sul. Estas propriedades foram escolhidas para análise devido à implementação recente de sistemas fotovoltaicos, o que permitiu um estudo detalhado dos impactos econômicos e ambientais dessa tecnologia em um período de tempo determinado. Os dados foram coletados a partir das contas de energia elétrica e dos relatórios de desempenho fornecidos pela empresa Pró-Sol, responsável pela instalação dos sistemas. Os principais parâmetros avaliados incluíram o consumo de energia antes e após a instalação dos sistemas fotovoltaicos, a quantidade de energia gerada e injetada na rede, e os custos associados ao consumo de energia elétrica após a instalação dos sistemas. Esses parâmetros forneceram uma base sólida para avaliar a viabilidade econômica e os benefícios ambientais dos sistemas fotovoltaicos nas propriedades rurais.

Os resultados da análise foram bastante promissores. Para a propriedade do senhor X, os dados antes da implementação, em dezembro de 2023, mostravam um consumo total de energia de 13.004 kWh, com um custo de R\$ 12.210,71. Após a instalação do sistema fotovoltaico, em março de 2024, o consumo registrado caiu drasticamente para 375 kWh, representando uma redução de 97,1% no consumo da rede elétrica adquirida da concessionária de energia. A energia gerada pelo sistema

fotovoltaico foi de 12.105 kWh em março de 2024, com 6.640 kWh injetados na rede, resultando em uma economia mensal de aproximadamente R\$ 9.203,79 e um custo total reduzido para R\$ 398,62, uma redução de 96,7% nos custos. Para a propriedade da senhora Y, em maio de 2024, o consumo registrado foi de 2.616 kWh, com uma quantidade equivalente de energia injetada na rede de 2.516 kWh, resultando em um custo total de apenas R\$ 86,27, o que representa uma redução de 99,3% no custo total de energia comparado ao período anterior à instalação.

Os dados analisados mostram uma clara viabilidade econômica na implementação dos sistemas fotovoltaicos. A economia financeira alcançada pelas propriedades rurais foi substancial, com o senhor X economizando aproximadamente R\$ 9.203,79 no mês analisado. Até o mês de março de 2024, o sistema, que fora instalado no mês de dezembro do ano de 2023, apresentou um retorno financeiro total de 10,06% em um período de análise de três meses, o que representa o valor de R\$24.192,99. Já a economia financeira alcançada pela propriedade da senhora Y, foi de aproximadamente R\$ 1.345,41 no mês analisado. O sistema da senhora Y, que fora instalado em dezembro do ano de 2022, apresenta um retorno financeiro de 38,4% do valor investido, tendo economizado até o mês de maio do ano de 2024 o valor total de R\$28.847,27 em custos com energia.

O custo de implementação do sistema fotovoltaico, considerando instalação de inversores, placas solares, cabeamento de conexão e estrutura de fixação, para o senhor X foi de R\$230.000,00. Já o custo de implementação do sistema fotovoltaico da senhora Y foi de R\$75.137,44. Segundo Filho e Kopittke (2010), investir consiste em renunciar a um certo valor, na promessa de que esta troca vai gerar futuramente um retorno satisfatório, em outras palavras, é deixar de gastar dinheiro em algum artigo de consumo para gastá-lo em algo que gerará algum retorno no futuro.

Essa rápida recuperação do investimento inicial no curto período de tempo em que os sistemas foram analisados, evidencia a eficácia dos sistemas fotovoltaicos em gerar mais energia do que a consumida, resultando em significativas reduções nos custos operacionais. Além dos benefícios econômicos, a implementação desses sis-

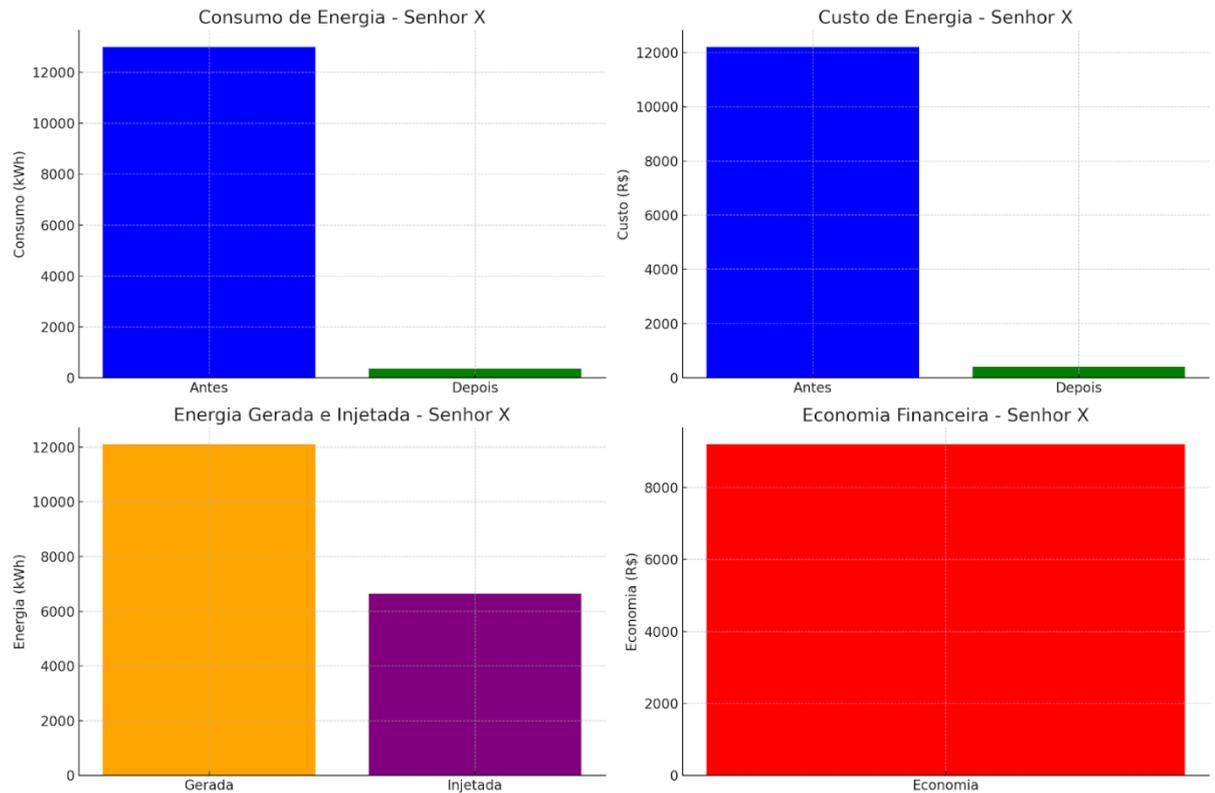
temas proporciona uma fonte de energia sustentável e limpa, contribuindo significativamente para a sustentabilidade ambiental. Nos casos estudados, a geração de energia solar na propriedade do senhor X e senhora Y, segundo dados fornecidos pelo software de monitoramento utilizado pela empresa Pró-Sol, evitou a emissão de 9,76 toneladas de CO₂ e ajudou na preservação de aproximadamente 61 árvores.

Os resultados indicam que a implementação de sistemas fotovoltaicos nas propriedades rurais traz benefícios significativos, tanto econômicos quanto ambientais. A redução substancial nos custos de energia e a rápida recuperação do investimento inicial demonstram, no período de tempo em que foram analisados os dados, a viabilidade econômica desses sistemas. Além disso, a sustentabilidade ambiental proporcionada pela energia solar reafirma a importância de incentivar políticas públicas e subsídios que facilitem a adoção de energias renováveis no setor agrícola. Segundo Biswas et al. (2020), a energia solar tem potencial para transformar o setor agrícola, proporcionando uma fonte de energia descentralizada e reduzindo as emissões de gases de efeito estufa. A criação de linhas de crédito específicas para pequenos e médios agricultores é essencial para que mais produtores possam adotar essas tecnologias, contribuindo para um agronegócio mais sustentável e eficiente (Kossam et al., 2020).

Apesar dos benefícios evidentes, a implementação de energia solar enfrenta desafios significativos, como o investimento inicial elevado e a falta de conhecimento técnico especializado entre os produtores rurais. Políticas públicas e incentivos governamentais desempenham um papel crucial na facilitação dessa transição energética, fornecendo subsídios, financiamentos acessíveis e programas de capacitação para apoiar a adoção de tecnologias renováveis no setor agrícola. De acordo com Godfray et al. (2010), a modernização das práticas agrícolas através de tecnologias sustentáveis é essencial para garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental. A análise dos dados coletados demonstra que, nos meses analisados, os sistemas fotovoltaicos são uma solução eficaz para a redução de custos e a promoção da sustentabilidade nas propriedades rurais, servindo de modelo para outras propriedades e incentivando a adoção de energia solar em larga escala no setor agrícola.

Os dados e considerações apresentados confirmam a importância e os benefícios da adoção de sistemas fotovoltaicos no agronegócio. Eles proporcionam uma alternativa viável para a geração de energia, reduzem significativamente os custos operacionais e contribuem para a sustentabilidade ambiental, alinhando-se com os objetivos de desenvolvimento sustentável propostos pela ONU (2015). A implementação bem-sucedida dessas tecnologias requer apoio contínuo e incentivo governamental, além de esforços para aumentar a conscientização e a capacitação técnica dos produtores rurais.

Gráfico 1: Economia Financeira - Senhor X



2.3.1- Gráficos da Propriedade do Senhor X

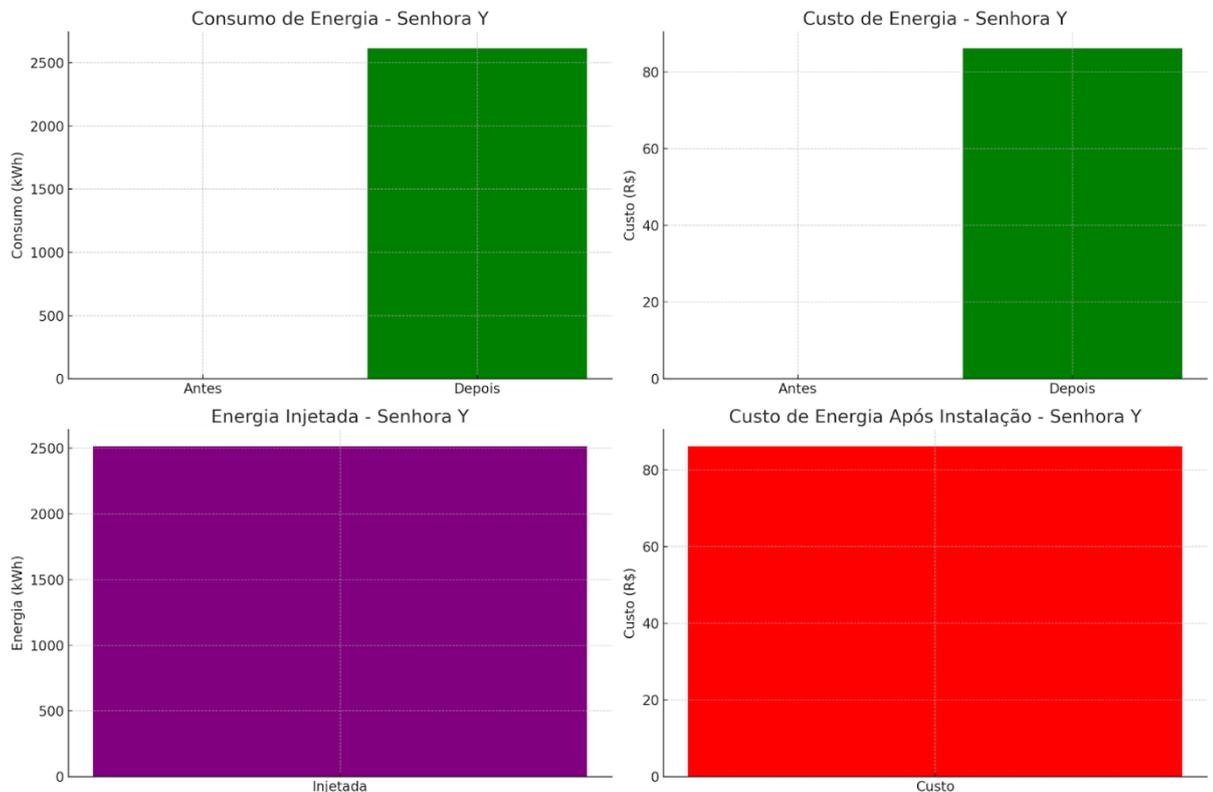
1. **Consumo de Energia Antes e Depois (kWh):** Este gráfico mostra a redução no consumo de energia adquirida da propriedade do senhor X após a instalação do sistema fotovoltaico. O consumo caiu de 13.004 kWh para 375 kWh, representando uma redução de 97,1%.

2. **Custo de Energia Antes e Depois (R\$):** Este gráfico ilustra a redução nos custos de energia após a instalação do sistema fotovoltaico. Os custos caíram de R\$ 12.210,71 para R\$ 398,62, uma redução de 96,7%.

3. **Energia Gerada e Injetada (kWh):** Este gráfico apresenta a quantidade de energia gerada e injetada na rede pela propriedade do senhor X após a instalação do sistema fotovoltaico. A propriedade gerou 12.105 kWh de energia, dos quais 6.640 kWh foram injetados na rede.

4. **Economia Financeira (R\$):** Este gráfico mostra a economia financeira obtida após a instalação do sistema fotovoltaico, com uma economia mensal de aproximadamente R\$ 9.203,79.

Gráfico 2: Economia Financeira – Senhora Y



2.3.2- Gráficos da Propriedade da Senhora Y

1. **Consumo de Energia Antes e Depois (kWh):** Este gráfico mostra o consumo de energia da propriedade da senhora Y antes e depois da instalação do sistema fotovoltaico. Embora os dados de consumo antes da instalação não tenham sido fornecidos, o consumo registrado após a instalação foi de 2.616 kWh.

2. **Custo de Energia Antes e Depois (R\$):** Este gráfico ilustra os custos de energia antes e depois da instalação do sistema fotovoltaico. Os dados de custo antes da instalação não foram fornecidos, mas o custo após a instalação foi de R\$ 86,27.

3. **Energia Injetada (kWh):** Este gráfico apresenta a quantidade de energia injetada na rede pela propriedade da senhora Y após a instalação do sistema fotovoltaico, totalizando 2.516 kWh.

Custo de Energia Após Instalação (R\$): Este gráfico destaca o custo de energia após a instalação do sistema fotovoltaico, com a senhora Y pagando R\$ 86,27.

A autonomia energética proporcionada pela energia solar permite uma maior estabilidade financeira para as propriedades rurais, reduzindo a dependência de fontes energéticas tradicionais e mitigando os impactos das flutuações de preços no mercado de energia. Assim, investir em energia solar não só promove a sustentabilidade ambiental como também se mostra um investimento rentável e estratégico para o desenvolvimento econômico das áreas rurais.

Outros estudos evidenciam resultados positivos provindos de análise de viabilidade de implementação de sistemas fotovoltaicos, como é o caso do estudo realizado por Kruger, Zanella e Barichello (2023), publicado na Revista Gestão e Secretariado, o qual analisou a viabilidade econômico-financeira da instalação de energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos em uma propriedade rural aviária. Os resultados do projeto revelaram que a instalação de energia solar na propriedade traria retorno financeiro para o produtor a partir do sexto ano de implantação.

De igual forma, a pesquisa de DASSI (2015) objetivou analisar a viabilidade de instalação de sistema de geração de energia fotovoltaica em uma instituição de ensino superior do estado de Santa Catarina, o qual fora publicado nos Anais do Congresso Brasileiro de Custos – ABC. O estudo apresentou resultados semelhantes ao exposto na presente pesquisa, apresentando viabilidade positiva para a redução dos custos da instituição, demonstrando, ainda, ser extremamente benéfica o meio ambiente.

2.4- CONCLUSÃO

O presente projeto de pesquisa buscou avaliar a viabilidade da instalação de sistemas de geração de energia fotovoltaica em propriedades rurais, considerando diversos aspectos técnicos, econômicos e ambientais. A análise dos dados coletados revelou que a implementação de sistemas fotovoltaicos em áreas rurais não apenas é viável, mas também altamente benéfica.

Do ponto de vista técnico, os sistemas fotovoltaicos demonstraram ser robustos e eficientes para atender às demandas energéticas das propriedades rurais. A tecnologia atual oferece soluções adaptáveis e de fácil manutenção, o que é crucial para ambientes rurais onde recursos técnicos podem ser limitados.

Sob uma perspectiva econômica, a análise dos custos revelou que, apesar do investimento inicial necessário, os sistemas fotovoltaicos têm um retorno financeiro atrativo a curto e longo prazo. A redução nos custos operacionais com energia elétrica torna-o vantajoso tanto para pequenas quanto para grandes propriedades.

Além dos benefícios econômicos, a energia solar contribui de forma significativa para a sustentabilidade ambiental. A redução das emissões de gases de efeito estufa e a diminuição da dependência de fontes não renováveis de energia são passos cruciais em direção a um desenvolvimento rural sustentável.

Portanto, com base nos resultados obtidos, conclui-se que a instalação de sistemas de geração de energia fotovoltaica em propriedades rurais, nos meses analisados, não só é viável como também representa uma oportunidade estratégica para

aumentar a autonomia energética, reduzir custos operacionais e promover práticas sustentáveis no contexto rural. Recomenda-se que políticas públicas e incentivos governamentais sejam implementados para facilitar ainda mais a adoção dessa tecnologia, garantindo assim um futuro mais sustentável e resiliente para as comunidades rurais.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo objetivou analisar a viabilidade de instalação de sistemas de geração de energia fotovoltaica em propriedades rurais de pequeno porte localizadas no município de Santo Augusto/RS, enfatizando a notável redução de custos com energia elétrica adquiridas de concessionárias de energia após a sua instalação.

Para que pudessem serem analisados dados, realizou-se pesquisa exploratória, por meio de estudo de caso, com dados obtidos de empresa de uma empresa que realiza e executa a instalação de projetos de geração de energia solar.

Foram analisados os custos dispendidos com energia elétrica pelas propriedades antes da instalação dos sistemas fotovoltaicos, bem como foi analisado o custo de implementação dos sistemas em cada propriedade. Após, foram analisados os relatórios de geração de energia em um pequeno decurso de tempo, onde restou demonstrada a efetividade dos sistemas já instalados. Por fim, foram analisadas faturas de energia elétrica que demonstraram a redução dos custos e evidenciaram resultados positivos em prol dos benefícios e da viabilidade de implementação de sistemas fotovoltaicos em ambas as propriedades rurais.

Concluiu-se que, nos meses analisados, além da redução de custos e de apresentar viabilidade econômica, a energia solar se demonstra grande aliada aos produtores rurais que aderem a esta tecnologia. Outro benefício que restou conclusivo, é de que a energia solar apresenta resultados positivos em prol do meio ambiente, reduzindo a emissão de gases poluentes e propiciando a preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Alexandre Cavalheiro; FERREIRA, Vitor Hugo; FORTES, Marcio Zamboti; **Energia solar, uma aplicação na irrigação da agricultura familiar**. São Paulo. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcio-Fortes/publication/272789350_Energia_Solar_Fotovoltaica_Uma_Aplicacao_na_Irrigacao_da_Agricultura_Familiar/links/54ee23a60cf2e28308642c7d/Energia-Solar-Fotovoltaica-Uma-Aplicacao-na-Irrigacao-da-Agricultura-Familiar.pdfv. Acesso em: 05 jul. 2024.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. **Outorgas e Registros de Geração: Unidades consumidoras com geração distribuída**. Brasília: SCG, 2021. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/outorgas/geracao/-/asset_publisher/mJhN-Kli7qcJG/content/registro-de-central-geradora-de-capacidade-reduzida/655808. Acesso em: 03 mai. 2023.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. **Resolução Normativa nº 482**. Brasília: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2023.

BARRETT, C. B.; BEHERA, B.; MCKINSEY, S.; NUR, A.; OLIVIER, M. **Smallholder participation in contract farming: Comparative evidence from five countries**. *World Development*, v. 40, n. 4, p. 715-730, 2012. Disponível em : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305750X11002282>. Acesso em 05 jul. 2024.

BISWAS, W. K. et al. **Renewable energy in agriculture: A systematic review on current status and future prospects**. *Renewable Energy*, v. 147, p. 1562-1577, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.082> . Acesso em: 14 jul. 2024.

CERVO, A.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2003.

COMETTA, Emilio. **Energia Solar: utilização e empregos práticos**. Tradução: Norberto de Paula Lima. São Paulo: Hemus Livraria Editora Limitada, 1978.

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. Disponível em: <http://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3924>. Acesso em: 06 jul. 2024.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>. Acesso em: 04 mai. 2023.

FARINA, E. M. M. Q. **Competitividade e coordenação de sistemas agroindustriais**: um ensaio conceitual. *Gestão & Produção*, v. 6, n. 3, p.147-161, dez., 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/vcdFLpGqzxtPLW45nWSTZVK/>. Acesso em: 05 jul. 2024.

FILHO, N. C.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos**. 11. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2010.

FONSECA, Lilian Francielle O. da. **Viabilidade econômica da implantação de painéis fotovoltaicos para redução do consumo de energia elétrica no campus central da Universidade Federal do Rio Grande do Norte**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/43275>. Acesso em: 02 nov. 2023.

FONTELES, Ananda Tinino. **Viabilidade econômica na utilização de painéis solares fotovoltaicos em uma empresa de Itaporã-MS**. Dourados/MS. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/2511/1/AnandaTinno-Fonteles.pdf>. Acesso em 08 jun. 2023.

GIAMPIETRO, Ulisses. **Viabilidade econômica da energia solar nas áreas rurais do nordeste brasileiro**. Disponível em: <https://mac.arq.br/wp-content/uploads/2016/03/viabilidade-economica-energia-solar-areas-rurais-nordeste-brasileiro.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2024.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GODFRAY, H. C. J. et al. **Food security: The challenge of feeding 9 billion people**. *Science*, v. 327, n. 5967, p. 812-818, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1185383> . Acesso em: 14 jul. 2024.

HAIR. J.F. et al. **Fundamentos de métodos de pesquisa em Administração**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin; DOS REIS, Lineu Belico. **Energia e Meio Ambiente**. Tradução técnica: Lineu Belico dos Reis, Flávio Maron Vichi, Leonardo Freire Mello. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

IPCC [Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas]. **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf. Acesso em: 06 mai. 2023.

KEY, Ronald D.; EDWARDS, William M.; DUFFY, Patricia A.. **Gestão de propriedades rurais**. Tradução Théo Amon; revisão técnica: Paulo Dabdab Waquil – 7. Ed. – Porto Alegre: AMGH, 2014.

KOSSAM, F. et al. **Factors influencing access to credit by smallholder farmers: A systematic review**. *Land Use Policy*, v. 91, p. 104320, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104320> . Acesso em: 14 jul. 2024.

KRUGER, Silvana Dalmutt; ZANELLA, Cleunice; BARICHELLO, 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*, v. 14, n. 1, p. 428-445, 2023. Disponível em : <https://ojs.revista-gesec.org.br/secretariado/article/view/1521>. Acesso em 08 jul. 2024.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

NAKABAYASHI, Nennyo, 2015. **Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Viabilidade Econômica**. Tese de Mestrado, Instituto de Energia e Ambiente da USP, São Paulo. Disponível em: <http://200.144>. Acesso em: 20 jul. 2024.

ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/pt-br/>. Acesso em: 14 jul. 2024.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.

ROMEIRO, A. R. Perspectivas para Políticas Agroambientais. In: RAMOS, P. (Org.). **Dimensões do Agronegócio Brasileiro: políticas, instituições e perspectivas**. Brasília: MDA, 2007. p. 283-317. Disponível em: https://governancadeteras.com.br/wp-content/uploads/2017/10/dimensoes_do_agronegocio_brasileiro.pdf. Acesso em: 03 nov. 2023.

SIQUEIRA, G. M.; ANDRADE, E.; LEITE, T.; MELO, L.; NASCIMENTO, R. **Solar-powered irrigation systems: A review on benefits, constraints, and future perspectives in Brazil**. *Renewable Energy*, v. 165, n. 1, p. 117-129, 2021.

ZUIN, Luís Fernando Soares; QUEIROZ, Timóteo Ramos [et.al.]. **Agronegócio: gestão e inovação**. São Paulo: Saraiva, 2006.