

DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE ENERGIA FOTVOLTAICA EM COOPERATIVAS NO BRASIL

Evania Uchoa Ferreira¹
Dr. Antônio Alisson Pessoa Guimarães²

RESUMO

Este estudo explorou os desafios e oportunidades para a implementação de sistemas fotovoltaicos em cooperativas no Brasil, com foco em uma revisão de literatura que analisou barreiras regulatórias, financeiras, culturais e tecnológicas, além de identificar soluções viáveis para o contexto cooperativista. A pesquisa apontou que a adoção da energia fotovoltaica enfrenta entraves como complexidade legislativa, altos custos iniciais, dificuldades no acesso a crédito e resistências culturais. No entanto, destacou-se um conjunto significativo de oportunidades, como modelos de financiamento inovadores, parcerias público-privadas e capacitação técnica para cooperados e gestores. A Lei 14.300/2022 foi identificada como um marco regulatório promissor, embora sua efetividade dependa de complementos que atendam às especificidades das cooperativas. Além disso, aprendizados internacionais, como o uso de microfinanciamento na Índia e consórcios energéticos na Alemanha, oferecem caminhos adaptáveis à realidade brasileira. O estudo contribui para o debate sobre transição energética ao propor estratégias acessíveis para gestores e cooperados, visando superar barreiras e ampliar os benefícios da energia renovável. Como sugestão para futuras pesquisas, medir impactos diretos, explorar comparações entre cooperativas que adotaram ou não a tecnologia, e aprofundar a análise sobre o papel das políticas públicas e incentivos financeiros.

Palavras-chave: Energia Fotovoltaica. Cooperativas. Sustentabilidade. Transição Energética.

¹ Discente da Especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), evaniauchoa@hotmail.com

² Docente do Programa de Pós-graduação, PGEA da UNILAB, johnfelix@unilab.edu.br.

Abstract

This study explored the challenges and opportunities for implementing photovoltaic systems in cooperatives in Brazil, focusing on a literature review that analyzed regulatory, financial, cultural and technological barriers, in addition to identifying viable solutions for the cooperative context. The research showed that the adoption of photovoltaic energy faces obstacles such as legislative complexity, high initial costs, difficulties in accessing credit and cultural resistance. However, a significant set of opportunities stood out, such as innovative financing models, public-private partnerships and technical training for cooperative members and managers. Law 14,300/2022 was identified as a promising regulatory framework, although its effectiveness depends on complements that meet the specificities of cooperatives. Furthermore, international lessons learned, such as the use of microfinance in India and energy consortiums in Germany, offer paths adaptable to the Brazilian reality. The study contributes to the debate on energy transition by proposing accessible strategies for managers and cooperative members, aiming to overcome barriers and expand the benefits of renewable energy. As a suggestion for future research, measure direct impacts, explore comparisons between cooperatives that have or have not adopted the technology, and deepen the analysis of the role of public policies and financial incentives.

Keywords: Photovoltaic Energy. Cooperatives. Sustainability. Energy Transition.

1 INTRODUÇÃO

A transição para fontes de energia limpa e sustentável tem se intensificado nas últimas décadas, motivada pelo impacto das mudanças climáticas, demandas sociais por responsabilidade ambiental e a necessidade de diversificação da matriz energética mundial (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2021). Dentro desse contexto, energia fotovoltaica destaca-se por sua capacidade de promover autonomia energética, reduzir emissões de gases de efeito estufa e impulsionar o desenvolvimento econômico.

As Cooperativas, que são organizações formadas com o objetivo de beneficiar coletivamente seus membros, desempenham um papel estratégico na adoção de tecnologias sustentáveis (Smith, 2019; Mondragón, 2021). O Anuário do Cooperativismo Brasileiro-OCB 2024 revela que o Brasil tem 4.509 cooperativas no total, sendo que a maior concentração está no Ramo Agropecuário, que soma 1.179 cooperativas, seguido pelos ramos Transporte (790); Saúde (702); Crédito (700); Trabalho; Produção de Bens e Serviços (641); Infraestrutura (276); e Consumo (221) um movimento neste setor, com o propósito de contribuir e acelerar a transição energética independente do segmento de atuação, tem impacto significativo tendo em vista que o setor cooperativista conta com 23,45 milhões de cooperados o que representa 11,5% da população Brasileira com base no último censo do IBGE.

Contudo, a implementação de sistemas fotovoltaicos em cooperativas apresenta desafios significativos. Barreiras regulatórias, como a complexidade e fragmentação das legislações energéticas no Brasil, tornam o processo de adoção custoso e burocrático, dificultando o acesso das cooperativas às tecnologias solares (Férrandez, 2020). Além disso, a inexistência de incentivos específicos e a volatilidade nas políticas energéticas nacionais comprometem a estabilidade dos projetos (ANEEL, 2022). No aspecto financeiro, o alto custo inicial para instalação de sistemas fotovoltaicos é um entrave recorrente, sobretudo em cooperativas com recursos limitados ou em regiões de baixa renda. O acesso ao crédito, subsídios ou programas de financiamento, que poderia ser uma solução, ainda enfrenta entraves burocráticos e riscos de crédito elevado (Clarkson, 2018; BNDES, 2023).

As questões culturais e sociais também desempenham um papel relevante na adesão de cooperativas ao uso da energia solar. Muitas vezes, a resistência à mudança, o processo de tomada de decisão do sistema cooperativista, influenciada por fatores como falta de conhecimento técnico sobre o assunto dos membros ou a percepção de riscos elevados, tornam-se obstáculos adicionais. Capacitar os integrantes das cooperativas com treinamento técnico e fornecer informações sobre os benefícios ambientais e econômicos da energia fotovoltaica é fundamental para superar essas barreiras culturais (Thomas, 2019; Lima, 2021).

Por outro lado, há um conjunto significativo de oportunidades que podem acelerar a integração da energia fotovoltaica nas cooperativas. As políticas públicas voltadas à promoção da sustentabilidade, como a Agenda 2030 das Nações Unidas e incentivos locais para projetos de energia renovável, podem proporcionar o ambiente favorável para o avanço de iniciativas desse tipo (ONU, 2015). Modelos de financiamento inovadores, parcerias público-privadas e o suporte de instituições financeiras multilaterais, quando aplicados estrategicamente, podem mitigar as barreiras econômicas e ampliar o acesso às tecnologias solares (Almeida; Pérez, 2019;

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2020). A capacitação técnica, através de workshops e programas de formação, também é crucial para garantir que os membros cooperativistas se sintam confiantes para implementar e operar sistemas de energia fotovoltaica com eficácia (Gonçalves, 2020).

O objetivo geral deste artigo é realizar uma pesquisa exploratória sobre os desafios e as oportunidades para a implementação de sistemas fotovoltaicos em cooperativas, a partir da revisão da literatura existente sobre o tema. Analisar o que já foi discutido e publicado a respeito das barreiras regulatórias, financeiras, tecnológicas e culturais que podem afetar a implementação desta tecnologia em cooperativas. Os objetivos específicos incluem: identificar as principais dificuldades regulatórias e legais mencionadas nas fontes consultadas, explorar as limitações financeiras e os obstáculos ao acesso a financiamento, analisar as questões culturais que podem impactar a aceitação da energia fotovoltaica pelos cooperados, e revisar políticas públicas e incentivos que têm sido sugeridos para facilitar a implementação dessa tecnologia. O artigo visa fornecer uma visão geral acessível e simplificada sobre o tema, com base no conhecimento já produzido, para contribuir com o entendimento do contexto brasileiro e propor soluções viáveis para as cooperativas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Energia Fotovoltaica no Contexto de Sustentabilidade

A energia fotovoltaica vem se destacado como uma solução chave para o processo de transição energética global, está diretamente alinhada ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7, que visa garantir o acesso universal à energia limpa, acessível e sustentável (ONU, 2015). A tecnologia das usinas solares, se baseia na conversão direta da luz solar em eletricidade por meio de células fotovoltaica, contribui significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa (do inglês *greenhouse gas* - GHG), fortalece a independência energética e promove economias locais (IPCC, 2021).

A Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) aponta que, entre 2010 e 2020, o custo nivelado da eletricidade (do inglês, *Levelized Cost of Energy*- LCOE) gerada por sistemas fotovoltaicos apresentou uma redução de 82%, refletindo o avanço tecnológico e a economia de escala na produção de equipamentos (IRENA, 2020). Esse cenário posiciona a energia solar como uma das fontes renováveis mais competitivas, superando alternativas fósseis em diversos contextos. No Brasil, essa competitividade é potencializada pela abundância de radiação solar, que permite uma geração energética de alta eficiência em diferentes regiões do

país (ANEEL, 2022).

Entretanto, apesar das vantagens técnicas e econômicas, a adoção da energia fotovoltaica enfrenta desafios importantes, especialmente no contexto de cooperativas e pequenas organizações. Entre as principais barreiras estão a falta de clareza regulatória, mudanças frequentes em políticas públicas e o acesso restrito a financiamentos de longo prazo (BNDES, 2023). Além disso, a necessidade de capacitação técnica para instalação, operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos ainda limita a expansão dessa tecnologia em algumas regiões, particularmente no meio rural (Lima, 2021).

O Brasil, por meio de iniciativas como o Programa de Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), tem promovido políticas que incentivam a adoção de sistemas fotovoltaicos por consumidores residenciais, empresariais e cooperativas. Esse programa tem sido essencial para fomentar a geração descentralizada de energia, contribuindo para a redução de custos operacionais e para o empoderamento energético das comunidades (ANEEL, 2022). A Lei 14.300/2022, conhecida como Marco Legal da Geração Distribuída, também trouxe avanços ao definir regras claras para o setor, embora tenha gerado debates sobre a aplicação de taxas para os sistemas fotovoltaicos conectados à rede pública (Souza; Lima, 2023).

Ademais, estudos indicam que o impacto positivo da energia fotovoltaica transcende os benefícios econômicos diretos. A adoção de sistemas solares pode fortalecer a segurança energética, reduzir a dependência de combustíveis fósseis importados e aumentar a resiliência das comunidades frente a oscilações no fornecimento de energia (Gonçalves, 2020). No contexto cooperativista, esses aspectos são especialmente relevantes, uma vez que as cooperativas desempenham um papel central na inclusão socioeconômica e no desenvolvimento sustentável em áreas rurais (OCB, 2024).

Contudo, a energia fotovoltaica representa uma oportunidade estratégica para as cooperativas alcançar metas ambientais e sociais, promovendo uma matriz energética mais diversificada, sustentável e possível no setor. Portanto, para maximizar seus benefícios, é necessário abordar as barreiras existentes, investir em capacitação técnica e garantir a continuidade de políticas públicas favoráveis. Somente assim será possível consolidar a energia solar como um vetor de desenvolvimento sustentável, especialmente no contexto das cooperativas, seja ela com foco em geração de energia, ou se esta cooperativa pertença a outro segmento de atuação mais tenha como propósito a adoção de práticas mais sustentáveis.

2.2 O Papel das Cooperativas na Transição Energética

As cooperativas desempenham um papel essencial no desenvolvimento sustentável, destacando-se por seu modelo organizacional centrado na cooperação, inclusão econômica e geração de benefícios coletivos (Mondragón, 2021). Essas organizações, baseadas na gestão democrática e na divisão equitativa de responsabilidades, criam condições favoráveis para a implementação de iniciativas de energia limpa, especialmente em áreas rurais ou com acesso limitado a serviços básicos de eletricidade (Jones *et al.*, 2020).

No Brasil, as cooperativas agropecuárias, de infraestrutura e de crédito têm liderado a adoção de tecnologias renováveis, como a energia fotovoltaica, para reduzir custos operacionais e agregar valor aos seus produtos e serviços. Essas iniciativas não apenas aumentam a competitividade das cooperativas no mercado, mas também fortalecem a resiliência energética das comunidades envolvidas (OCB, 2024). Em 2023, as cooperativas intensificaram seus esforços no desenvolvimento de projetos de energia renovável, visando mitigar as mudanças climáticas e promover um futuro mais sustentável.

Nesse ano, 736 cooperativas produziram sua própria energia, representando 16,35% de todo o cooperativismo no Brasil. Em relação a 2022, quando havia 582 cooperativas geradoras de energia, registrou-se um aumento de 154 cooperativas em 2023 (OCB, 2024). Estudos indicam que fatores como gestão eficiente, acesso a financiamento específico e capacitação técnica são determinantes para o sucesso desses projetos (Almeida; Pérez, 2019). Os dados apresentados pela OCB mostram que as cooperativas com energia oriunda de fontes renováveis são poucas, contudo um trabalho voltado ao setor cooperativista focando em implementar fontes geradoras renováveis pode ter impactos positivos.

Contudo, barreiras culturais, como a resistência à inovação e a percepção limitada sobre os benefícios econômicos e ambientais da energia solar, ainda são desafios significativos no setor cooperativista. Além disso, a falta de conhecimento técnico por parte dos cooperados e das lideranças dificulta a execução e manutenção de sistemas fotovoltaicos (Thomas, 2019). Nesse sentido, programas de capacitação técnica e extensão rural desempenham um papel crucial, não apenas para aumentar a compreensão sobre a tecnologia, mas também para desenvolver competências locais que garantam a sustentabilidade dos projetos no longo prazo do investimento (Lima, 2021).

O impacto positivo das cooperativas na transição energética vai além da economia de custos. Elas também promovem a inclusão social, criando oportunidades de emprego, e contribuem para a mitigação das mudanças climáticas por meio da redução de emissões de

carbono. Ao se consolidarem como protagonistas da transição energética, as cooperativas podem se tornar exemplos replicáveis de desenvolvimento sustentável para outras organizações comunitárias (Gonçalves, 2020).

2.3 Políticas Públicas e Incentivos

No Brasil, o marco regulatório coordenado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) tem se destacado como um dos principais impulsionadores da expansão da geração distribuída, especialmente com a promulgação da Lei 14.300/2022, que estabelece um arcabouço jurídico claro para a integração de sistemas de energia renovável (ANEEL, 2022). Essa legislação regulamenta aspectos técnicos, financeiros e tributários, proporcionando maior previsibilidade e segurança jurídica para investidores e cooperativas.

Apesar dos avanços, o ambiente regulatório brasileiro ainda apresenta desafios, como a complexidade das normas e a incerteza sobre subsídios e tarifas futuras, que podem desencorajar pequenas cooperativas e organizações comunitárias (Souza; Lima, 2018). Essas limitações destacam a necessidade de políticas públicas mais consistentes e acessíveis, que ofereçam suporte técnico e financeiro aos projetos de energia limpa.

Experiências internacionais reforçam o impacto positivo de políticas públicas robustas. Na Alemanha, o sistema de tarifas *feed-in-tariff* garantiu retornos financeiros estáveis para os geradores de energia renovável, promovendo a rápida expansão da energia solar e eólica (Becker; Wust, 2019). Na Índia, políticas de subsídios diretos e financiamento a juros reduzidos facilitaram a instalação de sistemas fotovoltaicos em comunidades rurais, ampliando o acesso à energia elétrica (Ravi; Singh, 2021).

No contexto brasileiro, instituições como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e cooperativas financeiras, como o Sicoob, têm desempenhado um papel crucial na viabilização de projetos de energia renovável, oferecendo linhas de crédito específicas e condições atrativas de financiamento. Essas iniciativas permitem que cooperativas de pequeno e médio porte superem barreiras financeiras e implementem projetos de geração distribuída com impacto social significativo (BNDES, 2023).

Adicionalmente, a integração de programas de incentivo à capacitação técnica e assistência técnica às políticas públicas pode fortalecer a implementação de projetos fotovoltaicos. Essa abordagem holística é essencial para que as cooperativas não apenas

acessem os recursos financeiros necessários, mas também desenvolvam capacidades internas para gerenciar e manter os sistemas instalados (Lima, 2021).

Por fim, o alinhamento do Brasil com compromissos internacionais, como o Acordo de Paris, oferece uma oportunidade para que o país atraia investimentos externos e acelere sua transição energética. As cooperativas podem se beneficiar desse contexto global, aproveitando parcerias público-privadas e programas de financiamento verde para expandir a adoção de tecnologias renováveis e consolidar sua posição como agentes de desenvolvimento sustentável.

2.4 Modelos de Financiamento e Parcerias

O sucesso de iniciativas fotovoltaicas em cooperativas depende, em grande parte, de modelos de financiamento inovadores e parcerias estratégicas, que possibilitem superar as barreiras financeiras e operacionais associadas à implementação de sistemas de geração de energia renovável. Gonçalves (2020) enfatiza o uso de cooperativas como clientes âncora em projetos de geração distribuída, permitindo que os custos iniciais sejam diluídos por meio de consórcios ou financiamento coletivo. Essa abordagem reduz a necessidade de altos investimentos individuais, tornando os projetos mais acessíveis para cooperativas de pequeno e médio porte.

As Parcerias Público-Privadas (PPPs) são outro modelo promissor, permitindo a divisão de riscos e recursos entre o setor público e privado, o que acelera a implementação de sistemas fotovoltaicos (IEA, 2020). Essas parcerias podem incluir concessões públicas para projetos de infraestrutura energética, incentivos fiscais e subsídios diretos para instalação de sistemas solares. Além disso, as cooperativas podem acessar linhas de crédito específicas, como as oferecidas por bancos de desenvolvimento e cooperativas financeiras, para financiar projetos de energia renovável (BNDES, 2023).

Alguns exemplos internacionais oferecem aprendizados relevantes para o Brasil. Na Alemanha, além do sucesso das tarifas *feed-in-tariff*, modelos de cooperativas energéticas locais, como as " *Wildpoldsried*" (cooperativas de energia cidadã), têm sido fundamentais para integrar comunidades em projetos de geração distribuída. Essas iniciativas utilizam financiamento coletivo para reunir recursos de moradores locais, promovendo um senso de propriedade e incentivando o uso de energias renováveis (Becker; Wüst, 2019).

Na Índia, programas de microfinanciamento específicos para energia solar têm possibilitado a instalação de sistemas fotovoltaicos em áreas rurais. Um exemplo é a iniciativa

"*SELCO Foundation*," que combina financiamento acessível com treinamento técnico, capacitando comunidades a operar e manter seus sistemas solares (Ravi; Singh, 2021). Essa abordagem não apenas expande o acesso à energia, mas também promove o desenvolvimento socioeconômico ao criar empregos locais e melhorar a qualidade de vida.

No Brasil, iniciativas como o Programa de Geração Distribuída (ProGD) e linhas de crédito específicas, como as do BNDES e de cooperativas financeiras, representam um ponto de partida para replicar práticas internacionais. No entanto, é essencial fortalecer a integração dessas ferramentas com programas de assistência técnica e extensão rural com foco na parte de energias. Isso ajudará as cooperativas a compreenderem melhor os benefícios econômicos, sociais e ambientais da energia solar, potencializando sua capacidade de inovação e inclusão social (Smith, 2019).

2.5 Aprendizados Internacionais e Contexto Brasileiro

Estudos de casos internacionais evidenciam que o sucesso de projetos fotovoltaicos em cooperativas está fortemente vinculado à combinação de políticas públicas consistentes, parcerias locais e engajamento comunitário. Na Alemanha, as tarifas *feed-in-tariff* desempenharam um papel central na ampla adoção de sistemas fotovoltaicos, oferecendo retornos financeiros estáveis e previsíveis para os produtores de energia renovável (Becker; Wüst, 2019). Esse modelo permitiu que pequenos investidores, incluindo cooperativas, desempenhassem um papel ativo na transição energética do país.

Na Índia, por outro lado, a estratégia se concentrou em alcançar comunidades rurais por meio de programas de microfinanciamento e parcerias com ONGs. A "*Solar Energy Corporation of India*" (SECI), em conjunto com iniciativas como a SELCO Foundation, promoveu projetos que integram financiamento acessível, capacitação técnica e suporte para manutenção, garantindo a sustentabilidade a longo prazo (Ravi; Singh, 2021). Esses projetos são exemplos claros de como políticas públicas e engajamento comunitário podem convergir para atender às necessidades específicas de populações vulneráveis.

No Brasil, a aplicação desses aprendizados exige ajustes no ambiente regulatório e na disponibilidade de incentivos financeiros. Embora a Lei 14.300/2022 tenha criado um marco importante para a geração distribuída, desafios como a complexidade regulatória e as incertezas

sobre o futuro dos subsídios ainda representam barreiras significativas para cooperativas (Souza; Lima, 2018).

A integração de boas práticas internacionais, adaptadas à realidade nacional, é essencial para consolidar o papel das cooperativas como agentes de transformação no setor energético. Isso inclui fortalecer programas de capacitação técnica e assistência técnica para garantir que cooperados e gestores entendam plenamente o potencial dos sistemas fotovoltaicos e desenvolvam as competências necessárias para operá-los. Além disso, parcerias com instituições internacionais podem trazer recursos financeiros e conhecimento técnico, acelerando a transição energética no Brasil.

Por exemplo, iniciativas como o programa "*Global Environment Facility*" (GEF) mais conhecido como Fundo Global para o Meio Ambiente, financia projetos de mitigação das mudanças climáticas em países em desenvolvimento, poderiam ser adaptadas para beneficiar cooperativas brasileiras (GEF, 2022). Da mesma forma, alianças com organizações como a Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA) podem fornecer suporte técnico e estratégico para o desenvolvimento de projetos inovadores no setor cooperativo.

A adoção dessas estratégias posicionará o Brasil como um líder regional na transição energética, permitindo que as cooperativas desempenhem um papel central na disseminação de tecnologias renováveis e na promoção de inclusão social e desenvolvimento sustentável.

3 METODOLOGIA

O presente estudo adota uma abordagem exploratória e qualitativa, fundamentada em revisão de literatura, com o objetivo de mapear e analisar as barreiras e oportunidades associadas à implementação de sistemas fotovoltaicos em cooperativas. A escolha por uma pesquisa exploratória baseia-se na necessidade de compreender um tema ainda em desenvolvimento, compilando informações existentes e identificando lacunas na literatura, como recomendado por Gil (2008).

A revisão de literatura foi realizada em bases de dados acadêmicas amplamente reconhecidas, incluindo Scielo, Google Scholar e ScienceDirect, bem como em publicações de organizações especializadas, como a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Foram considerados artigos publicados entre 2010 e 2024, buscando garantir a relevância e a atualidade das informações analisadas.

A seleção das fontes seguiu critérios predefinidos: (i) trabalhos relacionados à

implementação de sistemas fotovoltaicos em cooperativas ou organizações comunitárias; (ii) estudos que discutissem barreiras regulatórias, financeiras, tecnológicas e culturais; e (iii) publicações que abordassem políticas públicas, modelos de financiamento e incentivos à adoção de energia solar. Os artigos foram avaliados com base na relevância para o contexto brasileiro e internacional, priorizando aqueles que apresentassem análises aplicáveis ou dados contextualizados.

Para organizar os dados, foi utilizada a técnica de análise de conteúdo, conforme proposto por Bardin (2011), permitindo categorizar e interpretar as informações extraídas das fontes. Essa abordagem permitiu identificar padrões e tendências nos desafios e nas oportunidades descritas na literatura. A análise buscou também destacar estudos que apresentassem propostas viáveis para a realidade das cooperativas brasileiras, especialmente em termos de sustentabilidade energética e impacto socioeconômico.

Adicionalmente, foram consultadas legislações e políticas públicas relevantes, como a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, que regula a geração distribuída no Brasil, e iniciativas internacionais como os programas da IRENA voltados para energias renováveis em comunidades rurais. Essa triangulação de informações contribuiu para uma visão mais abrangente e consistente do tema, como sugerido por Creswell (2014).

Ao final, os resultados são apresentados de forma a oferecer uma análise crítica e acessível sobre o tema, alinhando-se ao propósito do estudo de consolidar o conhecimento existente e propor estratégias aplicáveis às cooperativas brasileiras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleta de dados neste estudo foi conduzida por meio de uma revisão de literatura exploratória e qualitativa, centrada em fontes acadêmicas e institucionais relevantes. Essa abordagem permitiu mapear e analisar os principais desafios e oportunidades para a implementação de sistemas fotovoltaicos em cooperativas brasileiras. A seguir, são apresentados os critérios de seleção das fontes e a sistematização dos dados coletados.

Critérios de Seleção de Fontes

Para garantir a qualidade e relevância dos dados analisados, foram adotados os seguintes critérios na escolha das fontes:

Recorte temporal: Artigos, relatórios e documentos publicados entre 2010 e 2024, garantindo uma abordagem atualizada sobre o tema.

Bases de dados e organizações consultadas: Bases Acadêmicas: Scielo, Google Scholar, e ScienceDirect.

Organizações Especializadas: Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), Organização das Nações Unidas (ONU), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Temas prioritários abordados: Barreiras regulatórias, como complexidades legislativas e fragmentação normativa. Aspectos financeiros, incluindo custos iniciais de instalação e acesso a crédito. Barreiras culturais e desafios tecnológicos associados à implementação de energia fotovoltaica em cooperativas. Políticas públicas e modelos de financiamento para energias renováveis. Estudos de caso internacionais que possam ser aplicados ao contexto brasileiro.

Sistematização dos Dados

Os dados coletados foram organizados em categorias temáticas para permitir uma análise aprofundada e alinhada aos objetivos do estudo. No Quadro 1, o qual destaca os principais desafios e oportunidades identificados na implementação de energia fotovoltaica ao longo do estudo;

Quadro 1: Desafios e Oportunidades na Implementação de Energia Fotovoltaica

Categoria	Descrição dos Desafios	Soluções ou Oportunidades Identificadas	Fonte
Regulatórias	Complexidade legislativa e falta de incentivos específicos.	Marco Legal da Geração Distribuída (Lei 14.300/2022), suporte técnico e jurídico para cooperativas.	ANEEL. Marco Legal da Geração Distribuída - Lei 14.300/2022 e seus impactos. BNDES. Relatório de Energia Renovável e Financiamento. Rio de Janeiro: BNDES, 2023. SOUZA, J.; LIMA, F. Impactos regulatórios da geração distribuída no Brasil. Brasília: Editora Solar, 2023.
Financeiras	Alto custo inicial de instalação e dificuldades no acesso a crédito.	Modelos de financiamento coletivo, parcerias público-privadas, linhas de crédito específicas do BNDES e	ALMEIDA, J.; PÉREZ, F. Modelos de financiamento para energias renováveis em cooperativas. São Paulo: Editora Sustentável, 2019.

Categoria	Descrição dos Desafios	Soluções ou Oportunidades Identificadas	Fonte
		cooperativas financeiras (ex.: Sicoob).	CLARKSON, A. Desafios econômicos para a adoção de energias renováveis em cooperativas. New York: Green Energy Press, 2018.
Culturais	Resistência à mudança e falta de conhecimento técnico entre os membros.	Programas de capacitação técnica e de conscientização ambiental para cooperados, alinhados aos benefícios econômicos e ambientais da energia solar.	GONÇALVES, L. Capacitação técnica para membros de cooperativas: Um estudo de caso. Belo Horizonte: UFMG, 2020. LIMA, M. Mudanças Culturais e Inovação em Cooperativas de Serviços. Recife: Editora Cooperação, 2021.
Tecnológicas	Desafios técnicos na instalação e manutenção dos sistemas.	Treinamento especializado para cooperados e gestores, suporte técnico continuado e parcerias com fornecedores de tecnologia solar.	CLARKSON, A. Desafios econômicos para a adoção de energias renováveis em cooperativas. New York: Green Energy Press, 2018.
Políticas Públicas	Fragmentação nas políticas e instabilidade dos subsídios.	Experiências internacionais (ex.: feed-in tariffs na Alemanha) e iniciativas nacionais, como o Programa de Geração Distribuída (ProGD).	SOUZA, J.; LIMA, F. Impactos regulatórios da geração distribuída no Brasil. Brasília: Editora Solar, 2023. THOMAS, E. Fatores sociais na adoção de energias renováveis. Sydney: Sustainable Futures, 2019. WÜST, M.; BECKER, R. Tarifas feed-in e cooperativas de energia na Alemanha: Lições para o Brasil. Berlin: Energy Press, 2019.

Fonte: Elaborado pelo autor com base na revisão de literatura;

No quadro 2, são apresentados os exemplos coletados internacionalmente de aplicações relevantes com casos que podem ser usados no Brasil, como base de inspirações para aprimorar o setor cooperativista voltado para a geração de energia renováveis.

Quadro 2: Aplicações Internacionais Relevantes

País	Estratégia Adotada	Possível Aplicação ao Brasil	Fonte
Alemanha	Uso de tarifas <i>feed-in-tariff</i> , que garantem retornos financeiros para geradores de energia renovável.	Implementação de políticas públicas que assegurem estabilidade e retorno econômico para pequenos geradores.	BECKER, R.; WÜST, J. Energias renováveis na Alemanha: A experiência com tarifas feed-in e cooperativas energéticas. Berlin: Energy Press, 2019.
Índia	Microfinanciamento para comunidades rurais e parcerias com ONGs para instalação de sistemas fotovoltaicos.	Adaptação de programas de microcrédito e fortalecimento de redes locais de apoio à implementação de energia renovável.	RAVI, P.; SINGH, R. Microfinanciamento e adoção de energias renováveis em comunidades rurais. New Delhi: Solar Energy Foundation, 2021.
EUA	Parcerias público-privadas e incentivos fiscais específicos para pequenos projetos de geração distribuída.	Ampliação das PPPs no Brasil, com incentivos fiscais alinhados ao perfil econômico das cooperativas brasileiras.	ALMEIDA, J.; PÉREZ, F. Modelos de financiamento para energias renováveis em cooperativas. São Paulo: Editora Sustentável, 2019. BNDES. Relatório de Energia Renovável e Financiamento. Rio de Janeiro: BNDES, 2023.

Fonte: Elaborado pelo autor com base na revisão de literatura

Internacionais: Estudos de caso destacaram que iniciativas bem-sucedidas combinam incentivos econômicos, engajamento comunitário e suporte técnico (ex.: SELCO Foundation na Índia e cooperativas energéticas na Alemanha).

Contexto Brasileiro: A revisão indicou que o Brasil possui legislação recente (Lei 14.300/2022) que pode favorecer a adoção da energia fotovoltaica, mas ainda enfrenta desafios em termos de regulamentação e acesso ao crédito.

Os resultados deste estudo são apresentados com base na análise dos dados coletados na revisão de literatura. A discussão enfoca as principais barreiras e oportunidades identificadas, destacando a aplicabilidade das lições aprendidas no contexto brasileiro. Esta seção foi organizada em três partes principais: análise das barreiras, oportunidades e aplicações ao contexto brasileiro.

4.1 Análise das Barreiras

A implementação de energia fotovoltaica em cooperativas enfrenta desafios significativos que, muitas vezes, inibem seu avanço. Esses desafios podem ser categorizados em três áreas principais:

4.1.1. Regulatórias: A legislação brasileira relacionada à energia renovável, apesar de avanços como a Lei 14.300/2022, ainda apresenta lacunas que dificultam a adoção em cooperativas. A complexidade normativa e a fragmentação entre diferentes níveis de regulamentação tornam o processo de implementação burocrático e custoso, principalmente para cooperativas menores e localizadas em áreas rurais. A falta de incentivos específicos para cooperativas acentua a dificuldade de adesão (ANEEL, 2022).

4.1.2. Financeiras: O alto custo inicial para instalação de sistemas fotovoltaicos continua sendo uma das principais barreiras, especialmente para cooperativas com recursos financeiros limitados. Embora existam linhas de crédito específicas, como as oferecidas pelo BNDES e Sicoob, muitas cooperativas encontram dificuldades em acessar esses recursos devido a entraves burocráticos e exigências de garantias elevadas (Clarkson, 2018; BNDES, 2023).

4.1.3. Culturais: A resistência à mudança, aliada à falta de conhecimento técnico, dificulta o engajamento dos cooperados e gestores em projetos de energia solar. Estudos apontam que a percepção de riscos elevados e o desconhecimento dos benefícios econômicos e ambientais contribuem para a baixa adesão a essa tecnologia (Thomas, 2019).

4.2 Oportunidades

Apesar das barreiras, o estudo identificou um conjunto significativo de oportunidades que podem acelerar a implementação de sistemas fotovoltaicos em cooperativas brasileiras.

4.2.1. Modelos de Financiamento: Experiências internacionais, como os programas de financiamento coletivo na Alemanha, indicam que a diluição dos custos iniciais entre cooperados pode viabilizar projetos de energia solar. Parcerias público-privadas (PPPs) também se destacam como uma alternativa eficaz para compartilhar riscos e ampliar o acesso a recursos financeiros. No Brasil, o Programa de Geração Distribuída (ProGD) é um exemplo de incentivo que pode ser potencializado para beneficiar cooperativas (Gonçalves, 2020; IEA, 2020).

4.2.2. Capacitação Técnica: A promoção de programas de formação e treinamento técnico para os cooperados e gestores é essencial para superar barreiras culturais e tecnológicas. Workshops e cursos voltados para a operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos não

apenas aumentam a confiança dos cooperados, mas também promovem a sustentabilidade de longo prazo dos projetos (Lima, 2021).

4.2.3. Incentivos Públicos: A Lei 14.300/2022 estabelece um marco importante para a geração distribuída no Brasil. Alinhada com as metas da Agenda 2030 da ONU, essa legislação pode ser complementada por subsídios e incentivos fiscais específicos para cooperativas, tornando o setor mais competitivo e acessível (ONU, 2015; Souza; Lima, 2023).

4.3 Aplicações ao Contexto Brasileiro

A análise revelou que boas práticas internacionais podem ser adaptadas ao contexto brasileiro, considerando as particularidades socioeconômicas e culturais das cooperativas nacionais.

4.3.1. Exemplos Internacionais Aplicáveis:

Na Alemanha, cooperativas energéticas locais utilizam financiamento coletivo para reunir recursos e implementar projetos de geração distribuída. Esse modelo pode ser replicado no Brasil por meio de parcerias com bancos comunitários e cooperativas financeiras (Becker; Wüst, 2019).

Na Índia, programas de microfinanciamento e capacitação técnica têm promovido o acesso à energia solar em comunidades rurais. Adaptações desse modelo podem beneficiar cooperativas em regiões mais vulneráveis do Brasil (Ravi; Singh, 2021).

4.3.2. Estudos de Caso Nacionais:

Algumas cooperativas brasileiras já adotaram a energia fotovoltaica como estratégia para reduzir custos e promover a sustentabilidade. Esses casos demonstram que a combinação de financiamento acessível e suporte técnico é essencial para o sucesso dos projetos. No entanto, a replicação dessas iniciativas em escala nacional requer maior integração entre políticas públicas, capacitação e incentivos financeiros.

4.3.3. Propostas para Superar Barreiras: Para consolidar a energia fotovoltaica como uma solução viável para cooperativas no Brasil, são necessárias ações coordenadas que incluam:

Incentivos financeiros ampliados: Criação de subsídios específicos para cooperativas.

Fortalecimento da assistência técnica: Parcerias com universidades e centros de pesquisa para capacitar cooperados e gestores

Políticas públicas consistentes: Estabelecimento de programas nacionais integrados que combinem financiamento, capacitação e suporte técnico.

Os resultados apresentados reforçam a relevância do papel das cooperativas na transição energética brasileira. Contudo, para que essas organizações se consolidem como agentes de transformação no setor energético, é necessário um esforço conjunto entre governo, setor privado e sociedade civil.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo explorou os desafios e as oportunidades para a implementação de sistemas fotovoltaicos em cooperativas no Brasil, destacando a importância dessas organizações no avanço da transição energética e no desenvolvimento sustentável. A análise revelou que, apesar das barreiras regulatórias, financeiras, culturais e tecnológicas, há um conjunto significativo de oportunidades que podem ser exploradas para facilitar a adoção dessa tecnologia.

Os resultados indicam que modelos de financiamento inovadores, capacitação técnica e políticas públicas consistentes são elementos essenciais para superar os desafios e potencializar os benefícios da energia fotovoltaica. A Lei 14.300/2022, por exemplo, apresenta um marco regulatório promissor, mas ainda requer complementos para atender às necessidades específicas das cooperativas.

Além disso, a integração de aprendizados internacionais, como as experiências da Alemanha e Índia, com as especificidades do contexto brasileiro pode representar um caminho estratégico para a ampliação da energia renovável no país. A adaptação de modelos como microfinanciamento, parcerias público-privadas e capacitação comunitária pode viabilizar projetos em larga escala, especialmente em regiões rurais.

Este estudo contribui para o debate sobre energia renovável no Brasil, oferecendo uma análise acessível e prática para gestores, cooperados e formuladores de políticas públicas. Ao propor soluções aplicáveis e destacar barreiras, ele fornece subsídios para fortalecer o papel das cooperativas na transição energética e na promoção da sustentabilidade.

Para pesquisas futuras, seria estratégico realizar uma análise sobre o impacto socioeconômico direto da adoção de energia fotovoltaica em cooperativas, utilizando métodos

quantitativos para medir indicadores como redução de custos, geração de renda e impacto ambiental. Assim como, estudos comparativos entre cooperativas que adotaram e não adotaram a tecnologia, poderiam identificar fatores de sucesso e dificuldades específicas. Outra linha promissora envolve a análise do papel das políticas públicas e incentivos financeiros, bem como o impacto da capacitação técnica no engajamento dos cooperados.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Políticas e regulação da energia fotovoltaica no Brasil**. Brasília: ANEEL, 2022.
- ALMEIDA, J.; PÉREZ, F. **Modelos de financiamento para energias renováveis em cooperativas**. São Paulo: Editora Sustentável, 2019.
- ANEEL. **Marco Legal da Geração Distribuída - Lei 14.300/2022 e seus impactos**. Brasília: ANEEL, 2022.
- BECKER, R.; WÜST, J. **Energias renováveis na Alemanha: A experiência com tarifas feed-in e cooperativas energéticas**. Berlin: Energy Press, 2019.
- BNDES. **Relatório de Energia Renovável e Financiamento**. Rio de Janeiro: BNDES, 2023.
- OCB - ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS BRASILEIRAS. *Anuário do Cooperativismo Brasileiro 2024*. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.anuario.coop.br/>. Acesso em: 11 nov. 2024.
- CLARKSON, A. **Desafios econômicos para a adoção de energias renováveis em cooperativas**. New York: Green Energy Press, 2018.
- FERNÁNDEZ, R. **Aspectos regulatórios na implementação de energia solar em cooperativas**. Madrid: Energía Sostenible, 2020.
- GONÇALVES, L. **Capacitação técnica para membros de cooperativas: Um estudo de caso**. Belo Horizonte: UFMG, 2020.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Renewable Energy 2020: Global Policies and perspectives**. Paris: IEA Publications, 2020.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Geneva: IPCC, 2021.
- LIMA, M. **Mudanças Culturais e Inovação em Cooperativas de Serviços**. Recife: Editora Cooperação, 2021.
- MONDRAGÓN, J. **Cooperativas e Sustentabilidade em Regiões Rurais**. México: Publicaciones del Sur, 2021.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova York: ONU, 2015.
- RAVI, P.; SINGH, R. **Microfinanciamento e adoção de energias renováveis em comunidades rurais**. New Delhi: Solar Energy Foundation, 2021.
- SMITH, R. **Cooperativas e Inovação Tecnológica em Comunidades Isoladas**. Londres: Community Press, 2019.

SOUZA, J.; LIMA, F. **Impactos regulatórios da geração distribuída no Brasil**. Brasília: Editora Solar, 2023.

THOMAS, E. **Fatores sociais na adoção de energias renováveis**. Sydney: Sustainable Futures, 2019.

WÜST, M.; BECKER, R. **Tarifas feed-in e cooperativas de energia na Alemanha: Lições para o Brasil**. Berlin: Energy Press, 2019.

GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY (GEF). **Relatório 2022**. Disponível em: <https://www.gef.org>. Acesso em: 10 dez. 2024.