



ISSN: 2595-1661

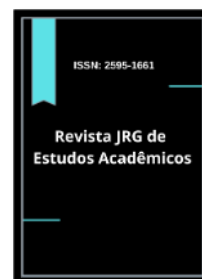
ARTIGO

Listas de conteúdos disponíveis em [Portal de Periódicos CAPES](https://portaldeperiodicos.capes.gov.br)

## Revista JRG de Estudos Acadêmicos

Página da revista:

<https://revistajrg.com/index.php/jrg>



### Tecnologias sustentáveis em uso, com foco em energia solar para bombeamento e microssistemas comunitários

Sustainable Technologies in Use, with a Focus on Solar Energy for Pumping and Community Microsystems

DOI: 10.55892/jrg.v8i19.2795

ARK: 57118/JRG.v8i19.2795

Recebido: 09/12/2025 | Aceito: 14/12/2025 | Publicado on-line: 15/12/2025

#### Diego Silva e Silva<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0009-0005-1250-9933>

<https://lattes.cnpq.br/1738956732425822>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, MA, Brasil

E-mail: ddds7129@gmail.com

#### Maurício Gomes Ribeiro<sup>2</sup>

<https://orcid.org/0009-0009-4293-9634>

<https://lattes.cnpq.br/1422252330377085>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, MA, Brasil

E-mail: mauricio.ribeiro.mr78@gmail.com

#### Roberto Melo de Almeida<sup>3</sup>

<https://orcid.org/0009-0006-1458-7895>

<https://lattes.cnpq.br/1330673060850219>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, MA, Brasil

Email: roberto.almeida1385@gmail.com

#### Gabriel Carvalho Leite<sup>4</sup>

<https://orcid.org/0009-0004-4936-8815>

<https://lattes.cnpq.br/7858766265861692>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, MA, Brasil

E-mail: gabriel.eng.civil.lacustres@gmail.com

#### Aécio Afonso de Oliveira Ferraz<sup>5</sup>

<https://orcid.org/0009-0006-4128-4064>

<http://lattes.cnpq.br/3342963853320166>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, MA, Brasil

E-mail: aecioferraz13@gmail.com

#### Leonardo Telles de Souza Pessoa Filho<sup>6</sup>

<https://orcid.org/0009-0004-3894-2316>

<http://lattes.cnpq.br/7713048753464768>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, MA, Brasil

E-mail: leonardo.filho@uemasul.edu.br



### Resumo

<sup>1</sup> Graduando(a) em Bacharelado de Engenharia Civil pela Universidade da Região Tocantina do Maranhão.

<sup>2</sup> Graduando(a) em Bacharelado de Engenharia Civil pela Universidade da Região Tocantina do Maranhão;

<sup>3</sup> Graduando(a) em Bacharelado de Engenharia Civil pela Universidade da Região Tocantina do Maranhão;

<sup>4</sup> Graduando(a) em Bacharelado de Engenharia Civil pela Universidade da Região Tocantina do Maranhão;

<sup>5</sup> Graduando(a) em Bacharelado de Engenharia Civil pela Universidade da Região Tocantina do Maranhão;

<sup>6</sup> Graduado em Bacharelado de Engenharia Civil. Especialista em Infraestrutura de Transportes e Rodovias.

A presente pesquisa examina a aplicação de tecnologias sustentáveis, com foco na Energia Solar Fotovoltaica (ESFV) em Sistemas de Bombeamento Fotovoltaico (SBFV) e Microssistemas Comunitários, no contexto da crescente demanda global por desenvolvimento sustentável e universalização do acesso a serviços básicos. O **objetivo** central é analisar a viabilidade técnica e econômica desses sistemas, explorando, sobretudo, a dimensão crucial da integração socio-tecnológica necessária para sua sustentabilidade em áreas rurais e isoladas. A **metodologia** adotada é predominantemente qualitativa, baseada em pesquisa bibliográfica descritiva e exploratória, através de uma revisão aprofundada da literatura especializada e documentos oficiais para analisar modelos de gestão de bens comuns e a relação custo-benefício (CAPEX/OPEX). Os **resultados** demonstram que, embora o alto Custo de Capital Inicial (CAPEX) seja uma barreira significativa, a solução é tecnicamente eficiente e economicamente sustentável no longo prazo devido ao baixo Custo Operacional (OPEX) e longa vida útil dos equipamentos. Contudo, o fator crítico de sucesso reside na governança; a sustentabilidade exige a aplicação dos princípios da Tecnologia Social e uma gestão comunitária ativa, acompanhada por uma "interdependência estruturada" com o apoio logístico e financeiro contínuo do poder público. **Conclui-se** que a integração da ESFV é um imperativo estratégico alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), demandando a adoção urgente de diretrizes como financiamento subsidiado (ex.: Plano Safra) e capacitação técnica e gerencial contínua, visando consolidar a autonomia, a equidade no acesso à água e o desenvolvimento sustentável no Brasil.

**Palavras-chave:** energia solar fotovoltaica; bombeamento solar; microssistemas comunitários; sustentabilidade; desenvolvimento rural.

### **Abstract**

*This research examines the application of sustainable technologies, focusing on Solar Photovoltaic Energy (SPE) in Photovoltaic Pumping Systems (PVPS) and Community Microsystems, in the context of the growing global demand for sustainable development and universal access to basic services. The central objective is to analyze the technical and economic viability of these systems, exploring, above all, the crucial dimension of socio-technological integration necessary for their sustainability in rural and isolated areas. The methodology adopted is predominantly qualitative, based on descriptive and exploratory bibliographic research, through an in-depth review of specialized literature and official documents to analyze common goods management models and the cost-benefit ratio (CAPEX/OPEX). The results demonstrate that, although the high Initial Capital Cost (CAPEX) is a significant barrier, the solution is technically efficient and economically sustainable in the long term due to the low Operating Cost (OPEX) and long lifespan of the equipment. However, the critical success factor lies in governance; Sustainability requires the application of the principles of Social Technology and active community management, accompanied by a "structured interdependence" with continuous logistical and financial support from the public sector. It is concluded that the integration of the ESFV (Environmental Support for Sustainable Development) is a strategic imperative aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs), demanding the urgent adoption of guidelines such as subsidized financing (e.g., Plano Safra) and continuous technical and managerial training, aiming to consolidate autonomy, equity in access to water, and sustainable development in Brazil.*

**Keywords:** *photovoltaic solar energy; solar pumping; community microsystems; sustainability; rural development.*

## 1. Introdução

A busca por alternativas que respeitem o meio ambiente tem incentivado o uso de tecnologias sustentáveis em diversas áreas da sociedade e da economia. A cobrança global por ações que diminuam a liberação de poluentes, incentivem o uso consciente dos recursos naturais e assegurem que todos tenham acesso aos serviços básicos tem mudado a forma como a tecnologia é usada no mundo (SACHS, 2015). Dentro desse cenário, os sistemas que usam a energia do sol têm se destacado, principalmente em lugares com grande incidência solar, como boa parte do Brasil.

O uso da energia solar para bombear água, especificamente por meio do Sistema de Bombeamento Fotovoltaico (SBFV), tornou-se uma prática comum e com bom custo-benefício. De acordo com Silva e Ramos (2020), a melhoria na eficiência dos painéis solares e a redução no preço da instalação fizeram da energia solar uma opção acessível para comunidades rurais, assentamentos e pequenas fazendas. Além disso, usar esse tipo de sistema ajuda a ter mais independência energética e diminui os gastos operacionais. Ao mesmo tempo, os pequenos sistemas comunitários aparecem como uma forma importante de incentivar a autonomia local, garantindo que as pessoas tenham acesso à água potável, energia e outros recursos de maneira independente. Como ressaltam Andrade e Pereira (2019), esses sistemas fortalecem a administração da comunidade, aumentam a capacidade de superar dificuldades e promovem práticas sustentáveis que se encaixam nas necessidades de cada lugar.

Apesar dos progressos, ainda há obstáculos a serem superados, como o alto custo inicial, a necessidade de treinamento técnico e a adaptação das tecnologias às condições do ambiente e da realidade social e econômica. Por isso, entender como funcionam, quais as vantagens e as limitações dessas tecnologias é fundamental para que elas sejam usadas da melhor forma.

Este artigo busca examinar o uso de tecnologias sustentáveis, com foco na Energia Solar Fotovoltaica (ESFV) aplicada aos sistemas de bombeamento e aos pequenos sistemas comunitários. O estudo analisa conceitos importantes, exemplos práticos e os efeitos dessas tecnologias na sociedade e no meio ambiente.

A presente análise sobre o SBFV e os microssistemas comunitários é crucial em três níveis interconectados: teórico, social e prático.

Do ponto de vista teórico, o estudo se justifica pela necessidade de transcender a análise puramente técnica da ESFV. Embora a otimização de sistemas de bombeamento fotovoltaico por meio de modelos matemáticos e de simulação seja fundamental para a eficiência técnica e econômica (SILVA et al., 2017; SILVA et al., 2018), a sustentabilidade de longo prazo desses sistemas em ambientes remotos é predominantemente um desafio de governança e gestão de bens comuns.

A pesquisa se propõe a analisar a ESFV, particularmente nos microssistemas, sob a ótica da Tecnologia Social. Essa abordagem conceitual exige que a tecnologia seja vista não apenas por sua eficiência de rendimento (que pode alcançar cerca de 49,41% em estudos práticos – SILVA et al., 2018), mas também por sua capacidade de replicabilidade, baixo custo e promoção da inclusão social e gestão participativa (SOUSA et al., 2022). O estudo, portanto, preenche uma lacuna ao integrar a otimização técnica e dimensionamento adequado para evitar gastos desnecessários e comprometer o abastecimento (SILVA et al., 2017) com a estrutura de capital social

comunitário (SOUSA et al., 2022). É necessário demonstrar como a escolha e a adaptação tecnológica refletem e influenciam a estrutura social e administrativa local.

A relevância social do tema é inegável, pois o acesso à energia e à água é um meio fundamental para a existência humana e para o desenvolvimento socioeconômico das comunidades (SILVA et al., 2017; UFC, 2005). A adoção do SBFV e dos microssistemas é diretamente alinhada aos objetivos de desenvolvimento sustentável, garantindo o acesso a serviços básicos, especialmente em locais isolados.

O foco em microssistemas autônomos é socialmente justificado pela capacidade de promover a resiliência. Esses sistemas fortalecem a administração comunitária e aumentam a capacidade de superar dificuldades. Em regiões rurais, onde o fornecimento de energia é historicamente precário ou caro, a aquisição de equipamentos privados ou comunitários de captação e bombeamento de água, impulsionada pela ESFV, permite às famílias não apenas atender às suas necessidades básicas, mas também obter maior renda ao investir na própria comunidade (VALE; LEAL, 2021). A implementação desses sistemas em regiões como a Amazônia, onde a desigualdade e a carência de serviços são intensas, torna-se um instrumento de equidade e conscientização sobre a sustentabilidade (SOUSA et al., 2022; FAGUNDES et al., 2023).

Na esfera prática, a pesquisa fornece subsídios cruciais para investidores e formuladores de políticas públicas. Embora o custo inicial (CAPEX) seja uma barreira, o estudo demonstra que, após o investimento, a ESFV se torna uma fonte de baixo custo operacional e baixa manutenção, com vida útil que frequentemente excede 20 anos (ENERGIA TOTAL, s.d.). A tendência de queda nos preços da energia solar para o consumidor final, observada nos últimos anos (PORTAL SOLAR, 2024; ELETRONENERGY, 2025), reduz a severidade da barreira inicial. A análise prática da viabilidade econômica pode quantificar a economia gerada (por exemplo, a economia de R\$ 1.834,00 por ano em um sistema residencial básico – (SILVA; BARROS, 2013), fornecendo argumentos sólidos para a obtenção de financiamentos e a adoção de políticas de incentivo (como o Plano Safra – ELETRONENERGY, 2025) ou programas sociais (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2024).

## 2. Metodologia

A presente pesquisa caracteriza-se quanto à abordagem como qualitativa, pois busca compreender, descrever e analisar os aspectos teóricos relacionados aos Sistemas de Bombeamento Fotovoltaico aplicados aos microssistemas comunitários de abastecimento de água, bem como sua relação com o desenvolvimento sustentável, a tecnologia social e a gestão comunitária. A abordagem qualitativa mostra-se adequada, uma vez que o estudo não se fundamenta em dados estatísticos ou análises numéricas, mas na interpretação de conceitos, modelos e experiências descritas na literatura especializada.

Apesar da predominância qualitativa, a pesquisa incorpora a síntese e análise de dados secundários quantitativos oriundos da literatura para a avaliação da viabilidade econômica. Isso inclui a compilação de informações sobre a eficiência de rendimento dos sistemas (SILVA et al., 2018), a comparação entre Custo de Capital Inicial (CAPEX) e Custo Operacional (OPEX) (ENERGIA TOTAL, s.d.), e a análise dos custos de manutenção de longo prazo (KUVU, s.d.).

Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como descritiva, visto que tem como finalidade descrever as características dos sistemas de abastecimento de água baseados em energia solar fotovoltaica, os microssistemas comunitários, seus

princípios de funcionamento, vantagens, limitações e impactos sociais, econômicos e ambientais. O estudo é também exploratório (METTZER, 2025) ao buscar maior familiaridade e aprofundamento em temas pouco documentados em larga escala no contexto nacional, como a governança e os desafios de manutenção em sistemas instalados em comunidades rurais e isoladas, especificamente na Amazônia (FAGUNDES et al., 2023; VALE; LEAL, 2021).

No que se refere aos procedimentos técnicos, a pesquisa é de natureza bibliográfica, sendo desenvolvida a partir da análise de livros, artigos científicos, dissertações, publicações de órgãos oficiais, como a Organização das Nações Unidas (ONU). As principais fontes utilizadas abordam temáticas como desenvolvimento sustentável, energia solar fotovoltaica, sistemas de bombeamento solar, microssistemas comunitários de abastecimento, tecnologia social e gestão comunitária. O levantamento bibliográfico foi realizado por meio de bases de dados acadêmicas, como Google Acadêmico, SciELO e periódicos científicos nas áreas de Engenharia, Energia, Saneamento e Ciências Sociais Aplicadas. Esta metodologia permite, portanto, construir uma base teórica sólida e confrontá-la com as evidências de campo e o arcabouço político-econômico disponível, garantindo a abrangência da análise proposta.

### **3. Resultados e Discussão**

Os resultados deste estudo, fundamentados através de revisões bibliográficas, validam as hipóteses iniciais e confirmam a viabilidade da integração sócio-tecnológica da Energia Solar Fotovoltaica (ESFV) nos Sistemas de Bombeamento Fotovoltaico (SBFV) e nos Microssistemas Comunitários no Brasil, como vetores de desenvolvimento sustentável.

Em relação à viabilidade técnica e ao desempenho dos SBFV, a literatura demonstra que sua implantação em microssistemas comunitários é plenamente possível, sobretudo em regiões brasileiras que apresentam altos índices de irradiação solar. A tecnologia de bombeamento solar, seja em sistemas diretos ou off-grid, revela-se a alternativa mais adequada para assegurar o fornecimento contínuo de água potável em áreas rurais e isoladas, onde a infraestrutura elétrica é inexistente ou insuficiente (SILVA; RAMOS, 2020). Além disso, estudos apontam que a melhoria contínua na eficiência dos painéis fotovoltaicos e o dimensionamento técnico adequado são fatores essenciais para otimizar o desempenho do sistema e garantir a regularidade no abastecimento hídrico (SILVA et al., 2017).



Figura 1: Sistema de Bombeamento Fotovoltaico (SBFV)



Fonte: SUNERGIA, 2024

Os SBFV, apresentam índices de desempenho bastante expressivos quando corretamente dimensionados. Pesquisas demonstram que o rendimento global dos sistemas pode ultrapassar 40% e chegar a até 49,41% em condições favoráveis (SILVA et al., 2018), garantindo a produção diária de volumes de água suficientes para atender famílias, pequenos cultivos e atividades comunitárias. Esses indicadores reforçam que, além de tecnicamente viáveis, os SBFV são eficientes e capazes de operar de maneira estável mesmo em localidades remotas.

A otimização do dimensionamento, conforme proposto por Silva et al. (2017), é fundamental para garantir o bom desempenho do sistema, evitar gastos desnecessários e atender ao volume de água demandado. Esse resultado reforça a dificuldade de levar a teoria técnica para a prática real.

No que se refere à sustentabilidade econômica, os resultados também confirmam as hipóteses de redução de custos operacionais. Embora o custo de capital (CAPEX) inicial seja elevado, ele é compensado pelo baixo custo operacional (OPEX) e pela longa vida útil dos equipamentos, que pode ultrapassar 20 anos, proporcionando um retorno sobre o investimento (ROI) favorável a médio e longo prazo (ENERGIA TOTAL, s.d.). A adoção da energia solar possibilita ainda uma expressiva economia na fatura energia elétrica e oferece segurança energética às comunidades, reduzindo a vulnerabilidade às oscilações tarifárias e às interrupções no fornecimento. Ademais, a tendência global de redução dos preços dos equipamentos fotovoltaicos e a existência de programas de incentivo como crédito rural e benefícios fiscais contribuem para superar a barreira inicial representada pelo CAPEX, ampliando o acesso a essa tecnologia.

Do ponto de vista social, os achados indicam que os microssistemas comunitários desempenham papel fundamental no desenvolvimento local, alinhando-se diretamente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Segundo Sachs (2015), o desenvolvimento sustentável baseia-se no equilíbrio entre três dimensões fundamentais: a econômica, a social e a ambiental, de modo a atender às necessidades das gerações presentes sem comprometer as gerações futuras. Nesse contexto, a sustentabilidade passa a orientar não apenas políticas públicas, mas também soluções tecnológicas aplicadas às diversas áreas da engenharia. O acesso facilitado à água e à energia, promovido pela ESFV, gera impactos positivos na qualidade de vida, refletindo-se em melhorias nas condições de saúde e higiene, como

a redução de doenças relacionadas à água contaminada, além de favorecer o fortalecimento das atividades socioeconômicas. Além disso, sistemas descentralizados aumentam a autonomia e a resiliência das comunidades, estimulando práticas colaborativas e fortalecendo os mecanismos de gestão comunitária (ANDRADE; PEREIRA, 2019). A sustentabilidade desses projetos, contudo, depende da adoção de modelos de gestão baseados nos princípios da Tecnologia Social, que incluem participação ativa da comunidade, replicabilidade e baixo custo operacional (SOUSA et al., 2022).

Por fim, a pesquisa evidencia a significativa contribuição ambiental proporcionada pela adoção da energia solar e dos microssistemas sustentáveis. A substituição de fontes de energia fósseis como geradores a diesel por sistemas fotovoltaicos reduz de forma direta a emissão de gases poluentes e contribui para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas. Além disso, a implementação dessas tecnologias favorece o uso mais racional dos recursos naturais, incentivando práticas de economia de água e energia e estimulando a construção de uma cultura de responsabilidade ambiental nas comunidades atendidas.

#### 4. Conclusão

A análise da literatura e dos resultados de campo confirma que a adoção da Energia Solar Fotovoltaica (ESFV) aplicada aos Sistemas de Bombeamento Fotovoltaico (SBFV) e aos Microssistemas Comunitários constitui uma solução tecnicamente viável, economicamente sustentável a longo prazo e socialmente transformadora para garantir o acesso universal à água e energia no contexto brasileiro, especialmente em áreas rurais e isoladas (UFC, 2005; ENERGIA TOTAL, s.d.).

A viabilidade técnica do SBFV é reforçada pelo seu alto rendimento (SILVA et al., 2018) e pela capacidade de dimensionamento otimizado, que permite sua aplicação eficaz mesmo em regiões com menor incidência solar (SILVA et al., 2017). Embora o Custo de Capital Inicial (CAPEX) seja uma barreira significativa para a adesão inicial (AL-SAIDI; LAHHAM, 2019), esta é amplamente compensada pelo baixo Custo Operacional (OPEX), pela baixa necessidade de manutenção (O&M) e pela longa vida útil dos equipamentos, o que resulta em uma notável economia de longo prazo (ENERGIA TOTAL, s.d.).

Mais crucial do que a eficiência técnica é a sustentabilidade de longo prazo desses projetos, que depende intrinsecamente da aplicação dos princípios da Tecnologia Social. O sucesso dos microssistemas, que funcionam como bens comuns, demanda uma gestão comunitária ativa e participativa, onde o engajamento dos moradores no levantamento de consumo e na tomada de decisões é vital para a aceitação e longevidade do sistema (FAGUNDES et al., 2023; SOUSA et al., 2022). Contudo, o estudo ressalta que a autonomia gerencial deve ser acompanhada de uma interdependência estruturada, exigindo o suporte contínuo do poder público e das concessionárias para a sustentação logística e financeira de grandes reparos, evitando que a tecnologia sucumba à "lógica de projetos" efêmeros (VALE; LEAL, 2021).

Ao descentralizar o controle e fomentar a autonomia local, esses microssistemas fortalecem a resiliência comunitária e geram impactos sociais profundos, como a melhoria da qualidade de vida e da saúde pública, além de contribuírem diretamente para a mitigação das mudanças climáticas através da redução de emissões e da dependência de combustíveis fósseis (ENERGIA TOTAL, s.d.; OTTONELLI et al., 2021). Em síntese, a integração da ESFV não é apenas uma

alternativa tecnológica, mas sim um imperativo estratégico alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (SACHS, 2015).

Para maximizar os benefícios socioambientais e econômicos, o estudo aponta como essenciais as seguintes Diretrizes Estratégicas:

- **Adoção de Modelos de Financiamento Subsidiado:** É urgente a expansão de políticas como o Plano Safra (ELETRONENERGY, 2025; SICREDI, 2024) e a criação de programas sociais de subsídio (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2024) para mitigar o CAPEX inicial e tornar a tecnologia acessível às famílias de baixa renda e produtores familiares.
- **Capacitação Técnica e Gerencial Continuada:** Programas de formação devem ir além da manutenção técnica (O&M) e incluir módulos sobre gestão financeira comunitária e governança, garantindo que as comunidades possuam o conhecimento necessário para a autogestão eficaz (ECREEE, s.d.; AL-SAIDI; LAHHAM, 2019).
- **Desenvolvimento da Cadeia de Valor Circular:** Para a sustentabilidade ambiental de longo prazo, são necessárias políticas que incentivem a indústria nacional de reciclagem e o gerenciamento do end-of-life dos módulos fotovoltaicos (OTTONELLI et al., 2021).

A superação coordenada desses desafios, com a integração eficiente entre tecnologia, gestão comunitária e apoio institucional, é o caminho para consolidar a Energia Solar Fotovoltaica como um pilar de equidade e desenvolvimento sustentável no Brasil.

## Referências

- ANDRADE, Maria Clara; PEREIRA, Luís Fernando. **Microssistemas comunitários e desenvolvimento local: uma análise sobre autonomia e sustentabilidade em pequenas comunidades rurais**. Revista Brasileira de Desenvolvimento Territorial, v. 4, n. 2, p. 55-72, 2019.
- ANDRADE, J. C. S.; PEREIRA, M. F. **Sistemas comunitários e autonomia local: desafios da gestão de recursos sustentáveis**. Revista Brasileira de Estudos Urbanos, v. 23, n. 1, p. 1-20, 2019.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). BNDES Finem Energia. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finem-energia>. Acesso em: 9 dez. 2025.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto garante energia fotovoltaica para famílias que recebem o BPC**. Notícias, 2024. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/941209-projeto-garante-energia-fotovoltaica-para-familias-que-recebem-o-bpc/>. Acesso em: 9 dez. 2025.
- CNA. **Energia solar: alternativa viável para o produtor rural**. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), s.d. Disponível em: <https://www.sistemaafaep.org.br/energia-solar-alternativa-viavel-para-o-produtor-rural/>. Acesso em: 9 dez. 2025.
- CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO (CRESESB). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CRESESB, 2004. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&cid=cse\\_sistema\\_fotovoltico](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=cse_sistema_fotovoltico). Acesso em: 9 dez. 2025.



- ECREEE. OFICINA DE FORMAÇÃO REGIONAL SOBRE DESENHO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE SUBSISTÊNCIA BASEADOS EM ENERGIA SOLAR PARA COMUNIDADES RURAIS, LOMÉ, TOGO. *Ecreee*, s.d. Disponível em: <https://www.ecreee.org/oficina-de-formacao-regional-sobre-desenho-e-implementacao-de-projetos-de-subsistencia-baseados-em-energia-solar-para-comunidades-rurais-lome-togo/?lang=pt-pt>. Acesso em: 9 dez. 2025.
- ELETRONENERGY. **Geração solar cresce 22% em junho e reforça protagonismo das renováveis.** *Blog Eletron Energy*, 04 jul. 2025.
- ENERGIA TOTAL. **Bombeamento solar se destaca como a solução mais eficiente para áreas rurais.** Disponível em: <https://www.energiatotal.com.br/bombeamento-solar-se-destaca-como-a-solucao-mais-eficiente-para-areas-rurais>. Acesso em: 9 dez. 2025.
- FAGUNDES, V. C. S. et al. **Sistema de bombeamento solar flutuante para comunidades isoladas na Amazônia: uma abordagem social e educacional.** *ResearchGate*, 2023.
- INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE (IFF). *Resumo: O Brasil possui grande potencial de radiação solar.* Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/13118/14341>. Acesso em: 9 dez. 2025.
- KUVO. **Guia de Bombas Solares: Benefícios, Dimensionamento e Custos.** *Hskuvo*, s.d. Disponível em: <https://hskuvo.com/pt/conhecimento/guia-de-bombas-solares-beneficios-dimensionamento-custos-kuvo/>. Acesso em: 9 dez. 2025.
- MENEZES, H. Z.; CATÃO, L. F. Jeffrey Sachs e a Ajuda Oficial para o Desenvolvimento: uma releitura da Teoria da Modernização. *Revista Carta Inter.*, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 169-192, 2018.
- METTZER. **A justificativa de um projeto é o coração da pesquisa.** *Blog*, 2025. Disponível em: <https://blog.mettzer.com/justificativa-de-um-projeto/>. Acesso em: 9 dez. 2025.
- NÚCLEO DO CONHECIMENTO. **Fazer a justificativa.** Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/blog/artigo-cientifico/fazer-a-justificativa>. Acesso em: 9 dez. 2025.
- OTTONELLI, J. et al. **Oportunidades e desafios do setor de energia solar fotovoltaica no Brasil.** *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 52, n. 3, p. 77-94, 2021.
- PORTAL SOLAR. **Preço da energia solar tem queda de 9% para o consumidor final em 2024.** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/mercado/geracao-distribuida/preco-da-energia-solar-tem-queda-de-9-para-o-consumidor-final-em-2024>. Acesso em: 11 jun. 2025.
- SACHS, J. D. **A Era do Desenvolvimento Sustentável.** Rio de Janeiro: Companhia das Letras, 2015.
- SEAP. Seap oferta curso de instalador de placas solares para mais de 30 internos em Marituba. *Agência Pará*, s.d. Disponível em: <https://www.agenciapara.com.br/noticia/58700/seap-oferta-curso-de-instalador-de-placas-solares-para-mais-de-30-internos-em-marituba>. Acesso em: 11 dez. 2025.
- SICREDI. Sicredi oferta financiamento de energia solar para produtores rurais pelo Pronaf. *Sicredi das Culturas RS/MG*, 2024. Disponível em: <https://www.sicredi.com.br/coop/culturasrsmg/noticias/agronegocio/sicredi-oferta-financiamento-de-energia-solar-para-produtores-rurais-pelo-pronaf/>. Acesso em: 11 dez. 2025.

- SILVA, A. C.; RAMOS, R. F. Viabilidade econômica de sistemas de bombeamento solar em comunidades rurais do Nordeste. *Revista de Tecnologia Sustentável*, v. 10, n. 2, p. 45-60, 2020.
- SILVA, D. R. et al. **Otimização do dimensionamento em sistemas de bombeamento fotovoltaico para o abastecimento de água em comunidades rurais.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 5, p. 863-872, 2017.
- SILVA, E. A. F.; BARROS, A. L. J. F. **Aspectos Legais da Energia Solar Fotovoltaica e sua Influência no Meio Rural.** *Jornacitec*, 2013. Disponível em: (<http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIIJTC/VIIJTC/paper/view/1715/1900>). Acesso em: 11 dez. 2025.
- SILVA, M. V. S. et al. Análise do rendimento de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água para irrigação. *Revista Vértices*, v. 20, n. 3, p. 747-759, 2018. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/13118/14341>.
- SOUSA, J. P. et al. **O papel da gestão comunitária no abastecimento de água e geração de eletricidade com energia fotovoltaica em comunidades rurais da Amazônia.** *Desenvolvimento em Debate*, v. 10, n. 2, p. 182-205, 2022.
- SILVA, Rodrigo Alves; RAMOS, Henrique Duarte. **Energia solar fotovoltaica aplicada ao bombeamento de água em comunidades rurais.** *Revista de Energias Renováveis*, v. 9, n. 1, p. 88-104, 2020.
- SUNERGIA. **Bombas de água solar fotovoltaica.** Sunergia, 02 dez. 2024. Disponível em: <https://sunergia.com.br/blog/bombas-de-agua-solar-fotovoltaico/>. Acesso em: 11 dez. 2025.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC). **Análise da Importância da Energia Solar nas Comunidades Rurais: Um estudo de caso.** 2005. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/5144/1/2005\\_eve\\_aljfbarros.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/5144/1/2005_eve_aljfbarros.pdf). Acesso em: 11 dez. 2025.
- VALE, M. E. R.; LEAL, S. M. R. **Gestão sociotécnica de sistemas autônomos de saneamento em comunidades rurais isoladas na Amazônia.** *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, v. 28, n. 2, 2021.