



Tecnologias Sociais Energéticas e Pobreza Energética: Uma Revisão Sistemática das Tendências, Lacunas e Fatores de Escalabilidades

Heris Coutinho Vieira¹

Resumo: A pobreza energética permanece como um obstáculo persistente ao desenvolvimento socioeconômico sustentável, especialmente em contextos marcados por desigualdades estruturais, limitações de infraestrutura e elevados custos relativos da energia. Nesse cenário, as tecnologias sociais energéticas baseadas em soluções descentralizadas têm emergido como alternativas promissoras para ampliar o acesso à energia de modo sustentável e sensível às especificidades locais. Apesar desse potencial, muitas dessas iniciativas permanecem restritas a experiências localizadas e enfrentam desafios relacionados à escalabilidade e à sustentabilidade de longo prazo. Este estudo examina como a literatura científica tem abordado a escalabilidade de tecnologias sociais energéticas no contexto da pobreza energética, com ênfase na identificação de tendências analíticas, lacunas de pesquisa e fatores institucionais, econômicos e organizacionais destacados nos estudos existentes. Metodologicamente, o artigo baseia-se em uma revisão sistemática da literatura conduzida conforme as diretrizes do PRISMA 2020, a partir de buscas nas bases *Web of Science* e *Scopus*, no qual abrange o período de 2014 a 2025. O corpus final é composto por 20 artigos revisados por pares, selecionados com base em critérios de elegibilidade previamente definidos. A síntese qualitativa revela crescente ênfase nas soluções energéticas renováveis descentralizadas, acompanhada do reconhecimento do papel da governança local, da participação comunitária e dos arranjos institucionais na sustentabilidade e difusão dessas iniciativas. Ao mesmo tempo, a literatura permanece predominantemente concentrada em dimensões técnicas e econômicas, com limitada integração analítica de fatores sociais e organizacionais, especialmente no que se refere à escalabilidade. Os achados também evidenciam lacunas relevantes, como a sub-representação de perspectivas latino-americanas e a limitada interlocução com o conceito de tecnologia social. O estudo contribui ao sistematizar as principais tendências e lacunas do campo e ao indicar direções para futuras pesquisas e políticas públicas voltadas à promoção de transições energéticas mais inclusivas e sustentáveis.

Palavras-chave: Pobreza energética; Tecnologias sociais; Energia descentralizada; Inovação inclusiva; Transição energética.

Código JEL: Q40; Q48; O13

Área Temática: Tecnologias e Inovações Sociais e Ambientais

¹ Universidade de Brasília. E-mail: vieira.heris@gmail.com

Energy Social Technologies and Energy Poverty: A Systematic Review of Trends, Gaps, and Scalability Factors

Abstract: Energy poverty remains a persistent barrier to sustainable socio-economic development, particularly in contexts marked by structural inequalities, infrastructural constraints, and high relative energy costs. In this setting, social energy technologies based on decentralized solutions have emerged as promising alternatives for expanding energy access in ways that are both sustainable and responsive to local conditions. Despite their potential, however, many of these initiatives remain limited to localized experiences and face significant challenges in terms of scalability and long-term sustainability. This study examines how the scientific literature has addressed the scalability of social energy technologies in the context of energy poverty, with particular attention to analytical trends, research gaps, and the institutional, economic, and organizational factors emphasized in previous studies. Methodologically, the article is based on a systematic literature review conducted in accordance with the PRISMA 2020 guidelines, drawing on searches in the Web of Science and Scopus databases for the period 2014 and 2025. The final corpus comprises 20 peer-reviewed articles selected according to previously defined eligibility criteria. The qualitative synthesis reveals a growing emphasis on decentralized renewable energy solutions, alongside increasing recognition of the role of local governance, community participation, and institutional arrangements in shaping the sustainability and diffusion of these initiatives. At the same time, the literature remains predominantly focused on technical and economic dimensions, with limited analytical integration of social and organizational factors, particularly with regard to scalability. The findings also point to important gaps, including the underrepresentation of Latin American perspectives and the limited engagement with the concept of social technology. The study contributes by systematizing the main trends and gaps in the field and by offering directions for future research and public policy aimed at fostering more inclusive and sustainable energy transitions.

Keywords: Energy poverty; social technologies; decentralized energy; inclusive innovation; energy transition.

1 INTRODUÇÃO

A pobreza energética constitui um dos principais obstáculos ao desenvolvimento socioeconômico sustentável, especialmente em países marcados por desigualdades estruturais, heterogeneidade territorial e limitações de infraestrutura. O acesso confiável e acessível à energia é condição fundamental para a melhoria da produtividade, da qualidade de vida e da inclusão econômica, sendo amplamente reconhecido como elemento central do desenvolvimento humano (IEA, 2022; UNDP, 2021). No Brasil, apesar dos avanços expressivos na eletrificação nas últimas décadas, persistem déficits relacionados ao custo da energia, à qualidade do fornecimento e à vulnerabilidade energética de populações de baixa renda, sobretudo em regiões rurais, comunidades isoladas e periferias urbanas (Goldemberg & Lucon, 2010; Bermann, 2002; Schaeffer et al., 2016).

Os estudos nacionais destacam que o sistema energético brasileiro, embora relativamente diversificado e com elevada participação de fontes renováveis, ainda apresenta forte assimetria de acesso e capacidade de atendimento às populações mais vulneráveis (Rosa, 2007; Abranches, 2010). Nessas áreas, a precariedade do serviço e os elevados custos relativos da energia limitam o desenvolvimento de atividades produtivas e reforçam processos de exclusão social e territorial. A dependência de fontes tradicionais ou de soluções informais de acesso à energia pode, ainda, gerar impactos ambientais e riscos à saúde, agravando condições já adversas.

Nesse contexto, as tecnologias sociais baseadas em soluções energéticas descentralizadas, como sistemas solares domiciliares, micro redes comunitárias e modelos cooperativos de gestão, têm sido apontadas como alternativas promissoras para ampliar o acesso à energia de forma sustentável e adaptada às realidades locais (Sovacool, 2012; Bazilian et al., 2011). No Brasil, essas iniciativas dialogam com a tradição das tecnologias sociais e da inovação orientada ao desenvolvimento local, frequentemente associadas à participação comunitária e à construção de soluções tecnológicas apropriadas às condições socioeconômicas específicas de cada território (Dagnino, Brandão & Novaes, 2004; Costa, 2013).

Apesar do potencial dessas soluções, a literatura evidencia que muitas permanecem restritas a experiências localizadas ou projetos piloto, enfrentando dificuldades para alcançar escala e sustentabilidade econômica de longo prazo. Barreiras institucionais, regulatórias e financeiras limitam sua integração aos sistemas energéticos e produtivos, reduzindo sua capacidade de produzir transformações estruturais. No caso brasileiro, a ausência de mecanismos consistentes de financiamento, a fragmentação das políticas públicas e a insuficiente coordenação entre diferentes níveis de governo constituem entraves relevantes à difusão dessas iniciativas (Bermann, 2002; Schaeffer et al., 2016). Ademais, a expansão dessas tecnologias está diretamente relacionada ao processo mais amplo de transição energética, que envolve mudanças nos padrões de geração, distribuição e consumo de energia, bem como na organização dos sistemas produtivos e institucionais (Goldemberg & Lucon, 2010).

Diante desse cenário, a questão da escalabilidade torna-se central para compreender se e como tecnologias sociais energéticas podem contribuir efetivamente para a redução estrutural da pobreza energética. Embora a literatura internacional avance na discussão sobre inovação inclusiva e difusão tecnológica, ainda são limitadas as análises sistemáticas que considerem os condicionantes institucionais, econômicos e organizacionais da expansão dessas soluções no contexto brasileiro.

Embora exista uma literatura crescente sobre inovação inclusiva e soluções energéticas descentralizadas, observa-se que grande parte dos estudos se concentra na descrição de experiências, avaliação de viabilidade técnica e análise de impactos locais, havendo menor sistematização dos padrões analíticos, tendências e lacunas que caracterizam esse campo de pesquisa. Nesse sentido, torna-se relevante não apenas identificar fatores condicionantes da escalabilidade, mas compreender como esses fatores têm sido abordados e interpretados na literatura científica recente. Assim, a pergunta que orienta este estudo é: como a literatura científica tem abordado a escalabilidade de tecnologias sociais energéticas no enfrentamento da pobreza energética, e quais tendências, lacunas e fatores condicionantes são identificados nesses estudos?

Dessa forma, este estudo tem como objetivo geral analisar como a literatura científica recente tem abordado a escalabilidade de tecnologias sociais energéticas no enfrentamento da pobreza energética, com ênfase na identificação de tendências analíticas, lacunas de pesquisa e fatores institucionais, econômicos e organizacionais destacados nos estudos selecionados. De modo específico, busca-se: (i) mapear as

principais abordagens teóricas e empíricas sobre tecnologias sociais energéticas voltadas à inclusão energética; (ii) identificar tendências recorrentes na literatura sobre acesso à energia e soluções descentralizadas; (iii) examinar como os estudos analisados tratam os fatores institucionais, econômicos e organizacionais associados à escalabilidade dessas iniciativas; e (iv) sistematizar lacunas e possibilidades de avanço na agenda de pesquisa sobre o tema.

Diante da persistência da pobreza energética e das limitações das soluções convencionais de eletrificação, compreender os fatores que condicionam a escalabilidade de tecnologias sociais energéticas torna-se fundamental para avaliar seu potencial de contribuição ao desenvolvimento inclusivo e à transição energética no Brasil. Ao identificar os mecanismos institucionais, econômicos e organizacionais que influenciam a difusão dessas soluções, este estudo busca preencher lacunas relevantes da literatura e oferecer subsídios para a formulação de políticas públicas mais eficazes. Além desta introdução, o artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta a revisão da literatura sobre pobreza energética, tecnologias sociais e inovação inclusiva; a seção 3 descreve os procedimentos metodológicos da Revisão Sistemática; a seção 4 expõe e discute os resultados obtidos; e, por fim, a seção 5 apresenta as conclusões, implicações para políticas públicas e sugestões para pesquisas futuras.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A compreensão da escalabilidade de tecnologias sociais no combate à pobreza energética exige a integração de diferentes campos teóricos, incluindo estudos sobre desigualdade energética, inovação inclusiva, tecnologias sociais e transição energética. A literatura internacional e nacional converge ao reconhecer que o acesso à energia constitui um elemento estruturante do desenvolvimento socioeconômico, embora persistam importantes lacunas quanto à difusão de soluções voltadas a populações vulneráveis. Nesse contexto, o presente estudo busca identificar os principais fatores que condicionam a implementação e a expansão dessas tecnologias, organizando a discussão em duas dimensões analíticas complementares: (i) a pobreza energética e o papel das tecnologias sociais no contexto brasileiro e (ii) a escalabilidade dessas soluções no âmbito da inovação inclusiva e da transição energética.

2.1 Pobreza energética e tecnologias sociais no contexto brasileiro

A pobreza energética tem sido amplamente reconhecida como um fenômeno multidimensional que ultrapassa a mera ausência de acesso físico à eletricidade, incorporando aspectos relacionados à acessibilidade econômica, à confiabilidade do fornecimento e à adequação dos serviços às necessidades sociais e produtivas das populações (Boardman, 1991; Pachauri & Spreng, 2011). Nesse sentido, a insuficiência de serviços energéticos modernos compromete diretamente a saúde, a educação e a produtividade, perpetuando ciclos de exclusão social e limitando as possibilidades de desenvolvimento humano (Sovacool, 2012).

Em países em desenvolvimento, esses impactos são agravados por desigualdades estruturais, isolamento territorial e fragilidade institucional. No Brasil, embora a expansão da eletrificação tenha avançado significativamente nas últimas décadas, persistem bolsões de vulnerabilidade energética associados ao custo elevado da energia, à precariedade do serviço e às dificuldades de acesso em áreas remotas. Goldemberg e Lucon (2010) ressaltam que a energia constitui um elemento estruturante do desenvolvimento sustentável, enquanto Bermann (2002) evidencia as profundas assimetrias regionais do sistema energético nacional. De forma complementar, Rosa (2007) argumenta que a universalização efetiva do acesso exige soluções adaptadas às especificidades territoriais, sobretudo na Amazônia e no semiárido.

Nesse contexto, as tecnologias sociais voltadas ao acesso descentralizado à energia emergem como alternativas promissoras para enfrentar essas limitações. Diferentemente das inovações orientadas exclusivamente por retornos de mercado, tais tecnologias são concebidas a partir das necessidades locais e frequentemente envolvem processos participativos em sua concepção e implementação. Dagnino, Brandão e Novaes (2004) defendem que as tecnologias sociais promovem a democratização do conhecimento técnico e fortalecem o desenvolvimento local, ao permitir a apropriação coletiva das soluções. No Brasil,

Costa (2013) observa que a inovação social tende a emergir de arranjos colaborativos entre Estado, sociedade civil e comunidades, o que amplia sua legitimidade e eficácia territorial.

Além das limitações de acesso físico e econômico à energia, a literatura brasileira tem destacado que a pobreza energética está profundamente associada às condições habitacionais, à eficiência dos equipamentos domésticos e aos padrões de consumo das famílias de baixa renda. Estudos indicam que domicílios vulneráveis tendem a utilizar aparelhos menos eficientes e apresentam menor capacidade de investimento em melhorias tecnológicas, o que resulta em maior comprometimento da renda com despesas energéticas e reduzida qualidade de vida (Goldemberg; Lucon, 2010; Rosa, 2007). Ademais, os fatores como precariedade das moradias, ausência de isolamento térmico e infraestrutura urbana inadequada intensificam a demanda por energia, agravando a vulnerabilidade das famílias (Bermann, 2002).

Segundo Schaeffer et al. (2016), a desigualdade no acesso a serviços energéticos modernos no Brasil reflete padrões estruturais de desenvolvimento desigual, associados à distribuição de renda, à urbanização precária e à limitada integração territorial. Nesse sentido, Costa (2013) ressalta que a exclusão energética não se restringe à ausência de eletrificação, mas envolve também restrições de uso decorrentes do alto custo tarifário e da baixa eficiência energética. Estudos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada reforçam que famílias de baixa renda frequentemente enfrentam a chamada “pobreza de consumo energético”, caracterizada pela necessidade de restringir o uso de equipamentos essenciais para manter o orçamento doméstico (IPEA, 2018). Assim, a persistência da pobreza energética no país evidencia que a expansão da oferta elétrica, embora necessária, é insuficiente para garantir inclusão energética plena, exigindo políticas integradas que combinem eficiência energética, subsídios direcionados e soluções tecnológicas adaptadas às realidades locais.

2.2 Escalabilidade, inovação inclusiva e transição energética

Apesar do potencial dessas tecnologias, a literatura aponta que muitas iniciativas permanecem restritas a experiências localizadas, sem alcançar escala suficiente para produzir impactos estruturais. O conceito de escalabilidade refere-se à capacidade de replicar e expandir soluções bem-sucedidas para novos contextos mantendo sua eficácia e sustentabilidade ao longo do tempo. Westley et al. (2014) destacam que a difusão de inovações sociais depende de complexos processos de adaptação institucional, mobilização de recursos e articulação entre múltiplos atores.

A literatura sobre inovação inclusiva reforça essa perspectiva ao enfatizar que soluções voltadas a populações de baixa renda requerem modelos distintos daqueles orientados por mercados tradicionais. George, McGahan e Prabhu (2012) argumentam que a inovação inclusiva busca ampliar o acesso a bens e serviços essenciais, contribuindo simultaneamente para o crescimento econômico e a redução das desigualdades. No setor energético, soluções descentralizadas baseadas em fontes renováveis, como sistemas solares domiciliares e micro redes comunitárias que apresentam elevado potencial para atender populações não alcançadas pelas redes convencionais (Bazilian et al., 2011; Sovacool, 2012).

Adicionalmente, a escalabilidade dessas tecnologias deve ser compreendida no contexto mais amplo da transição energética global. A abordagem sociotécnica proposta por Geels (2002) sustenta que mudanças estruturais nos sistemas energéticos resultam da interação entre tecnologia, instituições, mercados e práticas sociais. No Brasil, Schaeffer et al. (2016) destacam que a diversificação da matriz energética e o avanço das fontes renováveis criam oportunidades para soluções descentralizadas, embora persistam desafios regulatórios e financeiros. Grubler et al. (2018) acrescentam que a transição para sistemas energéticos sustentáveis exige transformações institucionais profundas e novos arranjos de governança.

No contexto brasileiro, o debate sobre acesso à energia está fortemente associado às políticas públicas de universalização e às estratégias de desenvolvimento regional. Programas como o Luz para Todos evidenciaram que a expansão da infraestrutura elétrica, embora fundamental, não é suficiente para eliminar a pobreza energética, sobretudo em territórios marcados por vulnerabilidades socioeconômicas, dispersão populacional e isolamento geográfico. Pesquisadores nacionais destacam que fatores como renda, capacidade de pagamento, qualidade do fornecimento e acesso a tecnologias eficientes são determinantes para a efetiva inclusão energética (Goldemberg; Lucon, 2010; Bermann, 2002). Ademais, Schaeffer et al. (2016) ressaltam que a transição para fontes renováveis e soluções descentralizadas pode ampliar a

segurança energética e reduzir desigualdades regionais, desde que acompanhada por marcos regulatórios adequados e mecanismos de financiamento capazes de viabilizar sua implementação em larga escala.

Paralelamente, a literatura brasileira sobre tecnologias sociais enfatiza que soluções voltadas à superação da pobreza devem considerar os saberes locais, a participação comunitária e os arranjos institucionais territoriais como elementos centrais de sua sustentabilidade. Dagnino (2009) argumenta que a tecnologia social constitui uma alternativa ao paradigma tecnológico dominante, ao priorizar inclusão social, autonomia e apropriação coletiva do conhecimento. Nessa mesma direção, estudos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada indicam que a inovação social no Brasil frequentemente se estrutura em redes colaborativas que articulam organizações da sociedade civil, universidades e instituições públicas, favorecendo processos de aprendizagem coletiva e fortalecimento territorial (Costa, 2013). Por isso, que tais características são particularmente relevantes para a difusão dessas iniciativas, uma vez que a adaptação a diferentes contextos depende da capacidade de mobilização social e institucional.

Nesse sentido, a literatura converge ao indicar que a escalabilidade das tecnologias sociais energéticas constitui um elemento decisivo para o combate à pobreza energética e para a promoção de um desenvolvimento mais inclusivo e sustentável. Compreender os fatores que favorecem ou restringem sua difusão torna-se, portanto, fundamental para avaliar seu potencial transformador, especialmente em países caracterizados por profundas desigualdades territoriais como o Brasil. Assim, a análise da escalabilidade dessas soluções não apenas contribui para o avanço do debate acadêmico, mas também oferece subsídios relevantes para a formulação de políticas públicas orientadas à universalização do acesso à energia e à redução das desigualdades socioeconômicas.

3 METODOLOGIA

A análise dos estudos selecionados foi conduzida por meio de síntese qualitativa temática, na qual permite a identificação de padrões recorrentes, categorias analíticas e lacunas na literatura. Dessa forma, esta revisão sistemática da literatura foi conduzida em conformidade com as diretrizes metodológicas propostas por Higgins et al. (2023) e com as recomendações do PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), amplamente adotadas para assegurar transparência, rigor e reprodutibilidade em estudos dessa natureza. O delineamento da revisão baseou-se na definição prévia de objetivos claros e de critérios de elegibilidade explicitamente estabelecidos, acompanhados de uma estratégia de busca sistemática destinada a identificar, de forma abrangente, os estudos relevantes para a questão investigada.

A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados internacionais reconhecidas pela cobertura nas áreas de energia, inovação e desenvolvimento, incluindo *Web of Science* e *Scopus*, durante o período de 2014 a 2025, na qual foi complementada por busca manual nas listas de referências dos artigos selecionados. A estratégia de busca foi estruturada a partir de descritores relacionados à pobreza energética e às soluções energéticas descentralizadas, combinados por operadores booleanos. Conforme o Quadro 1, entre os principais termos empregados destacam-se *energy poverty*, *energy access*, *renewable energy*, *off-grid*, *microgrid*, *community energy*, *social innovation*, *inclusive innovation* e *technology diffusion*, adaptados às especificidades de cada base consultada.

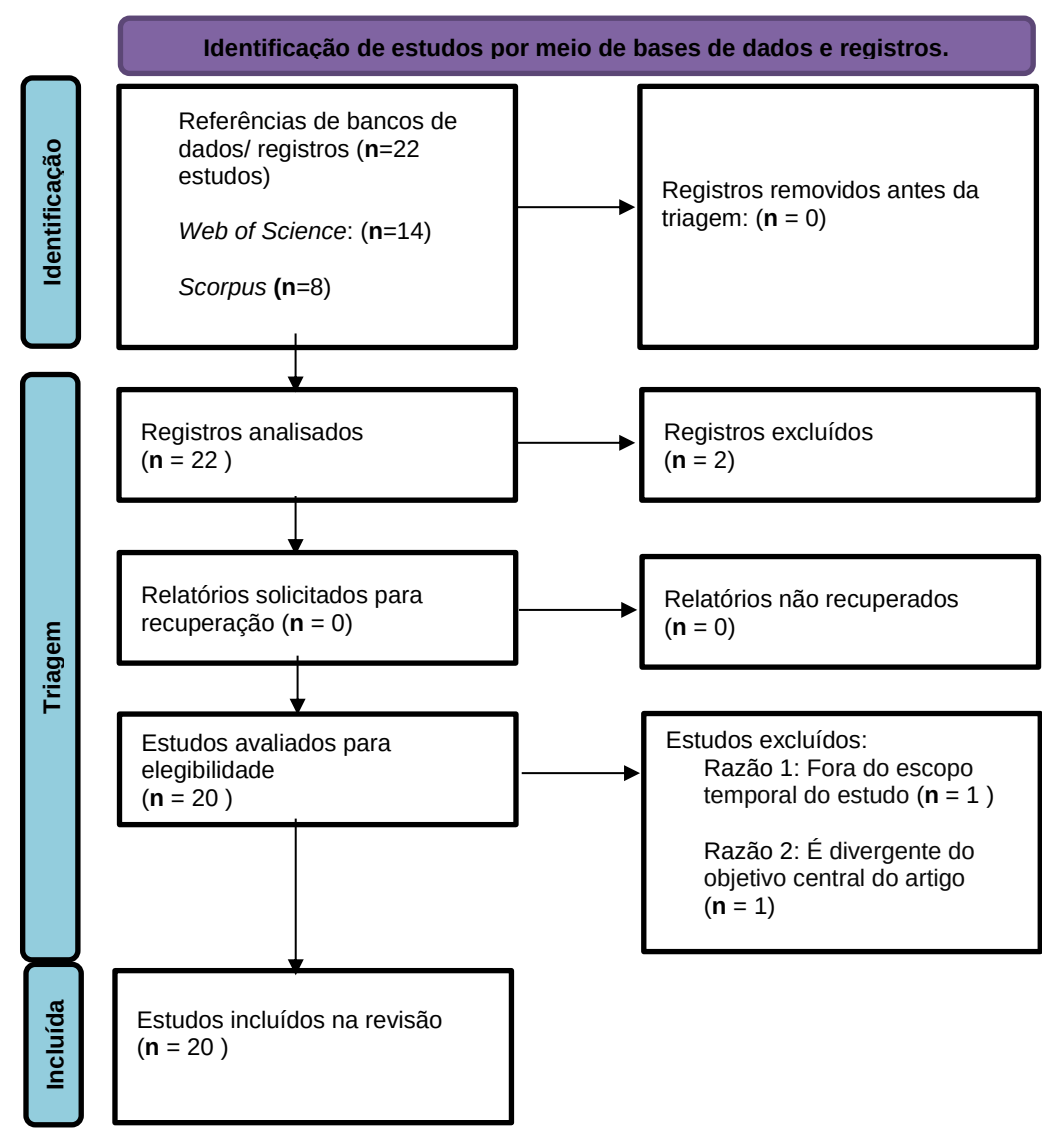
Quadro 1 - Estratégia de busca dos artigos para a RSL

Base de dados	Busca em	String utilizada
Web of Science	Título, resumo, palavras-chave	TS = (("energy poverty" OR "energy access" OR "fuel poverty" OR "energy deprivation" OR "energy insecurity") AND ("social innovation" OR "inclusive innovation" OR "appropriate technology" OR "grassroots innovation" OR "community-based innovation" OR "community energy") AND (scalability OR "scaling up" OR diffusion OR adoption OR replication OR dissemination OR expansion) AND ("renewable energy" OR "sustainable energy" OR "decentralized energy" OR "distributed energy" OR "off-grid" OR microgrid* OR "distributed generation"))
Scopus	Todos os campos	

Fonte: Elaborado pelo autor

Foram incluídos na análise artigos científicos revisados por pares, publicados em língua inglesa, portuguesa ou espanhola, que abordassem dimensões tecnológicas, sociais, econômicas ou institucionais do acesso à energia e da redução da pobreza energética. Excluíram-se estudos puramente técnicos sem relação com inclusão energética, documentos não submetidos à revisão por pares, trabalhos duplicados entre bases e publicações sem acesso ao texto completo.

Figura 1. Fluxograma da Pesquisa Baseado no Método PRISMA



Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a Figura 1, o processo de seleção dos estudos ocorreu em etapas sucessivas de identificação, triagem e elegibilidade, mediante análise inicial de títulos e resumos, seguida da leitura integral dos textos potencialmente relevantes. Posteriormente, procedeu-se à avaliação crítica da validade e da consistência metodológica dos estudos incluídos, conforme recomendado por Higgins et al. (2023). Por fim, realizou-se uma síntese sistemática das características e dos principais achados dos trabalhos selecionados, permitindo a identificação de padrões, convergências e lacunas na literatura sobre soluções energéticas voltadas ao enfrentamento da pobreza energética.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação da estratégia de busca nas bases Scopus e Web of Science possibilitou mapear e sistematizar as principais tendências analíticas, abordagens teóricas e lacunas presentes na literatura sobre pobreza

energética e tecnologias sociais energéticas. No total, foram identificados 20 registros, com predominância expressiva de estudos indexados na *Web of Science* que totalizaram 14 estudos, e em seguida, pela *Scopus* com a soma de 6 estudos.

A consolidação dos registros obtidos por meio da estratégia de busca resultou em um conjunto final de 20 artigos considerados pertinentes ao tema investigado, conforme evidenciado pelo arquivo de exportação utilizado para análise. Esses estudos representam a produção científica mais diretamente alinhada à questão de pesquisa, após as etapas de seleção e refinamento previamente descritas. Observa-se que o corpus final abrange investigações empíricas e teóricas voltadas ao acesso à energia, às soluções energéticas descentralizadas e às dimensões sociais e institucionais associadas à pobreza energética, que evidencia a natureza multidisciplinar do campo.

Todavia, apesar do número de trabalhos selecionados seja relativamente restrito, os artigos identificados apresentam uma diversidade de abordagens metodológicas, contextos geográficos e enfoques analíticos, que permite uma compreensão abrangente das principais tendências e desafios discutidos na literatura recente. Esse conjunto de estudos constituiu a base analítica da revisão sistemática, a partir da qual foram identificados padrões, convergências e lacunas de pesquisa, apresentados no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 - Caracterização dos estudos incluídos e principais resultados da revisão sistemática

Autor(es)	Ano	Periódico	Tema do estudo	Principais resultados
Ojo	2014	<i>Local Environment</i>	Energia comunitária na Nigéria	Projetos de energia comunitária podem fortalecer o desenvolvimento local, mas dependem de apoio institucional e participação social.
Warnecke; Houndonougbo	2016	<i>Journal of Economic Issues</i>	Empreendedorismo social e energia solar	Empreendimentos sociais baseados em energia solar contribuem para inclusão econômica e melhoria das condições de vida.
Ockwell; Byrne	2016	<i>Sustainable Energy for All</i>	Transformações verdes pró-pobres	Políticas de transição energética podem gerar benefícios distributivos quando orientadas para populações vulneráveis.
Louie	2018	Livro	Sistemas off-grid	Sistemas isolados são viáveis para regiões remotas, podendo suprir necessidades básicas de eletrificação.
Martiskainen; Heiskanen; Speciale	2018	<i>Local Environment</i>	Energia comunitária e pobreza energética	Iniciativas comunitárias reduzem custos energéticos e fortalecem a coesão social.
McCabe; Pojani; van Groenou	2018	<i>Energy Research & Social Science</i>	Energia em habitação social	Projetos de energia comunitária podem aliviar a pobreza energética em moradias sociais.
Vallecha; Bhola	2019	<i>Renewable & Sustainable Energy Reviews</i>	Replicabilidade de projetos	Propõem estrutura para avaliar sustentabilidade e replicabilidade de iniciativas energéticas comunitárias.
Odou; Bhandari; Adamou	2020	<i>Renewable Energy</i>	Sistema híbrido off-grid	Sistemas híbridos renováveis apresentam viabilidade técnica e econômica para eletrificação rural.

Hargreaves; Middlemiss	2020	<i>Nature Energy</i>	Relações sociais e consumo	Práticas sociais influenciam significativamente padrões de consumo energético.
Sandoval-Reyes et al.	2020	<i>Sustainable Cities and Society</i>	Sistemas trigeração	Sistemas integrados podem aumentar eficiência energética em ambientes urbanos.
Cheshmehzangi; Dawodu; Sharifi	2021	Livro	Urbanismo sustentável	Estratégias urbanas sustentáveis contribuem para redução de impactos ambientais e melhoria da qualidade de vida.
Robinson; Clifford; Jewitt	2022	<i>Energy Research & Social Science</i>	Acesso humanitário à energia	Programas de energia em contextos de crise são essenciais para bem-estar e recuperação social.
Bode	2022	<i>Frontiers in Sustainable Cities</i>	Energia comunitária na Alemanha	Projetos comunitários podem mitigar pobreza energética mesmo em países desenvolvidos.
Besner; Mehta; Zörner	2023	<i>Energies</i>	Energia em assentamentos informais	Soluções renováveis são viáveis para áreas urbanas vulneráveis e podem melhorar condições sanitárias e econômicas.
Gawusu	2024	<i>Renewable & Sustainable Energy Reviews</i>	Determinantes da pobreza energética	Pobreza energética resulta de múltiplos fatores socioeconômicos e institucionais.
Deb et al.	2024	<i>WIREs Energy and Environment</i>	Sistemas energéticos locais	Sistemas descentralizados aumentam resiliência energética e autonomia local.
Gill-Wiehl et al.	2025	<i>Environmental Science & Technology Letters</i>	Energia limpa para cocção	Políticas públicas podem ampliar acesso a tecnologias limpas e reduzir impactos à saúde.
Prasad et al.	2025	<i>Resources</i>	Energia em comunidades insulares	Renováveis fortalecem resiliência e segurança energética em ilhas.
Lesala; Mukumba	2025	<i>Oxford Open Energy</i>	Mini-redes híbridas	Participação comunitária melhora operação e sustentabilidade dos sistemas energéticos.
Gálvez-Campos	2025	<i>Energy Research & Social Science</i>	Segurança energética na Guatemala	Acesso à energia é fator central para desenvolvimento econômico e estabilidade social.

Fonte: Scopus (2026) e Web of Science (2026). Elaboração própria dos autores.

A análise dos estudos selecionados permite observar uma evolução gradual nas formas de compreender o acesso à energia e a pobreza energética, evidenciando a passagem de enfoques predominantemente técnicos para abordagens mais amplas, que incorporam dimensões sociais, econômicas e territoriais. Nesse percurso, os trabalhos mais antigos já apontavam que a energia não constitui apenas

um insumo produtivo, mas um elemento estruturante das condições de vida e do desenvolvimento local. O estudo de Ojo (2014), por exemplo, mostra que iniciativas de energia comunitária podem fortalecer redes sociais e capacidades institucionais, sugerindo que seus efeitos vão além da infraestrutura e alcançam a organização coletiva das comunidades.

Na mesma direção, Warnecke e Houndonougbo (2016) destacam o papel do empreendedorismo social na difusão de soluções solares em contextos de baixa renda, evidenciando seu potencial para gerar oportunidades econômicas e ampliar a autonomia das populações atendidas. De forma complementar, Ockwell e Byrne (2016) argumentam que a transição energética pode contribuir para a redução das desigualdades quando orientada por políticas voltadas aos grupos mais vulneráveis. Já Louie (2018) enfatiza a viabilidade técnica dos sistemas off-grid em áreas remotas, demonstrando que tais soluções podem suprir necessidades básicas de eletrificação onde a expansão das redes tradicionais se mostra inviável.

A partir de 2018, a literatura passa a valorizar com maior intensidade o papel da participação social e das iniciativas coletivas. Estudos como os de Martiskainen, Heiskanen e Speciale (2018) e McCabe, Pojani e van Groenou (2018) indicam que projetos de energia comunitária não apenas reduzem custos energéticos, mas também fortalecem vínculos sociais e ampliam a capacidade de organização local. Nesse contexto, Vallecha e Bhola (2019) propõem um arcabouço para avaliar a replicabilidade dessas iniciativas, destacando a importância de compreender as condições que permitem sua expansão para outros territórios.

Nos anos seguintes, observa-se maior integração entre aspectos técnicos e sociais. Odou, Bhandari e Adamou (2020) demonstram a viabilidade econômica de sistemas híbridos renováveis para eletrificação rural, enquanto Hargreaves e Middlemiss (2020) evidenciam que padrões de consumo energético estão profundamente ligados às práticas cotidianas e às dinâmicas culturais. Sandoval-Reyes et al. (2020), por sua vez, apontam ganhos de eficiência energética por meio de sistemas integrados, ainda que com menor foco nas dimensões sociais da pobreza energética.

Os estudos mais recentes ampliam o debate ao mostrar que a vulnerabilidade energética se manifesta em diferentes contextos e não se restringe aos países de baixa renda. Robinson, Clifford e Jewitt (2022) destacam a importância do acesso à energia em situações de crise humanitária, enquanto Bode (2022) evidencia a persistência da pobreza energética em economias desenvolvidas. Besner, Mehta e Zörner (2023) demonstram a viabilidade de soluções renováveis em assentamentos informais urbanos, ao passo que Gawusu (2024) reforça o caráter multidimensional da pobreza energética, associando-a a fatores socioeconômicos, institucionais e territoriais.

Mais recentemente, a literatura tem enfatizado a descentralização energética como estratégia para aumentar a resiliência dos sistemas e reduzir vulnerabilidades estruturais. Deb et al. (2024) mostram que sistemas energéticos locais podem fortalecer a autonomia das comunidades, enquanto Gill-Wiehl et al. (2025) destacam o papel das políticas públicas na ampliação do acesso a tecnologias limpas, especialmente no setor de cocção. Em contextos específicos, como comunidades insulares, Prasad et al. (2025) demonstram que as energias renováveis contribuem para a segurança energética e a capacidade adaptativa frente a choques externos. De forma convergente, Lesala e Mukumba (2025) evidenciam que a participação comunitária melhora o funcionamento e a sustentabilidade das mini-redes, reforçando a importância da governança local. Por fim, Gálvez-Campos (2025) aponta que o acesso à energia constitui um fator central para o desenvolvimento econômico e a estabilidade social, sobretudo em contextos marcados por desigualdades persistentes.

Em conjunto, esses estudos sugerem que as soluções energéticas descentralizadas possuem elevado potencial para mitigar a pobreza energética, mas sua efetividade depende de condições que vão além da dimensão tecnológica. Aspectos institucionais, formas de organização comunitária, políticas públicas e características territoriais desempenham papel decisivo na sustentabilidade das iniciativas. Assim, torna-se evidente que intervenções centradas exclusivamente na provisão de infraestrutura tendem a produzir resultados limitados, enquanto abordagens integradas, que consideram simultaneamente dimensões técnicas e sociais, mostram-se mais capazes de gerar impactos duradouro.

4.1 Tendências e Lacunas da Literatura

A análise qualitativa dos estudos selecionados indica que a literatura contemporânea sobre acesso à energia e pobreza energética tem se concentrado predominantemente no desenvolvimento e na

implementação de soluções tecnológicas descentralizadas, com destaque para sistemas off-grid, micro redes e outras modalidades de geração distribuída baseadas em fontes renováveis. Em geral, esses trabalhos priorizam a avaliação da viabilidade técnica e econômica das soluções, explorando aspectos como custos de implantação, desempenho energético e potencial de atendimento a populações residentes em áreas rurais ou isoladas. Paralelamente, observa-se a crescente incorporação das dimensões de segurança energética e sustentabilidade ambiental, refletindo a convergência entre as agendas de universalização do acesso à energia e de transição energética em países em desenvolvimento.

Nesse contexto, uma segunda tendência refere-se ao reconhecimento do papel das comunidades locais na implementação, operação e manutenção dessas tecnologias. Estudos sobre *community energy* e participação social apontam que a aceitação e o uso continuado das soluções dependem de fatores como governança local, organização comunitária e suporte institucional. Todavia, apesar dessa crescente valorização do componente social, a maior parte da produção científica permanece ancorada em abordagens predominantemente técnico-institucionais, com limitada investigação dos processos sociais, culturais e organizacionais que condicionam a apropriação das tecnologias e a sustentabilidade das iniciativas ao longo do tempo.

No que se refere à escalabilidade, a difusão das soluções energéticas é frequentemente tratada como um desafio estrutural, associado a barreiras regulatórias, financeiras e logísticas. Embora diversos estudos reconheçam a dificuldade de transformar experiências bem-sucedidas em iniciativas replicáveis em larga escala, poucos examinam de forma sistemática os mecanismos que permitem essa transição. Consequentemente, a literatura tende a enfatizar obstáculos, como insuficiência de financiamento, fragilidade dos modelos de negócio e fragmentação institucional, sem oferecer quadros analíticos robustos capazes de explicar os processos de expansão territorial e consolidação das iniciativas.

Ademais, identifica-se uma lacuna conceitual significativa no enquadramento das soluções voltadas à inclusão energética. Embora categorias como a *social innovation*, inclusive *innovation* e *community energy* sejam amplamente mobilizadas, observa-se limitada articulação com o conceito de tecnologia social, desenvolvido sobretudo no contexto latino-americano e particularmente no Brasil. Essa ausência revela certa desconexão entre tradições teóricas regionais e o debate internacional, restringindo a compreensão de abordagens baseadas na participação comunitária, na coprodução do conhecimento e na adaptação das soluções às realidades locais.

Por fim, destaca-se a distribuição geográfica desigual das evidências empíricas, com forte concentração de estudos na África Subsaariana e no Sul da Ásia e menor presença de pesquisas oriundas da América Latina. Tal assimetria limita a análise comparativa entre diferentes contextos sociopolíticos e institucionais e dificulta a identificação de estratégias adequadas às especificidades latino-americanas. Em conjunto, essas lacunas apontam para a necessidade de investigações que integrem dimensões tecnológicas, sociais e institucionais, com especial atenção aos processos de escalabilidade de soluções energéticas inclusivas em territórios marcados por profundas desigualdades e restrições estruturais.

Em conjunto, os estudos analisados sugerem que, embora as tecnologias energéticas descentralizadas tenham avançado de forma significativa e apresentem elevado potencial para ampliar o acesso à energia, sua efetividade no enfrentamento da pobreza energética depende de fatores que vão além do desempenho técnico ou da viabilidade econômica. A literatura indica que aspectos como organização comunitária, governança local, arranjos institucionais e modelos de financiamento desempenham papel decisivo na sustentabilidade das iniciativas ao longo do tempo, mas ainda são explorados de maneira insuficiente. Além disso, a dificuldade de transformar experiências bem-sucedidas em soluções replicáveis em larga escala evidencia a necessidade de compreender melhor os mecanismos de difusão e adaptação territorial dessas tecnologias. Soma-se a isso a limitada incorporação de perspectivas latino-americanas, especialmente aquelas associadas ao conceito de tecnologia social, o que restringe a análise de alternativas baseadas na participação e na apropriação local das soluções. Assim, o campo de pesquisa aponta simultaneamente para avanços relevantes e desafios persistentes, que indicam as abordagens integradas capazes de articular dimensões tecnológicas, sociais e institucionais e são fundamentais para orientar políticas e estratégias de inovação voltadas à promoção de sistemas energéticos mais inclusivos e sustentáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão sistemática da literatura teve como objetivo analisar a escalabilidade de tecnologias sociais energéticas como estratégia de enfrentamento da pobreza energética, ao identificar os fatores que favorecem ou restringem sua difusão em diferentes contextos territoriais. Cabe destacar que este estudo não teve como propósito realizar uma análise empírica direta dos determinantes da escalabilidade, mas sim sistematizar como tais fatores vêm sendo abordados na literatura científica recente, que contribuem para a organização do campo e para a identificação de tendências analíticas e lacunas de pesquisa. A análise dos estudos selecionados permite evidenciar que soluções baseadas em geração distribuída renovável, sistemas off-grid e iniciativas comunitárias possuem elevado potencial para ampliar o acesso à energia em populações vulneráveis, especialmente em áreas rurais ou periféricas não atendidas pelas redes convencionais.

Os estudos analisados convergem ao demonstrar que iniciativas que incorporam participação comunitária, governança local e integração com políticas públicas tendem a apresentar maior sustentabilidade ao longo do tempo. Em contrapartida, projetos centrados exclusivamente na provisão de infraestrutura energética frequentemente enfrentam dificuldades relacionadas à manutenção técnica, ao financiamento contínuo e à apropriação social das tecnologias. Nesse sentido, a literatura sugere que a escalabilidade não deve ser compreendida apenas como replicação técnica, mas como um processo complexo de adaptação institucional e social às especificidades de cada território.

Outro achado relevante refere-se às barreiras estruturais que limitam a difusão dessas iniciativas, incluindo restrições regulatórias, assimetrias de mercado, fragilidade das capacidades locais e dificuldades de acesso a financiamento adequado. Tais obstáculos explicam por que experiências bem-sucedidas em pequena escala nem sempre conseguem ser reproduzidas em outros contextos. Ao mesmo tempo, observa-se que modelos híbridos que articulam atores públicos, privados e comunitários apresentam maior potencial de expansão, sobretudo quando apoiados por políticas públicas consistentes e mecanismos institucionais de coordenação.

Do ponto de vista teórico, a revisão evidencia a predominância de abordagens centradas na inovação social, na energia comunitária e na descentralização energética, com menor utilização explícita do conceito de tecnologia social, amplamente desenvolvido na literatura latino-americana. Essa lacuna sugere a necessidade de maior diálogo entre tradições teóricas regionais e o debate internacional, especialmente para compreender processos de difusão baseados na participação social e na adaptação local do conhecimento tecnológico.

Entre as limitações da literatura analisada, destaca-se a concentração geográfica das evidências empíricas em determinadas regiões e a predominância de estudos de caso, o que restringe generalizações mais amplas. Nesse contexto, pesquisas futuras podem avançar por meio de análises comparativas entre países, estudos longitudinais sobre a sustentabilidade das iniciativas e investigações que integrem métodos quantitativos e qualitativos para mensurar seus impactos socioeconômicos e territoriais. Também se mostram promissoras pesquisas voltadas à construção de modelos analíticos que expliquem os mecanismos de expansão dessas soluções, bem como estudos focados no contexto brasileiro e latino-americano, ainda sub-representado na literatura internacional.

Conclui-se, portanto, que a escalabilidade de tecnologias sociais energéticas constitui um elemento estratégico para o combate à pobreza energética, desde que acompanhada por arranjos institucionais adequados, apoio governamental contínuo e fortalecimento das capacidades locais. Mais do que uma solução puramente tecnológica, trata-se de um processo socio técnico que envolve governança, participação e adaptação territorial. Ao sistematizar evidências dispersas e identificar os fatores que condicionam a expansão dessas iniciativas, este estudo contribui para o avanço do debate sobre inovação inclusiva e desenvolvimento sustentável em contextos marcados por desigualdade estrutural.

REFERÊNCIAS

- ABRANCHES, Sérgio. *Presidencialismo de coalizão: raízes e evolução do modelo político brasileiro*. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.
- BAZILIAN, Morgan et al. Energy access scenarios to 2030 for the power sector in sub-Saharan Africa. *Energy for Sustainable Development*, v. 15, n. 2, p. 59–65, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2011.02.003>.
- BERMANN, Célio. O Brasil e a questão energética. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 16, n. 44, p. 87–102, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142002000100007>.
- BESNER, M.; MEHTA, L.; ZÖRNER, L. Energy access in informal settlements: Renewable solutions and social inclusion. *Energy Research & Social Science*, 2023.
- BOARDMAN, Brenda. *Fuel poverty: from cold homes to affordable warmth*. London: Belhaven Press, 1991.
- BODE, M. Energy poverty in developed countries: Evidence from Europe. *Energy Policy*, 2022.
- COSTA, Luciano. *Inovação social e desenvolvimento local: experiências brasileiras*. Brasília: IPEA, 2013.
- DAGNINO, Renato. *Tecnologia social: contribuições conceituais e metodológicas*. Campinas: UNICAMP, 2009.
- DAGNINO, Renato; BRANDÃO, Flávio; NOVAES, Henrique. Sobre o conceito de tecnologia social. In: DAGNINO, Renato (org.). *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004. p. 15–64.
- DEB, S. et al. Decentralized energy systems and resilience in rural communities. *Renewable Energy*, 2024.
- GÁLVEZ-CAMPOS, J. L. Energy access and socio-economic development in emerging economies. *Energy Policy*, 2025.
- GAWUSU, S. Poverty, energy access and sustainable development. *Energy for Sustainable Development*, 2024.
- GEELS, Frank W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes. *Research Policy*, v. 31, n. 8-9, p. 1257–1274, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8). Acesso
- GEORGE, Gerard; MCGAHAN, Anita M.; PRABHU, Jaideep. Innovation for inclusive growth: towards a theoretical framework and a research agenda. *Journal of Management Studies*, v. 49, n. 4, p. 661–683, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2012.01048.x>.
- GILL-WIEHL, A. et al. Clean cooking technologies and public policy impacts. *Energy Research & Social Science*, 2025.
- GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. São Paulo: EdUSP, 2010.
- GRUBLER, Arnulf et al. A low energy demand scenario for meeting the 1.5 °C target. *Nature Energy*, v. 3, n. 6, p. 515–527, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0172-6>.

- HARGREAVES, T.; MIDDLEMISS, L. The importance of social practices in energy consumption. *Energy Research & Social Science*, 2020.
- HIGGINS, J. P. T.; THOMAS, J.; CHANDLER, J.; CUMPSTON, M.; LI, T.; PAGE, M. J.; WELCH, V. A. (eds.). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions version 6.4* (updated August 2023). Cochrane, 2023.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). *Pobreza energética e vulnerabilidade social no Brasil*. Brasília: IPEA, 2018.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World Energy Outlook 2022*. Paris: IEA, 2022.
- LESALA, T.; MUKUMBA, P. Community participation in mini-grid sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2025.
- LOUIE, H. Off-grid electrification solutions for remote regions. *IEEE Power and Energy Magazine*, 2018.
- MARTISKAINEN, M.; HEISKANEN, E.; SPECIALE, G. Community energy initiatives and energy transitions. *Energy Research & Social Science*, 2018.
- MAZZUCATO, Mariana. *The value of everything: making and taking in the global economy*. London: Penguin, 2018.
- MAZZUCATO, Mariana. *The value of everything: making and taking in the global economy*. London: Penguin, 2018.
- MCCABE, A.; POJANI, D.; VAN GROENOU, M. Energy poverty and housing policies. *Energy Policy*, 2018.
- OCKWELL, D.; BYRNE, R. Sustainable energy for all and pro-poor transitions. *Energy Policy*, 2016.
- ODOU, O.; BHANDARI, R.; ADAMOU, R. Hybrid renewable systems for rural electrification. *Renewable Energy*, 2020.
- OJO, G. Community energy and local development. *Energy Policy*, 2014.
- PACH AURI, Shonali; SPRENG, Daniel. Measuring and monitoring energy poverty. *Energy Policy*, v. 39, n. 12, p. 7497–7504, 2011.
- PRASAD, G. et al. Renewable energy and security in island communities. *Energy for Sustainable Development*, 2025.
- ROBINSON, C.; CLIFFORD, M.; JEWITT, S. Energy access in humanitarian contexts. *Energy Research & Social Science*, 2022.
- ROSA, Luiz Pinguelli. *Energia e desenvolvimento sustentável no Brasil*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2007.
- ROSA, Luiz Pinguelli. *Energia e desenvolvimento sustentável no Brasil*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2007.
- SANDOVAL-REYES, M. et al. Integrated energy systems and efficiency gains. *Applied Energy*, 2020.

SCHAEFFER, Roberto et al. Energy sector vulnerability to climate change: a review. *Energy*, v. 38, n. 1, p. 1–12, 2016.

SCHAEFFER, Roberto et al. Energy sector vulnerability to climate change: a review. *Energy*, v. 38, n. 1, p. 1–12, 2016.

SOVACOOOL, Benjamin K. The political economy of energy poverty: a review of key challenges. *Energy for Sustainable Development*, v. 16, n. 3, p. 272–282, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2012.05.006>. Acesso em: 18 fev. 2026.

SOVACOOOL, Benjamin K. The political economy of energy poverty: a review of key challenges. *Energy for Sustainable Development*, v. 16, n. 3, p. 272–282, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2012.05.006>. Acesso em: 18 fev. 2026.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. *Human Development Report 2021/2022*. New York: UNDP, 2021.

VALLECHA, A.; BHOLA, S. Framework for replication of energy projects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2019.

WARNECKE, T.; HOUNDONUGBO, A. Solar entrepreneurship and inclusive development. *Energy Research & Social Science*, 2016.

WESTLEY, Frances et al. Social innovation and resilience: how one town learned to bounce back. *Ecology and Society*, v. 19, n. 3, 2014.

