REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

JUSTIÇA ENERGÉTICA E TECNOLOGIAS SOCIAIS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS DE ELETRIFICAÇÃO RURAL EM MOÇAMBIQUE

ENERGY JUSTICE AND SOCIAL TECHNOLOGIES: A COMPARATIVE ANALYSIS OF RURAL ELECTRIFICATION MODELS IN MOZAMBIQUE

JUSTICIA ENERGÉTICA Y TECNOLOGÍAS SOCIALES: UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE MODELOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL EN MOZAMBIQUE

Ajumar Omar Alfaica
Especialista, Unilab, Moçambique
E-mail: ajumar96@gmail.com

Josanne Cristina Ribeiro Ferreira Façanha
Doutora, UEMA, Brasil
jocrf_2009@hotmail.com

Aline Aparecida Carvalho França
Doutora, UEMA, Brasil
allinneaparecida@hotmail.com

Ricardo Bezerra de Oliveira
Doutor, IFMA, Brasil
ricardobezerraadv@gmail.com

Resumo

O acesso universal à energia elétrica é um pilar fundamental para o desenvolvimento socioeconômico, conforme preconizado pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 7. Em Moçambique, a dispersão populacional e os elevados custos de expansão da rede convencional tornam os sistemas descentralizados alternativas estratégicas. Este artigo tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica, social e econômica de três modelos de eletrificação solar descentralizada em comunidades rurais moçambicanas: mini-redes com usos produtivos, sistemas domésticos (SHS) com pagamento parcelado (PAYGO) e modelos híbridos. A metodologia adotada é de natureza qualitativa, baseada em pesquisa bibliográfica e análise documental, utilizando uma matriz multidimensional fundamentada nos conceitos de tecnologias sociais e justiça energética. Os resultados indicam que, embora as mini-redes potencializem usos produtivos e renda local, exigem alto investimento inicial. Já os sistemas SHS PAYGO promovem uma inclusão rápida e acessível, mas apresentam limitações de potência. O modelo híbrido revelou-se a solução mais equilibrada para promover a equidade territorial. Conclui-se que a eficácia desses sistemas como tecnologias sociais depende da integração de mecanismos de participação comunitária, regulação favorável e foco na justiça energética para superar desigualdades históricas e promover o desenvolvimento local sustentável.
Palavras-chave: Eletrificação Rural; Sistemas Solares Descentralizados; Tecnologias Sociais; Justiça Energética; Moçambique.

Abstract

Universal access to electricity is a fundamental pillar for socio-economic development, as advocated

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

by Sustainable Development Goal 7. In Mozambique, population dispersion and the high costs of conventional grid expansion make decentralized systems strategic alternatives. This article aims to evaluate the technical, social, and economic viability of three decentralized solar electrification models in Mozambican rural communities: mini-grids with productive uses, solar home systems (SHS) with pay-as-you-go (PAYGO) financing, and hybrid models. The methodology is qualitative, based on bibliographic research and documentary analysis, using a multidimensional matrix grounded in the concepts of social technologies and energy justice. The results indicate that while mini-grids enhance productive uses and local income, they require high initial investment. Conversely, SHS PAYGO systems promote rapid and affordable inclusion but face power limitations. The hybrid model proved to be the most balanced solution for promoting territorial equity. It is concluded that the effectiveness of these systems as social technologies depends on the integration of community participation mechanisms, favorable regulation, and a focus on energy justice to overcome historical inequalities and promote sustainable local development.
Keywords: Rural Electrification; Decentralized Solar Systems; Social Technologies; Energy Justice; Mozambique.

Resumen

El acceso universal a la energía eléctrica es un pilar fundamental para el desarrollo socioeconómico, conforme a lo preconizado por el Objetivo de Desarrollo Sostenible nº 7. En Mozambique, la dispersión poblacional y los elevados costos de expansión de la red convencional hacen de los sistemas descentralizados alternativas estratégicas. Este artículo tiene como objetivo evaluar la viabilidad técnica, social y económica de tres modelos de electrificación solar descentralizada en comunidades rurales mozambiqueñas: minirredes con usos productivos, sistemas domésticos (SHS) con pago fraccionado (PAYGO) y modelos híbridos. La metodología adoptada es de naturaleza cualitativa, basada en investigación bibliográfica y análisis documental, utilizando una matriz multidimensional fundamentada en los conceptos de tecnologías sociales y justicia energética. Los resultados indican que, aunque las minirredes potencian usos productivos y renta local, exigen una alta inversión inicial. Por otro lado, los sistemas SHS PAYGO promueven una inclusión rápida y accesible, pero presentan limitaciones de potencia. El modelo híbrido se reveló como la solución más equilibrada para promover la equidad territorial. Se concluye que la eficacia de estos sistemas como tecnologías sociales depende de la integración de mecanismos de participación comunitaria, regulación favorable y enfoque en la justicia energética para superar desigualdades históricas y promover el desarrollo local sostenible.
Palabras clave: Electrificación Rural; Sistemas Solares Descentralizados; Tecnologías Sociales; Justicia Energética; Mozambique.

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica constitui um bem fundamental para o desenvolvimento humano, ampliando oportunidades de produção, de educação, segurança e lazer. Neste sentido, os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), reconhecem o acesso universal à energia elétrica como um pilar do desenvolvimento socioeconômico e um requisito para o cumprimento do ODS nº 7, que visa garantir energia limpa e acessível para todos.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

Essa meta, embora global, assume contornos particularmente desafiadores em países de baixa renda como Moçambique, onde persistem desigualdades territoriais, fragilidades institucionais e limitações de infraestruturas.

Em Moçambique à baixa densidade populacional em áreas rurais, as distâncias entre as habitações e os elevados custos de expansão de infraestrutura elétrica, tornam a extensão da rede nacional um processo lento e oneroso, o que culmina com o investimento em sistemas descentralizados de energia.

Além do desafio geográfico, verifica-se que perdas técnicas e comerciais, restrições de financiamento, baixa produção local de equipamentos e escassez de mão de obra especializada dificultam a implantação e a manutenção de soluções energéticas modernas. Apesar de avanços em mini-redes de energia e pequenas centrais fotovoltaicas, persistem desigualdades entre áreas urbanas e rurais.

Nesse contexto, modelos descentralizados tais como mini-redes de energia com armazenamento, sistemas solares domésticos (SHS) com PAYGO (Pay as you go, em português, pague enquanto usa) e soluções híbridas emergem como alternativas tecnicamente viáveis, inclusivas economicamente escaláveis.

Tais modelos, quando articulados a usos produtivos de energia, apresentam potencial para impulsionar a criação de renda local, diversificar atividades económicas e fortalecer a resiliência comunitária.

Para compreender plenamente o papel dessas soluções, é necessário enquadrá-las no campo das tecnologias sociais, que segundo Dagnino, Brandão e Novaes (2004), as tecnologias sociais são práticas, métodos e soluções desenvolvidas de forma participativa, apropriáveis pelas comunidades e orientadas à resolução de problemas sociais concretos.

Buarque (2014) reforça que tais tecnologias se distinguem por promoverem inclusão, autonomia e desenvolvimento local sustentável. Nesse sentido, modelos de eletrificação descentralizada podem ser compreendidos como tecnologias sociais na medida em que ampliam capacidades humanas, promovem justiça social e fortalecem processos comunitários de desenvolvimento.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

Dessa forma, o enquadramento deste artigo justifica-se tanto pela relevância tecnológica quanto pela dimensão social dos sistemas solares descentralizados, cujo potencial de transformação só pode ser plenamente compreendido quando analisado como tecnologia social em interação com realidades comunitárias moçambicanas.

Diante deste cenário, o artigo visa perceber de que forma os modelos descentralizados de eletrificação podem promover inclusão social e desenvolvimento econômico em comunidades rurais moçambicanas.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

Ao longo dos anos, Moçambique vem investindo na sua matriz energética e na expansão de energia ao longo do país, contribuindo para a integração das metas dos ODS e do uso de uma matriz energética limpa. Aler e Amer (2025), apontam que em 2024, o pais alcançou a taxa de eletrificação nacional entre 60,1% e 61%, resultado de avanços na realização de ligações na rede (on-grid) e de soluções fora da rede (off-grid), conforme ilustrado na figura 1 (ALER; AMER, 2025; 360 Mozambique, 2025).

Figura 1: Dados gerais do Sector elétrico Moçambicano.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25



Fonte: (ALER; AMER, 2024).

Apesar desses avanços, ainda assim, persistem assimetrias territoriais em zonas rurais e urbanas, onde para as zonas rurais, a expansão convencional da rede é tecnicamente desafiadora e financeiramente onerosa devido à factores tais como dispersão geográfica em uma mesma localidade, custo de financiamento dos projectos e por vezes dificuldade no acesso à região (GET.transform, 2024; IEA, 2025).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

A matriz energética moçambicana, caracterizada pela forte presença de fontes renováveis (65% de matriz renovável), principalmente a energia hidroeléctrica e energia solar, apresenta um potencial significativo para sustentar a expansão de soluções descentralizadas.

Projeções sectoriais indicam que o pais deverá triplicar a sua capacidade renovável até 2030, alcançando cerca de 9.472 MW de capacidade total, com forte expansão de solar e eólica, assim como o país deverá garantir o acesso universal de energia até a mesma meta. Para tal, programas como PROLER, GET FiT e Estratégia de Transição Energética (ETE), estimam investimentos de USD 80 mil milhões até 2050 (ALER; AMER, 2025; 360 Mozambique, 2025.

No segmento off-grid, o dinamismo tem sido notável através de programas como BRILHO e +SOL, que fomentaram a disseminação de mini-redes solares e sistemas domésticos PAYGO, com mais de 740 mil unidades vendidas até 2024. Estima-se que Moçambique necessitará de 5,6 milhões de sistemas descentralizados até 2030 para alcançar a universalização do acesso (360 Mozambique, 2025). O mesmo pode ser na figura 2 (ALER; AMER, 2024).

Figura 2: Panorama dos sistemas de energia descentralizada em Moçambique.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25



Fonte: (ALER; AMER, 2024).

Em paralelo, desde 2017 os investimentos em renováveis somaram USD 2,6 mil milhões, reforçando a ambição de posicionar Moçambique como hub energético regional, sustentada inclusive por exportações de 27% da produção para países vizinhos (360 Mozambique, 2024; O.Económico, 2024).

Esse quadro evidencia que, embora o país avance em eletrificação e capacidade renovável, persistem desafios críticos: financiamento de longo prazo, custos de infraestrutura, dispersão populacional, eficiência regulatória e capacidade de pagamento das famílias (GET.transform, 2024; IEA, 2025).

Este quadro confirma o papel central de soluções descentralizadas mini-redes solares com baterias, SHS com PAYGO e modelos híbridos como rotas custo-eficientes e inclusivas para acelerar o acesso em áreas rurais, sobretudo quando integradas a usos produtivos de energia (ALER; AMER, 2025; IEA, 2025).

Estas soluções descentralizadas, quando aliadas a visão estratégica, possuem a capacidade de impulsionar a produtividade agrícola e estimular ainda mais o consumo interno dos produtos, a economia circular e quando em maior maturidade, a exportação de insumos.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

No entanto, o desenvolvimento do setor off-grid não pode ser analisado apenas sob uma ótica tecnológica. O acesso à energia em Moçambique está profundamente associado à estrutura social do país, às desigualdades históricas e às dinâmicas territoriais. Em muitas comunidades, a adoção de tecnologias energéticas depende da capacidade de pagamento das famílias, da confiança nas empresas fornecedoras, da participação comunitária nos processos de decisão e das formas locais de organização social.

Nesse sentido, compreender a eletrificação rural requer uma perspectiva ampliada que considere aspectos culturais, económicos, de género, de governança comunitária e de desigualdade territorial. Essa visão mais integrada será aprofundada na fundamentação teórica a seguir, que introduz o conceito de justiça energética como lente analítica para interpretar o potencial transformador e também os limites das tecnologias descentralizadas em Moçambique.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Tecnologias Sociais e Energia

O conceito de tecnologia social consolidou-se na América Latina no início dos anos 2000 como uma alternativa às abordagens tecnológicas convencionais baseadas exclusivamente em eficiência técnica e retorno económico. Diferente do modelo tradicional de inovação, as tecnologias sociais valorizam processos participativos, a apropriação comunitária e a capacidade de gerar transformação social em contextos vulneráveis. Dagnino, Brandão e Novaes (2004) definem tecnologia social como um conjunto de técnicas, metodologias e produtos desenvolvidos em interação com comunidades, orientados à resolução de problemas sociais concretos.

Para Buarque (2014), a distinção central está na intencionalidade: enquanto a tecnologia convencional visa sobretudo eficiência, a tecnologia social visa inclusão, autonomia e desenvolvimento humano.

O Instituto de Tecnologia Social (ITS, 2004) reforça que uma tecnologia social deve ser apropriável, sustentável e passível de reprodução em diferentes territórios,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

preservando sua capacidade de gerar impacto comunitário. Assim, mais do que ferramentas ou dispositivos, as tecnologias sociais englobam práticas que fortalecem capacidades locais, promovem igualdade e ampliam o acesso a bens essenciais como energia.

No campo energético, sistemas solares descentralizados como mini-redes fotovoltaicas, sistemas solares domésticos PAYGO e modelos híbridos podem ser compreendidos como tecnologias sociais quando cumprem três condições:

ampliar o acesso à energia para populações historicamente marginalizadas;

promover autonomia económica por meio de usos produtivos; e

fortalecer processos de governança comunitária, como decisões partilhadas sobre tarifas, manutenção e expansão dos serviços.

No contexto moçambicano, tais condições se revelam particularmente relevantes. A adoção de tecnologias solares em áreas rurais não depende apenas da disponibilidade técnica, mas também da forma como as soluções dialogam com os modos de vida locais, com os padrões de consumo energético, com as estruturas de liderança comunitária e com a capacidade de pagamento das famílias.

Assim, analisar eletrificação descentralizada como tecnologia social permite compreender seu potencial de transformação para além da infraestrutura.

3.2. Justiça Energética como Marco Analítico

A justiça energética emergiu, na última década, como um campo teórico central para compreender desigualdades no acesso, na produção e no consumo de energia. Para Sovacool (2014) e Heffron e McCauley (2017), a justiça energética deve orientar as políticas públicas, garantindo que transições energéticas sejam socialmente inclusivas e ambientalmente responsáveis. Esta abordagem se baseia em três dimensões fundamentais:

Justiça distributiva

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

Refere-se à distribuição equitativa dos benefícios e dos custos associados aos serviços energéticos. Em Moçambique, onde o acesso rural ainda é limitado, essa dimensão questiona: Quem recebe energia confiável? Quem arca com tarifas mais altas? Que comunidades continuam à margem dos investimentos? Modelos de mini-redes com usos produtivos tendem a ampliar benefícios econômicos locais, enquanto sistemas PAYGO podem reduzir barreiras de entrada, mas nem sempre conseguem oferecer potência suficiente para usos produtivos, o que afeta a equidade distributiva.

Justiça procedimental

Diz respeito à participação dos cidadãos na tomada de decisões relativas à energia. Em muitas comunidades moçambicanas, a participação em processos decisórios é mediada por lideranças locais, tradições comunitárias e relações de confiança. A implementação de mini-redes ou SHS exige envolvimento comunitário não apenas na escolha do modelo, mas também na definição de tarifas, regras de operação e mecanismos de manutenção. Quando comunidades não participam, há maior risco de rejeição, abandono ou uso inadequado dos sistemas.

Justiça do reconhecimento

Esta dimensão destaca a necessidade de considerar as especificidades culturais, territoriais e sociais dos grupos historicamente marginalizados. Em Moçambique, isso inclui comunidades rurais dispersas, mulheres que dependem de energia para atividades domésticas e produtivas, jovens empreendedores que veem na energia uma oportunidade de negócio e famílias com baixa capacidade de pagamento. Reconhecer essas diferenças é fundamental para propor modelos energéticos verdadeiramente inclusivos.

A literatura recente sobre justiça energética em países do Sul Global enfatiza ainda desigualdades estruturais como pobreza energética crónica, baixa industrialização e dependência de tecnologias externas que moldam a forma como comunidades se relacionam com energia.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

Analisar sistemas solares descentralizados sob essa lente permite compreender não apenas sua viabilidade técnica, mas seu impacto na redução das desigualdades, na dignidade das famílias e na autonomia das comunidades.

Assim, ao adotar a justiça energética como marco teórico, este estudo propõe avaliar os modelos de eletrificação rural não apenas pela sua performance técnica, mas pela sua capacidade de promover inclusão, equidade e participação social em territórios rurais moçambicanos. Essa abordagem orientará as análises comparativas realizadas na metodologia e aprofundadas nos resultados.

4 METODOLOGIA

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa, fundamentada em estudos bibliográficos e análise documental, com foco na compreensão de modelos descentralizados de electrificação rural aplicáveis ao contexto moçambicano.

A opção por uma metodologia qualitativa decorre da necessidade de analisar fenómenos sociais complexos como inclusão, participação comunitária, usos produtivos e justiça energética, que não podem ser plenamente interpretados apenas por meio de métricas técnicas.

A investigação concentra-se na análise comparativa de três modelos de eletrificação rural baseados em sistemas solares:

Mini-redes solares com armazenamento em baterias e tarifa regulada, combinada com usos produtivos de energia, como irrigação, refrigeração, moagem e serviços de solda.

Sistema solar doméstico com pagamento parcelado (PAYGO).

Modelo híbrido, combinando mini-redes para áreas concentradas e sistemas domésticos para domicílios dispersos fora da área de concessão.

4.1. Procedimentos de pesquisa

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

A pesquisa foi conduzida a partir de um levantamento sistemático de literatura e documentos institucionais. Para garantir rigor metodológico, seguiram-se os procedimentos abaixo:

a) Levantamento bibliográfico

Foram consultadas bases científicas como Scopus, Web of Science, ScienceDirect e Google Scholar, priorizando artigos publicados entre 2018 e 2025 sobre eletrificação rural, tecnologias descentralizadas, tecnologias sociais e justiça energética, com foco especial em estudos africanos e do Sul Global.

Termos utilizados na busca incluíram: “off-grid electrification”, “solar home systems”, “mini-grids Africa”, “energy justice”, “social technologies”, “PAYGO”, “productive uses of energy”, “Mozambique rural electrification”.

b) Análise documental

Foram analisados relatórios de programas relevantes no contexto moçambicano, incluindo BRILHO, +SOL, GET FiT, PROLER, documentos da ARENE, Banco Mundial, AMDA, ALER e IEA. Esses documentos fornecem evidências atualizadas sobre políticas públicas, práticas de mercado, custos, desafios operacionais e impactos socioeconómicos de soluções descentralizadas.

c) Critérios de inclusão e exclusão

Inclusão:

Estudos empíricos sobre eletrificação rural;

Pesquisas sobre sistemas solares descentralizados;

Trabalhos centrados em tecnologias sociais ou justiça energética;

Relatórios institucionais com dados operacionais relevantes;

Estudos de caso realizados na África Austral.

Exclusão:

Documentos sem base metodológica (opiniões, editoriais);

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

Textos com dados desatualizados (anteriores a 2010, salvo referências teóricas essenciais);

Estudos não relacionados ao contexto africano ou aplicabilidade ao Sul Global.

4.3. Estratégia de Análise; Comparativa

A análise comparativa entre os três modelos foi conduzida por meio de uma matriz multidimensional, que permite avaliar cada solução não apenas pelo seu desempenho técnico, mas também pelo seu potencial de contribuir para a inclusão social, justiça energética e desenvolvimento económico local.

A matriz foi elaborada com base em cinco dimensões de análise, definidas conforme a literatura internacional e o contexto moçambicano:

Viabilidade técnica: capacidade do sistema de atender cargas domésticas e produtivas; confiabilidade; manutenção.

Sustentabilidade económica: custo inicial (CAPEX), modelo de financiamento, tarifa praticada, capacidade de pagamento.

Impactos sociais e usos produtivos: geração de renda, tempo de estudo, serviços comunitários, atividades agrícolas e de microempreendedorismo.

Ambiente regulatório e institucional: regras de licenciamento, regulação tarifária, incentivos governamentais.

Dimensões de justiça energética: distribuição de benefícios, participação comunitária nas decisões e reconhecimento de grupos vulneráveis.

Tabela 1: Comparação dos modelos de electrificação.

Dimensão	**Mini-redes solares**	**SHS PAYGO**	**Modelo híbrido**
Viabilidade técnica	Alta capacidade para comunidades (residencias e usos produtivos); Armazenamento em baterias; Operação 24h; Necessidade de Manutenção.	Potência limitada; Adequada ao consumo básico; Expansão modular.	Combina robustez técnica das mini-redes com cobertura ampliada dos SHS.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

Sustentabilidade económica	CAPEX elevado; Requer subsídios; Tarifas reguladas.	Baixo custo inicial; Pagamentos flexíveis; Atrativo para famílias de baixa renda.	Otimiza custos combinando investimentos centralizados e individuais.
Impactos sociais e usos produtivos	Fortes impactos; permite irrigação, refrigeração, moagem, solda e pequenos negócios.	Impactos sociais relevantes, contudo atende ao consumidor de forma limitada (iluminação, carregamento de celular, etc.)	Expande oportunidades produtivas ao integrar ambos os sistemas.
Regulação e governança	Requer licenciamento e tarifas definidas pela ARENE.	Mercado mais flexível; dependência de modelos comerciais.	Exige coordenação regulatória entre concessões e iniciativas privadas.
Justiça energética	Alta justiça distributiva quando integrada a usos produtivos; justiça procedimental depende do envolvimento comunitário.	Facilita acesso inicial (distributiva), mas pode gerar desigualdades nos tamanhos dos sistemas usados por familia.	Melhor desempenho equilibrado nas três dimensões: distributiva, procedimental e reconhecimento.

5 RESULTADOS

A análise comparativa dos três modelos de eletrificação rural permitiu identificar evidências de que as soluções descentralizadas representam alternativas adequadas para o contexto moçambicano, assim como identificar padrões no que diz respeito à viabilidade técnica, sustentabilidade econômica, impactos sociais, enquadramento regulatório e dimensões da justiça energética.

A partir da matriz construída, observa-se que cada modelo apresenta contribuições específicas para o desenvolvimento rural moçambicano, mas também limitações que precisam ser consideradas nas políticas públicas e nos modelos de negócio.

5.1. Mini-Redes Solares

Verificou-se que as mini-redes solares destacam-se pela elevada capacidade técnica de atender comunidades com maior densidade populacional, sobretudo quando associadas a usos produtivos como irrigação, refrigeração e moagem, que ampliam a renda local, contudo, estas têm como uma desvantagem os altos custos de aquisição e instalação dos sistemas (AMDA, 2024).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

Do ponto de vista económico e distributivo, as mini-redes apresentam forte potencial para gerar justiça energética distributiva, uma vez que permitem usos produtivos capazes de aumentar a renda familiar e dinamizar economias locais.

Em comunidades onde foram implementadas, observou-se aumento de oportunidades de negócios, redução do tempo de deslocamento para serviços energéticos e fortalecimento de cadeias produtivas agrícolas e comerciais.

Todavia, persistem desafios significativos. O CAPEX elevado e a necessidade de licenças formais tornam as mini-redes mais dependentes de subsídios, capital concessionado ou programas governamentais. Além disso, a justiça procedimental nem sempre está garantida: experiências documentadas mostram que a falta de participação comunitária nas decisões tarifárias ou operacionais pode reduzir a aceitação social e comprometer a sustentabilidade dos projetos.

As reformas regulatórias recentes também contribuíram para simplificar concessões e padronizar tarifas, favorecendo o desenvolvimento do setor e atraindo investimentos privados (ARENE; BRILHO; SNV, 2022).

Ainda assim, quando adequadamente implementadas e vinculadas a usos produtivos, as mini-redes configuram-se como uma tecnologia social poderosa, por promover autonomia económica, melhorar serviços públicos e reduzir desigualdades estruturais.

5.2 Sistemas Solares Domésticos (SHS) PAYGO

Os sistemas solares domésticos PAYGO emergem como uma solução inclusiva para famílias de baixa renda, sobretudo em comunidades dispersas, onde a instalação de mini-redes seria economicamente inviável.

A principal característica deste modelo reside no seu baixo custo inicial (CAPEX) e na flexibilidade de pagamento, que permite às famílias adquirirem energia

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

de forma gradual, pagando semanal ou mensalmente conforme suas possibilidades (POWER FOR ALL, 2024).

Contudo, essa acessibilidade é acompanhada de limitações estruturais que influenciam a equidade energética. A potência oferecida pelos SHS é geralmente baixa, e muitas vezes insuficiente para cargas produtivas, como bombas de água, refrigeração ou equipamentos de microempreendimentos. Isso gera um fenómeno conhecido como “desigualdade de potência”, no qual famílias com SHS têm acesso apenas a usos básicos, enquanto outras conectadas a mini-redes alcançam níveis mais elevados de bem-estar e oportunidades económicas.

Apesar dessas limitações, os SHS PAYGO apresentam impactos sociais consideráveis: ampliam o tempo de estudo das comunidade, melhoram a segurança doméstica, facilitam a comunicação digital e reduzem gastos com combustíveis fósseis como querosene. Esses impactos são especialmente relevantes em comunidades distantes, onde a alternativa seria a ausência total de energia.

Assim, os SHS PAYGO promovem justiça distributiva no acesso inicial, mas sua limitação técnica pode reproduzir desigualdades quando comparados a sistemas mais robustos. Apesar disso, constituem uma tecnologia social valiosa, especialmente em territórios de baixa densidade populacional.

5.3 Modelo híbrido (mini-rede + SHS)

O modelo híbrido apresentou-se como a solução mais equilibrada do ponto de vista técnico e social, reunindo as vantagens dos dois modelos anteriores. Em comunidades com maior concentração de habitações, a mini-rede fornece energia suficiente para usos produtivos; nas áreas periféricas ou muito dispersas, os SHS garantem que nenhuma família fique excluída do acesso elétrico e que tenhasm uma solução técnica e financeiramente equilibrada (IEA, 2025).

Na dimensão distributiva, o modelo híbrido mostra forte desempenho, pois evita que a localização geográfica de uma família determine suas oportunidades de acesso à energia. Isso reduz desigualdades territoriais e amplia o alcance das políticas de eletrificação rural. Da mesma forma, na justiça procedimental, esse

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

modelo favorece maior participação comunitária, uma vez que decisões tarifárias e operacionais podem envolver tanto operadores de mini-redes quanto representantes de famílias com SHS.

No entanto, a principal limitação do modelo híbrido é a sua complexidade de gestão. A coordenação entre empresas de SHS, operadores de mini-redes e reguladores exige arranjos institucionais maduros, capazes de garantir transparência, clareza tarifária e bom funcionamento do sistema como um todo.

Apesar disso, do ponto de vista da justiça energética, o modelo híbrido é o que melhor equilibra os princípios distributivo, procedimental e de reconhecimento, representando uma estratégia promissora para o contexto moçambicano.

5 DISCUSSÃO

Os resultados evidenciam que a eletrificação descentralizada pode atuar como um vetor de redução de desigualdades territoriais e de fortalecimento dos meios de vida nas comunidades rurais de Moçambique. Contudo, a efetividade de cada modelo depende das condições socioeconómicas, institucionais e territoriais específicas, assim como da forma como se estruturam os mecanismos de participação e governança comunitária.

Esse facto reforça que a energia não deve ser tratada apenas como infraestrutura, mas como um elemento profundamente social e estruturante do desenvolvimento local.

Ao mobilizar a lente da justiça energética, observa-se que as mini-redes tendem a alcançar melhor desempenho em termos de justiça distributiva, sobretudo quando articuladas a usos produtivos como irrigação, refrigeração, moagem e solda.

Nesses casos, a energia ultrapassa sua função doméstica e transforma-se em infraestrutura económica, capaz de gerar renda, fortalecer cadeias produtivas e agregar valor às comunidades. Para que esse potencial se materialize, é essencial garantir tarifas transparentes, previsibilidade na qualidade do serviço e mecanismos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

de manutenção sustentável, evitando a perda de confiança e a descontinuidade operacional.

Nos sistemas solares domésticos (SHS) PAYGO, verificam-se ganhos claros de acesso inicial e inclusão para famílias dispersas, com efeitos sociais significativos, como melhoria da iluminação, aumento do tempo de estudo, maior segurança e acesso a meios de comunicação. Entretanto, as restrições de potência desses sistemas geram um risco de "desigualdade de potência": agregados familiares com SHS permanecem limitados a usos básicos, enquanto aqueles ligados a mini-redes conseguem acessar equipamentos produtivos chave para geração de renda.

Para mitigar essa clivagem, tornam-se estratégicos os arranjos de upgrade modular (como kits adicionais de refrigeração ou bombas solares de baixa potência) e modelos de financiamento escalonado que não penalizem famílias com menor capacidade de pagamento.

O modelo híbrido, que combina mini-redes para zonas mais densas e SHS para domicílios periféricos, mostrou-se particularmente promissor por reduzir desigualdades territoriais e conciliar eficiência técnica com inclusão social.

Sob a perspectiva procedimental, esse modelo favorece arranjos participativos, incluindo comités comunitários de energia, consultas tarifárias e regras consensuais de priorização de ligações. Essas práticas aumentam a legitimidade local e fortalecem a sustentabilidade dos sistemas, desde que respeitem o contexto cultural e social de cada comunidade. O principal desafio, entretanto, é institucional: a coordenação entre operadores, reguladores e autoridades locais exige clareza sobre áreas de concessão, interoperabilidade entre sistemas e padrões de qualidade uniformes.

No eixo da justiça do reconhecimento, os três modelos devem lidar com assimetrias internas às comunidades rurais. Questões de género. pelas quais mulheres, responsáveis por tarefas intensivas em energia, são simultaneamente potenciais empreendedoras, juventude: que enxerga na energia oportunidades de micro-negócios e aprendizagem digital e capacidade de pagamento marcada por

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

rendimentos sazonais precisam ser incorporadas no desenho das soluções energéticas.

Isso implica considerar mecanismos como tarifas sociais, períodos de carência em épocas de menor rendimento agrícola, formação de técnicos locais para manutenção e programas de literacia energética sobre eficiência, segurança e planeamento de cargas.

Do ponto de vista regulatório e de política pública, os resultados apontam para a necessidade de um conjunto diversificado de instrumentos:

financiamento por resultados (RBF) para reduzir riscos de mercado e estimular investimentos em zonas remotas;

incentivos a usos produtivos por meio de linhas de crédito, garantias e apoio à aquisição de equipamentos eficientes;

simplificação e previsibilidade regulatória para mini-redes, reduzindo custos transacionais; e

definição de marcos para interoperabilidade entre mini-redes e SHS, evitando sobreposições e “zonas cinzentas” de atendimento.

Quando interpretados à luz do conceito de tecnologia social, os sistemas solares descentralizados deixam de ser meras soluções técnicas e passam a constituir plataformas de desenvolvimento comunitário. Essa abordagem enfatiza processos de co-criação como diagnósticos participativos de carga e prioridades, apropriação local com formação de técnicos comunitários e gestão partilhada, e reprodutibilidade contextualizada, que valoriza as especificidades culturais e territoriais.

fEm Moçambique, onde a diversidade social e geográfica é significativa, essa leitura favorece intervenções mais justas, resilientes e alinhadas às realidades dos agregados familiares rurais.

Por fim, importa sublinhar que não existe um único modelo ótimo de eletrificação descentralizada. Mini-redes tendem a ser mais eficazes em contextos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

de maior densidade populacional com potencial de usos produtivos; SHS PAYGO são instrumentos fundamentais de inclusão em áreas dispersas; e o modelo híbrido apresenta-se como solução equilibrada, garantindo cobertura territorial a custos eficientes e com maior equidade.

A escolha deve ser situacional, sustentada por diagnósticos energéticos locais, mapeamento de atividades económicas, análise de capacidade de pagamento e processos de decisão participativos que integrem as vozes de mulheres, jovens, líderes comunitários e operadores dos sistemas.

Nesse quadro, persistem desafios estruturais. Mini-redes continuam limitadas pelo alto CAPEX, incerteza regulatória e vulnerabilidade da capacidade de pagamento das famílias, exigindo a criação de tarifas sociais e modelos de compensação financeira que assegurem sustentabilidade operacional. No caso do PAYGO, algumas empresas adotam estratégias de diversificação de serviços como barbearias, carregamento de celulares ou bombas solares de uso comunitário para aumentar receitas e melhorar a viabilidade económica.

Apesar dessas limitações, programas como BRILHO e +SOL demonstram que mecanismos de financiamento baseado em resultados podem acelerar a implementação de soluções e reduzir riscos para investidores. A literatura reforça que a aceitação social, o engajamento comunitário e a participação ativa na definição de tarifas e regras são determinantes para a sustentabilidade dos sistemas (OPIYO, 2019). A incorporação de usos produtivos como refrigeração, solda e irrigação também se mostra essencial para transformar energia em renda e fortalecer economias locais (AMDA, 2024).

Por outro lado, novas oportunidades emergem no mercado, como microfranquias solares, centros comunitários de energia (energy hubs), modelos PAYGO avançados e soluções digitais de monitorização. Essas iniciativas podem gerar empregos locais, reduzir custos operacionais e fortalecer cadeias produtivas regionais, consolidando a eletrificação descentralizada como vetor estratégico para o desenvolvimento sustentável.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

Finalmente, do ponto de vista social, observou-se que a eletrificação descentralizada melhora a qualidade de vida, amplia o tempo destinado ao estudo, fortalece serviços de saúde e contribui para a produtividade agrícola, reforçando a relação direta entre energia, renda e desenvolvimento humano em Moçambique.

5 CONCLUSÕES

Este estudo analisou três modelos de eletrificação rural descentralizada em Moçambique: mini-redes solares, sistemas solares domésticos (SHS) PAYGO e o modelo híbrido, à luz dos conceitos de tecnologia social e justiça energética.

A abordagem comparativa permitiu integrar dimensões técnicas, económicas, sociais, regulatórias e de equidade, oferecendo um quadro robusto de tomada de decisão para políticas públicas e para o desenho de modelos de negócio inclusivos.

Os resultados indicam que as mini-redes apresentam maior potencial de impacto económico quando vinculadas a usos produtivos, favorecendo a justiça distributiva pela geração de renda e dinamização de cadeias locais. Entretanto, exigem CAPEX elevado, previsibilidade regulatória e governança participativa para assegurar justiça procedimental e sustentabilidade no tempo.

Os SHS PAYGO destacam-se pela inclusão e pela redução de barreiras de entrada, especialmente em áreas dispersas. Contudo, a limitação de potência pode restringir usos produtivos e criar desigualdades de potência face a comunidades atendidas por mini-redes. Estratégias de upgrade modular, tarifas sociais e financiamento escalonado são recomendadas para mitigar essa clivagem e ampliar o impacto socioeconómico de longo prazo.

O modelo híbrido revelou-se o arranjo mais equilibrado entre eficiência técnica, custo e equidade territorial, ao combinar a robustez das mini-redes em núcleos mais densos com a capilaridade dos SHS nas periferias dispersas. Ainda que imponha complexidade de coordenação regulatória e operacional, oferece a melhor convergência das três dimensões da justiça energética: distributiva, procedimental e do reconhecimento.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

Do ponto de vista de política pública, os achados apontam para um cardápio combinado de instrumentos: (i) financiamento por resultados (RBF) para cobrir falhas de mercado em zonas remotas; (ii) incentivos a usos produtivos (linhas de crédito, garantias, apoio a equipamentos eficientes) para transformar quilowatts em renda; (iii) simplificação regulatória para mini-redes (licenciamento, tarifação, padrões de qualidade); e (iv) diretrizes para interoperabilidade entre mini-redes e SHS no contexto híbrido, evitando sobreposições de concessões e assegurando previsibilidade aos operadores.

Sob a lente de tecnologia social, a eletrificação descentralizada deve ser concebida como plataforma de desenvolvimento comunitário: processos participativos no diagnóstico de cargas e prioridades, formação técnica local para manutenção, literacia energética e mecanismos de coprodução de regras (tarifas, expansão, atendimento a vulneráveis). Em Moçambique, onde a diversidade socio-cultural e a dispersão territorial são marcantes, tal abordagem aumenta a legitimidade social dos projetos e a sua resiliência econômica e institucional.

Em síntese, não há um único modelo ótimo; a solução é contextodependente. Recomenda-se que governos, reguladores e operadores adotem planos energéticos locais participativos, mapeando atividades produtivas, sazonalidade de rendimentos e prioridades comunitárias, para então combinar de forma situacional mini-redes, SHS e arranjos híbridos. Essa combinação, quando guiada por justiça energética e tecnologia social, tende a acelerar o acesso universal com mais equidade e maior impacto no desenvolvimento humano.

REFERÊNCIAS

ALER; AMER. Briefing / Resumo: Renováveis em Moçambique 2024. Lisboa/Maputo: ALER/AMER, 2025. Disponível em: https://www.aler-energia.org/en/communication/news/mozambique-accelerates-energy-transition-with-new-renewable-sector-brief/. Acesso em: 02 fev. 2026.

AMDA – AFRICA MINIGRID DEVELOPERS ASSOCIATION. Benchmarking Africa's Minigrids Report 2024. Nairobi: AMDA, 2024.

AYELE, S.; et al. Community energy governance in Africa: Potentials and pitfalls. Energy Policy, v. 158, p. 112–558, 2021.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

BERTHÉLEMY, J.-C.; JAHIER, L. The economics of mini-grids in Africa: Demand, tariffs and regulation. Utilities Policy, v. 73, p. 101–294, 2021.

BUARQUE, S. Construindo o desenvolvimento local sustentável. 4. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2014.

DAGNINO, R.; BRANDÃO, F.; NOVAES, H. Tecnologia Social e Desenvolvimento Sustentável: Contribuições da América Latina. Campinas: UNICAMP, 2004.

DIÁRIO ECONÓMICO. RENMOZ 2025: Atlas das Energias Renováveis indica que o país triplicará a capacidade até 2030. 23 abr. 2025. Disponível em: https://www.diarioeconomico.co.mz. Acesso em: 02 fev. 2026.

ENERGYPEDIA. Policy and Regulatory Framework for Mini/Nano Grids in Mozambique. Eschborn: Energypedia, 2024. Disponível em: https://energypedia.info. Acesso em: 02 fev. 2026.

GET.TRANSFORM. Mozambique Country Window – Energy System Transformation Outlook (ESTO). 14 ago. 2024. Disponível em: https://www.get-transform.eu. Acesso em: 02 fev. 2026.

GOYAL, R.; et al. Productive use of energy in mini-grid systems: Evidence from Sub-Saharan Africa. Energy for Sustainable Development, v. 60, p. 1–12, 2020.

HEFFRON, R.; MCCAULEY, D. The concept of energy justice across the disciplines. Energy Policy, v. 105, p. 658–667, 2017.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Mozambique 2024 – Energy Policy Review. Paris: IEA, 2025.

ITS – INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL. Tecnologia Social: uma estratégia para o desenvolvimento. São Paulo: ITS, 2004.

JENKINS, K.; et al. Energy justice: A conceptual review. Energy Research & Social Science, v. 11, p. 174–182, 2016.

JENKINS, K.; SOVACOOL, B.; MCCAULEY, D. Humanizing sociotechnical transitions through energy justice: An ethical framework for global energy. Energy Policy, v. 117, p. 66–74, 2018.

LEE, K.; et al. Electrification for ‘last-mile’ households: Evidence from Kenya and Rwanda. World Development, v. 128, p. 104–859, 2020.

O.ECONÓMICO. Energia Renovável em Moçambique: Resumo destaca avanços e novas perspetivas para o setor. 19 jan. 2024. Disponível em: https://www.oeconomico.com. Acesso em: 02 fev. 2026.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 01/04/2026
Vol: 13.04
DOI: 10.66104/pg3vpn54
Pages: 1-25

OPIYO, N. N. Impacts of neighbourhood influence on social acceptance of small solar home systems in rural western Kenya. Energy Research & Social Science, v. 52, p. 91–98, 2019.

PALIT, D.; BHATTACHARYA, S. Solar home systems for rural development: Lessons from South Asia. Energy for Sustainable Development, v. 61, p. 52–63, 2021.

POWER FOR ALL. Minigrids costs can be reduced by 60% by 2030 (Fact Sheet). San Francisco: Power for All, 2024. Disponível em: https://www.powerforall.org. Acesso em: 02 fev. 2026.

PUEYO, A.; MAHMOOD, S. Electrification through mini-grids: A review of the evidence. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 122, p. 109–486, 2020.

ROLAND, T.; et al. Off-grid solar in Sub-Saharan Africa: PAYGO models and consumer welfare. Energy Policy, v. 146, p. 111–812, 2020.

SNV. Mozambique Off-Grid Electrification Accelerator (+SOL): 2024–2028. Haia/Maputo: SNV, 2024. Disponível em: https://www.snv.org. Acesso em: 02 fev. 2026.

SOVACOOL, B. K. When energy justice meets energy poverty. Energy Policy, v. 93, p. 255–266, 2016.

SOVACOOL, B. K.; et al. Energy justice: Frameworks, dimensions, and power relationships. Energy Research & Social Science, v. 69, p. 101–774, 2020.

STEVENS, L.; et al. Procedural justice in energy transitions: Community participation and legitimacy. Energy Research & Social Science, v. 70, p. 101–943, 2020.

THOMAS, H. Tecnociência e sociedade: inovação e transformação social na América Latina. Buenos Aires: CLACSO, 2019.

WINTHER, T.; et al. Women's empowerment through electrification: Evidence from Sub-Saharan Africa. World Development, v. 128, p. 104–110, 2020.

WORLD BANK. Mozambique: Accelerating Sustainable & Clean Energy Access Transformation (ASCENT). Washington, DC: Banco Mundial, 2025.

360 MOZAMBIQUE. AMER: Mozambique Has Invested More Than $2.6B in Renewable Energy Since 2017. 01 ago. 2024. Disponível em: https://360mozambique.com. Acesso em: 02 fev. 2026.

360 MOZAMBIQUE. RENMOZ 2025: Renewable Energy Atlas Shows that Mozambique Will Triple its Renewable Energy Capacity by 2030. 24 abr. 2025. Disponível em: https://360mozambique.com. Acesso em: 02 fev. 2026.