

Transição energética - oportunidades e desafios relacionados ao desenvolvimento do microgrid no Brasil.

ADRIANA SANTIAGO SOUZA KROETZ

UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP

ERNESTO D. R. SANTIBANEZ GONZALEZ

Introdução

Este estudo tem como objetivo analisar a transição energética na matriz elétrica brasileira, com foco no papel das microgrids como solução para a descentralização e diversificação do sistema energético. Fundamentada na Teoria da Sustentabilidade, a pesquisa busca compreender como essa tecnologia pode contribuir para a redução da dependência de fontes não renováveis (AIE, 2021), e para o fortalecimento da resiliência energética no país (SILVA, 2023). Por meio de uma revisão sistemática da literatura, investiga-se o impacto das microgrids considerando seus benefícios e as principais barreiras.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Como os estudos acadêmicos sobre microgrids no Brasil abordam os pilares da sustentabilidade, e quais são as principais lacunas, barreiras e oportunidades de mercado identificadas para sua expansão no contexto da transição energética e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)?

Fundamentação Teórica

A Teoria da Sustentabilidade fundamenta este estudo ao oferecer suporte para avaliar políticas e tecnologias no setor elétrico brasileiro (PEREIRA, 2018; SILVA, 2023). A descentralização fortalece a autonomia local e a participação comunitária na transição energética (SEN, 1999; HASSEL et al., 2015). No aspecto econômico, as microgrids promovem eficiência, geração de empregos e dinamismo regional, alinhando-se ao modelo de crescimento verde (STERN, 2007). No campo ambiental, essas tecnologias reduzem emissões e aumentam a resiliência frente a eventos climáticos (MUHIBBUDDIN, 2025).

Metodologia

Este estudo adotou abordagem qualitativa, por meio de revisão sistemática da literatura, com foco na transição energética e no papel das microgrids no Brasil. A metodologia seguiu diretrizes padronizadas para garantir rigor e reprodutibilidade. A busca foi realizada nas bases Scopus, SciELO e Web of Science, priorizando estudos dos últimos cinco anos, mas incluindo também trabalhos relevantes anteriores. Os termos utilizados foram "transição energética", "microgrid" e "diversidade energética", complementados por buscas manuais e consultas a especialistas.

Análise e Discussão dos Resultados

A adoção das microgrids no Brasil apresenta tanto oportunidades quanto desafios. Estudos indicam que experiências internacionais bem-sucedidas podem orientar a adaptação dessa tecnologia ao contexto brasileiro (ALI et al., 2017). Entre os principais benefícios destacam-se a integração de fontes renováveis, a eficiência energética e a resiliência elétrica em regiões remotas (MARTINS, 2019; OLIVEIRA, 2020). Contudo, há entraves técnicos que dificultam sua implementação, como a complexidade de integração das fontes renováveis e a necessidade de tecnologias de armazenamento (RODRIGUES, 2018).

Considerações Finais

A revisão sistemática evidenciou que as microgrids possuem grande potencial na transição energética brasileira, a análise permitiu identificar benefícios como a redução de custos, a inclusão energética e a geração de empregos, além de destacar desafios regulatórios, técnicos e financeiros que limitam sua expansão. A Teoria da Sustentabilidade foi eficaz para estruturar a análise, revelando como políticas públicas, equidade no acesso e uso de fontes renováveis influenciam a adoção dessas tecnologias, as quais contribuem diante das metas estabelecidas pelo Acordo de Paris e dos ODS.

Referências

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (AIE). Perspectivas de Energia Mundial 2021. Paris: AIE. 2021. MUHIBBUDDIN; HAMIDI, Mohd Adnin; ERDIWANSYAH. Carbon footprint reduction potential of on-grid renewable microgrids. *International Journal of Energy and Environment*, v. 16, n. 1, p. 15-28, 2025. PEREIRA, N. S. Impacto das Microrredes na Criação de Empregos e no Desenvolvimento Econômico em Regiões Rurais do Brasil. *Revista de Desenvolvimento Econômico*, v. 20, n. 1, p. 75-89, 2018. SILVA, J. R. Desafios e Oportunidades da Implementação de Microrredes no Mercado Livre de Energia do Brasil.

Palavras Chave

transição energética, microgrid, diversidade energética

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA - OPORTUNIDADES E DESAFIOS RELACIONADOS AO DESENVOLVIMENTO DO MICROGRID NO BRASIL.

1 INTRODUÇÃO

Este estudo tem como objetivo analisar a transição energética na matriz elétrica brasileira, com foco no papel das microgrids como solução para a descentralização e diversificação do sistema energético. Fundamentada na Teoria da Sustentabilidade, a pesquisa busca compreender como essa tecnologia pode contribuir para a redução da dependência de fontes não renováveis (AIE, 2021), e para o fortalecimento da resiliência energética no país (SILVA, 2023).

Por meio de uma revisão sistemática da literatura, investiga-se o impacto das microgrids na promoção de energia limpa, eficiente e acessível, considerando seus benefícios e as principais barreiras técnicas, regulatórias e financeiras. A análise também visa identificar lacunas nos estudos existentes e propor subsídios para políticas públicas que incentivem sua adoção no Brasil (OLIVEIRA, 2020).

A relevância do tema se justifica pela urgência em promover uma transição energética eficaz, diante das mudanças climáticas e da necessidade de diversificação da matriz elétrica. A questão de pesquisa proposta — Como os estudos acadêmicos sobre microgrids no Brasil abordam os pilares da sustentabilidade, e quais são as principais lacunas, barreiras e oportunidades de mercado identificadas para sua expansão no contexto da transição energética e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)? Questão relevante, pois permite explorar os aspectos teóricos e práticos do tema, considerando as necessidades específicas do país para promover uma transição energética sustentável.

Dessa forma, este estudo propõe uma revisão sistemática da produção acadêmica sobre microgrids no Brasil, com os seguintes objetivos específicos, identificar os desafios que influenciam a expansão das microgrids no país, apontar os principais benefícios associados à sua implementação, e mapear lacunas teóricas que possam orientar futuras pesquisas.

2 MÉTODO

Este estudo adotou abordagem qualitativa, por meio de revisão sistemática da literatura, com foco na transição energética e no papel das microgrids no Brasil. A metodologia seguiu diretrizes padronizadas para garantir rigor e reprodutibilidade. A busca foi realizada nas bases Scopus, SciELO e Web of Science, priorizando estudos dos últimos cinco anos, mas incluindo também trabalhos relevantes anteriores. Os termos utilizados foram “transição energética”, “microgrid” e “diversidade energética”, complementados por buscas manuais e consultas a especialistas.

Foram selecionados artigos com enfoque no contexto brasileiro, que abordassem aspectos técnicos, regulatórios e operacionais das microgrids. A análise dos dados, extraídos por leitura crítica, permitiu organizá-los em categorias temáticas e identificar padrões, lacunas e tendências. Os resultados foram sistematizados conforme o protocolo da revisão, possibilitando um panorama das barreiras e oportunidades para a expansão das microgrids no setor elétrico nacional. Os critérios utilizados para sua seleção seguiu as diretrizes de Creswell (2020) para assegurar a transparência e a replicabilidade do processo de seleção dos estudos incluídos na revisão.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A Teoria da Sustentabilidade fundamenta este estudo ao oferecer suporte para avaliar políticas e tecnologias no setor elétrico brasileiro (PEREIRA, 2018; SILVA, 2023). O pilar social destaca a equidade e o acesso à energia, com as microgrids se mostrando eficazes na inclusão de comunidades remotas (MUHIBBUDDIN, HAMIDI E ERDIWANSYAH, 2025).

A descentralização fortalece a autonomia local e a participação comunitária na transição energética (SEN, 1999; HASSEL *et al.*, 2015). Do ponto de vista econômico, esses sistemas reduzem custos operacionais, geram empregos e fomentam a inovação tecnológica (PEREIRA, 2018). Sua implementação também alivia a carga da rede centralizada, melhorando a eficiência em áreas urbanas (SANTOS, 2020).

No campo ambiental, essas tecnologias reduzem emissões e aumentam a resiliência frente a eventos climáticos extremos, ao substituir fontes fósseis por renováveis (MUHIBBUDDIN, HAMIDI E ERDIWANSYAH, 2025). Contudo, entraves regulatórios e políticos ainda limitam seu avanço, exigindo cooperação intersetorial e mais estudos sobre sua viabilidade (SACHS, 2015).

A articulação entre políticas públicas, inovação tecnológica e engajamento da sociedade pode consolidar as microrredes como alternativa estratégica para a diversificação da matriz elétrica no país (SANTOS, 2022). As microgrids são essenciais para fortalecer a segurança energética e a resiliência dos sistemas elétricos, especialmente em regiões vulneráveis a falhas na infraestrutura convencional (ALI *et al.*, 2017).

Durante eventos extremos, essas redes garantem fornecimento contínuo, como evidenciado em políticas adotadas por países como Estados Unidos, China e União Europeia (AMARAL; MORET, 2020). Além disso, promovem a redução de emissões ao substituir combustíveis fósseis por fontes limpas, alinhando-se às diretrizes internacionais de transição energética (AIE, 2021).

No Brasil, as microgrids têm sido aplicadas com sucesso em regiões remotas, como a Amazônia, onde viabilizam o acesso à eletricidade e impulsionam o desenvolvimento local (ALMEIDA, 2021). No setor industrial, sua adoção aumenta a confiabilidade e reduz prejuízos causados por apagões (MARTINS, 2019).

4 RESULTADOS

Nesta revisão inicialmente foram identificados 142 artigos relevantes por meio de uma busca abrangente em bases de dados eletrônicas, *Scopus*, *Scielo* e *Web of Science*. Posteriormente, esses artigos foram submetidos a uma análise criteriosa, com base em critérios de inclusão e exclusão estabelecidos conforme os procedimentos descritos por Creswell (2020).

Tabela 01: Características e resultados dos estudos incluídos na revisão.

Autor / Ano	Objetivo	Resultados	Conclusões	Características
SILVA, 2023.	Investigar desafios e oportunidades da implementação de microgrids no mercado livre de energia brasileiro.	Identificação dos principais desafios regulatórios e técnicos para a integração de microgrids.	Propõe a adoção de políticas públicas específicas e investimentos em pesquisa e desenvolvimento.	Tecnologias: Microgrids; Políticas Públicas: Políticas públicas e regulação do mercado livre; Modelo de Negócio: Investimentos em pesquisa e desenvolvimento.
SANTOS, 2022.	Avaliar o potencial das microgrids como	Análise de casos de estudo de	Recomenda a expansão do uso de	Tecnologias: Microgrids; Políticas Públicas: Políticas

	ferramenta para promover a diversidade de fontes de energia no mercado livre de energia brasileiro.	microgrids implantadas em diversas regiões do Brasil.	microgrids em larga escala, incentivando parcerias público-privadas e políticas de incentivo.	de incentivo e parcerias público-privadas; Modelo de Negócio: Expansão em larga escala e avaliações de custo-benefício.
LIMA, 2021.	Examinar o papel das políticas públicas na promoção da diversidade e equidade no mercado livre de energia brasileiro, com foco nas microgrids.	Identificação das lacunas e inconsistências nas políticas públicas relacionadas ao desenvolvimento de microgrids.	Sugere a revisão e atualização das políticas energéticas vigentes e a inclusão de critérios de equidade na distribuição de recursos.	Tecnologias: Microgrids; Políticas Públicas: Políticas públicas e equidade; Modelo de Negócio: Inclusão de critérios de equidade na política energética.
OLIVEIRA, 2020.	Investigar os benefícios socioeconômicos da implantação de microgrids em comunidades rurais e urbanas de baixa renda no Brasil.	Evidencia o aumento do acesso à energia elétrica, a redução de custos e a geração de empregos locais.	Destaca a importância da inclusão social e da sustentabilidade financeira na formulação de políticas de incentivo.	Tecnologias: Microgrids; Políticas Públicas: Políticas de inclusão social, financiamento para microgrids; Modelo de Negócio: Impacto socioeconômico, geração de empregos locais.
COSTA, 2019.	Analisar o potencial das microgrids como solução para a resiliência do sistema elétrico em regiões remotas e vulneráveis do Brasil.	Destaca a capacidade das microgrids de garantir o fornecimento de energia elétrica em situações de interrupção.	Propõe a integração das microgrids nas políticas de segurança energética do país.	Tecnologias: Microgrids, energias renováveis; Políticas Públicas: Políticas de segurança energética, resiliência energética; Modelo de Negócio: Desenvolvimento econômico local, operação em regiões remotas.
ALMEIDA, 2021.	Investigar o impacto das políticas de incentivo à energia renovável no desenvolvimento de microgrids no Brasil.	Identificação das políticas estaduais mais eficazes para promover o desenvolvimento de microgrids.	Destaca a importância da coordenação entre os governos estaduais e federal na implementação de políticas integradas.	Tecnologias: Microgrids, energias renováveis; Políticas Públicas: Políticas estaduais de incentivo, coordenação federal; Modelo de Negócio: Integração com a rede elétrica, incentivo à participação de fontes renováveis.
SANTOS, 2020.	Avaliar a viabilidade econômica e ambiental da implementação de microgrids em áreas urbanas densamente povoadas no Brasil.	Demonstração da viabilidade financeira e dos benefícios ambientais da adoção de microgrids.	Sugere a formulação de políticas públicas para incentivar o investimento privado em áreas urbanas.	Tecnologias: Microgrids; Políticas Públicas: Políticas de incentivo para áreas urbanas; Modelo de Negócio: Viabilidade econômica, benefícios ambientais.
RODRIGUES, 2018.	Investigar os desafios técnicos e operacionais enfrentados na implantação de microgrids em áreas urbanas brasileiras.	Identificação de problemas como a falta de padrões de interoperabilidade e a necessidade de adaptação.	Propõe investimentos em pesquisa e desenvolvimento para superar os desafios técnicos e operacionais.	Tecnologias: Microgrids; Políticas Públicas: Regulamentações urbanas, pesquisa e desenvolvimento; Modelo de Negócio: Inovação tecnológica, soluções adaptadas ao ambiente urbano.
GOMES, 2017.	Avaliar o impacto das microgrids na segurança energética e na resiliência do sistema elétrico brasileiro.	Demonstração do potencial das microgrids para reduzir a vulnerabilidade do sistema	Sugere a inclusão das microgrids como parte integrante das estratégias de segurança	Tecnologias: Microgrids; Políticas Públicas: Estratégias de segurança energética; Modelo de Negócio: Fortalecimento da segurança energética,

		elétrico.	energética.	confiabilidade do fornecimento de energia.
MARTINS, 2019.	Investigar o papel das microgrids na promoção da eficiência energética e na redução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil.	Evidencia a contribuição das microgrids para a otimização do uso de energia e a redução das emissões.	Propõe políticas de incentivo e regulação para promover a adoção generalizada de microgrids.	Tecnologias: Microgrids; Políticas Públicas: Incentivos e regulação para eficiência energética; Modelo de Negócio: Desenvolvimento sustentável, cumprimento de metas ambientais.
FERREIRA, 2020.	Investigar os desafios socioeconômicos e culturais na implementação de microgrids em comunidades tradicionais e indígenas no Brasil.	Identificação de questões como a preservação cultural, a autonomia energética e a inclusão social.	Sugere a formulação de políticas específicas e o envolvimento das comunidades no planejamento e implementação.	Tecnologias: Microgrids; Políticas Públicas: Políticas específicas para comunidades tradicionais e indígenas; Modelo de Negócio: Autonomia energética, preservação cultural.
PEREIRA, 2018.	Avaliar o impacto das microgrids na geração de empregos e no desenvolvimento econômico de regiões rurais do Brasil.	Deonstração do potencial das microgrids para gerar empregos locais e estimular atividades econômicas.	Propõe políticas de incentivo ao empreendedorismo local e à formação de mão de obra especializada.	Tecnologias: Microgrids; Políticas Públicas: Políticas de incentivo ao empreendedorismo e à formação de mão de obra; Modelo de Negócio: Geração de empregos, desenvolvimento econômico rural.
ALI <i>et al.</i> , 2017.	Fornecer uma visão geral das políticas, incentivos e barreiras para microgrids na União Europeia, EUA e China.	Identificação de um crescente apoio a tecnologias de microgrid e a integração de recursos energéticos distribuídos (DERs).	Políticas consistentes e incentivos financeiros são essenciais para a expansão das microgrids. A experiência de diferentes regiões pode ajudar a moldar políticas eficazes.	Tecnologias: Microgrids, DERs; Políticas Públicas: Políticas de incentivo, regulamentação; Modelo de Negócio: Incentivos financeiros e apoio à inovação.
MEENU AL; USAPEI N, 2021	Revisar as políticas e tecnologias de microgrids na Tailândia e identificar os principais fatores impulsionadores.	Adoção de microgrids impulsionada por necessidade de resiliência energética e integração de fontes renováveis, especialmente em áreas rurais e remotas.	O modelo tailandês mostra a viabilidade de microgrids em contextos emergentes e rurais, oferecendo insights para a implementação em áreas similares no Brasil.	Tecnologias: Microgrids, fontes renováveis; Políticas Públicas: Políticas emergentes para microgrids; Modelo de Negócio: Resiliência energética, integração de fontes renováveis.

Fonte: Autor (2025)

A adoção das microgrids no Brasil apresenta tanto oportunidades quanto desafios. Entre os principais benefícios destacam-se a integração de fontes renováveis, a eficiência energética e a resiliência elétrica em regiões remotas (MARTINS, 2019; OLIVEIRA, 2020).

Contudo, há entraves técnicos e operacionais que dificultam sua implementação, como a complexidade de integração das fontes renováveis e a necessidade de tecnologias de armazenamento (RODRIGUES, 2018). Além disso, a ausência de políticas públicas direcionadas representa um obstáculo relevante à expansão (SANTOS, 2022).

Do ponto de vista socioeconômico, as microgrids podem promover inclusão energética, geração de empregos e desenvolvimento local, principalmente em áreas rurais e comunidades vulneráveis (OLIVEIRA, 2020; PEREIRA, 2018). No entanto, barreiras financeiras, resistência de agentes do setor elétrico e falta de incentivos dificultam essa transição (RIBEIRO, 2023).

Estudos apontam a importância de políticas que assegurem equidade e acesso à energia renovável, inclusive por meio de cooperativas energéticas e programas sociais (VILLANUEVA, 2023; CHAPMAN; OKUSHIMA, 2019). A adoção de tecnologias digitais e inteligência artificial também pode favorecer a gestão e expansão das microgrids (DANISH; SENJYU, 2023; SHINKAFI *et al.*, 2019).

A integração de microgrids nas cidades pode mitigar impactos ambientais, melhorar a segurança energética e reduzir perdas na distribuição (JÚNIOR, 2024). O Brasil, embora destaque em energias renováveis, enfrenta desigualdades no acesso à energia. A descentralização por meio das microgrids pode contribuir para uma matriz mais equilibrada, inclusiva e sustentável (BONFIM, 2023; BARBOSA, 2023).

5 CONCLUSÃO

A revisão sistemática evidenciou que as microgrids possuem grande potencial na transição energética brasileira, especialmente por promoverem soluções descentralizadas, eficientes e alinhadas aos pilares econômico, social e ambiental. A análise permitiu identificar benefícios como a redução de custos, a inclusão energética e a geração de empregos, além de destacar desafios regulatórios, técnicos e financeiros que limitam sua expansão.

A Teoria da Sustentabilidade foi eficaz para estruturar a análise, revelando como políticas públicas, equidade no acesso e uso de fontes renováveis influenciam a adoção dessas tecnologias, as quais contribuem diante das metas estabelecidas pelo Acordo de Paris e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Com isso sob a ótica da teoria da sustentabilidade, foi possível identificar benefícios e barreiras em sua implementação, no aspecto social, destaca-se o impacto positivo na qualidade de vida de comunidades isoladas, promovendo inclusão energética, redução de desigualdades e empoderamento local (LIMA, 2021). No pilar ambiental, evidencia-se a contribuição das microgrids para a redução de emissões de gases de efeito estufa, estímulo ao uso de fontes renováveis e alinhamento com os ODS, reforçando seu potencial no enfrentamento das mudanças climáticas (OLIVEIRA, 2020). Já no campo econômico, a análise aponta tanto oportunidades quanto a redução de custos, eficiência e novos modelos de negócios, e quanto desafios relacionados à viabilidade financeira e ao alto investimento inicial (COSTA, 2019).

Conclui-se que a consolidação das microgrids no Brasil depende da articulação entre políticas públicas, incentivos econômicos e participação comunitária. A integração desses elementos é essencial para uma transição energética inclusiva, resiliente e sustentável com isso o estudo contribui no entendimento sobre o desenvolvimento do microgrid e impacta na promoção da energia elétrica sustentável, indicando insights para o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem sua implementação. Achados frisam a segurança energética e redução da vulnerabilidade no fornecimento, onde a classificação socioambiental resultou em aspectos relevantes de energia limpa, infraestrutura, inclusão social e redução de emissões, os quais se relacionam fortemente com os ODS 7, 9, 11, 13 (e outros como ODS 1, 8, 10) importantes na pesquisa sobre transição e sustentabilidade energética.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (AIE). **Perspectivas de Energia Mundial 2021**. Paris: AIE, 2021.

ALMEIDA, H. R. **Investigando o Impacto das Políticas de Incentivo à Energia Renovável no Desenvolvimento de Microrredes no Brasil**. Revista de Energia Renovável, v. 25, n. 3, p. 123-135, 2021.

COSTA, F. G. **Microrredes como Solução para Aprimorar a Resiliência do Sistema Elétrico em Regiões Remotas e Vulneráveis do Brasil**. Análise de Políticas Energéticas, v. 10, n. 2, p. 87-101, 2019.

CRESWELL, J. W. **Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. (5ª ed.). Sage Publications, 2020.

FERREIRA, M. A. **Desafios Socioeconômicos e Culturais na Implementação de Microrredes em Comunidades Tradicionais e Indígenas no Brasil**. Revista de Desenvolvimento Social, v. 15, n. 4, p. 210-225, 2020.

GOMES, K. P. **Impacto das Microrredes na Segurança Energética e na Resiliência do Sistema Elétrico Brasileiro**. Revista de Energia Sustentável, v. 8, n. 1, p. 45-60, 2017.

LIMA, C. D. **Papel das Políticas Públicas na Promoção da Diversidade e Equidade no Mercado Livre de Energia do Brasil: Um Foco em Microrredes**. Revista de Análise de Políticas Públicas, v. 18, n. 2, p. 301-315, 2021.

MARTINS, L. M. **O Papel das Microrredes na Promoção da Eficiência Energética e na Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil**. Revista de Ciências Ambientais, v. 30, n. 4, p. 512-525, 2019.

OLIVEIRA, E. F. **Investigando os Benefícios Socioeconômicos da Implementação de Microrredes em Comunidades Urbanas e Rurais de Baixa Renda no Brasil**. Revista de Desenvolvimento Comunitário, v. 12, n. 3, p. 150-165, 2020.

PEREIRA, N. S. **Impacto das Microrredes na Criação de Empregos e no Desenvolvimento Econômico em Regiões Rurais do Brasil**. Revista de Desenvolvimento Econômico, v. 20, n. 1, p. 75-89, 2018.

RODRIGUES, J. L. **Desafios Técnicos e Operacionais na Implementação de Microrredes em Áreas Urbanas do Brasil**. Revista de Desafios de Engenharia, v. 5, n. 2, p. 210-225, 2018.

SANTOS, A. B. **Avaliando o Potencial das Microrredes como Ferramenta para Promover a Diversidade de Fontes de Energia no Mercado Livre de Energia do Brasil**. Revisão de Estratégia Energética, v. 13, n. 2, p. 187-200, 2022.

SILVA, J. R. **Desafios e Oportunidades da Implementação de Microrredes no Mercado Livre de Energia do Brasil**. Revista de Engenharia Elétrica, v. 28, n. 3, p. 320-335, 2023.