



Gestão & Gerenciamento

ANTECEDENTES, DECISÕES E RESULTADOS EM PROJETOS DE MICRORREDE: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E REVISÃO DA LITERATURA

*BACKGROUND, DECISIONS AND RESULTS IN MICROGRID PROJECTS:
BIBLIOMETRIC ANALYSIS AND LITERATURE REVIEW*

Nathalia Gomes de Araujo

Engenharia civil; Núcleo de Pesquisas em Planejamento e Gestão, Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.;

nathalia.gomes@coppe.ufri.br

Diego Souza Silva

Doutor em Engenharia de Produção, Programa de Engenharia Elétrica, Universidade Federal
do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

diego.silva@lfafe.ufri.br

Resumo

A transição energética e a descentralização impulsionaram o desenvolvimento das microrredes como soluções estratégicas para sistemas elétricos mais sustentáveis. Este artigo tem como objetivo compreender a organização dos elementos-chave relacionados aos antecedentes, decisões e resultados em projetos de microrredes. Metodologicamente, realizou-se uma revisão da literatura e análise bibliométrica na base *Web of Science*, coletando 335 artigos analisados via pacote **bibliometrix**. Em seguida, os 30 trabalhos mais influentes passaram por análise de conteúdo qualitativa utilizando o framework ADO (*Antecedents-Decisions-Outcomes*). Os resultados demonstram que os principais antecedentes que motivam as pesquisas são a crise energética global, a forte dependência de combustíveis fósseis e as falhas estruturais que causam desigualdades de acesso à eletricidade. No eixo das decisões, prevalece a adoção de sistemas híbridos de energia (HRES) acoplados a tecnologias de armazenamento, frequentemente avaliados e otimizados pelo software HOMER Pro. Nos resultados, atesta-se a viabilidade técnico-econômica e a forte redução de emissões ambientais. Conclui-se, contudo, que a expansão prática das microrredes esbarra em barreiras regulatórias, demandando maior integração entre inovações tecnológicas e novos modelos institucionais e de governança.

Palavras-chave: Microrredes; Transição energética; Análise bibliométrica; Framework ADO; viabilidade técnico-econômica.

Abstract

The energy transition and decentralization have driven the development of microgrids as strategic solutions for more sustainable electrical systems. This article aims to understand the organization of key elements related to the antecedents, decisions, and outcomes in microgrid projects. Methodologically, a literature review and bibliometric analysis were conducted using the Web of Science database, collecting 335 articles analyzed via the bibliometrix package. Subsequently, the 30 most influential papers underwent a qualitative content analysis using the ADO (Antecedents-Decisions-Outcomes) framework. The results demonstrate that the main antecedents motivating the research are the global energy crisis, the heavy reliance on fossil fuels, and structural failures that cause inequalities in electricity access. Regarding decisions, the adoption of hybrid renewable energy systems (HRES) coupled with storage technologies prevails, frequently evaluated and optimized by the HOMER Pro software. In terms of outcomes, technical-economic feasibility and a substantial reduction in environmental emissions are attested. It is concluded, however, that the practical expansion of microgrids faces regulatory barriers, demanding greater integration between technological innovations and new institutional and governance models.

Keywords: Microgrids; Energy transition; Bibliometric analysis; ADO framework; technical-economic viability.

1 Introdução

Nas últimas décadas, têm-se observado significativas transformações estruturais em diversos setores, com destaque para o campo energético. A transição energética vem como processo de mudanças do sistema atual em direção a um modelo mais sustentável. Essas mudanças contribuem para a mitigação de desafios globais, promovendo a redução das emissões de gases de efeito estufa, a diminuição da dependência de recursos finitos além do desenvolvimento econômico sustentável.

Dentre as principais fontes utilizadas na transição energética, destacam-se energia solar, eólica; hidrelétrica e a biomassa. A transição energética não se limita à simples

substituição de fontes energéticas, tendo como objetivo a mitigação do aquecimento global e a construção de um sistema energético mais limpo, seguro e economicamente viável. Esse processo envolve desafios sistêmicos, relacionados a aspectos econômicos, regulatórios e da infraestrutura, entre outros [1]. Dessa forma, torna-se necessária a análise integrada desses fatores, considerando as dinâmicas e interações presentes no sistema.

Nesse contexto, o armazenamento de energia, o desenvolvimento de redes inteligentes e a gestão do consumo e dos excedentes contribuem para a consolidação do conceito de microrredes. Esses sistemas configuram-se como uma solução estratégica, caracterizadas por autonomia, descentralização e resiliência.

As microrredes representam uma alternativa relevante no contexto da transição energética, uma vez que promovem mudanças na forma de geração e consumo de energia. Conceitualmente correspondem a sistemas de geração e distribuição em pequena escala, que podem operar conectados à rede elétrica convencional ou de forma independente, integrando fontes como a energia solar e a eólica.

Além disso, não se limitam a uma alternativa tecnológica, mas constituem um elemento fundamental para viabilizar a transição energética mais sustentável, descentralizada e adaptada às necessidades atuais da sociedade.

Esses dois sistemas apresentam caráter complementar. Ambos falam sobre fluxo, conexão, reorganização e sustentabilidade. Nota-se uma evolução na forma de interpretar as dinâmicas do sistema energético e as soluções tecnológicas aplicadas.

A implementação de um sistema demanda uma estrutura de gestão de projetos, em razão da complexidade técnica, regulatória e econômica envolvida. Sua execução requer a integração de diversos fatores, como planejamento, análise e controle das etapas do projeto. Destaca-se, especialmente, a importância da viabilidade econômica, que envolve a análise de custos, investimentos, operação e manutenção, além da avaliação de riscos e do retorno financeiro esperado.

Apesar dos avanços no desenvolvimento das microrredes, a maioria dos estudos concentra-se em cenários ideais e controlados. No entanto, na prática, os contextos reais são marcados por elevada complexidade, questões regulatórias, restrições financeiras e desafios operacionais, que interferem no desempenho esperado dos sistemas.

Este artigo tem como objetivo compreender como estão organizados os elementos-chaves relacionados aos antecedentes, às decisões e aos resultados oriundos de projetos de microrredes. Para isso foi realizada uma revisão da literatura com análise bibliométrica utilizando o framework ADO (Antecedents–Decisions–Outcomes).

2 Metodologia

A presente pesquisa combinou revisão bibliométrica e análise de conteúdo qualitativa para (i) mapear principais temáticas mobilizadas na literatura sobre gestão de projetos de microrrede e (ii) compreender aspectos-chave do processo relacionados aos seus antecedentes, decisões e principais resultados apresentados na literatura. A revisão bibliométrica permite análises abrangentes de pesquisas publicadas por meio de conjuntos

de ferramentas estatísticas, revelando assim tendências temáticas e estruturas intelectuais de um determinado domínio [2,3].

Os métodos bibliométricos são úteis em revisões de literatura porque orientam o pesquisador para os trabalhos mais influentes, ao mesmo tempo que mapeiam um domínio, minimizando assim o viés subjetivo [4]. A seguir, detalho os processos de coleta e análise de dados.

Neste estudo, foi adotada a base de dados Web of Science (WoS), uma das fontes mais selecionadas para dados bibliográficos [4]. Para coletar dados da WoS, optou-se por uma escolha de palavras simples, porém abrangente, resultando na seguinte expressão booleana: "microgrid" AND ("Economic feasibility" OR "financial viability"). A busca foi executada a partir do campo da WoS rotulado como tópico (incluindo títulos, resumos e palavras-chave), e realizada em janeiro de 2026, resultando em 397 registros. De modo a garantir que os artigos selecionados fossem adequados para a pesquisa, os autores leram os títulos e resumos dos registros, excluindo da base os artigos que não eram apropriados para o propósito da pesquisa (por exemplo, não abordando de forma explícita o tópico de projetos de microrredes com um olhar gerencial), o que resultou em um conjunto final de 335 artigos.

Foram realizadas análises bibliométricas usando o pacote *bibliometrix* baseado em R [5]. Esta abordagem permite a execução do mapeamento científico, que por sua vez fornece uma representação espacial da relação entre disciplinas, campos, especialidades e artigos ou autores individuais [6]. O mapeamento científico, portanto, baseia-se em técnicas bibliométricas quantitativas para expor as estruturas e dinâmicas (intelectuais e conceituais) do conhecimento científico [4].

Além de mapear o campo, a pesquisa buscou compreender mais profundamente como são apresentados os principais antecedentes, decisões e resultados durante o planejamento e implementação de projetos de microrrede. Deste modo, para a revisão da literatura, os autores selecionaram 30 publicações mais influentes com base nas citações normalizadas dos artigos. As citações são frequentemente usadas para avaliar a importância de um documento, mas a contagem bruta de citações pode ser influenciada pela data de publicação. Os procedimentos de normalização abordam essa questão ajustando a contagem de citações com base no tempo de publicação e nas características da amostra, permitindo uma avaliação mais precisa do impacto de um documento [7]. O conjunto de 30 artigos selecionados compreendeu 66% do total de citações da amostra, conforme apresentado a seguir na Tabela 1.

Tabela 1 - Lista de 30 artigos mais influentes da amostra

Artigo	Revista	Total de Citações (TC)	TC por ano	TC normalizada	% na amostra
KATIRAEI F, 2008, IEEE POWER ENERGY M	IEEE Power & Energy Magazine	1151	60,58	2,00	11,10%
MENGELKAMP E, 2018, APPL ENERG	Applied Energy	1071	119,00	12,21	10,32%
PARHIZI S, 2015, IEEE ACCESS	IEEE Access	785	65,42	6,81	7,57%
CHEN SX, 2012, IEEE T SMART GRID	IEEE Transactions on Smart Grid	709	47,27	4,71	6,84%

GAMARRA C, 2015, RENEW SUST ENERG REV	Renewable and Sustainable Energy Reviews	284	23,67	2,46	2,74%
AHMAD J, 2018, ENERGY	Energy	276	30,67	3,15	2,66%
SOSHINSKAYA M, 2014, RENEW SUST ENERG REV	Renewable and Sustainable Energy Reviews	268	20,62	4,27	2,58%
ELKADEEM MR, 2019, ENERG CONVERS MANAGE	Energy Conversion and Management	234	29,25	9,45	2,26%
DAWOOD F, 2020, SUSTAINABILITY-BASEL	Sustainability	162	23,14	3,46	1,56%
ELKADEEM MR, 2020, SUSTAIN CITIES SOC	Sustainable Cities and Society	162	23,14	3,46	1,56%
BARUAH A, 2021, RENEW SUST ENERG REV	Renewable and Sustainable Energy Reviews	121	20,17	7,39	1,17%
WANG H, 2017, IEEE T SMART GRID	IEEE Transactions on Smart Grid	121	12,10	4,47	1,17%
AL-GHUSSAIN L, 2020, SUSTAIN CITIES SOC	Sustainable Cities and Society	118	16,86	2,52	1,14%
MURTY VVVS, 2020, J MOD POWER SYST CLE	Journal of Modern Power Systems and Clean Energy	116	16,57	2,48	1,12%
HUSEIN M, 2018, APPL ENER	Applied Energy	104	11,56	1,19	1,00%
PARAG Y, 2019, ENERGY SUSTAIN DEV	Energy for Sustainable Development	103	12,88	4,16	0,99%
ABO-ELYOUSR FK, 2018, RENEW ENER	Renewable Energy	95	10,56	1,08	0,92%
WANG R, 2020, APPL ENER	Applied Energy	94	13,43	2,01	0,91%
SHAHZAD S, 2023, SUSTAINABILITY-BASEL	Sustainability	90	22,50	5,01	0,87%
JING WL, 2017, SUSTAIN ENERGY TECHN	Sustainable Energy Technologies and Assessments	84	8,40	3,10	0,81%
BHATT A, 2022, ENER CONVERS MANAGE	Energy Conversion and Management	82	16,40	3,22	0,79%
CESEÑA EAM, 2018, APPL ENER	Applied Energy	80	8,89	0,91	0,77%
LIU JQ, 2020, J ENERGY STORAGE	Journal of Energy Storage	77	11,00	1,65	0,74%
SHOEB MA, 2018, ENERGIES	Energies	76	8,44	0,87	0,73%
AMINI M, 2021, ELECTR POW SYST RES	Electric Power Systems Research	76	12,67	4,64	0,73%
HAIDAR AMA, 2020, SUSTAIN CITIES SOC	Sustainable Cities and Society	75	10,71	1,60	0,72%
TERCAN SM, 2022, J ENERGY STORAGE	Journal of Energy Storage	63	12,60	2,47	0,61%
MOHY-UD-DIN G, 2020, IEEE T IND APPL	IEEE Transactions on Industry Applications	63	9,00	1,35	0,61%
MULENGA E, 2023, RENEW ENER	Renewable Energy	62	15,50	3,45	0,60%
KAUR R, 2018, IET RENEW POWER GEN	IET Renewable Power Generation	62	6,89	0,71	0,60%

Fonte: Os autores

Para analisar a amostra, os autores realizaram uma revisão minuciosa dos artigos, categorizando sistematicamente temas e resultados de pesquisa recorrentes de acordo com

o Framework Antecedents-Decisions-Outcomes (ADO). Frameworks, como o ADO, tem sido fortemente recomendado por apoiar autores no alcance de um mais alto nível de clareza e impacto de revisões [3]. Este processo de leitura abrangente, organização e interpretação dos resultados garantiu a coerência dos achados, ao mesmo tempo que enriqueceu a interpretação derivada da análise bibliométrica.

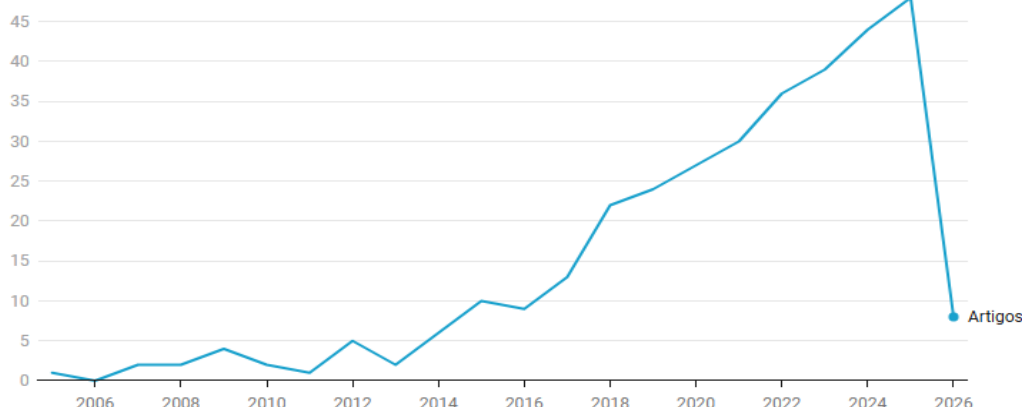
3. Resultados

Essa sessão apresenta o resultado de análises de conteúdo dos trinta artigos mais influentes dentro da nossa base e a organização e interpretação dos resultados a partir framework ADO que permite estruturar a literatura de forma lógica, evidenciando as relações entre os fatores que motivam os estudos, as decisões adotadas e os resultados obtidos.

3.1 Análise bibliométrica

A Figura 1 mostra a publicação anual no conjunto de dados desde o primeiro artigo de 2005. Desde então, estudos sobre projetos de microrrede têm crescido de forma constante, com um pequeno pico no ano de 2015; no entanto, observa-se um aumento significativo no número de publicações a partir de 2017.

Figura 1 - Produção científica anual



A Figura 2 apresenta o mapa temático do conjunto de artigos da base. Os mapas temáticos são uma ferramenta intuitiva que possibilita compreender a estrutura e a evolução de um campo de pesquisa. Essa abordagem baseia-se no modelo proposto por Callon [8], amplamente utilizado na análise bibliométrica para avaliar o grau de desenvolvimento das temáticas ao longo da pesquisa. De forma geral, esse modelo está associado à coesão entre palavras-chave dentro de uma rede temática, permitindo uma análise estruturada dos tópicos investigados.

Essa abordagem organiza os temas em quadrantes, identificados com base em sua centralidade (representada no eixo X) e densidade (representada no eixo Y). Mais precisamente, a centralidade mede o nível de interação entre os clusters, ou seja, a extensão em que um tópico está conectado a outros e, portanto, sua relevância em um domínio específico. Por outro lado, a densidade mede o nível de coesão intra-cluster, indicando o

grau de desenvolvimento interno de um tema a partir da conexão entre suas palavras-chave.[8]

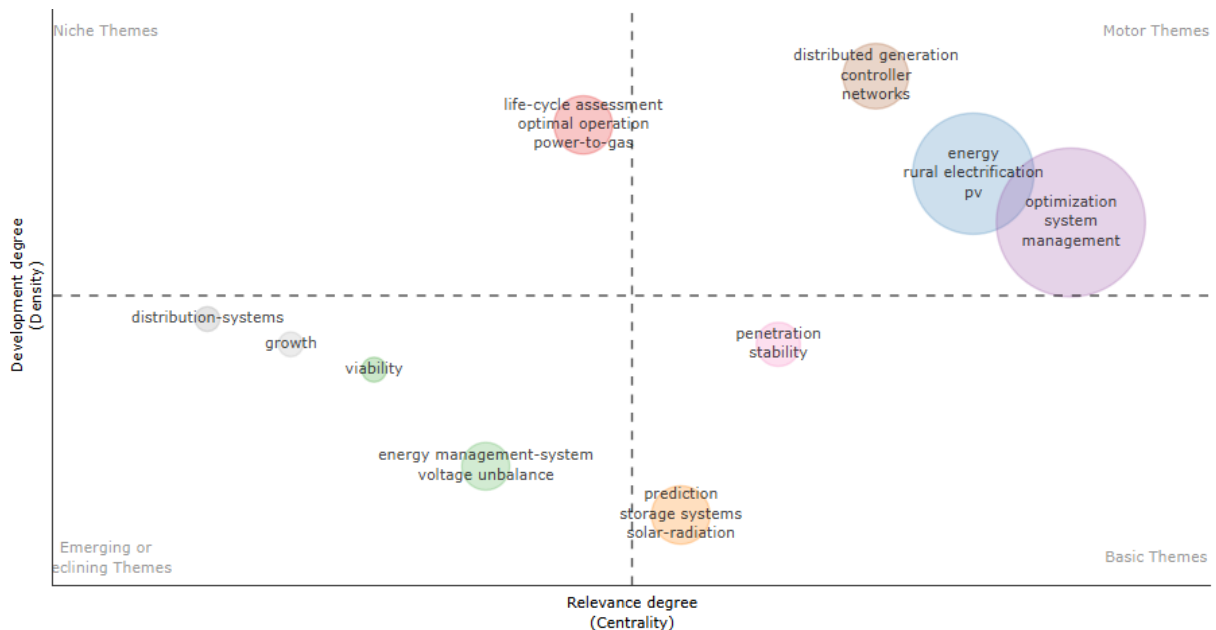


Figura 1 - Fonte : bibliometrix (2025).

No quadrante superior direito, correspondente aos temas motores, observam-se tópicos com alta centralidade e alta densidade, ou seja, temas bem desenvolvidos e importantes para a área. Neste estudo, destacam-se temas como geração distribuída, controle de redes, energia, eletrificação rural, sistemas fotovoltaicos, otimização e gestão de sistemas, indicando uma literatura fortemente consolidada, voltada às energias renováveis, microrredes e eletrificação em áreas rurais.

Já no quadrante inferior direito, correspondente aos temas básicos ou transversais, encontram-se tópicos com alta centralidade e baixa densidade, ou seja, temas centrais, porém ainda pouco desenvolvidos. No mapa, destacam-se termos como penetração, estabilidade, previsão, sistemas de armazenamento e radiação solar. Esses temas indicam a importância crescente da previsão e do armazenamento energético, embora ainda apresentem lacunas de aprofundamento teórico e integração com outras dimensões do sistema, especialmente no que se refere à estabilidade.

No quadrante superior esquerdo situam-se os temas especializados, caracterizados por alta densidade e baixa centralidade, sendo bem desenvolvidos internamente, porém pouco conectados ao restante da literatura. No mapa, destacam-se tópicos como avaliação do ciclo de vida, operação ótima e *power-to-gas*, indicando abordagens mais específicas e aprofundadas, voltadas à análise de tecnologias e processos, mas com menor influência no conjunto geral da área.

Por fim, o quadrante inferior esquerdo reúne os temas emergentes ou em declínio, caracterizados por baixa centralidade e baixa densidade. Nesse grupo, aparecem tópicos como sistemas de distribuição, crescimento, viabilidade, sistemas de gestão de energia e desequilíbrio de tensão. A presença de termos como *voltage unbalance* sugere desafios

técnicos específicos que, embora relevantes, ainda não estão plenamente integrados ao núcleo central da literatura.

3.2 Análise de conteúdo

O framework ADO considera os antecedentes (Antecedents) representam os fatores contextuais e desafios que motivam as pesquisas, como limitações técnicas, econômicas, entre outros. As decisões (Decisions) correspondem às escolhas metodológicas e tecnológicas adotadas para lidar com esses desafios, incluindo configurações de sistemas, estratégias de controle e modelos de otimização. Por fim, os resultados (Outcomes) refletem os impactos dessas decisões, geralmente avaliados em termos de desempenho técnico, viabilidade econômica e benefícios ambientais.

A partir dessa estrutura, os artigos analisados evidenciam padrões consistentes na literatura.

3.2.1 Antecedentes

Os Antecedentes representam as motivações globais e as lacunas que justificam o desenvolvimento das pesquisas sobre microrredes. A análise realizada evidencia que a crise energética global constitui um dos principais fatores diretamente associada ao crescimento populacional, à industrialização e ao avanço tecnológico, que resultam em um aumento acelerado da demanda por energia.

Observa-se, ainda, uma forte dependência de combustíveis fósseis, responsáveis por mais de 75% da geração global de eletricidade [9] que contribui significativamente para emissão dos gases de efeito estufa (GEE), e intensifica os efeitos do aquecimento global e das mudanças climática. [10,11,12]. A literatura destaca que a escassez de energia em países em desenvolvimento permanece como um dos maiores desafios mundiais, estando diretamente relacionada tanto ao crescimento da demanda quanto à limitação dos recursos energéticos tradicionais.[13]

Outro aspecto relevante identificado refere-se à desigualdade no acesso à eletricidade. Dados indicam que, em 2016, aproximadamente 22,6% da população rural e 3,1% da população urbana ainda viviam sem acesso à energia elétrica, evidenciando falhas estruturais nos sistemas energéticos convencionais.[9]. Em regiões com terrenos complexos ou comunidades isoladas, como áreas rurais da Índia, a conexão à rede elétrica nacional torna-se tecnicamente difícil e economicamente inviável, reforçando a necessidade de soluções descentralizadas. [11]

Aponta limitações inerentes ao modelo tradicional de geração centralizada, que resultam em perdas significativas de energia na transmissão e altos custos operacionais, devida a longas distancias [15] Em regiões remotas como Sarawak, na Malásia, mesmo quando há proximidade com linhas de transmissão, os custos associados à adaptação da infraestrutura tornam o sistema centralizado financeiramente inviável, evidenciando a ineficiência desse modelo para determinadas aplicações. [11].

Por fim, destaca-se um antecedente de natureza acadêmica, relacionado à fragmentação do conhecimento científico, diversos estudos apontam a existência de lacunas na literatura especialmente pela ausência de frameworks integrados que conectem planejamento, operação e avaliação de sistemas energéticos. Embora existam pesquisas consolidadas sobre componentes isolados, há uma escassez de abordagens sistemáticas que

promovam a integração desses elementos, o que reforça a necessidade de desenvolvimento de modelos e metodologias mais abrangentes [9,10,12,16,17,18,19].

3.2.2 Decisões

As decisões representam o núcleo estratégico e operacional no qual os pesquisadores definem metodologias, tecnologias e abordagens capazes de superar os desafios previamente identificados nos antecedentes.

No contexto das microrredes, destaca-se o eixo de configurações tecnológicas e arquitetura do sistema, responsável por definir a estrutura física e os componentes que compõem o sistema energético.

A análise da literatura evidencia que o uso de fontes isoladas, como solar ou eólica, não é suficiente para garantir a confiabilidade do sistema, devido à intermitência e à variabilidade dos recursos naturais [9,20]. Diante disso, observa-se a predominância da adoção de sistemas híbridos de energia (HRES), que combinam diferentes fontes, como solar fotovoltaica, eólica, biomassa e hidrocínética, com o objetivo de compensar limitações individuais e aumentar a estabilidade do fornecimento [9,11,13,20]. Nesse contexto, a inclusão de geradores a diesel é frequentemente considerada como uma solução de suporte para garantir a resiliência do sistema, embora os modelos busquem minimizar sua utilização devido aos custos e impactos ambientais.

decisões relacionadas às tecnologias de armazenamento de energia (ESS) assumem papel fundamental na viabilidade dos sistemas. A literatura aponta a transição para baterias de íon-lítio, associada à maior eficiência e vida útil, bem como a incorporação de soluções complementares, como sistemas baseados em hidrogênio (P2H2P) e armazenamento hidrelétrico por bombeamento (PHS), especialmente para lidar com variações sazonais e de longo prazo [1,14].

No que se refere à arquitetura elétrica, a escolha do tipo de barramento também se destaca como uma decisão relevante. Em aplicações específicas, como telecomunicações e comunidades remotas, observa-se a preferência por barramentos em corrente contínua (CC), devido à maior simplicidade operacional e eficiência na integração de fontes renováveis [19,21].

Com base nas fontes analisadas, a literatura evidencia que a viabilidade técnica e econômica constitui um dos principais indicadores de desempenho das microrredes, sendo avaliada por meio de frameworks de otimização, simulações de cenários e indicadores financeiros.

Software HOMER Pro se consolidou como a principal ferramenta para simulação e otimização técnico-econômica, sendo amplamente utilizado para avaliar diferentes configurações de sistemas híbridos e identificar soluções ótimas com base em métricas como o Custo Líquido Presente (NPC) e o Custo Nivelado da Energia (COE). O HOMER Pro permite a análise de múltiplos cenários operacionais e estratégias de despacho, sendo aplicado em diferentes contextos, como sistemas isolados e áreas rurais [9,10,11,12,13,14,16,19,21,22,23,24,25,26]. No entanto, a literatura também aponta limitações relacionadas à modelagem de fenômenos dinâmicos e à representação detalhada da variabilidade dos recursos, o que leva ao uso complementar de outras ferramentas.

3.2.3 Resultados

Os resultados evidenciam que as decisões integradas adotadas no planejamento de microrredes contribuem significativamente para o desempenho técnico, econômico e ambiental dos sistemas, validando a eficácia desse modelo energético. De modo geral, observa-se que a viabilidade econômica pode ser alcançada em cenários otimizados, com custos de energia (COE) competitivos ou equivalentes aos da rede principal, como valores próximos a 0,095 \$/kWh em contextos específicos e 0,175 \$/kWh em outros cenários analisados. [1,13]

No que se refere aos impactos ambientais, a literatura demonstra que a adoção de sistemas híbridos permite reduções expressivas nas emissões de CO₂ e no consumo de combustíveis fósseis, podendo atingir níveis significativamente inferiores aos observados em sistemas convencionais baseados em diesel. Esses resultados reforçam o papel das microrredes na promoção de uma matriz energética mais sustentável [1,10,23]

No que se refere aos impactos ambientais, a literatura demonstra que a adoção de sistemas híbridos permite reduções expressivas nas emissões de CO₂ e no consumo de combustíveis fósseis, podendo atingir níveis significativamente inferiores aos observados em sistemas convencionais baseados em diesel. Esses resultados reforçam o papel das microrredes na promoção de uma matriz energética mais sustentável [11,28]

Por fim, a análise evidencia que, apesar dos avanços técnicos e econômicos, persistem barreiras externas que limitam a expansão das microrredes. Entre os principais desafios identificados destacam-se questões regulatórias e a necessidade de maior coordenação entre os diferentes stakeholders, indicando que o sucesso desses sistemas depende não apenas de soluções tecnológicas, mas também de fatores institucionais e de governança. [9,10,15,25,27,29]

4. Discussão e considerações finais

A análise de conteúdo baseada no framework ADO permitiu uma compreensão estruturada da literatura sobre microrredes, evidenciando como os antecedentes, decisões e resultados. A categorização dos estudos contribui significativamente para a organização do conhecimento, facilitando a visualização dos principais desafios, abordagens e impactos associados ao desenvolvimento de microrredes, além de apoiar o planejamento de pesquisas futuras.

Observa-se que os antecedentes estão fortemente concentrados em problemas globais amplamente reconhecidos, como a crise energética, a dependência de combustíveis fósseis e as limitações da infraestrutura elétrica tradicional. No entanto, chama atenção o fato de que, embora esses desafios sejam recorrentes, nem todos os estudos exploram de forma aprofundada suas implicações econômicas e sociais, especialmente em contextos específicos como comunidades isoladas ou países em desenvolvimento.

No que se refere às decisões, a literatura demonstra avanços consistentes na adoção de soluções tecnológicas e metodológicas, com destaque para sistemas híbridos, integração de armazenamento e uso de ferramentas de otimização como o HOMER Pro. Ainda assim, percebe-se uma predominância de abordagens técnicas, com menor ênfase em aspectos institucionais, regulatórios e de governança, que se mostraram fundamentais nos resultados para a viabilidade real dos projetos.

Os resultados indicam que as microrredes apresentam elevado potencial para alcançar viabilidade técnica, econômica e ambiental. Contudo, a análise revela que tais resultados são frequentemente obtidos em condições idealizadas ou altamente otimizadas, o que pode limitar sua generalização para contextos reais mais complexos. Além disso, a recorrente identificação de barreiras regulatórias e de coordenação entre *stakeholders* evidencia que o sucesso das microrredes depende de fatores que extrapolam a dimensão puramente tecnológica.

Por fim, destaca-se como lacuna relevante a necessidade de estudos que integrem de maneira mais robusta as dimensões técnica, econômica e institucional, especialmente no que se refere à implementação prática das microrredes em larga escala. Sugere-se, portanto, o desenvolvimento de pesquisas que explorem modelos de governança, políticas públicas e mecanismos de incentivo, bem como análises aplicadas em contextos reais, a fim de reduzir a distância entre o desempenho teórico e a viabilidade prática desses sistemas.

5. Referências

- [1] AL-GHUSSAIN, L.; SAMU, R.; TAYLAN, O.; FAHRIOGLU, M. **Sizing renewable energy systems with energy storage systems in microgrids for maximum cost-efficient utilization of renewable energy resources**. Sustainable Cities and Society, v. 55, p. 102059, 2020.
- [2] BROADUS, R.N. (1987), **"Toward a definition of 'bibliometrics'"**, Scientometrics, Vol. 12 No. 5–6, doi: 10.1007/BF02016680.
- [3] PAUL, J., CRIADO, A.R. (2020), **"The art of writing literature review: What do we know and what do we need to know?"**, International Business Review, Vol. 29 No. 4, pp. 1–7, doi: 10.1016/j.ibusrev.2020.101717.
- [4] ZUPIC, I. AND ČATER, T. (2015), **"Bibliometric Methods in Management and Organization"**, Organizational Research Methods, Vol. 18 No. 3, doi: 10.1177/1094428114562629.
- [5] ARIA, M., CUCCURULLO, C. (2017), **"bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis"**, Journal of Informetrics, Vol. 11 No. 4, doi: 10.1016/j.joi.2017.08.007.
- [6] COBO, M.J.; LÓPEZ-HERRERA, A.G.; HERRERA-VIDEIRA, E.; HERRERA, F. (2011), **"An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field"**, Journal of Informetrics, Vol. 5 No. 1, doi: 10.1016/j.joi.2010.10.002.
- [7] MARZI, G., BALZANO, M., CAPUTO, A., PELLEGRINI, M. M. (2025), **"Guidelines for Bibliometric-Systematic Literature Reviews: 10 steps to combine analysis, synthesis and theory development"**, International Journal of Management Reviews, Vol. 27 No. 1, pp. 81–103, doi: 10.1111/ijmr.12381.
- [8] CALLON, Michel; COURTIAL, Jean-Pierre; TURNER, William A.; BAUIN, Serge. **From translations to problematic networks: An introduction to co-word analysis**. Social Science Information, v. 22, n. 2, p. 191–235, 1983.
- [9] ELKADEEM, M. R. et al. **A systematic approach for planning and design of hybrid renewable energy-based microgrid with techno-economic optimization: A case study on an urban community in Egypt**. Sustainable Cities and Society, [S. l.], v. 54, p. 102013, 2019.
- [10] ELKADEEM, M. R. et al. **Feasibility analysis and techno-economic design of grid-isolated hybrid renewable energy system for electrification of agriculture and irrigation area: A case study in Dongola, Sudan**. Energy Conversion and Management, v. 196, p. 1453-1478, 2019
- [11] BHATT, A. **Optimization of hybrid renewable energy systems**. 2022. Trabalho científico – Energy Conversion and Management, 2022.
- [12] AMINI, M. **Microgrid operation and optimization under uncertainty**. 2021. Trabalho científico – Electric Power Systems Research, 2021.

-
- [13] BARUAH, A.; BASU, M.; AMULEY, D. **Modeling of an autonomous hybrid renewable energy system for electrification of a township: A case study for Sikkim, India.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 135, p. 110158, 2021
 - [14] DAWOOD, F.; SHAFIULLAH, G. M.; ANDA, M. **Stand-alone microgrid with 100% renewable energy: a case study with hybrid solar PV-battery-hydrogen.** Sustainability, v. 12, n. 5, p. 2047, 2020
 - [15] MENGELKAMP, Esther et al. **Designing microgrid energy markets: A case study: The Brooklyn Microgrid.** Applied Energy, 2017.
 - [16] GAMARRA, Carlos; GUERRERO, Josep M. **Computational optimization techniques applied to microgrids planning: A review.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 48, p. 413–424, 2015.
 - [17] WANG, H.; HUANG, J. **Joint Investment and Operation of Microgrid.** IEEE Transactions on Smart Grid, v. 8, n. 2, p. 833-845, 2017.
 - [18] HUSEIN, M., CHUNG, I.-Y. Optimal design and financial feasibility of a university campus microgrid considering renewable energy incentives. Applied Energy, 2018.
 - [19] HAIDAR, A. M. A. Sustainable microgrid planning and design. 2020. Trabalho científico – Sustainable Cities and Society, 2020.
 - [20] KATIRAEI, Farid; IRAVANI, Reza; HATZIARGYRIOU, Nikos; DIMEAS, Aris. Microgrids management: controls and operation aspects of microgrids. IEEE Power & Energy Magazine, v. 6, n. 3, p. 54–65, 2008
 - [21] KAUR, R. Renewable energy integration in microgrids. 2018. Trabalho científico – IET Renewable Power Generation, 2018.
-
- [22] MULENGA, E. Hybrid renewable energy systems for rural electrification. 2023. Trabalho científico – Renewable Energy, 2023.
 - [23] MURTY, V. V. V. S. N. [título do trabalho]. 2020. Trabalho científico – Journal of Modern Power Systems and Clean Energy, 2020.
 - [24] ABO-ELYOUSR, F. K. Optimal energy management strategies for microgrids. 2018. Trabalho científico – Renewable Energy, 2018.
 - [25] PARHIZI, Sina; LOTFI, Hossein; KHODAEI, Amin; BAHRAMIRAD, Shay. State of the art in research on microgrids: a review. IEEE Access, [S.l.], v. 3, p. 890–925, 2015.
 - [26] AHMAD, J. et al. Techno economic analysis of a wind-photovoltaic-biomass hybrid renewable energy system for rural electrification: A case study of Kallar Kahar. Energy, v. 148, p. 824-834, 2018.
 - [27] TERCAN, S. M. Optimization of energy storage systems in microgrids. 2022. Trabalho científico – Journal of Energy Storage, 2022.
 - [28] SHOEB, M. A. Hybrid renewable energy systems for microgrid applications. 2018. Trabalho científico – Energies, 2018.
 - [29] SHAHZAD, S. Techno-economic analysis of hybrid renewable microgrid systems. 2023. Trabalho científico – Sustainability, 2023.
-