

O IMPACTO DA AUTOMAÇÃO NA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS ELÉTRICOS

João Henrique Soares de Almeida Junior¹
Jacira Carvalho de Sousa Oliveira²

RESUMO: O setor elétrico brasileiro tem passado por um processo acelerado de modernização, impulsionado pela digitalização das redes, pela necessidade de eficiência energética e pela crescente integração de fontes renováveis. Nesse contexto, a automação desponta como elemento estratégico para aprimorar o desempenho dos sistemas de transmissão e distribuição, proporcionando maior precisão operacional, redução de perdas e elevação da confiabilidade. Este estudo teve como propósito analisar as contribuições da automação para a eficiência dos sistemas elétricos, a partir de uma revisão bibliográfica composta por livros, artigos científicos e relatórios institucionais recentes. Os resultados indicaram que tecnologias como SCADA, dispositivos eletrônicos inteligentes, sensores distribuídos, IoT e plataformas de gestão avançada fortalecem a capacidade de monitoramento e controle, permitindo intervenções rápidas e fundamentadas em dados. Observou-se, ainda, que a automação desempenha papel essencial na integração das fontes renováveis, ao viabilizar mecanismos preditivos e ajustes dinâmicos capazes de lidar com a intermitência da geração solar e eólica. Em termos econômicos, verificou-se que, embora exija investimentos iniciais significativos, a automação resulta em economia operacional, redução de falhas e maior previsibilidade financeira. Conclui-se que a automação constitui pilar indispensável para a modernização do setor elétrico, contribuindo para uma rede mais eficiente, sustentável e alinhada às demandas contemporâneas.

7730

Palavras-chave: Automação. Sistemas elétricos. Eficiência energética. Redes inteligentes. Modernização.

ABSTRACT: The Brazilian electric sector has undergone an accelerated modernization process driven by network digitalization, the need for energy efficiency, and the growing integration of renewable sources. In this context, automation emerges as a strategic element for improving the performance of transmission and distribution systems, providing greater operational precision, loss reduction, and enhanced reliability. This study aimed to analyze the contributions of automation to the efficiency of electric power systems, based on a bibliographic review composed of books, scientific articles, and recent institutional reports. The findings indicate that technologies such as SCADA, intelligent electronic devices, distributed sensors, IoT, and advanced management platforms strengthen monitoring and control capabilities, enabling faster, data-driven interventions. The analysis also revealed that automation plays a key role in integrating renewable sources by enabling predictive mechanisms and dynamic adjustments essential to manage fluctuations in solar and wind generation. From an economic perspective, although automation requires significant initial investments, it leads to operational savings, reduced failures, and greater financial predictability. It is concluded that automation constitutes an essential pillar for the modernization of the electric sector, contributing to a more efficient, sustainable, and technologically aligned energy infrastructure.

Keywords: Automation. Electric systems. Energy efficiency. Smart grids. Modernization.

¹Acadêmico do curso de engenharia elétrica na UNIFISA - Centro Universitário Santo Agostinho, Teresina - PI.

²Professora e orientadora do Centro Universitário Santo Agostinho-UNIFISA. Mestre em Engenharia de Produção (UNIP). Engenheira Eletricista (UESPI). ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0080-0034>.

I INTRODUÇÃO

O crescimento da demanda energética mundial, aliado à necessidade de reduzir impactos ambientais e otimizar recursos, tem colocado em evidência a busca por soluções mais eficientes no setor elétrico. O Brasil, cuja matriz energética é historicamente dependente de recursos hídricos, enfrenta desafios relacionados à diversificação da oferta, à estabilidade das redes e ao aumento do consumo doméstico e industrial (ANEEL, 2023).

Nesse cenário, a automação emerge como um recurso estratégico, capaz de integrar tecnologias digitais avançadas aos sistemas elétricos, promovendo maior controle, monitoramento em tempo real e redução de perdas.

As tecnologias de automação, como o Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA), a Internet das Coisas (IoT), sensores inteligentes e a inteligência artificial, têm revolucionado a forma de gerenciar redes elétricas em diferentes contextos. A capacidade de prever demandas, identificar falhas de forma precoce e ajustar a distribuição de energia contribui diretamente para a eficiência do sistema e para o aumento da confiabilidade no fornecimento. Essa tendência está alinhada com as políticas globais de sustentabilidade e eficiência energética, que reforçam a necessidade de modernização das infraestruturas elétricas (IEEE, 2020; Oliveira, 2020).

7731

Apesar dos benefícios, a implementação de sistemas automatizados enfrenta barreiras como altos custos de investimento inicial, falta de mão de obra especializada e dificuldades de integração com infraestruturas convencionais. Além disso, persiste o questionamento sobre os ganhos reais proporcionados pela automação, especialmente em países em desenvolvimento. Assim, torna-se necessário compreender até que ponto essas tecnologias estão sendo aplicadas de forma eficaz no Brasil, quais são suas limitações e como podem contribuir para o futuro do setor elétrico.

A questão que orienta esta pesquisa é: como a automação tem impactado a eficiência dos sistemas elétricos no Brasil e quais benefícios e limitações têm sido observados em sua aplicação?

O objetivo geral é analisar a contribuição da automação para a eficiência dos sistemas elétricos, com foco nos processos de transmissão e distribuição de energia, considerando aplicações práticas, ganhos energéticos e desafios de implementação. Os objetivos específicos são: (a) identificar tecnologias de automação aplicadas ao setor elétrico; (b) avaliar ganhos de eficiência em diferentes contextos; (c) investigar barreiras técnicas e econômicas.

A relevância desta pesquisa está em sua capacidade de fomentar a discussão sobre a modernização do setor elétrico brasileiro, destacando a automação como pilar para a sustentabilidade e a inovação tecnológica. Além de reunir evidências sobre os avanços já alcançados, este trabalho busca indicar caminhos futuros para consolidar a automação como ferramenta estratégica de gestão energética.

2 TECNOLOGIAS DE AUTOMAÇÃO NO SETOR ELÉTRICO

A automação aplicada aos sistemas elétricos envolve o uso de dispositivos e softwares que permitem supervisionar, controlar e operar equipamentos de forma remota, com rapidez e precisão. Entre essas tecnologias, destacam-se os sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), que representam a espinha dorsal da supervisão operacional. Segundo Oliveira (2020), plataformas SCADA possibilitam visualizar o estado da rede em tempo real, emitir comandos à distância e registrar eventos operacionais, proporcionando maior segurança e agilidade na tomada de decisão.

Outro componente fundamental são os IEDs (Intelligent Electronic Devices), utilizados em subestações e redes de distribuição para executar funções de proteção, controle e monitoramento. Esses dispositivos, integrados a protocolos como IEC 61850, permitem a interoperabilidade entre equipamentos de diferentes fabricantes, padronizando a comunicação e facilitando a ampliação das redes (IEEE, 2020). A adoção desses padrões tem sido determinante para modernizar subestações e torná-las compatíveis com operações automatizadas.

A Internet das Coisas (IoT) surge como tecnologia complementar essencial, pois viabiliza a instalação de sensores distribuídos capazes de coletar dados sobre tensão, corrente, cargas conectadas, temperatura de equipamentos e condições ambientais. Esses sensores, ao transmitirem informações contínuas, permitem identificar comportamentos atípicos, antecipar falhas e ajustar configurações do sistema (Torres, 2021). A comunicação pode ocorrer por fibra óptica, rádiofrequência, redes LPWAN ou canais celulares dedicados, dependendo do nível de criticidade da aplicação.

Medidores eletrônicos inteligentes também se destacam como parte do ecossistema de automação. Esses dispositivos permitem registrar o consumo energético de forma detalhada, identificar variações abruptas, detectar fraudes e enviar informações diretamente às concessionárias. De acordo com Silva e Almeida (2020), a medição inteligente constitui um

padrão global em expansão, integrando consumidores, distribuidores e operadores em um ambiente digital compartilhado.

Por fim, plataformas de gestão avançada, como sistemas DMS (Distribution Management System), complementam o conjunto tecnológico da automação. Esses softwares realizam análises automatizadas, otimizam fluxos de carga e propõem ações corretivas em caso de contingências. Assim, o conjunto formado por SCADA, IEDs, sensores, IoT, medição inteligente e sistemas de gestão configura a estrutura técnica que sustenta a modernização da rede elétrica, fornecendo bases sólidas para as atividades de supervisão e controle.

2.2 Conceito de eficiência energética

A eficiência energética representa o uso racional da energia com o objetivo de obter o mesmo desempenho com menor consumo ou perdas reduzidas. Segundo PROCEL (2022), o conceito envolve a adoção de tecnologias, estratégias de gestão e práticas operacionais que permitem aumentar o rendimento dos equipamentos e minimizar desperdícios. No setor elétrico, esse conceito está diretamente relacionado à otimização de processos, melhoria de equipamentos e modernização das infraestruturas de transmissão e distribuição.

O campo da eficiência energética também se vincula à qualidade da energia entregue ao consumidor. A presença de distorções harmônicas, quedas de tensão ou desequilíbrios de fase reduz o rendimento dos aparelhos e causa perdas indiretas. De acordo com a IEA (2021), estratégias de eficiência energética incluem ações que garantem estabilidade, correção de fatores de potência e minimização de oscilações que comprometam o desempenho dos sistemas.

Além disso, a eficiência energética abrange políticas públicas e normatizações que estabelecem diretrizes para o uso racional da energia. No Brasil, programas como o PNEf (Plano Nacional de Eficiência Energética) e o PROCEL determinam metas de redução de perdas e incentivam o desenvolvimento de equipamentos mais eficientes. Esses programas também estabelecem parâmetros técnicos para a melhoria da infraestrutura elétrica, destacando a importância de ações educativas e de monitoramento contínuo do consumo.

Outro aspecto relevante é a eficiência operacional, que diz respeito à capacidade das concessionárias de operar a rede de forma otimizada. Isso envolve controle de cargas, redução de perdas técnicas e não técnicas, melhoria do fluxo de energia e modernização da infraestrutura. Embora esses elementos possam se integrar à automação, a eficiência energética, em sua definição teórica, constitui um conceito mais amplo, que engloba aspectos normativos, comportamentais e tecnológicos.

Desse modo, a eficiência energética se configura como um eixo essencial para compreender as transformações que vêm sendo implementadas no setor elétrico, servindo como fundamento para analisar processos de digitalização, modernização e automação que serão discutidos nos capítulos posteriores.

2.3 Digitalização e modernização das redes elétricas

A digitalização transformou o setor elétrico ao introduzir ferramentas capazes de ampliar a conectividade, a visibilidade e o controle sobre a operação das redes. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, 2021), esse processo envolve a incorporação de sistemas digitais, sensores inteligentes, comunicação bidirecional e plataformas computacionais que permitem monitoramento contínuo e ações corretivas em tempo real. Essa transição tem sido considerada uma das principais tendências globais para modernização do setor elétrico.

A modernização também implica a adoção de arquiteturas mais flexíveis e dinâmicas, como as redes inteligentes (smart grids). Essas redes se caracterizam pela integração entre equipamentos de campo, plataformas de supervisão e consumidores, permitindo que o fluxo de energia seja ajustado de forma mais eficiente. De acordo com Rodrigues (2023), as smart grids possibilitam maior autonomia operacional, redução de falhas e integração facilitada de novas tecnologias.

7734

Outro elemento da digitalização é a melhoria dos sistemas de comunicação. Protocolos de alta velocidade, como IEC 61850, permitem a troca instantânea de informações entre dispositivos de campo, possibilitando respostas mais rápidas em situações críticas. Isso fortalece a coordenação entre controladores, dispositivos de proteção e centros de operação, aumentando a confiabilidade da rede (IEEE, 2020).

Além disso, o processo de modernização incorpora a virtualização de processos operacionais, com a implementação de plataformas digitais que simulam cenários, medem riscos e auxiliam no planejamento da expansão da rede. Esses sistemas, conhecidos como EMS (Energy Management Systems) para transmissão e DMS (Distribution Management Systems) para distribuição, representam ferramentas essenciais para a operação moderna das redes (Pereira *et al.*, 2022).

Assim, a digitalização e a modernização constituem um conjunto de processos estruturais que reconfiguram a maneira como o setor elétrico opera, oferecendo as bases técnicas e organizacionais para a integração de tecnologias avançadas e para a eficiência operacional da rede.

2.4 Fundamentos da automação em sistemas elétricos

A automação aplicada aos sistemas elétricos apoia-se em princípios de controle, supervisão e operação remota, que permitem que equipamentos funcionem de forma autônoma ou semiautônoma. Sua base conceitual integra elementos de eletrônica, comunicação, informática e engenharia de controle. Segundo Silva e Almeida (2020), o principal objetivo da automação é garantir operações mais precisas, seguras e eficientes, reduzindo a dependência de intervenções humanas em situações críticas.

Um dos fundamentos da automação é a descentralização do controle, que distribui as funções de decisão entre dispositivos e plataformas distintas. Essa característica permite que eventos como sobrecorrentes, quedas de tensão ou curtos-circuitos sejam identificados e isolados rapidamente, sem necessidade de comandos manuais. Essa autonomia operacional reduz danos a equipamentos e diminui o tempo de restabelecimento do serviço.

Outro princípio é a supervisão contínua dos sistemas, viabilizada por dispositivos de medição, sensores e controladores que coletam dados em tempo real. Esses dados são enviados para centros de operação, onde são interpretados por softwares, garantindo visibilidade completa da rede. Essa supervisão permanente aumenta a confiabilidade dos sistemas, possibilitando intervenções rápidas e minimizando riscos operacionais (Oliveira, 2020).

7735

A automação também se fundamenta na padronização dos processos de comunicação e integração entre equipamentos. Protocolos industriais e padrões globais, como IEC 61850, garantem que diferentes dispositivos possam operar em conjunto, criando um ambiente interoperável e modular. Essa padronização permite expandir ou modernizar a rede sem grandes dificuldades de adaptação.

Por fim, o processo de automação envolve a implementação de algoritmos de controle, responsáveis por regular fluxos, ajustar parâmetros operacionais e otimizar a operação da rede. Esses algoritmos constituem a dimensão lógica da automação, assegurando que as respostas do sistema sejam rápidas e adequadas às condições reais de operação.

Assim, os fundamentos da automação descrevem os elementos estruturais que possibilitam a supervisão, o controle e a operação inteligente dos sistemas elétricos, fornecendo bases sólidas para compreender os resultados mais avançados discutidos no capítulo seguinte.

3 METODOLOGIA

Este estudo caracterizou-se como uma pesquisa qualitativa, de caráter exploratório, fundamentada em revisão bibliográfica e documental. Segundo Gil (2017), pesquisas exploratórias são apropriadas quando se busca ampliar a compreensão sobre um fenômeno ainda pouco sistematizado, permitindo maior familiaridade com o tema e aprofundamento conceitual. Da mesma forma, Lakatos e Marconi (2017) destacam que a revisão bibliográfica possibilita reunir, analisar e interpretar conhecimentos já produzidos, constituindo etapa essencial em estudos que visam compreender tendências, conceitos e abordagens consolidadas na literatura. Assim, essa abordagem mostrou-se adequada para investigar como a automação tem contribuído para a eficiência dos sistemas elétricos.

O percurso metodológico iniciou-se com a delimitação do tema, a formulação do problema e a definição dos objetivos, etapas que orientaram o levantamento preliminar da literatura. Foram selecionados livros técnicos, artigos científicos, relatórios institucionais e documentos normativos publicados entre 2019 e 2024, com destaque para autores como Oliveira (2020), Torres (2021), Rodrigues (2023), Silva e Almeida (2020) e Pereira et al. (2022), além de documentos oficiais emitidos por órgãos como a ANEEL, IEEE e IEA. Esse conjunto de materiais forneceu a base conceitual necessária para a construção do referencial teórico.

7736

Em seguida, procedeu-se à revisão bibliográfica ampliada, contemplando buscas sistemáticas em bases acadêmicas como SciELO, Google Scholar e IEEE Xplore, além da análise de relatórios institucionais que abordam modernização, automação e desempenho de redes elétricas. A seleção das obras considerou critérios de relevância, atualidade e aderência ao problema investigado.

As informações coletadas foram organizadas de forma interpretativa e comparativa. Inicialmente, os estudos foram sistematizados em um quadro síntese, que permitiu identificar as principais características das obras, seus enfoques e suas contribuições. Posteriormente, realizou-se a categorização temática dos conteúdos, resultando na definição de três eixos centrais de discussão: (a) automação e eficiência energética; (b) automação e integração das fontes renováveis; e (c) impactos econômicos associados à automação.

Essa categorização guiou a análise dos achados, possibilitando identificar convergências, divergências e tendências apresentadas pelos autores. Dessa forma, a metodologia adotada assegurou coerência entre objetivos, referencial teórico e resultados,

permitindo compreender de maneira aprofundada os efeitos da automação na modernização e eficiência dos sistemas elétricos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados da revisão bibliográfica realizada, organizada a partir dos estudos selecionados e sintetizados no Quadro 1. Os trabalhos analisados abrangem livros técnicos, artigos científicos e relatórios institucionais nacionais e internacionais, permitindo uma visão abrangente sobre o impacto da automação na eficiência dos sistemas elétricos. A análise foi estruturada em três eixos temáticos: (a) benefícios da automação para a eficiência energética; (b) integração entre automação e fontes renováveis; e (c) impactos econômicos associados à modernização tecnológica.

Estes eixos foram definidos após leitura sistemática das obras, que apresentam convergências em relação ao papel da automação na melhoria do desempenho operacional, redução de perdas, ampliação da confiabilidade e otimização dos recursos energéticos. A partir desse conjunto de evidências, procedeu-se à discussão interpretativa dos resultados, relacionando as contribuições dos autores e identificando tendências e desafios do setor elétrico no contexto brasileiro.

7737

Quadro 1 – Estudos selecionados para análise e discussão

Autor(es) / Ano	Título do Trabalho	Tipo de Estudo	Contribuição Principal
Oliveira (2020)	A automação no setor elétrico: impacto na eficiência energética e gestão de redes inteligentes	Livro técnico	Fundamentos da automação, eficiência e gestão de redes.
Oliveira (2020)	Automação e eficiência energética	Livro técnico	Redução de perdas e melhoria da eficiência.
Torres (2021)	Inteligência artificial aplicada ao gerenciamento de demanda em sistemas elétricos	Livro técnico	Uso de IA para previsão e gerenciamento da demanda.
Torres (2021)	Tecnologias inteligentes aplicadas ao setor elétrico	Livro técnico	Tecnologias digitais e emergentes para redes elétricas.
Rodrigues (2023)	Automação e eficiência energética: perspectivas para o setor elétrico brasileiro	Livro técnico	Impactos da automação no setor brasileiro.
Silva e Almeida (2020)	Redes inteligentes e automação: estudo de caso em sistemas elétricos	Artigo científico	Aplicação real de smart grids e automação.

Pereira <i>et al.</i> (2022)	Aplicações de sistemas SCADA na indústria brasileira	Artigo científico	Resultados operacionais obtidos com SCADA.
ANEEL (2021)	Relatório anual sobre o desenvolvimento das redes inteligentes no Brasil	Relatório institucional	Dados antes/depois da automação nas concessionárias.
IEA (2021)	Digitalização e energia	Relatório internacional	Tendências globais de automação e renováveis.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.1 Automação e eficiência energética

A literatura analisada aponta que a automação ocupa lugar central nas estratégias de eficiência energética adotadas no setor elétrico contemporâneo. Oliveira (2020) ressalta que os sistemas automatizados ampliam a capacidade de monitorar em tempo real o comportamento das redes de transmissão e distribuição, permitindo identificar rapidamente pontos de sobrecarga, falhas e perdas técnicas. Em outras palavras, ao invés de agir apenas de forma corretiva, após a ocorrência de interrupções ou danos aos equipamentos, as concessionárias passam a atuar de maneira preventiva, antecipando problemas e reduzindo desperdícios de energia. Essa mudança de postura operacional está diretamente ligada ao uso de tecnologias digitais, como sistemas SCADA, sensores inteligentes e plataformas de supervisão remota.

7738

Rodrigues (2023) reforça esse entendimento ao afirmar que a automação não se restringe ao controle de equipamentos, mas reconfigura a própria lógica de gestão da rede. Segundo o autor, quando os dados de consumo, demanda e operação são coletados, processados e analisados de forma contínua, torna-se possível redesenhar fluxos, reorganizar cargas e ajustar parâmetros operacionais conforme a necessidade real do sistema. A eficiência energética, nesse contexto, deixa de ser um conceito abstrato e passa a se materializar em decisões mais precisas sobre onde, quando e como a energia deve ser direcionada. Essa visão evidencia que a automação atua tanto na redução de perdas como na melhoria da qualidade do fornecimento.

Os relatórios da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2021; 2023) corroboram essas discussões ao indicar que concessionárias que investiram em religadores automáticos, chaves telecomandadas, medição inteligente e monitoramento em tempo real apresentaram melhorias consistentes em indicadores de continuidade do serviço, como duração e frequência de interrupções. Embora os percentuais variem entre regiões e empresas, a tendência geral observada é a de redução de quedas de energia e maior estabilidade da rede após a adoção de

soluções automatizadas. Esses dados empíricos reforçam o argumento dos autores de que a automação está diretamente associada à eficiência operacional e energética.

Silva e Almeida (2020) chamam atenção, contudo, para o fato de que a automação não é uma solução “mágica” que resolve todos os problemas do setor elétrico. Para os autores, o impacto positivo na eficiência depende da integração das tecnologias com processos bem estruturados de gestão, da capacitação das equipes técnicas e do estabelecimento de rotinas de análise dos dados gerados. Em outras palavras, não basta instalar equipamentos sofisticados; é necessário que as concessionárias desenvolvam uma cultura organizacional voltada para o uso inteligente da informação. Essa leitura crítica é importante porque mostra que a automação é condição necessária, mas não suficiente, para se alcançar altos níveis de eficiência energética.

Dessa maneira, a análise dos estudos permite concluir que a automação contribui de forma significativa para a eficiência energética ao oferecer maior visibilidade sobre o funcionamento das redes, possibilitar intervenções mais rápidas e fundamentar decisões em dados confiáveis. Ao mesmo tempo, os autores destacam que tais ganhos só se sustentam quando acompanhados de investimentos em gestão, formação profissional e planejamento estratégico, o que evidencia a natureza multidimensional do conceito de eficiência no setor elétrico.

3.2 Automação e integração das fontes renováveis

A expansão das fontes renováveis, especialmente a solar fotovoltaica e a eólica, é apontada como um dos caminhos fundamentais para a transição energética em nível mundial. No entanto, a literatura analisada evidencia que essa transição não ocorre de forma simples, pois a produção de energia a partir do sol e do vento é marcada pela intermitência, o que pode comprometer a estabilidade do fornecimento. Relatórios da ANEEL (2021) destacam que a variabilidade natural da geração renovável exige mecanismos de compensação rápida na rede, sob pena de provocar desequilíbrios entre oferta e demanda. É nesse cenário que a automação ganha relevância como instrumento de coordenação e equilíbrio dinâmico do sistema elétrico.

Rodrigues (2023) argumenta que as redes inteligentes (smart grids) representam a materialização mais evidente dessa integração entre automação e renováveis. Em sua análise, o autor explica que as smart grids se diferenciam das redes tradicionais por incorporarem sensores, dispositivos de proteção, sistemas de comunicação e softwares de controle capazes de, em conjunto, monitorar a geração, a transmissão, a distribuição e o consumo em tempo real. Essa capacidade permite que o sistema reaja automaticamente a oscilações na produção das

fontes renováveis, redistribuindo cargas, acionando reservas e ajustando fluxos de energia conforme as necessidades do momento. Assim, a automação funciona como “ponte” entre a variabilidade das renováveis e a exigência de estabilidade do sistema elétrico.

Conforme destaca Torres (2021), modelos preditivos baseados em Inteligência Artificial ampliam a capacidade de antecipar comportamentos das redes, permitindo intervenções mais precisas e alinhadas às condições operacionais. Segundo o autor, quando informações como velocidade do vento, índice de radiação solar e previsões climáticas são integradas a sistemas automatizados, torna-se possível antecipar períodos de maior ou menor geração renovável. Dessa forma, o despacho de energia, o acionamento de usinas complementares e a gestão das reservas podem ser planejados com maior antecedência, reduzindo custos e diminuindo o risco de falhas. A automação, portanto, não atua apenas de forma reativa, mas também preventiva e preditiva.

A perspectiva trazida pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2021) amplia o olhar para o cenário global, indicando que países que avançaram na digitalização e automação de suas redes conseguiram elevar significativamente a participação de fontes renováveis na matriz energética sem comprometer a confiabilidade do fornecimento. A IEA chama atenção para o fato de que a integração bem-sucedida entre automação e renováveis está associada à existência de infraestruturas de comunicação robustas, marcos regulatórios adequados e políticas de incentivo à inovação tecnológica.

7740

Silva e Almeida (2020) acrescentam à análise o papel das microrredes (microgrids), especialmente em contextos locais, como comunidades afastadas, áreas industriais e empreendimentos que buscam maior autonomia energética. Para os autores, as microgrids, quando geridas por sistemas automatizados, podem operar conectadas à rede principal ou de forma isolada, garantindo segurança e continuidade no fornecimento, mesmo diante de falhas na rede convencional. Essa abordagem descentralizada demonstra que a automação também contribui para democratizar o acesso às energias renováveis, ao viabilizar projetos em diferentes escalas.

A partir da análise dessas contribuições, percebe-se que a automação não apenas viabiliza tecnicamente a inserção de fontes renováveis, como também redefine a forma de planejar, operar e gerenciar o sistema elétrico. A discussão revela que o avanço das renováveis depende, de maneira decisiva, da capacidade de o setor investir em tecnologias inteligentes, comunicação em tempo real e métodos preditivos, sob pena de limitar o potencial dessas fontes a experiências pontuais e pouco integradas à rede.

3.3 Impacto econômico e redução de custos

Os impactos da automação sobre o setor elétrico não se restringem aos aspectos técnicos e operacionais; há uma dimensão econômica relevante, amplamente destacada nos estudos analisados. Rodrigues (2023) argumenta que a automação deve ser compreendida como um investimento estratégico e não apenas como um custo adicional. Em sua avaliação, embora os projetos de modernização tecnológica exijam aportes financeiros significativos na fase inicial, envolvendo aquisição de equipamentos, atualização de infraestrutura e capacitação de pessoal, esses gastos tendem a ser compensados ao longo do tempo pela redução de perdas, diminuição de falhas e otimização da operação.

Torres (2021) aprofunda essa discussão ao tratar da manutenção preditiva e da gestão proativa de ativos. De acordo com o autor, quando os equipamentos passam a ser monitorados continuamente por sensores e sistemas inteligentes, é possível identificar sinais de desgaste e anomalias antes que se transformem em falhas graves. Isso permite planejar intervenções em momentos mais adequados, evitando paradas emergenciais e reparos de alto custo. Além de prolongar a vida útil dos ativos, essa abordagem diminui o tempo de indisponibilidade do sistema e reduz prejuízos associados à interrupção do fornecimento de energia.

A IEA (2021) destaca que, em diferentes contextos internacionais, projetos de automação apresentaram retorno econômico em médio prazo, com prazos médios estimados entre três e sete anos para recuperação do investimento, a depender do porte do sistema e do nível de digitalização adotado. Mais do que números exatos, o que importa na análise é a tendência apontada: quanto maior a integração entre automação, gestão de dados e planejamento estratégico, mais rápida tende a ser a compensação dos custos iniciais de implantação.

Oliveira (2020) chama atenção para outra dimensão econômica relevante: a redução das perdas não técnicas e o aumento da transparência no faturamento. Segundo o autor, sistemas de medição automatizada e registro detalhado de consumo dificultam irregularidades, melhoram o controle sobre a receita das concessionárias e fortalecem a relação com os consumidores. Quando o valor cobrado reflete com maior precisão a energia efetivamente consumida, diminuem conflitos, contestações e ações judiciais, o que também representa economia de recursos para as empresas.

Por outro lado, Silva e Almeida (2020) alertam que a automação pode acentuar desigualdades entre agentes do setor elétrico, na medida em que grandes empresas dispõem de mais condições financeiras para investir em tecnologias avançadas, enquanto pequenos

operadores enfrentam barreiras de entrada. Essa observação é importante porque mostra que, ao mesmo tempo em que a automação gera ganhos econômicos, ela também exige políticas de apoio, financiamento e regulação que viabilizem seu acesso em diferentes escalas e contextos.

Portanto, apesar dos avanços observados, a literatura também destaca obstáculos que dificultam a consolidação plena da automação no setor elétrico brasileiro. Entre os desafios técnicos, aparecem questões relacionadas à interoperabilidade entre equipamentos, especialmente quando a rede ainda opera com dispositivos legados que não seguem padrões internacionais como o IEC 61850. A ausência de infraestrutura de comunicação robusta em determinadas regiões também limita o desempenho de sistemas automatizados, comprometendo a troca de dados em tempo real. No campo econômico, além dos custos de implantação, são apontadas barreiras como a necessidade de investimentos recorrentes em atualizações tecnológicas, capacitação de equipes e manutenção de sistemas digitais complexos.

Estudos como os de Silva e Almeida (2020) ressaltam ainda que pequenas concessionárias enfrentam maiores dificuldades para acessar tecnologias de ponta, o que evidencia desigualdades estruturais na modernização do setor. Esses elementos demonstram que a automação, embora promissora, ainda exige enfrentamento de desafios que envolvem padronização, infraestrutura e sustentabilidade financeira.

7742

No panorama geral, os estudos revelam que a automação contribui para a redução de custos operacionais, o aumento da confiabilidade e a melhoria da gestão financeira das concessionárias, configurando-se como investimento com forte impacto econômico positivo em médio e longo prazo. Ao mesmo tempo, evidencia-se a necessidade de políticas e estratégias que garantam que esses benefícios não se concentrem apenas em grandes players, mas possam alcançar de forma mais ampla todo o setor elétrico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada permitiu compreender que a automação exerce papel essencial no aprimoramento da eficiência dos sistemas elétricos, especialmente nos processos de transmissão e distribuição. As tecnologias estudadas, ao modernizarem as estruturas operacionais e ampliarem a capacidade de supervisão em tempo real, demonstraram potencial significativo para elevar o desempenho das redes e reduzir desperdícios de energia. O conjunto de evidências encontradas na literatura confirma que a automação não apenas otimiza fluxos e minimiza falhas, mas também torna o sistema mais inteligente, responsivo e seguro.

Os estudos mapeados evidenciaram que diferentes recursos, como SCADA, dispositivos eletrônicos inteligentes, sensores distribuídos, Internet das Coisas e plataformas de gestão avançada, contribuem de maneira complementar para esse processo. Essa integração tecnológica possibilita intervenções mais rápidas, redução de perdas técnicas e maior precisão nas operações, elementos que fortalecem a eficiência energética de forma consistente. Além disso, relatórios institucionais reforçam que redes automatizadas tendem a apresentar melhores indicadores de continuidade e estabilidade, confirmando os ganhos obtidos após a adoção dessas soluções.

Outro aspecto fundamental revelado pela análise diz respeito à relação entre automação e fontes renováveis. As tecnologias digitais permitem lidar com a intermitência da geração solar e eólica, oferecendo recursos preditivos e mecanismos de controle que garantem equilíbrio ao sistema mesmo em cenários de variação climática. Dessa forma, a automação se coloca como condição necessária para ampliar a participação das energias renováveis na matriz elétrica, viabilizando uma estrutura mais sustentável e resiliente.

No campo econômico, observou-se que a modernização das redes também gera impactos positivos em médio e longo prazo. Embora os investimentos iniciais sejam elevados, os estudos demonstram que a redução de falhas, a diminuição de intervenções emergenciais e a maior precisão nos processos de medição e faturamento contribuem para economia operacional e para o aumento da confiabilidade financeira das concessionárias. A automação, portanto, se configura não apenas como avanço técnico, mas como estratégia de gestão capaz de promover eficiência e racionalidade no uso dos recursos.

7743

Diante desses resultados, torna-se evidente que a automação representa um dos pilares centrais para a evolução do setor elétrico brasileiro, articulando eficiência energética, modernização tecnológica, integração renovável e sustentabilidade operacional. Ao mesmo tempo, os estudos indicam que seus benefícios dependem de investimentos contínuos, capacitação profissional e políticas de incentivo que permitam ampliar o acesso às tecnologias emergentes. Assim, conclui-se que a automação não é apenas um diferencial competitivo, mas uma necessidade estrutural para garantir a qualidade, a confiabilidade e o futuro da rede elétrica no país.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Digitalização e energia**. Paris: IEA, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatório anual sobre o desenvolvimento das redes inteligentes no Brasil**. Brasília: ANEEL, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Relatório de desempenho das distribuidoras – indicadores DEC e FEC. Brasília: ANEEL, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Relatório técnico de modernização e automação das redes de distribuição. Brasília: ANEEL, 2023.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

IEEE. O papel da automação nas redes elétricas: melhorando a eficiência por meio das smart grids. In: Conferência Internacional de Sistemas de Energia Inteligente da IEEE, 2020.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de metodologia científica. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

OLIVEIRA, F. A. A automação no setor elétrico: impacto na eficiência energética e gestão de redes inteligentes. São Paulo: Editora Técnica, 2020.

OLIVEIRA, R. Automação e eficiência energética. Florianópolis: Editora Técnica, 2020.

PEREIRA, L. C. et al. Aplicações de sistemas SCADA na indústria brasileira. Revista Técnica, v. 12, n. 3, p. 41-55, 2022.

PROCEL. Relatório de Eficiência Energética – Diretrizes e práticas recomendadas. Brasília: Eletrobras/PROCEL, 2022.

RODRIGUES, M. L. Automação e eficiência energética: perspectivas para o setor elétrico brasileiro. São Paulo: Atlas, 2023.

7744

SILVA, R.; ALMEIDA, G. Redes inteligentes e automação: um estudo de caso em sistemas elétricos. Revista Engenharia Atual, v. 9, n. 2, p. 30-45, 2020.

TORRES, L. M. Inteligência artificial aplicada ao gerenciamento de demanda em sistemas elétricos. Rio de Janeiro: Editora Elétrica, 2021.

TORRES, M. Tecnologias inteligentes aplicadas ao setor elétrico. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.