



DETECÇÃO DE FALHAS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ATRAVÉS DO USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UMA ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA

SOUZA, D.F.¹; FREITAS, I.S.O.²; SAMPAIO, P.T.²;

¹Discente do curso superior em Engenharia Elétrica do IFNMG – *Campus Montes Claros*; ²Docente do IFNMG – *Campus Montes Claros*.

Introdução

A energia solar fotovoltaica experimentou um notável crescimento nos últimos anos, conforme evidenciado nos relatórios "*Snapshot of Global PV Markets 2023*" publicados pela Agência Internacional de Energia (IEA). Esse aumento na adoção da energia solar fotovoltaica tem destacado a importância de assegurar o funcionamento eficiente desses sistemas. Acompanhando esse crescimento, a necessidade de conduzir investigações abrangentes e análises aprofundadas sobre a operação livre de falhas tornou-se cada vez mais evidente.

Conforme enfatizado por Colmenares-Quintero (2021), a detecção precoce de falhas desempenha um papel crucial na prevenção de problemas graves e no desligamento do sistema, resultando em economia significativa nos custos de manutenção do sistema. As falhas em sistemas fotovoltaicos podem ser classificadas em dois grupos principais: as relacionadas ao lado de corrente contínua (CC) e aquelas associadas ao lado de corrente alternada (CA). No contexto de CC, as falhas ocorrem antes do estágio de inversão, englobando módulos fotovoltaicos, diodos, dispositivos de proteção e sistemas de transmissão.

Uma abordagem altamente promissora para detectar e diagnosticar essas falhas é a implementação da inteligência artificial (IA), que demonstrou uma capacidade notável para analisar grandes volumes de dados com precisão e eficiência. Dessa forma, a IA emerge como um instrumento valioso para lidar com a complexidade dos sistemas fotovoltaicos e suas falhas associadas.

O objetivo central deste estudo é conduzir uma abordagem bibliográfica abrangente e uma investigação aprofundada sobre a aplicação da inteligência artificial no contexto da detecção de falhas em sistemas fotovoltaicos. Essa abordagem visa a compreensão detalhada das metodologias, técnicas e resultados relacionados à utilização de inteligência artificial para aprimorar a detecção de falhas nesses sistemas.

Material e Métodos

A metodologia empregada no desenvolvimento desta pesquisa baseou-se, primeiramente, na realização de uma revisão bibliográfica abrangente. Para a coleta de materiais relevantes, foram utilizadas ferramentas de busca reconhecidas como o CAFE-CAPES e o Google Scholar. Essas ferramentas foram empregadas para a busca de artigos científicos, teses e dissertações publicados, que abordassem os tópicos de "detecção de falhas", "sistemas fotovoltaicos" e "inteligência artificial". A escolha dessas palavras-chave foi motivada pela sua relevância no contexto da pesquisa, abrangendo os aspectos centrais do estudo. A busca foi conduzida de forma a garantir a inclusão de trabalhos recentes, a fim de considerar as tendências e avanços nesse campo em rápida evolução.



Resultados e Discussão

Através de uma revisão bibliográfica, foi realizado uma análise abrangente das metodologias mais comuns empregadas na detecção de falhas em sistemas fotovoltaicos. Como ressaltado por Valle (2021), tornou-se evidente que o lado de corrente contínua (CC) desses sistemas é particularmente suscetível a falhas, devido à sua complexidade e à maior quantidade de componentes envolvidos. Portanto, este estudo concentrou-se nas falhas que ocorrem nesse lado específico do sistema. A revisão bibliográfica revelou diversas categorias proeminentes de falhas. No contexto dessa análise, vários estudos relevantes foram conduzidos para a identificação de falhas e o desenvolvimento de métodos de detecção. Com o objetivo de garantir a relevância e a atualidade das informações, foram selecionados os trabalhos mais recentes e aqueles que adotaram abordagens diretamente relacionadas ao tema de investigação. Os resultados dessas seleções e análises estão resumidos na Tabela 1, na qual foram destacados os autores, falhas estudadas, métodos de inteligência aplicado e a acurácia do modelo. É importante ressaltar que a acurácia dos modelos de inteligência artificial depende de diversos fatores. A qualidade e quantidade dos dados de treinamento, o pré-processamento desses dados e o processo de treinamento são elementos essenciais. Além disso, é fundamental considerar que diferentes algoritmos podem exibir desempenhos variados.

Com base na revisão bibliográfica, podemos identificar várias tendências para a identificação de falhas em sistemas fotovoltaicos utilizando inteligência artificial. Isso inclui uma variedade de falhas, como curto-circuito, circuito aberto, degradação, sombreamento, falhas de string e outras. Essa diversidade reflete a complexidade das falhas que podem ocorrer nesses sistemas. Além disso, as redes neurais têm sido amplamente utilizadas devido à sua eficácia na aprendizagem e na manipulação de grandes conjuntos de dados. Os estudos revisados demonstraram alcançar altas taxas de acurácia na detecção de falhas, o que sugere a eficácia desses métodos na identificação de falhas em sistemas fotovoltaicos.

Considerações finais

Conforme o objetivo proposto no estudo de revisão, que visava examinar métodos de detecção de falhas em sistemas fotovoltaicos com o emprego de inteligência artificial, é possível traçar algumas conclusões significativas. Foi bem-sucedida a identificação das principais falhas e abordagens mais frequentemente exploradas na literatura científica. É importante destacar que muitos desses estudos alcançaram níveis notáveis de eficácia na detecção de falhas, sinalizando o progresso substancial que a pesquisa nesse campo tem alcançado. Essa análise crítica dos métodos existentes reforça a importância contínua de investir em técnicas de inteligência artificial para aprimorar a confiabilidade e o desempenho de sistemas fotovoltaicos.

Agradecimentos

Ao IFNMG pelo suporte técnico prestado enquanto projeto cadastrado na coordenadoria de pesquisa do *Campus Montes Claros*.

Referências

AL-KATHERI, Ahmed A. et al. Application of Artificial Intelligence in PV Fault Detection. *Sustainability*, v. 14, n. 21, p. 13815, 2022.



- CHEN, Z. et al. Deep residual network based fault detection and diagnosis of photovoltaic arrays using current-voltage curves and ambient conditions. *Energy Conversion and Management*, Elsevier, v. 198, p. 111793, 2019.
- COLMENARES-QUINTERO, R. F. et al. Methodology for automatic fault detection in photovoltaic arrays from artificial neural networks. *Cogent Engineering*, Taylor & Francis, v. 8, n. 1, p. 1981520, 2021.
- COSTA, C. H. d. et al. Classificação de falhas em plantas fotovoltaicas usando aprendizado de máquina. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.
- GHONEIM, Sherif SM; RASHED, Amr E.; ELKALASHY, Nagy I. Fault detection algorithms for achieving service continuity in photovoltaic farms. *Intelligent Automation and Soft Computing*, v. 30, n. 2, p. 467-479, 2021.
- IEA. Snapshot of Global PV Markets - 2023. Disponível em: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2023/04/IEA_PVPS_Snapshot_2023.pdf. Acesso em: 5 de setembro de 2023.
- MAIA, Amanda C.; DA SILVA, Guilherme S.; MELLO, Ana Paula C. Estratégia para Classificação de Defeitos em Arranjos Fotovoltaicos através de Redes Neurais Artificiais. *Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos-SBSE*, v. 1, n. 1, 2020.
- VALLE, Bruno Castro et al. Detecção de estado de falha em usinas fotovoltaicas utilizando aprendizado de máquina. 2022.
- VIEIRA, R. G. Aplicação de técnicas de inteligência artificial para identificação de faltas em módulos fotovoltaicos. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2021.

Tabela 1. Resumo da detecção de falhas em sistemas fotovoltaicos.

Referência	Falhas	Algoritmo	Acurácia (%)
Colmenares-Quintero (2021)	Curto-circuito do diodo de <i>bypass</i>	Classificador binário	95.6
	Falha de circuito aberto de diodo de bloqueio	Classificador multiclasse	97.3
Costa (2020)	Curto-circuito	k-Vizinhos mais próximos	90
	Degradação	Árvore de Decisão	69.7
	Circuito aberto	Máquina de Vetores Suporte	94.6
	Sombreamento	Rede Neural Artificial	95.4
Z. Chen et al (2019)	Curto-circuito	Rede neural convolucional	92.4
	Circuito aberto		
	Degradação	ResNet	99.9
	Sombreamento		
AL-KATHERI, Ahmed A. et al. (2022)	Falha de sombreamento parcial		
	Falha linha a linha	Rede Neural Artificial	99.9
	Falha de Circuito Aberto		
	Falha De Degradação		
Vieira (2021)	Curto-Circuito	Rede neural <i>perceptron</i>	99.1
	Desconexão de <i>strings</i>	Rede neural probabilística	96.7
	Sombreamento	<i>Neuro-Fuzzy</i>	99.28
Maia (2020)	Sombreamento	Rede neural <i>perceptron</i>	99.3
	Curto-Circuito		
	Curto-aberto		
Valle (2022)	Variação de resistência em série	<i>Random forest</i>	99.29
	Estado de falha	<i>One equation</i>	98.1
		Modelo físico	98.2

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).