APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA DETECÇÃO DE ANOMALIAS EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

MAGALHÃES, Alana da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

ARRUDA, Náthally Lima
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

A expansão dos sistemas fotovoltaicos em instituições de ensino torna cada vez mais necessário acompanhar suas condições de funcionamento, especialmente porque falhas identificadas tardiamente podem comprometer a eficiência dos módulos e dificultar o planejamento da manutenção. Deste modo, a termografia infravermelha surge como um método não invasivo de observar pontos de aquecimento anormal sem interromper a operação dos painéis ou mesmo realizar alguma intervenção física no objeto de estudo, porém, a interpretação das imagens termográficas ainda depende, em grande parte, de profissionais especializados. Este fator se consagra como um problema relevante na manutenção de sistemas fotovoltaicos devido à alta quantidade de imagens geradas através das inspeções realizadas via drones e, adicionalmente ao alto volume de dados a ser analisado, os métodos de avaliação das imagens ficam a cargo do método utilizado pelo profissional e dificulta não apenas as análises como também a padronização da metodologia de diagnóstico de problemas. Portanto, diante dessa dificuldade, este trabalho teve como objetivo desenvolver e validar um sistema baseado em inteligência artificial capaz de localizar módulos fotovoltaicos e detectar *hotspots*, regiões com aquecimento anormal, em imagens termográficas, de modo a apoiar o diagnóstico das anomalias e a manutenção preditiva. Para isso, foi conduzida uma pesquisa aplicada, quantitativa e experimental, na qual foram reunidos conjuntos públicos de imagens térmicas e 92 imagens obtidas durante inspeções no Instituto Federal de Goiás, as quais foram

utilizadas para avaliar o sistema em condições reais de operação. Como as bases reuniam imagens capturadas em diferentes situações, com variações de contraste, posição dos painéis e padrões de aquecimento, foram aplicadas técnicas de rotação, espelhamento e ajustes de brilho e exposição para ampliar a diversidade das amostras durante o treinamento. O sistema foi desenvolvido em Python com modelos baseados na arquitetura YOLOv8 Nano e realiza a análise em duas etapas: primeiro localiza os módulos fotovoltaicos na imagem e, depois, examina cada módulo individualmente para identificar possíveis *hotspots*. Essa divisão permite concentrar a detecção nas áreas de interesse, reduzindo a interferência de elementos do entorno, e apresentar as regiões identificadas na própria imagem processada. Para treinar a localização dos módulos, foi utilizado um conjunto com aproximadamente 26 mil painéis anotados, enquanto a detecção dos *hotspots* empregou bases que contemplam diferentes anomalias térmicas. Na avaliação do modelo, conduzida utilizando imagens não empregadas durante o treinamento, o protótipo alcançou precisão de 92,84% e recall de 97,60%, com tempo médio de inferência de 4,76 segundos por imagem em CPU. Além da redução progressiva das perdas e da estabilização das métricas durante o treinamento, a análise das imagens mostrou que o sistema conseguiu identificar regiões de aquecimento mesmo em cenas com vários módulos e em situações de baixo contraste térmico, nas quais a anomalia pode ser difícil de perceber visualmente. Os resultados indicam, portanto, que a integração entre termografia infravermelha e visão computacional pode contribuir para inspeções mais rápidas e padronizadas, reduzindo a dependência da análise manual e oferecendo apoio à manutenção preditiva de sistemas fotovoltaicos.

Palavras-chave

termografia infravermelha; sistemas fotovoltaicos; visão computacional; *hotspots*; manutenção preditiva.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.