Ciência & Tecnologia
Fatec-JB

ISSN: 2178-9436

PRÁTICAS DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM SISTEMAS FOTOVOLTÁICOS

INSPECTION AND PREVENTIVE MAINTENANCE PRACTICES IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Rafael Santos Correia [I]
José Fernando Silva do Nascimento [II]
Fernando Frachone Neves [III]

Área: Engenharias, tecnologias e gestão

RESUMO

A adoção de práticas de inspeção e manutenção preventiva são importantes para a garantia da eficiência energética e a durabilidade dos sistemas fotovoltaicos. Este artigo tem o propósito de apresentar algumas práticas preventivas em manutenção de sistemas fotovoltaicos, aplicadas pelos autores, na operacionalização da inspeção e manutenção destes sistemas, as quais são técnicas e métodos descritos e apoiados pela literatura citada no presente artigo. Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, além da escolha das práticas de manutenção mais usualmente empregadas pelos autores. Os resultados indicam que a inspeção e manutenção preventivas são fundamentais para garantir a eficiência e a confiabilidade do sistema e que as práticas mais eficazes incluem a limpeza regular dos painéis solares, inspeção e aperto das conexões elétricas e verificação do estado geral dos equipamentos. Por fim, a literatura citada no presente trabalho demonstra que a regular realização de inspeção e manutenção preventivas em sistemas fotovoltaicos pode contribuir para a eficiência na geração da energia elétrica, contribuindo também para o alcance das metas e seus indicadores dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS), especialmente o ODS 7 (Energia limpa e acessível) e ODS 9 (indústria, inovação e infraestrutura).

Palavras-chave: Sistemas fotovoltaicos. Eficiência energética. Prevenção. Práticas de manutenção. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The adoption of inspection and preventive maintenance practices is important to ensure the energy efficiency and durability of photovoltaic systems. This article aims to present some preventive maintenance practices for photovoltaic systems, applied by the authors in the operation of inspection and maintenance of these systems, which are techniques and methods described and supported by the literature cited in this article. Therefore, a literature review was conducted on the subject, along with the selection of maintenance practices commonly

[I] Graduando no Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia de Sertãozinho Deputado Waldyr Alceu Trigo. E-mail: rafael.s_c@hotmail.com

[II] Graduando no Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia de Sertãozinho Deputado Waldyr Alceu Trigo. E-mail: jose.nascimento49@fatec.sp.gov.br

[III] Professor Doutor da Faculdade de Tecnologia de Sertãozinho Deputado Waldyr Alceu Trigo. E-maiç: fernando.neves01@fatec.sp.gov.br

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

employed by the authors. The results indicate that preventive inspection and maintenance are essential to ensure system efficiency and reliability, and that the most effective practices include regular cleaning of solar panels, inspection and tightening of electrical connections, and overall equipment condition assessment. Finally, the literature cited in this study demonstrates that the regular implementation of preventive inspection and maintenance in photovoltaic systems can contribute to efficient electricity generation, also supporting the achievement of the goals and indicators of the Sustainable Development Goals (SDGs), especially SDG 7 (Affordable and Clean Energy) and SDG 9 (Industry, Innovation, and Infrastructure).

Keywords: Photovoltaic systems. Energy efficiency. Prevention. Maintenance practices. Sustainability.

Data de submissão do artigo: 22/04/2023.
Data de aprovação do artigo: 14/06/2023.
DOI: 10.52138/citec.v15i1.279

1 INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica tem alcançado cada vez mais destaque no cenário mundial como uma das principais alternativas energéticas renováveis. No entanto, a eficiência energética e a longevidade dos sistemas fotovoltaicos dependem muito das práticas de manutenção e cuidados adequados (MENDES, 2020), sendo este um modelo de atuação preventiva validado pelos autores, os quais atuam em manutenção preventiva de sistemas fotovoltaicos.

Diversos estudos demonstraram a importância das práticas de inspeção e manutenção preventiva em sistemas fotovoltaicos. Segundo Tristão *et al*. (2021), a manutenção preventiva é fundamental para minimizar as perdas de energia em sistemas fotovoltaicos, além de garantir a segurança e prolongar a vida útil dos componentes do sistema.

Para Araujo *et al*. (2019), destacaram que a manutenção tem grande relevância para os sistemas fotovoltaicos, contribuindo, de modo eficaz e rápido, para o bom funcionamento destes sistemas, minimizando falhas e aumentando a confiabilidade do sistema.

Souza *et al.* (2019) destacam que a inspeção e manutenção preventiva podem evitar problemas como desligamentos inesperados, reduzir o tempo de inatividade do sistema e otimizar a geração de energia.

Em um estudo realizado por Araújo *et al* (2019), foi destacada a necessidade de se estabelecer um plano de manutenção preventiva adequado para sistemas fotovoltaicos, considerando as particularidades do clima e do ambiente em que os sistemas se encontram instalados.

Para Santos *et al* (2020), a limpeza regular de sistemas fotovoltaicos é de extrema importância para garantir sua eficiência e vida útil. A acumulação de poeira, sujeira, excrementos de pássaros e outros resíduos podem prejudicar a capacidade de absorção de luz dos painéis solares e reduzir a produção de energia elétrica.

Neste contexto, Nascimento e Rüther (2014) descreveram que ao estudarem o desempenho de um sistema fotovoltaico, observaram que, após a limpeza do sistema, houve melhoria no desempenho em aproximadamente 5,3% na geração de energia elétrica, descrevendo que este ganho de produtividade estaria comprometido sem a inspeção e manutenção nos painéis coletores.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Portanto, o presente estudo tem como objetivo apresentar algumas práticas de inspeção e manutenção preventivas em sistemas fotovoltaicos, tendo como meta colaborar para a consolidação da importância da adoção de condutas preventivas, as quais poderão colaborar para a melhoria da eficiência energética nos sistemas, prolongamento da vida útil de seus componentes e o alcance de sustentabilidade econômica e ambiental, colaborando ainda para o alcance das metas e indicadores dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia deste estudo, assim como os materiais e métodos, foram elaborados para que fosse possível aliar a experiência dos autores, como técnicos em instalação, inspeção e manutenção de sistemas fotovoltaicos, com pesquisas bibliográficas e levantamento de referenciais teóricos que pudessem fundamentar e emprestar validade ao presente artigo.

As contribuições de diferentes autores, os quais descreveram práticas, técnicas e importância da inspeção e manutenção preventivas, validaram a práxis cotidianamente empreendida pelos autores, em seu labor, as quais foram reportadas pela Figura e pelas Fotografias produzidas pelos autores e presentes no presente artigo.

Os materiais e métodos ora descritos, são um recorte dos vários modelos e práticas de inspeção e manutenção preventivas descritos na literatura, havendo sido escolhido e identificado pelos autores como os principais e cotidianamente mais utilizados em campo.

3 PRINCIPAIS PRÁTICAS DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

A manutenção preventiva é um elemento chave para garantir o funcionamento adequado e prolongar a vida útil dos sistemas fotovoltaicos (MORAIS, 2022). Existem diversos métodos de manutenção preventiva que podem ser aplicados, tais como: limpeza dos módulos solares, verificação do desempenho do sistema, inspeção visual, verificação da tensão e corrente do sistema, verificação dos conectores e cabos elétricos, substituição de componentes defeituosos, entre outros.

Segundo os autores, a monitorização do desempenho dos sistemas fotovoltaicos é outra técnica importante de manutenção preventiva. Isso envolve a coleta e análise de dados sobre a produção de energia do sistema, incluindo a potência, a tensão e a corrente, conforme demonstrado pelos autores na Figura 1.

A análise desses dados pode ajudar a identificar e corrigir problemas de desempenho, como perda de eficiência dos painéis solares e falhas do inversor. A monitorização pode ser realizada por meio de sistemas de monitorização de desempenho, via aplicativos instalados em aparelhos celulares, os quais permitem acompanhar o desempenho do sistema em tempo real.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Figura 1 – Monitorização, por aplicativo "Intelbras Solar", do desempenho do sistema fotovoltaico em uma residência no município de Pontal (SP)



Fonte: os autores (2023) - aplicativo Intelbras Solar

A inspeção visual é outra prática de manutenção preventiva que pode ser aplicada em sistemas fotovoltaicos. Isso envolve a avaliação visual de componentes e equipamentos (Fotografia 1), tais como os painéis solares, inversores, cabos e conectores. A inspeção visual pode ajudar a detectar problemas precocemente, antes que se tornem graves e comprometam o funcionamento do sistema.

A verificação da tensão e corrente do sistema é outra medida importante de manutenção preventiva. Isso envolve a medição da tensão e corrente em diferentes pontos do sistema, para detectar possíveis problemas de conexão ou falhas em componentes individuais do sistema.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

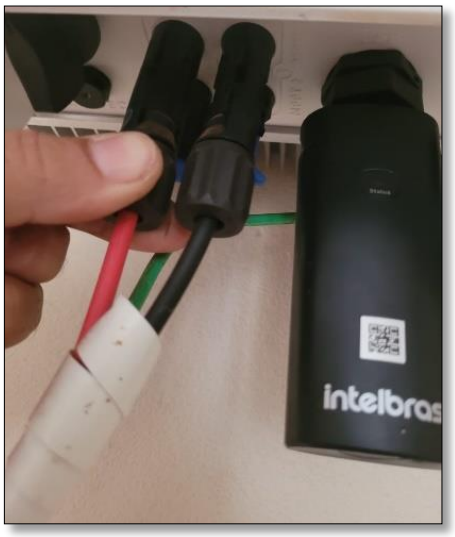
Fotografia 1 – Inspeção visual em manutenção preventiva



Fonte: os autores (2023)

A verificação dos conectores e cabos elétricos também é uma medida importante da manutenção preventiva nos sistemas fotovoltaicos. Conectores e cabos defeituosos podem causar perda de energia elétrica e aumentar o risco de incêndios. É importante que os conectores e cabos sejam verificados regularmente e substituídos caso necessário (Fotografia 2).

Fotografia 2 – Inspeção de cabos e conectores



Fonte: os autores (2023)

A inspeção também deve recair sobre componentes como inversores, baterias e controladores de carga (Fotografia 3), os quais podem falhar ao longo do tempo e precisarem ser, preventivamente, substituídos para a garantir do funcionamento adequado do sistema.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Fotografia 3 – Inspeção em disjuntores, DPS (dispositivo de proteção de surtos) e controlador de carga de sistema fotovoltaico



Fonte: os autores (2023)

Para a garantia da eficiência na absorção de luz nos painéis solares, a limpeza dos módulos solares é o método descrito como mais eficiente, conforme descrito por Nascimento e Rüther (2014).

O acúmulo de poeira, sujidades e outros resíduos pode reduzir a capacidade de absorção de luz dos painéis solares, diminuindo a produção de energia elétrica.

A limpeza pode ser feita manualmente, com água e detergente, ou por meio de equipamentos de limpeza especiais (Fotografia 4). É importante que a limpeza seja feita por profissionais capacitados, para evitar danos aos painéis solares.

Fotografia 4 – Inspeção e limpeza dos painéis solares



Fonte: os autores (2023)

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do presente artigo, corroborados pela revisão da literatura e as práticas empreendidas pelos autores, indicam que a inspeção e manutenção preventiva é uma estratégia eficaz para melhorar o desempenho e prolongar a vida útil dos sistemas fotovoltaicos, aumentando a confiabilidade no sistema e aumentando sua eficiência energética

Destaca-se o estudo promovido por Nascimento e Rüther (2014) os quais descreveram melhoria no desempenho do sistema fotovoltaico em aproximadamente 5,3% após a manutenção preventiva limpeza, apresentando excelente resposta

Os autores, por serem profissionais com experiência e técnica em sistemas fotovoltaicos, sustentam que os custos da inspeção e manutenção preventiva são inferiores aos custos associados à correção de falhas no sistema, sendo uma operação inteligente e mais econômica para o usuário.

Por fim, os resultados deste estudo reforçam a importância da inspeção e manutenção preventiva em sistemas fotovoltaicos, como práticas que determinam a melhoria do desempenho do sistema, prolongam sua vida útil e economizam recursos financeiros ao longo do tempo.

Além dos benefícios diretos, relacionados à eficiência e confiabilidade do sistema, a realização regular de práticas de inspeção e manutenção preventivas contribui para a sustentabilidade econômica e ambiental dos sistemas fotovoltaicos. A sustentação do retorno sobre o valor investido no sistema fotovoltaico e uma das funções relacionadas à inspeção e manutenção preventivas, potencializando ou maximização da geração de energia pela ausência de perdas devido a problemas não detectados e tratados preventivamente.

A utilização de fontes de energia renovável, como os sistemas fotovoltaicos, também contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e a preservação dos recursos naturais.

Além disso, é importante ressaltar que as práticas de inspeção e manutenção preventivas estão alinhadas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), particularmente o ODS 7, que busca garantir o acesso à energia limpa e acessível, e o ODS 9, que enfatiza a importância da indústria, inovação e infraestrutura sustentáveis. Ao adotar essas práticas, os sistemas fotovoltaicos contribuem para o alcance desses objetivos, uma vez que promovem a transição para uma matriz energética mais limpa e eficiente.

Os resultados também evidenciam a importância do incentivo aos proprietários de sistemas fotovoltaicos para que realizem a inspeção e manutenção preventivas regularmente em seus equipamentos, com vistas à garantia da operação em modo eficiente, confiável e sustentável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados e discussões apresentados, é possível concluir que as práticas de inspeção e manutenção preventivas em sistemas fotovoltaicos é essencial para garantir a eficiência, confiabilidade e sustentabilidade do sistema.

A inspeção e análise das falhas mais comuns nos sistemas fotovoltaicos, especialmente em relação à monitorização do desempenho do sistema, inspeção e aperto das conexões elétricas e a verificação e aplicação da limpeza dos painéis solares são práticas que devem ser realizadas por técnicos especializados, para garantia da sua eficácia, vez que os engenhos são delicados, necessitando de intervenção especializada.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

O fator determinante na decisão do usuário pela inspeção e manutenção preventivas dos sistemas está associado ao baixo custo operacional, o qual é menor do que os custos da manutenção corretiva.

É importante ressaltar que os resultados e discussões deste estudo se baseiam principalmente nas práticas e na experiência dos autores em sistemas fotovoltaicos conectados à rede, associada ao trabalho de pesquisa dos autores citados no presente estudo, sendo que as reflexões conclusivas são todas convergentes.

Portanto, é recomendável que os proprietários e operadores de sistemas fotovoltaicos adotem práticas de inspeção e manutenção preventiva adequadas, a fim de garantir a eficiência e a durabilidade dos sistemas, além de contribuírem para as metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS), especialmente o ODS 7 (Energia limpa e acessível) e ODS 9 (indústria, inovação e infraestrutura).

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. J. N. DE; ABRANTES, A. C. T. G. A busca pela eficiência dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede: uma análise sobre os principais fatores de perda, soluções e inovações. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, n. 22, p. 1-15, 2019.

ARAÚJO, M. V. M.; SILVA, L. A. A.; ARAÚJO, M. C. B. Aplicação do FMEA como suporte para a gestão da manutenção de placas fotovoltaicas. In: **XXXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. "Os desafios da engenharia de produção para uma gestão inovadora da Logística e Operações". Santos, São Paulo, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2019.

COSTA, A. L. C.; HIRASHIMA, S. Q. S.; FERREIRA, R. V. Operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos conectados à rede: inspeção termográfica e limpeza de módulos FV. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n.4, p. 201-220, 2021.

MENDES, B. E. S. **Projeto e implantação de sistema de arrefecimento para melhoria da eficiência energética de um sistema de geração fotovoltaica com supervisão online**. 2020. Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2020.

MORAIS, F. E. N.; LUNA, J. D. F. O.; SILVA, L. S. V. Análise da melhoria de geração de energia em um sistema solar fotovoltaico em porto velho mediante a limpeza periódica. In: IX Congresso Brasileiro de Energia Solar. Florianópolis, 23 a 27 de maio de 2022.

NASCIMENTO, L. R.; RÜTHER, RICARDO. A avaliação de longo prazo de um sistema fotovoltaico integrado à edificação urbana e conectado à rede elétrica pública. **Revista Brasileira de Energia Solar**, 5(1), 73-81. 2014.

SOUZA, W. A. DE; SOUZA, R. C. R.; MINORI, A. M. Boas práticas de manutenção preventiva em sistemas fotovoltaicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 8, p. 12779-12791, 2019.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

TRISTÃO, J. L. **Inspeção e manutenção das estruturas de fixação de módulos fotovoltaicos.** 2021.Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas. Varginha (MG). 2021.

SANTOS, A.; POSSER, L. S.; GARCIA, S. B. Aspectos de manutenção e análise de desempenho de um sistema fotovoltaico *on-grid*. In: VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar - CBENS, 2020, Fortaleza (CE).