

PROPOSTA DE MÉTODO PARA GESTÃO DE MANUTENÇÃO DE MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO COM APOIO DE BUILDING INFORMATION MODELING

Ana Letícia de Oliveira Camelo – ana.camelo@escolar.ifrn.edu.br
Damilly Simara Trindade Medeiros
Josyanne Pinto Giesta
Alfredo Costa Neto
Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Câmpus Natal-Central

1.1. Recurso solar e meteorologia da radiação solar

Resumo. Este artigo emprega o método de pesquisa Design Science Research (DSR) e softwares BIM para aprimorar a manutenção de sistemas de módulos fotovoltaicos. Destaca-se o papel fundamental do BIM na modelagem detalhada desses sistemas, bem como no planejamento e execução eficaz da manutenção. Os softwares Revit e Navisworks são explorados como ferramentas para o desenvolvimento de modelos precisos e estudos de irradiação solar. Essa abordagem permite uma visualização abrangente da instalação, identificando sombreamento, perda de eficiência e demais falhas. Com o crescente interesse na energia solar como uma fonte de energia limpa e sustentável, o objetivo deste estudo é apresentar novos meios de garantir a eficiência da manutenção de estruturas de módulos fotovoltaicos para a comunidade científica e mercado de trabalho.

Palavras-chave: Energia Solar, Building Information Modeling, Manutenção.

1. INTRODUÇÃO

A demanda por fontes energéticas tem aumentado significativamente, principalmente devido a fatores como densidade populacional e de edifícios. Atender a essa necessidade, por sua vez, leva ao maior investimento e gasto de recursos, pois o aproveitamento da energia sempre gera algum tipo de impacto ambiental, seja este de pequena ou grande proporção (Nascimento; Alves, 2016). Neste cenário, é urgente encontrar matrizes energéticas alternativas, ou seja, utilizar fontes de energia renováveis, tendo-se em vista o impacto ambiental gerado por aquelas não renováveis, como o petróleo, gás natural, carvão mineral e combustíveis nucleares; o qual se contrapõe aos atuais discursos concernentes à intensificação do aquecimento global. Por outro lado, as energias sustentáveis são aquelas em que os recursos naturais utilizados são inesgotáveis e, portanto, geram impactos menores.

A necessidade pela diversificação de fontes de energia, então, é uma demanda global que emerge progressivamente, sabendo-se que se observa cada vez mais o esgotamento dos recursos não renováveis, a exemplo de combustíveis fósseis, assim como o impacto destes no meio ambiente. Isto é, no Brasil, em junho de 2023, a participação de renováveis na Oferta Interna de Energia (OIE) aumentou para cerca de 49,1%, superior à calculada no ano anterior, de 47,4%, de acordo com o divulgado pelo Ministério de Minas e Energia (MEE) no Boletim Mensal de Energia de Junho de 2023, dado que representa energia necessária para movimentar a economia de um país ou região num determinado período, demonstrando a adesão e difusão de meios de energia sustentáveis e de menor custo.

Nesse sentido, é possível analisar que uma das principais alternativas atualmente é a energia solar, a qual é gerada a partir de módulos fotovoltaicos e se encontra em crescente democratização, sendo usada em residências unifamiliares e edifícios multifamiliares, o que é demonstrado pelo crescimento da capacidade instalada de Geração Distribuída solar no Brasil, aumentando 93,6% em relação a junho de 2022; e a capacidade instalada de solar centralizada também avança, 89% em relação ao mesmo mês do ano anterior, conforme o MEE.

Tal escolha se justifica, entre outros motivos, pelas políticas públicas de incentivo às fontes de energia renováveis e da Micro e Minigeração Distribuída, como a Lei nº 14.300/2022, que garante isenção na tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) até o ano de 2045 para sistemas implantados ou com solicitações de acesso protocolados até janeiro de 2023, além de permitir a isenção parcial desta tarifa para os sistemas implantados até dezembro de 2028. De mesmo modo, diversos autores estudam a capacidade de geração ao redor do país, visto que a radiação solar intensificada é fator fundamental a ser aproveitado juntamente ao clima adequado. Essas vantagens que o Brasil apresenta para a implantação da energia solar permitem que se faça uma previsão da evolução acentuada a longo prazo desta.

Entretanto, o uso de sistemas de geração de energia solar implica na sua manutenção e operação, o custo para a instalação e o tempo necessário para que haja o retorno financeiro. Nessa perspectiva, é necessário dar enfoque aos módulos, principal componente deste, e como estes podem ter sua vida útil garantida e estendida, de modo a equiparar-se ao investimento inicial. Desse modo, pode-se afirmar que diversos fatores estão aptos a influenciar no funcionamento de módulos fotovoltaicos, desde posicionamento à temperatura local. Assim, é preciso que as suas manutenções sejam

realizadas de modo a compensar o seu custo, analisando-se possíveis arranhões, rachaduras e outros tipos de avarias que podem ser ocasionadas (Iensen, 2022).

Por outro lado, há a perspectiva de facilitar esta manutenção e garantir sua eficiência e segurança para que não haja danos aos módulos fotovoltaicos. Há, então, a proposta de intervenção a partir do uso do Building Information Modeling (BIM) como o facilitador, pois possibilita a adição de informações de diversos aspectos e fases construtivas em um modelo 3D de uma edificação. Em exemplificação, o Building Information Modeling Project Execution Planning Guide (2011) apresenta variados usos do BIM, tanto no campo da funcionalidade da estrutura de um edifício quanto acerca de equipamentos que o serviriam, como análise de desempenho estrutural e energético e monitoramento do desempenho de um sistema (CIC, 2011). Assim, proporciona-se a integração de projetos e fases em um mesmo modelo, o qual, ao ser utilizado por diversos profissionais, dinamiza o processo construtivo e garante sua eficácia. Por isso, ao juntar a necessidade por modernização na operação de módulos fotovoltaicos com o BIM, encontra-se uma proposta de otimização de um processo construtivo.

A partir do exposto, este trabalho visa propor um método que auxilie na gestão da manutenção de módulos solares fotovoltaicos com a utilização do BIM.

2. PROCESSOS METODOLÓGICOS

O método de pesquisa adotado neste estudo foi o *Design Science Research* (DSR), sistemática que visa produzir, adaptar e alterar sistemas organizacionais e situações já existentes para alcançar melhores resultados em diferentes áreas. (Lacerda *et. al*, 2015). O DSR se fundamenta na produção e avaliação de “artefatos”, os quais podem ser classificados como a) Constructos, termo que descreve os problemas dentro de um domínio, especificando-se as suas respectivas soluções; b) Modelos, conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os constructos; c) Métodos, conjunto de passos usado para executar uma tarefa; e d) Instanciações, concretização de um artefato em seu ambiente (March; Smith, 1995).

Em ténue, o DSR deve ser conduzido em diferentes fases. *A priori*, aplica-se a Conscientização, momento de maior compreensão do objeto de pesquisa e da problemática estudada, de modo a formalizar o problema a ser solucionado e as soluções satisfatórias necessárias. Neste estudo, concebeu-se esta etapa a partir da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), a qual consiste em um método de pesquisa atribuído a trabalhos de cunho científico que objetiva compreender e sistematizar o material existente em certa área de conhecimento ou tema de estudo (Brizola; Fantin, 2016). Assim, procurou-se assimilar e examinar todo o material existente em inglês ou português concernentes à aplicação do Building Information Modeling na operação e manutenção de módulos solares.

Nesta perspectiva, percebendo-se a importância da criação de um fluxograma de processos a ser aplicado em instalações de sistemas de energia solar fotovoltaica, foi possível conceber a Sugestão. Esta denomina a segunda etapa do DSR, isto é, a idealização de uma ou mais alternativas de artefato para a solução dos problemas, resultando em um conjunto de possíveis artefatos que podem ser elaborados, e na escolha de um ou mais a serem desenvolvidos. Sequencialmente, houve o desenvolvimento, a constituição do artefato em si e a concretização do escolhido anteriormente. Assim, fez-se uso das leituras relacionadas ao tema para a execução de uma solução para a problemática, com ênfase ao artigo “Diretrizes para Fluxo do Modelo 3D para a Gestão de Operação e Manutenção”, o qual propõe uma metodologia de fluxo de processos relacionado à inspeção predial.

Por fim, produziu-se uma nova metodologia de manutenção de instalações prediais, o qual foi aplicado em modelo tridimensional feito no Revit, caracterizando os artefatos Métodos, utilizados para traduzir um modelo ou representação em um curso para resolução de um problema; e Instâncias, uma vez que se demonstrou a viabilidade e a eficácia do método aplicado ao modelo.

3. BUILDING INFORMATION MODELING

O Building Information Modeling (BIM), é uma metodologia e um conjunto de tecnologias utilizados na indústria da construção civil para criar, gerenciar e manter informações detalhadas e interconectadas sobre um projeto de construção ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a concepção até a operação e manutenção. Vai além do simples desenho em 2D ou modelagem 3D tradicional. Ele envolve a criação de modelos digitais que contêm informações detalhadas sobre cada componente e aspecto de uma edificação, como geometria, propriedades físicas, características técnicas, custos, prazos de construção, e muito mais. Esses modelos são colaborativos e interconectados, permitindo que diferentes partes envolvidas no projeto, como arquitetos, engenheiros, construtores e gerentes de instalações, acessem e atualizem as informações de forma coordenada.

A principal finalidade do BIM é melhorar a eficiência e a eficácia de todo o processo de construção, desde o planejamento e projeto até a construção e a operação posterior. Isso pode resultar em economia de tempo, redução de custos, maior qualidade e precisão na construção, melhor colaboração entre os stakeholders do projeto e uma gestão mais eficaz durante a fase de operação e manutenção de edifícios e infraestruturas.

O Building Information Modeling (BIM) se apresenta como uma ferramenta de inegável valia na esfera da manutenção de sistemas de geração de energia solar, em particular na manutenção de módulos fotovoltaicos. Essa

assertiva repousa sobre o fato de que o BIM viabiliza um conjunto de estratégias e recursos que, de forma inequívoca, contribuem para otimizar e simplificar os processos de manutenção desses sistemas.

Um dos atributos distintivos do BIM que merece destaque é a sua capacidade de proporcionar uma modelagem tridimensional precisa e abrangente de todo o sistema de energia solar, abarcando não somente as próprias módulos fotovoltaicos, mas também os demais elementos constituintes, como as estruturas de suporte, cabos, inversores e demais componentes associados. Essa modelagem detalhada fornece uma representação precisa da configuração do sistema, habilitando, assim, a detecção precisa de problemas e irregularidades de manutenção.

Ademais, o BIM propicia a inclusão de documentação minuciosa diretamente nos modelos tridimensionais. Isso implica na capacidade de armazenar informações vitais para a manutenção, incluindo manuais do fabricante, datas de instalação, especificações técnicas e procedimentos de manutenção recomendados. Essa centralização de informações torna mais expedito o acesso a dados cruciais e simplifica a consulta de documentação relevante.

O BIM também viabiliza a integração de dados em tempo real, estando apto a se conectar com sistemas de monitoramento que capturam informações atualizadas sobre o desempenho do sistema, produção de energia, eficiência e alertas de problemas. Tal integração é inestimável no tocante à detecção precoce de falhas e à subsequente ação de manutenção.

A realização de simulações e análises computacionais constitui mais um recurso disponibilizado pelo BIM. Essas simulações capacitam a avaliação do desempenho do sistema sob diferentes condições, tais como variações nas condições climáticas e de sombreamento. A partir dessa análise, torna-se factível a identificação de possíveis problemas e a otimização do desempenho, proporcionando uma abordagem proativa para a manutenção.

Outro benefício notório do BIM é a rastreabilidade que confere. Isso envolve o registro e o monitoramento de todas as atividades de manutenção realizadas ao longo do ciclo de vida do sistema. Essa rastreabilidade é não apenas essencial para a documentação precisa, mas também serve como alicerce para a execução de práticas de manutenção preventiva e para a conformidade com as especificações do fabricante.

A manutenção preditiva representa uma abordagem adicional que o BIM permite. Baseando-se nos dados provenientes do sistema BIM e nos sensores do sistema fotovoltaico, é possível antecipar quando componentes podem falhar com base em tendências de desempenho e em dados históricos. Dessa forma, a manutenção pode ser executada de maneira proativa, antes que ocorra uma falha significativa, contribuindo para a redução de custos e a otimização do desempenho.

Por conseguinte, o BIM se mostra como uma ferramenta de alto potencial no âmbito da manutenção de placas fotovoltaicas e sistemas de geração de energia solar. A combinação de modelagem precisa, monitoramento em tempo real, análises avançadas e a capacidade de rastrear e documentar atividades torna a manutenção mais eficiente, confiável e econômica. Com isso, o BIM não apenas facilita a manutenção, mas também contribui para a otimização do desempenho e a prolongação da vida útil dos sistemas de geração de energia solar.

4. PROPOSTA DE FLUXO DE GESTÃO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

A manutenção predial se destaca por ser fundamental na preservação e garantia da vida útil de um edifício. Isto é, a gestão técnica de edifícios constitui, provavelmente, a atividade da gestão de edifícios que engloba todas as ações pretendendo garantir o desempenho das soluções construtivas do edifício, procedendo-se para tal à correção de desvios funcionais e à avaliação das condições de funcionamento (Castiajo, 2012). De acordo com Rodrigues (2001), o processo de manutenção é estruturado pelo conjunto de todas as ações de prevenção de patologias, através de atividades sistemáticas ou condicionais, além da sua correção após a identificação de uma patologia. Assim, Oliveira (2016) afirma que se deve atentar à correta manutenção em edifícios escolares, dado que esta impacta o ambiente escolar em diversos aspectos: social, educacional e até financeiro. Segundo o autor:

“Ciente da importância da manutenção na vida útil das edificações, cada vez mais os projetistas devem trabalhar para que as edificações tenham seu desempenho maximizado. Os custos de manutenção crescem com o passar do tempo. E é na etapa de projeto que se pode modelar a edificação de forma que seja eficiente sem que se tenham custos.” (Oliveira, 2016, p. 20)

É neste momento que a aplicação do BIM se torna necessária, levando a manutenção predial à integração de projetos e profissionais, tornando-a mais barata, eficaz, rápida e acessível. A partir de um raciocínio similar, objetivando que esse processo fosse facilitado, Amália Ribeiro desenvolveu uma série de diretrizes de gestão e operação a serem aplicadas, por exemplo, na manutenção de edifícios, de modo a comportar todas as fases da manutenção em uma só metodologia.

O Método Ribeiro, portanto, comporta: a) as fases de visualização 3D e armazenamento de documentos, o que corresponde às três primeiras diretrizes, respectivamente: caracterização do empreendimento, modelagem 3D e documentos; e b) diretrizes para gestão e manutenção, as quais são divididas nas cinco etapas subsequentes, que são o programa de manutenção, inspeção visual com registro fotográfico, transformar RVT em NWC, adicionar anomalias e falhas no modelo e, por último, salvar em NWF e HTML. Por fim, têm-se um fluxo de etapas que devem ser aplicadas no cotidiano dos servidores responsáveis pela manutenção predial.

A partir do exposto e da compreensão de outros materiais, percebeu-se que um dos principais desafios para a propagação da instalação de sistemas solares, apesar das políticas públicas de incentivo à energia solar, é o tempo de retorno do alto investimento inicial, o qual atualmente varia de cinco a oito anos. Assim, um dos fatores que influenciam neste são os custos de manutenção, os quais comportam, por exemplo, a possível substituição de equipamentos falhos e a necessidade de limpeza periódica das placas solares (Soares Júnior, 2018). Assim, ao desenvolver um fluxograma de processo aplicado a esta operação, é possível otimizar o programa de manutenção, diminuindo as despesas envolvidas.

Nesse sentido, foi feito um estudo de caso, procurando compreender a viabilidade de sua execução e adequação para a manutenção e operação de sistemas de energia solar fotovoltaica. Logo, projetou-se um plano de manutenção (Figura 1) que comportasse todas as fases da inspeção predial. Esta, vale ressaltar, distingue-se por ser um procedimento de prevenção, avaliação e registro de desempenho. Por sua vez, possibilita fundamentar as decisões e reparações necessárias, indicando a localidade, quando e como atuar (Lopes, 2005).

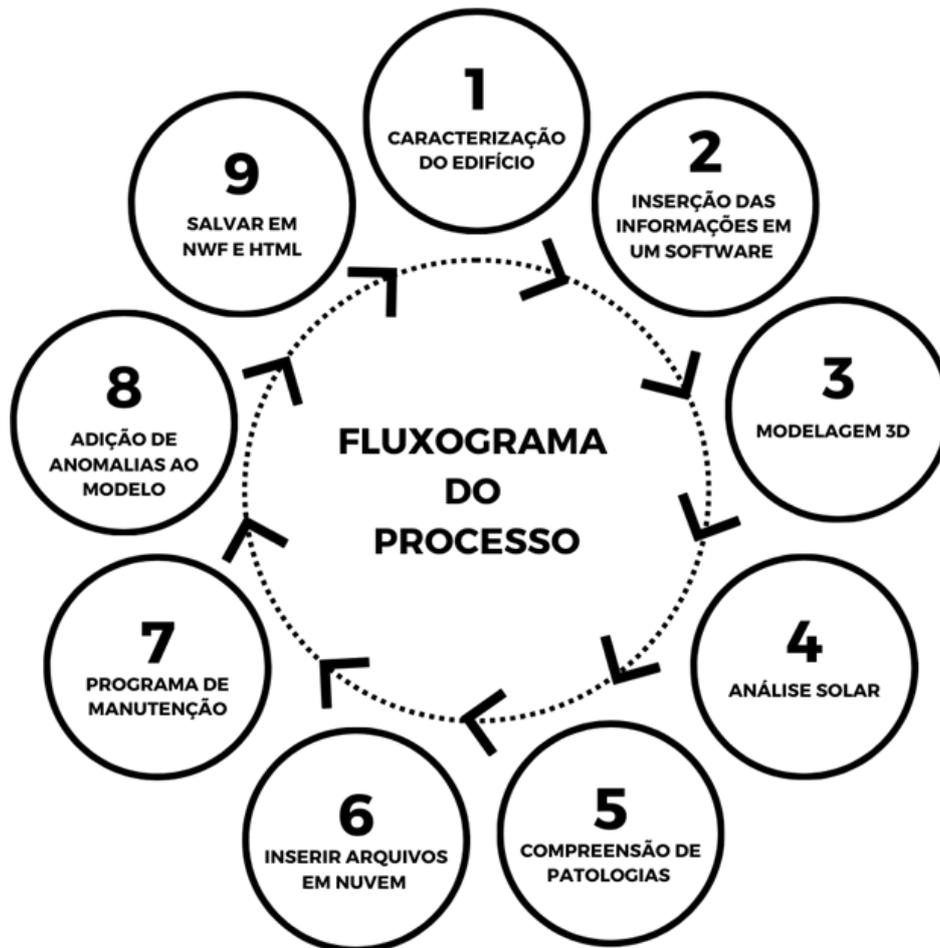


Figura 1 - Fluxograma de diretrizes para manutenção e operação de módulos fotovoltaicos.

Nessa perspectiva, o prosseguimento dessas diretrizes funcionaria de modo a auxiliar e simplificar para os servidores envolvidos. O fluxo de processos ilustrado demonstra o que, na prática, ocorreria em três etapas distintas, respectivamente: levantamento, modelagem e manutenção.

A priori, na primeira fase, deve ser realizada uma visita do inspetor predial ao local, na qual seriam identificadas avarias ou falhas nos módulos fotovoltaicos. Deve, portanto, ser realizado um levantamento arquitetônico com ênfase na cobertura do prédio, possibilitando a caracterização do edifício e do terreno no qual venha a ser instalado ou comporte o sistema de módulos fotovoltaicos, observando suas características particulares, como tamanho, necessidade energética e sombreamento. Isto é, observa-se desde a demanda energética do edifício a possíveis elementos externos gerando obstáculos ao funcionamento dos painéis solares, a exemplo de sombreamento por vegetação ou outras construções ao redor. Desse modo, será possível visualizar todas as condições e influências ao sistema. Além disso, registram-se as anomalias identificadas em fotografias, junto a um documento feito a partir de anotações sobre as condições do local, os quais serão posteriormente inseridos na nuvem.

Assim, a segunda etapa é iniciada pela adição das informações adquiridas em um software, a exemplo do AutoCAD, programa de design gráfico digital, permitindo a visualização 2D do empreendimento e do ambiente ao seu redor. A partir da representação gráfica desenvolvida previamente, deve ser feita a modelagem 3D da edificação em um software BIM, a exemplo do Revit, desenvolvido e distribuído pela empresa Autodesk a partir da perspectiva de auxílio à construção civil. Neste estudo de caso, fez-se uso dos dados levantados juntamente à planta baixa disponibilizada, permitindo o desenvolvimento de um modelo do NIT (Figura 2) a ser adicionado posteriormente ao Navisworks, programa que

promove a integração BIM, originada pela possibilidade do uso de ferramentas de simulação, cooperação, análise e comunicação entre equipes.



Figura 2 - Modelagem Revit do NIT em desenvolvimento.

Como fim desta etapa, realiza-se a análise solar do edifício, a partir da ferramenta homônima disponibilizada no Revit, a qual permite a observação realista de um projeto levando em consideração a relação entre a posição e incidência do sol sob uma edificação ou área; observando-se como ocorre a projeção de sombras e iluminação, com base em sua localização geográfica e o período do ano.

Além disso, ao observar o modelo, devem ser analisados possíveis causadores de avarias. Em sequência, toda a documentação adquirida, dados de levantamento e modelagem precisam ser inseridos em uma nuvem de arquivos, a exemplo do Google Drive, para que estejam disponíveis a qualquer momento aos servidores envolvidos. Podem ser adicionados, também, materiais para auxílio da equipe, como manuais e guias de como realizar a devida instalação ou manutenção, em especial no caso de avarias que demandam conhecimentos específicos.

Por fim, a terceira etapa caracteriza a manutenção propriamente dita, correspondendo à correção das patologias e irregularidades identificadas. Assim, o servidor responsável pelos reparos verifica as avarias indicadas no arquivo e, por fim, executa o conserto; alterando, em sequência, o registro no software BIM.

De modo simplificado, imagina-se que, tendo-se os documentos em mãos, um servidor A realiza a inspeção de um sistema de módulos solares e identifica uma anomalia em um dos painéis. Este, por sua vez, anota qual é essa avaria ou caracterização; a exemplo de um problema elétrico na placa. Posteriormente, estes dados devem ser inseridos no modelo já presente no Navisworks, identificando-o de modo padrão (Figura 3). Isto é, sugere-se que as notas adicionadas sigam o padrão "N° do painel solar danificado - Natureza da anomalia - Prioridade - Data - Servidor responsável". Como exemplo, utilizou-se o cenário "Painel Solar 1 (PS1) - Elétrico - A - 27/10/23 - Servidor A". Afinal, tal padronização garante que toda a equipe envolvida possa compreender o indicado, cabendo a esta tomar as medidas necessárias para a resolução do problema, seja a substituição de um equipamento, um pequeno conserto ou o envio de um profissional especializado.

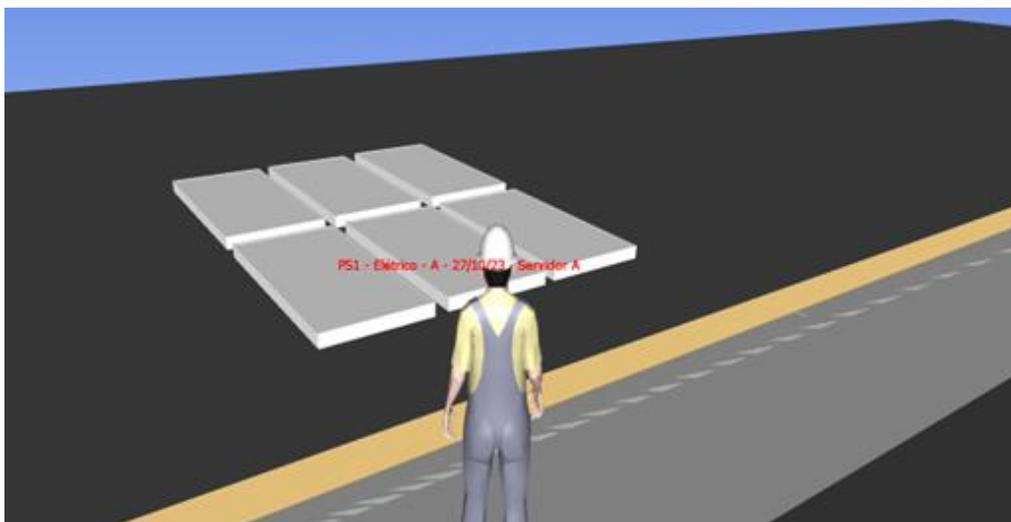


Figura 3 - Adição de dados ao Navisworks.

Após a inspeção inicial, um servidor B, responsável pelo retorno à obra para os devidos reparos, deve ter acesso ao arquivo e visualizar todas as pendências, possibilitando-o direcionar e ajustar seu programa de manutenção de forma específica para as avarias identificadas. Em sequência, ele efetua a manutenção e, a seguir, adiciona uma nova nota no projeto. Além do já dito anteriormente de "Painel Solar 1 (PS1) - Elétrico - A - 27/10/23 - Servidor A", este completa com a data da manutenção e o servidor responsável.

Por fim, o fluxo de processos proposto possui o objetivo de otimizar e facilitar as atuais técnicas e tecnologias utilizadas na gestão de operação e manutenção de módulos fotovoltaicos.

5. CONCLUSÃO

Em um contexto no qual a eficiência energética e a sustentabilidade desempenham um papel cada vez mais crucial, a manutenção de sistemas de geração de energia solar, em particular módulos fotovoltaicos, emerge como um aspecto fundamental na preservação do desempenho e na maximização da vida útil desses sistemas. A aplicação da metodologia Building Information Modeling (BIM) demonstra ser um componente de notável importância na otimização e simplificação dos processos de manutenção, contribuindo para a redução de custos e a melhoria do desempenho geral.

O BIM, com sua capacidade de proporcionar modelagem tridimensional precisa e abrangente de sistemas de energia solar fotovoltaica, não apenas de módulos, mas de todos os componentes relacionados, abre oportunidades para uma detecção mais precisa de problemas e irregularidades. A inclusão de documentação detalhada diretamente nos modelos tridimensionais simplifica o acesso a informações vitais para a manutenção, tornando o processo mais eficiente e simplificado. A integração de dados em tempo real, especialmente quando conectado a sistemas de monitoramento, desempenha um papel inestimável na detecção precoce de falhas, permitindo intervenções proativas. Além disso, a realização de simulações e análises computacionais auxilia na avaliação do desempenho do sistema sob diversas condições, contribuindo para a manutenção proativa e a otimização. Assim como a rastreabilidade proporcionada é fundamental, registrando e monitorando todas as atividades de manutenção ao longo do ciclo de vida do sistema. Essa rastreabilidade não apenas é crucial para a documentação precisa, mas também serve como base para a execução de práticas de manutenção preventiva e para a conformidade com as especificações do fabricante.

Ademais, a adaptação bem-sucedida do método Ribeiro para Manutenção Predial aos sistemas de manutenção de conjunto de módulos fotovoltaicos demonstrou-se um sucesso notável. Essa integração permitiu aproveitar a expertise em gestão de edifícios para otimizar a operação dos sistemas de módulos fotovoltaicos, simplificando a manutenção e melhorando a detecção de problemas. Como resultado, o desempenho e a vida útil dos módulos são maximizados, representando um avanço significativo em direção a um futuro mais sustentável e eficiente em termos energéticos.

Em resumo, o Building Information Modeling (BIM) se revela uma ferramenta de alto potencial na manutenção de sistemas de geração de energia solar. A combinação de modelagem precisa, monitoramento em tempo real, análises avançadas e rastreabilidade contribui para tornar a manutenção mais eficiente, confiável e econômica. Dessa forma, o BIM não apenas facilita a manutenção, mas também desempenha um papel crucial na otimização do desempenho e na extensão da vida útil dos sistemas de energia solar fotovoltaica, contribuindo para um futuro mais sustentável e energeticamente eficiente.

Agradecimentos

À Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) pela bolsa fornecida à primeira autora.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 14.300/2022**, de 06 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, jan. 2022.

BRIZOLA, J.; FANTIN, N. **Revisão da Literatura e Revisão Sistemática da Literatura**. Revista de Educação do Vale do Arinos - RELVA, v. 3, n. 2, 2016.

CASTIAJO, Susana Sílvia Ferreira. **Metodologia de manutenção de edifícios: sistemas solares térmicos**. 2012. Master's thesis — [s. n., s. l.], 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10216/69293>. Acesso em: 27 out. 2023.

CIC - COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION. Research Program. **BIM Project Execution Planning Guide**. Version 2.1, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, maio 2011. Disponível em: <http://bim.psu.edu>. Acesso em: 25 out. 2023.

IENSEN, Enrique Moreira. **Análise de Perda de Potencial em Placas Fotovoltaicas por Acúmulo de Sujidades em Francisco Beltrão/PR**. 2022. – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2022.

LACERDA, Daniel Pacheco et al. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, p. 741-761, 26 nov. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0104-530x2013005000014>. Acesso em: 26 jan. 2024.

LOPES, T. **Fenômenos de pré-patologia em manutenção de edifícios: Aplicação ao revestimento ETICS**. Dissertação de Mestrado em Reabilitação do Patrimônio Edificado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2005.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research in Information Technology. **Decision Support Systems**, v. 15, p. 251-266, 1995. [http://dx.doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)00041-2](http://dx.doi.org/10.1016/0167-9236(94)00041-2)

MINAS E ENERGIA, Ministério de. Departamento de Informações, Estudos e Eficiência Energética. **Boletim Mensal de Energia - Edição de Setembro de 2023**. São Paulo, 2023.

NASCIMENTO, R. S. do; ALVES, G. M. **Fontes alternativas e renováveis de energia no Brasil: métodos e benefícios ambientais**. In: XX ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, XVI ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO E VI ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, São José dos Campos - SP, 2016. **Anais...** São José dos Campos - SP: Universidade do Vale do Paraíba, 2016.

OLIVEIRA T. H. G. de. **BIM no uso e operação de edifícios escolares – uma breve comparação com os modelos tradicionais de gestão**. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2014. Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES), CEPEL - CRESESB, edição revisada e atualizada.

RIBEIRO, Amália M. A. de S. Diretrizes para Fluxo do Modelo 3D para a Gestão de Operação e Manutenção. In: GRAPHICA 2022: XIV International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design, 2022. **Graphica 2022: XIV International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design**. [S. l.: s. n.]. ISBN: 978-85-5722-698-2.

RODRIGUES, R. **Gestão de Edifícios. Modelo de Simulação Técnico-econômica**. Dissertação de Doutorado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2001.

SOARES JÚNIOR, J. G. et al. **Impacto da sujidade sobre o desempenho de sistemas fotovoltaicos**. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, Gramado, Rio Grande do Sul. 2018. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/123>. Acesso em: 23 out. de 2023.

PROPOSAL OF A METHOD FOR MANAGEMENT OF PHOTOVOLTAIC SOLAR MODULES MAINTENANCE WITH THE SUPPORT OF BUILDING INFORMATION MODELING

Abstract. *This article employs the Design Science Research (DSR) research method and BIM software to improve the maintenance of photovoltaic module systems. The fundamental role of BIM is highlighted in the detailed modeling of these systems, as well as in the effective planning and execution of maintenance. Revit and Navisworks software are explored as tools for developing accurate models and solar irradiation studies. This approach allows a comprehensive visualization of the installation, identifying shading, loss of efficiency and other failures. With the growing interest in solar energy as a clean and sustainable energy source, the objective of this study is to present new ways of ensuring the efficiency of maintenance of photovoltaic module structures for the scientific community and the job market.*

Keywords: *Solar Energy, Building Information Modeling, Management.*