

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NA CONCEPÇÃO DAS USINAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

Joel Baya Kazadi - joelbaya@id.uff.br

Marcos Túlio Teixeira

Gilberto Figueiredo Pinto Filho

Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil

5.1. Aspectos arquitetônicos do uso de instalações fotovoltaicas

Resumo. O artigo aborda a aplicação da metodologia BIM (Building Information Modeling) no processo de concepção de usinas solares fotovoltaicas e no desenvolvimento de suas bibliotecas associadas. A metodologia BIM é explorada como uma ferramenta eficaz para otimizar o design, construção e operação de instalações solares, proporcionando uma abordagem integrada e colaborativa. O texto destaca a importância da modelagem de informações para a tomada de decisões mais informadas ao longo do ciclo de vida das usinas solares. Além disso, o artigo discute o desenvolvimento de bibliotecas BIM específicas para o setor, visando padronização e reutilização de componentes e informações, o que pode resultar em maior eficiência e consistência nos projetos de usinas fotovoltaicas.

Palavras-chave: Usinas solares, BIM, Energias renováveis

1. INTRODUÇÃO

As energias renováveis desempenham um papel crucial na busca por um futuro sustentável e na mitigação das mudanças climáticas. Elas são fontes limpas e inesgotáveis de energia, em contraste com os combustíveis fósseis, que contribuem para a emissão de gases de efeito estufa e o aquecimento global. O crescimento das usinas fotovoltaicas, em particular, tem sido significativo nos últimos anos devido a várias razões. A energia solar fotovoltaica utiliza painéis solares para converter a luz do sol em eletricidade de forma direta e sem emissões, tornando-se uma fonte atrativa de energia renovável. Além disso, os avanços tecnológicos, a redução nos custos de produção e a implementação de políticas de incentivo têm impulsionado o crescimento das usinas fotovoltaicas em todo o mundo.

A Agência Internacional de Energia Renovável (Irena, 2021) destaca o rápido crescimento das energias renováveis e a competitividade da energia solar fotovoltaica. Segundo o relatório, os custos de energia solar FV diminuíram cerca de 82% entre 2010 e 2021, tornando-se uma das opções mais econômicas em muitas regiões. Além disso, a capacidade global instalada de energia solar fotovoltaica mais que dobrou entre 2015 e 2019, evidenciando o seu rápido crescimento.

Pleßmann *et al.* (2014) ressaltam a importância das UFV no contexto de um sistema de eletricidade 100% renovável. O estudo destaca que a energia solar fotovoltaica, juntamente com o armazenamento de energia, desempenha um papel fundamental na garantia da estabilidade e confiabilidade do fornecimento de energia em um sistema baseado inteiramente em fontes renováveis.

A metodologia Building Information Modeling (BIM) é uma abordagem colaborativa baseada em tecnologia, que permite a criação e o gerenciamento de informações detalhadas de um projeto de construção ao longo de seu ciclo de vida. Ela envolve a criação de um modelo tridimensional virtual que contém informações sobre a geometria, materiais, componentes e processos construtivos, proporcionando uma visão integrada e precisa do projeto. A sua aplicação em projetos de construção civil traz inúmeros benefícios, tais como a melhoria da comunicação e coordenação entre as partes envolvidas, a redução de erros e retrabalhos, a otimização do uso de recursos, a visualização e simulação de diferentes cenários, a detecção precoce de conflitos e a incrementação da operação e manutenção entre outros. O seu uso permite significativos avanços tecnológicos na indústria da construção e tem sido amplamente adotado como uma ferramenta para melhorar a eficiência e a colaboração em projetos de construção. O estudo de Guo *et al.* (2021) destaca como o BIM pode melhorar a colaboração multidisciplinar e facilitar a integração de informações em projetos de energia renovável.

A revisão bibliográfica sobre a aplicação do BIM na concepção de UFV é de extrema importância no contexto atual da transição energética e do avanço tecnológico na construção civil. Uma revisão bibliográfica aprofundada sobre esse tema proporciona insights valiosos sobre as melhores práticas, desafios enfrentados e soluções inovadoras implementadas por pesquisadores e profissionais da indústria. Além disso, essa revisão pode destacar lacunas no conhecimento existente, estimulando a pesquisa futura e promovendo o desenvolvimento contínuo de ferramentas e metodologias BIM específicas para usinas solares fotovoltaicas. Este trabalho busca contribuir para a consolidação do conhecimento existente, além de servir como facilitador para futuros estudos e práticas, impulsionando a eficiência e a sustentabilidade das usinas solares fotovoltaicas na era moderna.

2. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido através da revisão bibliográfica realizada na plataforma online Portal Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que oferece acesso a uma vasta gama de periódicos, incluindo artigos, teses e dissertações, abrangendo diversas áreas do conhecimento por meio de bancos de dados como Scopus e Scielo. Para este trabalho, utilizamos a base de dados Scopus como principal fonte de pesquisa, utilizamos também o mecanismo de pesquisa do Google para identificar páginas relevantes, além de trabalhos de pesquisa acadêmica. Além disso, conduzimos uma pesquisa documental adicional utilizando o Google Acadêmico. Limitamos nossa pesquisa nos últimos 10 anos para garantir dados mais recentes sobre o tema, embora também tenhamos incorporado documentos relevantes anteriores a esse período. Vale ressaltar que incluímos apenas estudos nas línguas portuguesa, espanhola, inglesa e francesa em nossa análise.

As palavras-chave usadas para compor as referências na primeira etapa deste estudo foram “BIM”, “Solar Photovoltaic Power Plant”, “Renewable energy” e “conceptual framework” na plataforma Scopus e diversos outros sites de pesquisa, resultando em um total de 1955 artigos. Com isso, a partir da leitura do título, foram selecionados 63 artigos com publicações importantes. Em seguida foram utilizados 14 estudos de relevância a este trabalho. Nesta etapa final, essas informações foram associadas para a elaboração desta pesquisa acadêmica.

3. USINAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

A transformação da radiação eletromagnética (a luz solar) em energia elétrica é feita por células fotovoltaicas, ou células solares, que podem ser entendidas como dispositivos semicondutores que produzem uma corrente elétrica quando expostos à luz. Os semicondutores mais comuns para essa aplicação pertencem ao grupo IV da tabela periódica, destacando-se o silício (Si) e o germânio (Ge). Esses materiais passam por um processo de dopagem, no qual ocorre a introdução de átomos de outros elementos na estrutura cristalina, sendo o resultado do processo determinado pela dopagem. Se átomos pentavalentes são utilizados, o cristal resultante é do tipo N, enquanto a dopagem com átomos trivalentes produz um cristal do tipo P. A união de um cristal N a um cristal P forma uma junção P-N, originando um campo elétrico na região da junção. Quando a célula fotovoltaica é exposta à luz solar, parte dos elétrons do material iluminado absorve fótons, resultando em uma energia adicional que faz com que esses elétrons se afastem dos átomos aos quais estavam inicialmente ligados. Os elétrons livres percorrem o semicondutor, sendo direcionados pelo campo elétrico presente na região da junção. Através de uma ligação externa, esses elétrons são conduzidos para fora da célula, tornando-se disponíveis para uso como energia elétrica. Esse processo é essencial para a geração de eletricidade a partir da luz solar, evidenciando a base tecnológica das células fotovoltaicas (Mori, Santos e Sobral, 2007).

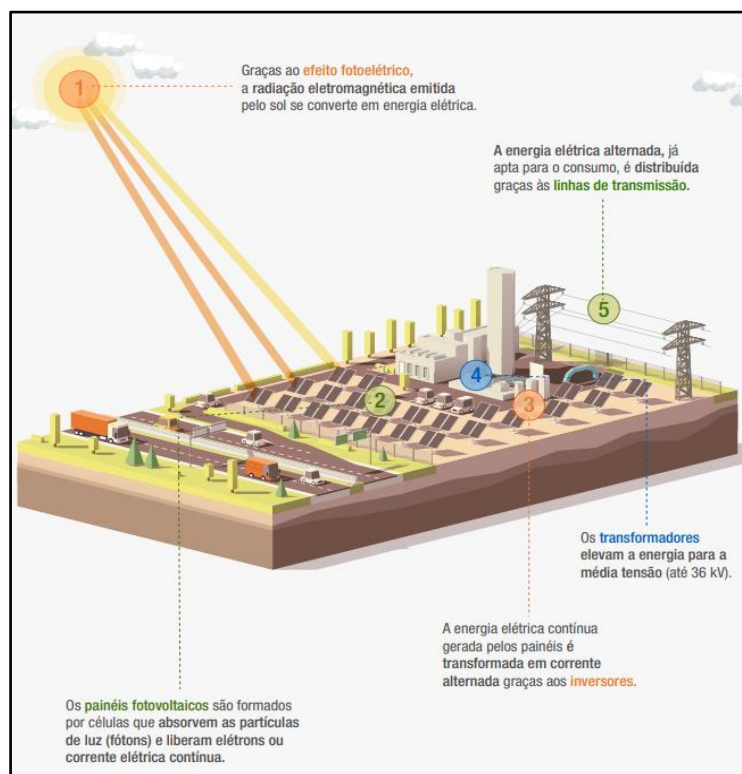


Figura 1 - Sistema de uma usina solar fotovoltaica

Fonte: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/que-e-energia-solar-fotovoltaica>

Para transformar a luz solar em eletricidade utilizável, são empregados dispositivos semicondutores conhecidos como células fotovoltaicas. Estas células podem ser de diferentes tipos, incluindo silício monocristalino, policristalino ou amorfo, bem como outros materiais semicondutores de camada fina. As células de silício monocristalino, obtidas a partir de um único cristal de silício puro, são as mais eficientes, atingindo taxas de eficiência de até 22,7% encontradas no mercado, sendo que o valor máximo encontrado em laboratório foi de 25%. Em contraste, as células de silício policristalino, mais econômicas devido à sua produção em bloco com vários cristais, possuem uma eficiência média variando de 11% a 17,5%. Por fim, as células de silício amorfo, caracterizadas por uma rede cristalina desordenada, apresentam uma eficiência média mais baixa, entre 7% e 9%, mas são mais acessíveis em termos de custo (Miranda, 2014).

Existem duas categorias principais de UFV (Fig. 2), cada uma desempenhando papéis específicos no cenário energético. Primeiramente, temos as usinas fotovoltaicas conectadas à rede elétrica (Fig. 2), que se subdividem em dois tipos: as usinas fotovoltaicas padrão e os geradores com autoconsumo. Além disso, existem as usinas que operam de forma independente (Fig. 2), situadas em locais remotos ou em explorações agrícolas.

No contexto das UFV conectadas à rede, as usinas padrão direcionam toda a energia gerada diretamente para a rede elétrica, contribuindo para o abastecimento geral. Já os geradores com autoconsumo adotam uma abordagem mais distribuída, consumindo localmente parte da eletricidade gerada e fornecendo o excedente à rede.

Estas instalações conectadas à rede são compostas por três componentes essenciais. Primeiramente, os painéis fotovoltaicos desempenham o papel crucial de captar a radiação solar e convertê-la em eletricidade. Em seguida, os inversores entram em cena, transformando a corrente contínua gerada pelos painéis em corrente alternada, tornando-a adequada para uso doméstico. Por fim, os transformadores desempenham um papel vital ao elevar a tensão da corrente alternada, possibilitando sua transmissão eficaz pela rede elétrica, contribuindo assim para a distribuição eficiente da energia gerada. Essa estrutura complexa e interconectada garante o funcionamento otimizado das usinas fotovoltaicas conectadas à rede elétrica.

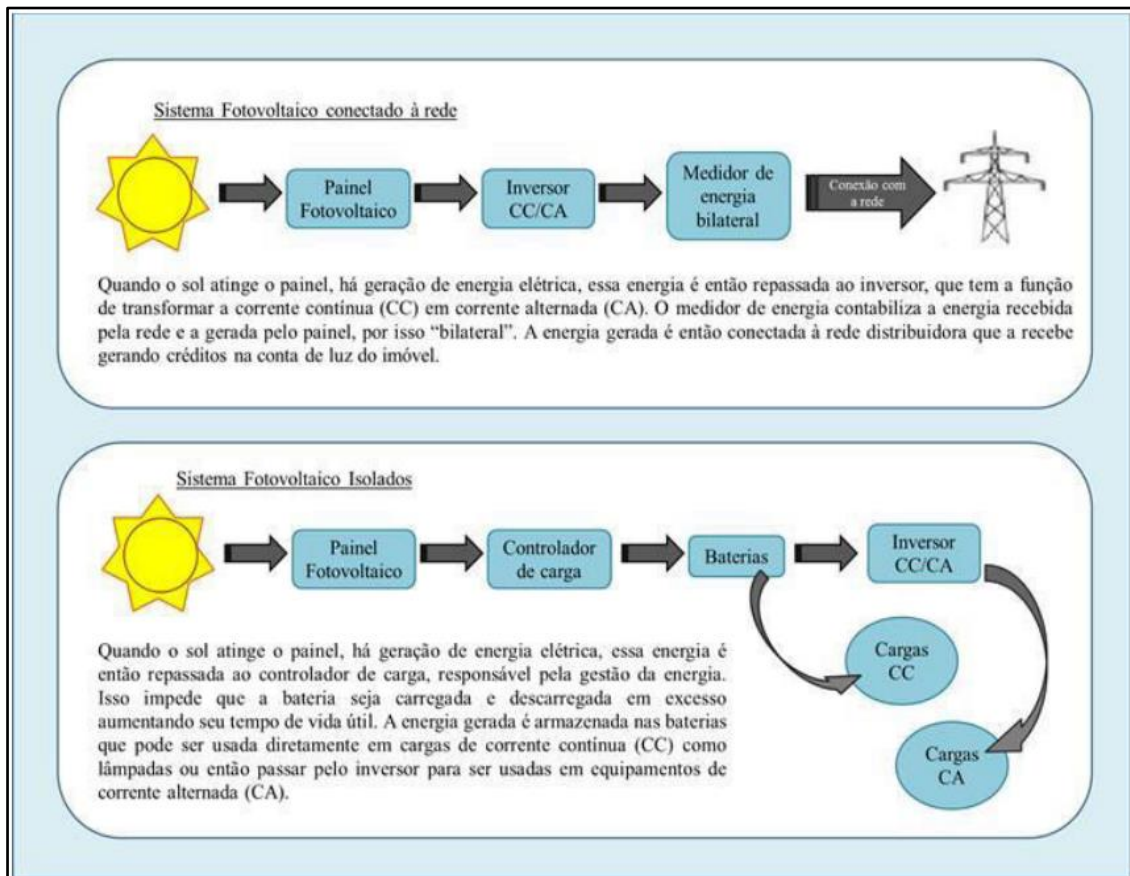


Figura 2 - Esquema dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede e isolado

Fonte: Miranda, (2014)

Diferente dos métodos tradicionais de desenho em 2D, o BIM permite a criação de modelos tridimensionais inteligentes, que incorporam não apenas os elementos geométricos, mas também dados detalhados sobre cada componente da construção.

No cerne do BIM está a ideia de centralização de informações. Todas as partes envolvidas em um projeto, desde arquitetos e engenheiros até empreiteiros e proprietários, compartilham um modelo de informação digital único. Este modelo serve como uma fonte central de informações precisas e atualizadas, promovendo a colaboração e a comunicação eficiente entre as equipes. (A tecnologia de modelagem da informação da construção BIM. Revista Ad Normas, 2021).

O BIM tem sido amplamente adotado na indústria da construção civil devido à sua capacidade de melhorar a eficiência e a precisão em todas as fases do ciclo de vida de um projeto. Desde a concepção inicial até a construção e operação, ele facilita a visualização, simulação e análise de todas as características de um edifício.

Durante a fase de projeto, os arquitetos podem criar modelos detalhados que incluem não apenas a geometria do edifício, mas também informações sobre materiais, custos e prazos. Engenheiros podem realizar simulações para testar a resistência estrutural e o desempenho energético do edifício. Durante a construção, empreiteiros podem utilizá-lo para melhorar o planejamento logístico, prever potenciais conflitos e gerenciar melhor os recursos no canteiro de obras.

Uma das principais vantagens do BIM é sua capacidade de melhorar a coordenação multidisciplinar. Como todas as informações estão centralizadas em um único modelo, as equipes de arquitetura, engenharia e construção podem trabalhar em conjunto de forma mais eficaz. Conflitos entre diferentes sistemas, como elétrico e hidráulico, podem ser identificados e resolvidos virtualmente antes da construção física, reduzindo retrabalhos e atrasos.

Além disso, o BIM contribui significativamente para a redução de erros em projetos de construção. Como todas as informações são consistentes e precisas, as chances de equívocos durante a construção são drasticamente reduzidas. Isso não apenas economiza tempo, mas também reduz custos associados a correções de erros após a conclusão do projeto.

A otimização de recursos é outra vantagem importante do BIM. Ao permitir uma análise detalhada de todos os aspectos do projeto, desde a quantidade de materiais necessários até o consumo de energia previsto, ele ajuda os profissionais a tomar decisões mais informadas. Isso resulta em uma utilização mais eficiente de materiais e energia, reduzindo o desperdício e os custos associados. (Crespo; Ruschel, 2007; Succar, 2013)

4. APLICAÇÕES DO BIM NA CONCEPÇÃO DAS USINAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

A indústria de energia solar FV tem experimentado um crescimento exponencial nas últimas décadas, impulsionada pela necessidade global de fontes de energia sustentáveis e renováveis. Nesse contexto, a aplicação do BIM em projetos de usinas solares fotovoltaicas tem se mostrado crucial para a otimização do processo de concepção e construção. Este artigo explora as maneiras pelas quais o BIM é empregado na concepção de usinas solares fotovoltaicas, focando na análise detalhada de estudos que demonstram seu impacto na modelagem tridimensional, incluindo aspectos como geometria, sombreamento, desempenho energético e até mesmo o ciclo de vida de um projeto solar fotovoltaica (Fig. 3).

Para compreender as aplicações do BIM em UFV, é essencial primeiro entender o seu conceito. O BIM é um processo inteligente baseado em modelos 3D que fornece conhecimentos e ferramentas para melhor planejamento, design, construção e gerenciamento de edifícios e infraestruturas. Sua aplicação em projetos solares fotovoltaicos tem sido um divisor de águas, permitindo uma abordagem mais integrada e eficiente.

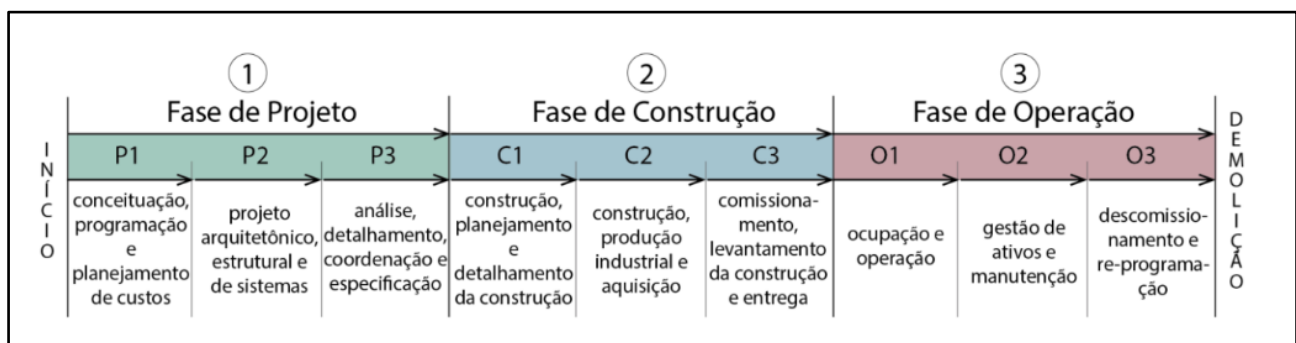


Figura 3 - Fase e subfases de ciclo de vida do Projeto
Fonte: Ploszai e Scheer, (2020)

4.1 Escolha do local

A avaliação de locais para a seleção de instalações fotovoltaicas pode ser conduzida por meio da aplicação de um modelo de estimativa de potência fotovoltaica, auxiliado por ferramentas de Modelagem da Informação da Construção (BIM), como Sistemas de Informação Geográfica (GIS) e Revit. O método de avaliação proposto visa identificar o local ideal que atenda a diversas restrições, tais como distância de rodovias, declividade e condições topográficas. Esse processo

é realizado por meio de uma análise geoespacial utilizando ferramentas BIM, como o GIS, que calcula o potencial de produção mensal de energia nas áreas candidatas (Heo, Moon, Chang, Han e Lee 2021).

Em uma perspectiva futura, as regiões de instalação disponíveis na área de estudo podem ser transformadas e visualizadas em ambientes BIM. Durante a fase de planejamento da construção de infraestrutura rodoviária, a gestão de energia poderia ser incorporada, representando a produção de energia fotovoltaica para os painéis solares como entidades no contexto do BIM. Isso incluiria informações detalhadas, como a produção mensal de energia fotovoltaica, o tipo de painel solar utilizado e as coordenadas geográficas correspondentes. Esse enfoque integrado permite uma análise abrangente e precisa dos locais de instalação potenciais, considerando não apenas as características físicas do terreno, mas também as implicações energéticas ao longo do tempo, proporcionando assim uma abordagem mais eficaz e sustentável para o planejamento de usinas fotovoltaicas.

A Fig. 4 apresenta o esquema metodológico adotado para a determinação dos sítios apropriados para a instalação de usinas fotovoltaicas. Este procedimento compreende quatro fases distintas: (1) a coleta e o processamento de dados, (2) a análise geoespacial, (3) a avaliação da produção de energia fotovoltaica e (4) a visualização dos resultados obtidos. Na primeira etapa, procedeu-se à aquisição dos dados topográficos do terreno por meio de mapas digitais de elevação (DEM) publicamente disponíveis. Posteriormente, os dados de geração de energia fotovoltaica foram derivados a partir desses dados topográficos. Além disso, informações meteorológicas relevantes, tais como irradiação solar, temperatura, precipitação e velocidade do vento, foram geradas utilizando-se um método computacional específico descrito na literatura.

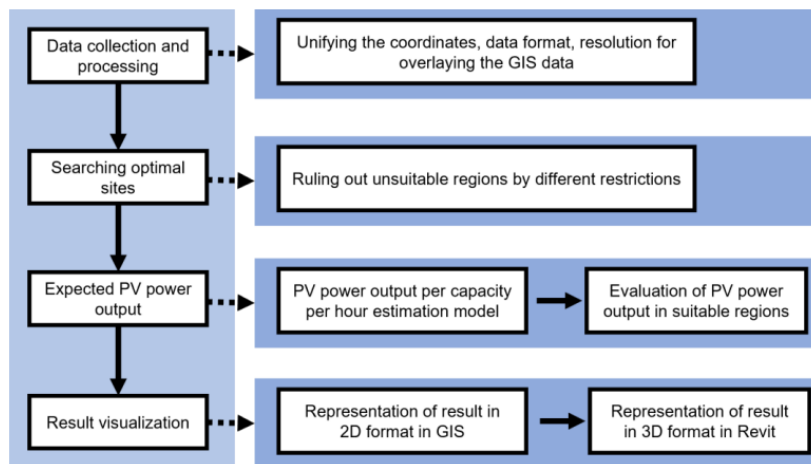


Figura 4 - Fluxograma de quatro etapas para seleção dos locais das usinas fotovoltaicas

Fonte: Adaptado de Heo, Moon, Chang, Han e Lee (2021)

Na fase subsequente, procede-se à realização de uma análise espacial, a qual se revela instrumental para a investigação das áreas apropriadas situadas nas proximidades, empregando diversas restrições a fim de descartar aquelas que se mostram inadequadas para a implementação de usinas fotovoltaicas.

No estágio seguinte, destaca-se a necessidade de calcular a produção de energia (em Megawatts-hora) em cada parcela de terreno, delimitada por alguma área. Para tal fim, a potência potencial mensal é meticulosamente avaliada, empregando cálculos que levam em consideração a capacidade das usinas fotovoltaicas nas áreas apropriadas previamente identificadas na etapa anterior. Nesse contexto, é imprescindível uma análise aprofundada das disparidades regionais e das tendências mensais, com a finalidade de comparar as escalas nacional e regional. Adicionalmente, a cartografia de distribuição e um mapa de calor são utilizados como ferramentas fundamentais para agrupar as saídas de energia fotovoltaica, proporcionando insights valiosos sobre a possibilidade de construção em larga escala entre os locais candidatos previamente determinados pela análise espacial. Por derradeiro, os resultados obtidos são traduzidos em projetos concretos de usinas fotovoltaicas, integrando-se harmoniosamente com as famílias de painéis solares no contexto do Ambiente de Modelagem da Informação da Construção BIM (Heo, Song, Han e Lee, 2021).

4.2 Modelagem Tridimensional Detalhada

A Modelagem Tridimensional Detalhada (Fig. 5) de uma usina solar fotovoltaica envolve a criação de um modelo computacional que representa com precisão a usina em três dimensões (altura, largura e profundidade), levando em conta todos os seus componentes, como painéis solares, suportes, cabos, inversores e estruturas de fixação. Esse tipo de modelagem é essencial para otimizar o design da usina, analisar sombreamentos, avaliar o desempenho energético e fazer simulações para diferentes condições climáticas e de iluminação.

Com a ajuda de softwares avançados de modelagem tridimensional, podemos visualizar a disposição precisa dos painéis solares ao longo do terreno da usina, considerando fatores como a inclinação e orientação ideais para capturar a maior quantidade de luz solar possível. Além disso, a modelagem tridimensional detalhada permite a identificação de potenciais obstruções, como árvores ou edifícios, que podem causar sombreamentos e afetar a produção de energia (Medeiros, 2023).

Ao realizar essa modelagem, podemos fazer ajustes no layout da usina para maximizar a eficiência energética, garantindo assim que a usina solar fotovoltaica opere de maneira ótima e produza a quantidade máxima de energia elétrica sustentável. Estudos como o do (Pereira, 2021), demonstraram como a modelagem tridimensional detalhada facilita a visualização e a colaboração entre os stakeholders do projeto, resultando em um processo de concepção mais eficaz.

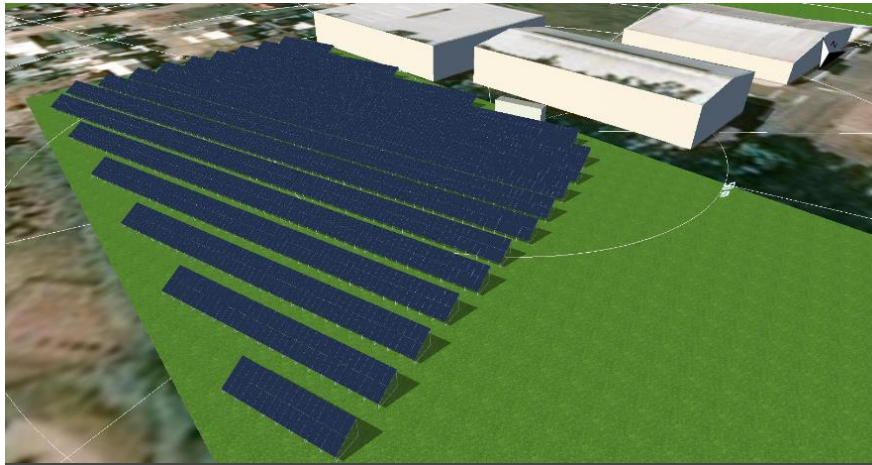


Figura 5 - Modelagem Tridimensional de uma usina solar fotovoltaica
Fonte: Site mercur (2021)

4.3 Geometria e Otimização do Layout

A otimização da geometria e do layout das usinas solares fotovoltaicas (Fig. 6) é fundamental para maximizar a eficiência energética. O uso do BIM permite aos engenheiros e designers experimentarem diferentes arranjos de painéis solares, levando em consideração fatores como a inclinação, orientação e espaçamento entre os painéis. Estudos como o da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2017) mostram como a modelagem paramétrica no BIM possibilita a análise rápida de múltiplas configurações, resultando na seleção do layout mais eficiente.

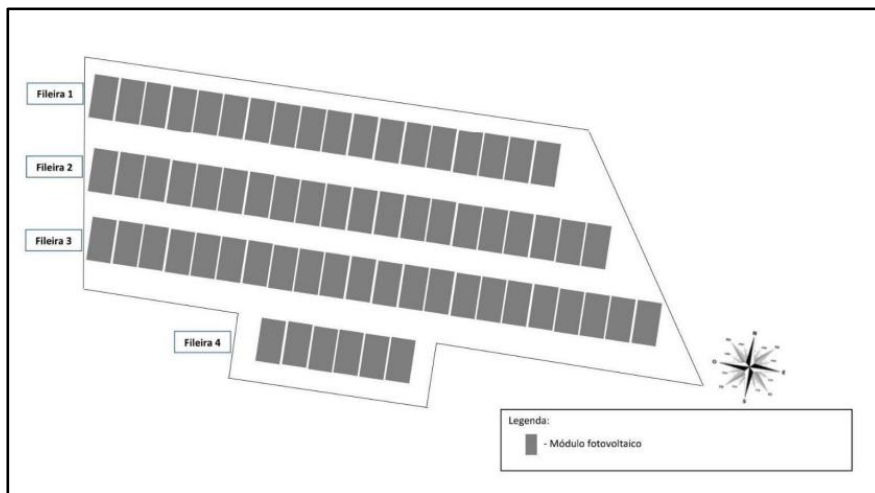


Figura 6 - Arranjo e Otimização de Layout
Fonte: Lima (2022)

4.4 Sombreamento e Análise de Desempenho Energético

A análise de sombreamento (Fig. 7) é um aspecto crítico no design de usinas solares fotovoltaicas, pois as sombras podem reduzir significativamente a produção de energia. Utilizando o BIM, é possível realizar simulações detalhadas de sombreamento ao longo do dia e ao longo do ano. Além disso, o BIM permite a integração com ferramentas de análise de desempenho energético, fornecendo dados precisos sobre a produção de energia esperada. Estudos como o de Rocha Filho (2016) destacam como a análise de sombreamento baseada em modelos BIM leva a um dimensionamento mais preciso dos sistemas fotovoltaicos.

A aplicação do BIM em projetos de UFV revoluciona a forma como esses projetos são concebidos e construídos. A modelagem tridimensional detalhada, a otimização do layout e a análise de sombreamento são apenas algumas das maneiras pelas quais o BIM aprimora o processo, resultando em usinas solares mais eficientes e economicamente viáveis. À medida que essa tecnologia continua a evoluir, espera-se que seu papel na indústria de energia solar se torne ainda mais central, impulsionando o avanço rumo a um futuro mais sustentável.



Figura 7 - Análise de desempenho energético de uma usina Solar
Fonte: Alves Model (2021)

5. DESENVOLVIMENTO DAS BIBLIOTECAS DE USINAS SOLARES FOTOVOLTAICAS EM BIM

Atualmente, o desenvolvimento de bibliotecas para UFV no contexto do BIM tem se tornado uma prática essencial para projetos eficientes e sustentáveis. As bibliotecas BIM para as UFV oferecem recursos avançados para otimização e eficiência nos projetos. Elas incluem modelos 3D detalhados de painéis solares e componentes de montagem, permitindo considerar dimensões e orientações precisas. Além disso, ferramentas BIM possibilitam análises avançadas de sombreamento e cálculos de eficiência, maximizando a captura de luz solar em diferentes condições. A integração de dados de produção e climáticos facilita a seleção dos melhores equipamentos, enquanto a geração automática de listas de materiais e documentação detalhada melhora a eficiência e reduz erros durante a instalação. Para operações pós-construção, as bibliotecas BIM permitem modelagem de manutenção e integração com IoT para monitoramento em tempo real e diagnósticos de desempenho avançados. Essas capacidades avançadas tornam as bibliotecas BIM essenciais para o planejamento e gestão eficientes de usinas solares fotovoltaicas.

5.1 Estrutura e organização de bibliotecas das usinas fotovoltaicas no BIM

Os softwares na tecnologia BIM são utilizados para realizar modelagem paramétrica de componentes FV, e os dados como: tamanho do módulo FV, ângulo de abertura, tamanho dos conectores e materiais são configurados como parâmetros. Os requisitos de design de módulos FV variam, e os parâmetros são ajustados de acordo com essas variações. Isso, em conjunto com algumas aplicações, permite uma pesquisa mais aprofundada na otimização arquitetônica do objeto projetado. Modelos precisos também podem ser usados para orientar a construção ou como base para o desenvolvimento de renderizações 2D, melhorando significativamente a precisão e eficiência da renderização 3D. A modelagem paramétrica de componentes FV fundamenta a construção de sistemas FV e fornece suporte técnico fundamental para a aplicação da tecnologia BIM em usinas solares (Fan *et al.*, 2019, adaptado pelo autor).

A combinação de módulos FV com a tecnologia BIM para modelagem de famílias de parâmetros visa melhorar a qualidade do design, reduzir erros de projeto, adquirir e analisar dados de volume de engenharia e fornecer suporte técnico para todo o processo de instalação de usinas solares (Fan *et al*, 2019, adaptado pelo autor).

5.2 Metodologias para Criação e Gestão de Bibliotecas BIM no Contexto de Usinas Fotovoltaicas

No contexto das UFV em BIM, criar e gerenciar bibliotecas de forma eficaz requer a aplicação de metodologias específicas para garantir precisão e eficiência. Antes de iniciar, é essencial compreender os requisitos específicos dos projetos FV, abrangendo tecnologias solares, padrões de montagem e capacidades de geração necessárias. Além disso, é crucial envolver profissionais de diversas disciplinas, como engenheiros elétricos, mecânicos e especialistas em energia solar, para assegurar a consideração de todos os aspectos técnicos relevantes.

A validação e testes rigorosos são etapas essenciais no processo. Realizar testes que simulam diversas condições de projeto, como diferentes orientações solares e inclinações, para garantir o comportamento esperado dos componentes criados. Manter a biblioteca atualizada é fundamental devido ao constante avanço tecnológico na área fotovoltaica. Incorporar novos componentes e tecnologias à medida que são desenvolvidos permite o acesso às últimas inovações aos usuários.

Além disso, oferecer treinamento aos usuários para utilizar a biblioteca de forma eficaz é essencial. Fornecer suporte técnico contínuo também é necessário para resolver dúvidas e problemas durante o processo de modelagem. Ao adotar uma abordagem estruturada e metodológica na criação e gestão das bibliotecas das usinas fotovoltaicas no Revit, é possível otimizar o processo de projeto, aprimorar a precisão e promover a adoção eficaz da energia solar em diversas aplicações.

O desenvolvimento interno de bibliotecas BIM para usinas solares fotovoltaicas emerge como uma necessidade incontornável diante da ausência de empresas especializadas que ofereçam soluções prontas no mercado. Nesse contexto desafiador, onde a demanda por energia solar sustentável está em ascensão, a falta de bibliotecas BIM dedicadas representa um obstáculo significativo para a eficiência e precisão dos projetos. Diante dessa lacuna, nosso artigo destaca a importância de enfrentar esse desafio de forma proativa, assumindo a responsabilidade pelo desenvolvimento interno dessas bibliotecas.

Essa iniciativa não apenas visa suprir as necessidades imediatas dos projetos fotovoltaicos, mas também representa uma oportunidade valiosa para aprimorar nossos conhecimentos e habilidades, consolidando-nos como pioneiros na integração bem-sucedida de tecnologia BIM em projetos de energia solar. Ao abordar essa necessidade evidente com criatividade e inovação, estamos não apenas superando obstáculos, mas também moldando o futuro da energia solar de forma mais eficaz e sustentável.

6 CONCLUSÃO

Na conclusão desta revisão bibliográfica, é evidente que a aplicação da metodologia BIM e suas bibliotecas desempenham um papel crucial na concepção das usinas solares fotovoltaicas dentro do contexto da construção civil. A sua integração oferece uma abordagem inovadora e holística para o desenvolvimento desses projetos, proporcionando uma compreensão profunda e detalhada desde a fase inicial até a operacionalização das usinas. A criação e utilização de suas bibliotecas específicas para energia solar não apenas agilizam o processo de projeto, mas também garantem a precisão e a eficiência na modelagem, facilitando a visualização e análise dos sistemas fotovoltaicos em sua totalidade.

Além disso, as bibliotecas BIM permitem uma colaboração multidisciplinar mais eficaz, reunindo profissionais de diversas áreas para otimizar o desempenho e a sustentabilidade das usinas solares. Esta revisão destaca não apenas a importância das bibliotecas BIM, mas também sublinha a necessidade contínua de pesquisa e inovação neste campo, visando aprimorar ainda mais as práticas de concepção e construção de usinas solares fotovoltaicas. À medida que avançamos para um futuro mais sustentável, é imperativo que a indústria da construção civil continue a explorar e implementar ativamente as potencialidades do BIM e suas bibliotecas, maximizando assim o impacto positivo das usinas solares fotovoltaicas no panorama energético global.

Agradecimentos

O estudo contou com o suporte da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), no âmbito do programa de Auxílio Básico à Pesquisa (APQ1). Os autores agradecem à FAPERJ e à UFF pelo apoio concedido ao longo da realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, 4 do C. Sistema de Seguimento Solar de um Eixo com Diferentes Estratégias de Seguimento para Módulos Fotovoltaicos. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, 2016.
- Aplicação do BIM em projetos: estudo de caso em uma residência unifamiliar de pequeno porte, GETEC, v.10, n.33, p.101 -121 /2021.

- A tecnologia de modelagem da informação da construção (BIM). Revista AdNormas, Disponível em: <https://revistaadnormas.com.br/2021/10/26/a-tecnologia-de-modelagem-da-informacao-da-construcao-bim>. Acesso em: 22 out. 2023.
- Crespo, C. C.; Ruschel, R. C. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. TIC2007-III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre, RS: 1-9 p. 2007.
- C. T. Miranda, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão Machado, Rev. Virtual Quim., 2015, 7 (1), 126-143, Universidade Federal Fluminense, 2014.
- F, Xinyu, Wenjun Qin, Chenqi Li, and Feiyu Zhang. "Establishment and Application of CIGS Photovoltaic Building Family Library Based on BIM." E3S Web of Conferences 79 (2019): 1008. We
- Hamzeh, F. R., Al-Maamari, R. S., Al-Hatrush, S. M., & Al-Wardi, Y. A. (2018). Application of BIM for Collaboration and Coordination in Construction Projects in Oman. JOURNAL OF INFORMATION TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION, 23, 309-322.
- Felipe Florentino Pereira Reis (2021). Aplicação do BIM em projetos: estudo de caso em uma residência unifamiliar de pequeno porte, GETEC, v.10, n.33, p.101 -121 /2021.
- Heo, J.; Moon, H.; Chang, S.; Han, S.; Lee, D.-E. Case Study of Solar Photovoltaic Power-Plant Site Selection for Infrastructure Planning Using a BIM-GIS-Based Approach. Appl. Sci. 2021, 11, 8785. <https://doi.org/10.3390/app11188785>
- Heo, J.; Song, K.; Han, S.; Lee, D.E. Multi-channel convolutional neural network for integration of meteorological and geographical features in solar power forecasting. Appl. Energy 2021, 295, 117083.
- Guo, K., Li, Q., Zhang, L., Wu, X. (2021) .BIM-based green building evaluation and optimization: A case study. Journal of Cleaner Production. Volume 320. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128824>
- Mori, V.; Santos, R. L. C.; Sobral, L. G. S. Metalurgia do silício: processos de obtenção e impactos ambientais, 1a. ed., CETEM/MCT: Rio de Janeiro, 2007.
- Pleßmann *et al.* "Global energy storage demand for a 100% renewable electricity supply". 8th International Renewable Energy Storage Conference and Exhibition, IRES 2013. Energy Procedia 46 (2014) 22 – 31.
- Zhao Xu and Jingfeng Yuan. (2018). A BIM-Based Study on the Sunlight Simulation in Order to Calculate Solar Energy for Sustainable Buildings with Solar Panels. Emerging Solar Energy Materials. DOI: 10.5772/intechopen.74161
- S. Ploszai, S. Scheer. (2020). Modelagem da informação da construção como facilitador para a integração Fotovoltaica nas edificações. VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar 2020
- Site mercur (2021). <https://mercur.com.br/blog/> Mercur vai construir Usina Solar em Santa Cruz do Sul - Mercur
- Vinicius Lima, (2022). <https://gesep.ufv.br/wp-content/uploads/2022/12/VINICIUS-LIMA.pdf> Projeto de uma usina solar fotovoltaica com potência de 33kWp na localidade de Juiz de Fora -MG, 2022.
- Dyaronan Alves Model <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/2e69d08f-4a59-4983-b62a-eaee607454c9/content> Análise de desempenho de uma usina solar fotovoltaica: Valores de projeto versus valores reais. (2021).
- João Victor Medeiros Garcês, (2023). Modelagem 3D e análise de viabilidade da implantação de uma usina fotovoltaica na cidade universitária da UEA. Manaus 2023.

APPLICATION OF THE BIM METHODOLOGY IN THE DESIGN OF SOLAR PHOTOVOLTAIC PLANTS

Abstract. *The article discusses the application of the BIM (Building Information Modeling) methodology to the design process of solar photovoltaic plants and the development of their associated libraries. The BIM methodology is explored as an effective tool for optimizing the design, construction and operation of solar installations, providing an integrated and collaborative approach. The text highlights the importance of information modeling for making more informed decisions throughout the life cycle of solar plants. In addition, the article discusses the development of sector-specific BIM libraries, aimed at standardizing and reusing components and information, which can result in greater efficiency and consistency in photovoltaic plant designs.*

Keywords: *Solar power plants, BIM, Renewable energies*