

H-BIM NA GESTÃO DA SEGURANÇA ELÉTRICA: O CASO DO MUSEU NACIONAL

HBIM IN ELECTRICAL SAFETY MANAGEMENT: THE CASE OF THE NATIONAL MUSEUM

Pedro Henrique Torres de Carvalho ¹; Cainã Bittencourt Dutton Felix da Silva ²; Assed Naked Haddad ³.

¹Arquiteto e Urbanista | pedrohtorres.arq@gmail.com | FAU-UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; ²Arquiteto e Urbanista | caina.bittencourt@poli.ufrj.br | FAU-UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; ³PhD | assed@poli.ufrj.br | POLI-UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil.

Resumo:

A necessidade de gerir espaços de forma sustentável se demonstra um desafio quando se trata de uma edificação patrimonial. Este artigo investiga a aplicação do Heritage Building Information Modeling (H-BIM) como ferramenta estratégica para a operação de sistemas elétricos. Considerando a urgência de preservar o patrimônio edificado e mitigar riscos como os incêndios. Dessa maneira, eventos catafóricos como o ocorrido no Museu Nacional poderia ter sido evitado caso houvesse uma gestão baseada em modelagem paramétrica no software BIM, incorporando dados históricos e técnicos ao modelo digital. O estudo de caso do auditório do Museu Nacional evidencia o potencial do H-BIM em simular ambientes extintos e monitorar sistemas críticos. A metodologia permite antecipar falhas, otimizar intervenções e integrar normas técnicas ao modelo, promovendo eficiência energética e prolongando a vida útil dos edifícios. Assim, essa aplicação destaca ainda a lacuna literária em abordagens que contemplem a sustentabilidade em edificações patrimoniais, propondo o uso combinado de H-BIM com metodologias de análise do ciclo de vida.

Palavras-chave:

H-BIM; Patrimônio edificado; Gestão e operação sustentável; ciclo de vida.

Abstract:

The need to manage spaces sustainably is a challenge when it comes to heritage buildings. This article investigates the application of Heritage Building Information Modeling (H-BIM) as a strategic tool for the operation of electrical systems. Considering the urgency of preserving built heritage and mitigating risks such as fires, catastrophic events such as the one that occurred at the National Museum could have been avoided if there had been management based on parametric modeling in BIM software, incorporating historical and technical data into the digital model. The case study of the National Museum auditorium highlights the potential of H-BIM to simulate extinct environments and monitor critical systems. The methodology allows for the anticipation of failures, optimization of interventions and integration of technical standards into the model, promoting energy efficiency and extending the useful life of buildings. Thus, this application also highlights the literature gap in approaches that contemplate sustainability in heritage buildings, proposing the combined use of H-BIM with life cycle analysis methodologies.

Keywords:

H-BIM; Built heritage; Sustainable management and operation; life cycle

1. INTRODUÇÃO

Ao assinar a agenda de objetivos de desenvolvimento sustentável em 2014, diversos países se comprometem a alcançar diferentes metas em prol de uma projeção progressista para proteger o planeta para as gerações futuras. Dentre essas, é elencado o tema no qual se deseja “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (ONU, 2015) que está diretamente ligado à construção civil e a gestão de cidades. Essa projeção seria obtida por meio de diversos critérios como arborização, promoção de segurança, acesso a transporte público e a salvaguarda de patrimônios culturais. Por essa razão então, o Brasil passa a dar foco sob aspecto da sustentabilidade como um norteador para responder a crise ambiental-social-econômica evidenciada por todo o globo.

Por certo, essa crise torna relevante a urgência sobre a otimização do processo produtivo em diferentes fases de uma construção. Essa iniciativa busca promover a economia e diminuir o consumo dos recursos do planeta a fim de impactar no desaceleramento da poluição causada pelo homem (ZOU, 2017). Uma alternativa para responder essa questão é a utilização de softwares de gerenciamento, que hoje representam uma alternativa integrada aos principais eixos da sustentabilidade (Chong et al., 2017), como o caso das ferramentas BIM (Building Information Modeling), que são capazes de criar simulações que otimizam os processos de gestão. Com o intuito de antever erros de execução, os softwares com essa característica conseguem prever e visualizar em três dimensões possíveis resultados de um ambiente construído. Por essa lógica, a tecnologia se torna uma inovação de grande importância global pelo benefício da integração com múltiplas disciplinas de uma arquitetura de forma a racionalizar a produção e diminuir o consumo e a perda material.

A sustentabilidade em edificações históricas está associada à sua preservação, pelo qual necessita prolongar a vida útil das estruturas e conservar suas características arquitetônicas. Assim, o restauro que precisa ser realizado periodicamente por conta da perenidade dos materiais tem a responsabilidade em assegurar tanto a salvaguarda da edificação quanto a integridade dos usuários, mesmo que consista em diferentes escalas de modificação da estrutura física da edificação (ICOMOS, 1964). Para isso, torna-se uma alternativa vantajosa o emprego da tecnologia H-BIM (Heritage Building Information Modeling) ao produzir modelo digital preciso, associado ao ciclo de vida da edificação, gerando modelos parametrizados que produzam diagnósticos efetivos e simulam o desempenho mais vantajoso, sendo um facilitador para a adoção de estratégias sustentáveis baseadas na longevidade e reuso de materiais.

Nessa perspectiva é notório no cenário brasileiro a dificuldade de órgãos públicos em preservar o patrimônio. Isso se torna evidente ao tomar como exemplo os casos de incêndio da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo em 2016 e o Museu Nacional em 2018, ambos sob a gestão da UFRJ, demonstram deterioração na conservação de edificações em pleno funcionamento. Assim, esses episódios provocam a necessidade de propor uma solução que seja capaz de mitigar arruinamentos, prolongando a vida-útil de suas estruturas e controlando a poluição oriunda do setor da construção civil

Por essa razão, o objetivo da pesquisa é apresentar a aplicação do BIM como uma alternativa de gestão do sistema elétrico da fase de operação do Museu Nacional. Nesse sentido, o aprofundamento quanto a noção do ciclo de vida de uma edificação torna possível associar os desafios da salvaguarda patrimonial e a sustentabilidade. Isso, por sua vez, torna capaz de antever futuros problemas e onerando o custo de intervenções maiores, como no caso de grandes perdas pelo fogo. Dessa forma, a premissa sobre a adoção dessa abordagem implementada em ampla escala, fatalidades como incêndios poderiam ser evitados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O desenvolvimento do conceito da metodologia H-BIM foi um passo importante para o trato patrimonial de forma mais eficiente e precisa em edificações históricas (Murphy et al., 2009). Essa

abordagem consiste em um sistema complexo que pode ser baseado na articulação do escaneamento a laser e a criação de um acervo dos objetos tridimensionais parametrizados. Dessa forma, sua operação atua como um desdobramento da metodologia BIM, ao modelar e parametrizar os elementos constitutivos do patrimônio edificado a partir de dados históricos, criando uma representação digital da geometria desses elementos associada às informações como materialidade e propriedades físicas deles, associando a nuvem de dados e dados históricos obtidos por levantamento de imagens e documentos. Como consequência, a representação dos elementos paramétricos se tornou um fator importante para a caracterização de um ambiente construído por conta de sua característica flexível, possibilitando registrar o ciclo de vida de elementos em uma edificação histórica com suas diferentes etapas e camadas, através da inserção de dados.

Contudo, foi observado que há certa carência, por parte da literatura referente ao BIM, e conseqüentemente ao HBIM, de investigar a capacidade da metodologia de prever os impactos ambientais e sociais de projetos. Chong et al., (2017) indicam que a tecnologia atual é capaz de auxiliar os profissionais da construção civil a desenvolverem projetos com menos impacto, mais eficiência energética e menor desperdício de recursos. Embora esses avanços tecnológicos ainda não tenham sido completamente integrados aos processos de projeto e construção, surge a necessidade da integração de eco-indicadores e avaliações de viabilidade sócio-ambiental à metodologia do BIM. Por conseguinte, os modelos resultantes dessa metodologia são capazes de informar ainda mais dos profissionais e partes envolvidas, além de contribuir para uma melhor previsão dos custos totais, e maior compreensão do ecossistema geral do edifício.

Nesse sentido, a importância de uma gestão eficiente do ciclo de vida com o suporte da digitalização da edificação torna-se evidente. Ao possuir um maior controle devido a precisão e facilidade em resgatar informações e dados patológicos, a gestão do ciclo de vida é um quesito importante responsável por estender ao máximo as qualidades construtivas. O conceito de gestão do ciclo de vida está diretamente relacionado ao planejamento e levantamento detalhado do uso de recursos na manutenção e construção de edificações históricas, podendo ser entendida como:

“(...)uma metodologia que tem como objetivo quantificar os impactos ambientais de produtos, levando em conta todo o seu ciclo de vida — desde a extração de matérias-primas, passando pela fabricação e transporte até o local, a construção, a operação e a manutenção, até a fase final, que envolve a reciclagem ou a demolição.”(Najjar et al., 2017, tradução nossa)

A integração do processo de avaliação de ciclo de vida à metodologia H-BIM tem potencial para desenvolver a gestão na manutenção de uma edificação histórica. Por certo, diversas operações são realizadas dentro do uso da edificação no seu ciclo de vida como o reparo, inspeção, a substituição e as novas instalações que aumentam a complexidade na escolha dos critérios e parâmetros relevantes a serem considerados. Por conta disso, os métodos de avaliação da sustentabilidade como ACV (Análise do ciclo de vida) e ACCV (Análise do custo do ciclo de vida) podem gerar indicadores para diretrizes a serem eleitas para responder as demandas de manutenções de uma edificação patrimonial. Ademais, os métodos de ACV e ACCV ao serem integrados à metodologia BIM, atribuem informações do modelo e alimentam o modelo com as propriedades socioambientais da edificação, permitindo a tomada de decisões mais informadas durante qualquer alteração ao edifício. Logo, atualizações à infraestrutura da edificação histórica, como a de um sistema predial contra incêndio, podem ser documentadas mais eficientemente e ter, como parâmetros, informações pertinentes segundo as diretrizes específicas da disciplina.

Portanto, a possibilidade de simulação e registro por meio de softwares digitais torna possível desenvolver a sustentabilidade em um patrimônio edificado extrapolando diversas disciplinas. Novas intervenções em um edifício podem ter seus impactos quantificados (como exemplo do eco indicador 99) e registrados nos elementos parametrizados associados a plug-in de programas que podem por exemplo servir de simuladores de eficiências. Assim, torna-se um campo a ser explorado capaz de propor estratégias sustentáveis baseadas na longevidade e reuso de materiais.

3. MÉTODOS

A metodologia criada tem como base o processo de produção de um modelo BIM com base no levantamento arquitetônico, sendo acrescido de dados virtuais. Esse produto possibilita a compreensão da realidade material, tendo em mente os desafios de representação de edifícios históricos em diferentes temporalidades e o levantamento de elementos construtivos desses edifícios, que foram substituídos, alterados ou destruídos. Nessa ótica, o BIM é capaz de superar as metodologias e tecnologias de representação tradicionais que apresentam soluções limitadas para desafios de representar as fases de edificações históricas (como a representação de um edifício que se encontra em um estado diferente de como era no período estudado). Ademais, a capacidade de expressar o impacto que a instalação de sistemas contemporâneos (como redes elétricas, sistemas HVAC e de incêndio) exercem sobre a infraestruturas existentes torna o BIM ainda mais útil ao patrimônio edificado.

Para avaliar a utilização das ferramentas de representação do patrimônio construído, o levantamento arquitetônico dessa edificação se torna primordial. Seguindo o diagrama metodológico, a coluna “a” da figura 1 indica que a modelagem inicia o processo de transferir os dados do mundo real para o campo digital considerando suas características físicas existentes, como sua geometria e materialidade. Esse processo se baseia em referências que realize essa correspondência, sendo exemplo de boas práticas a utilização de nuvens de pontos, ortofotos e outros materiais, menos precisos, que auxiliem na compreensão do monumento

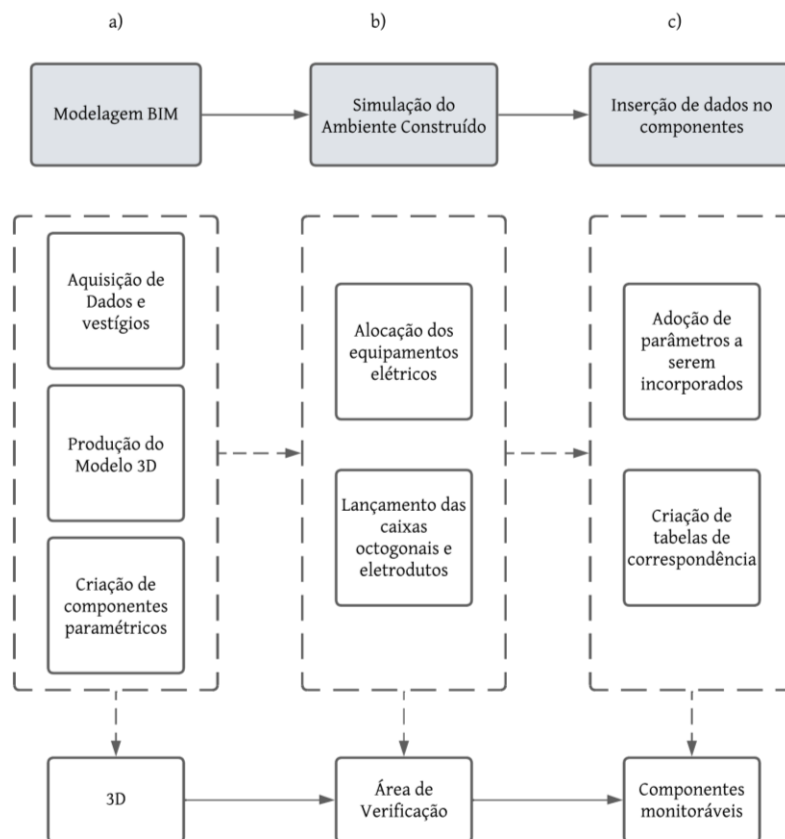


Figura 01: Diagrama Metodológico
Fonte: Autores

Os softwares BIM têm como conceito básico a modelagem paramétrica baseada em seus componentes associados (Volk et al., 2014), que apresenta um número variável de propriedades próprias, como a geometria, materialidade, resistência e transmitância térmica, peso, resistência mecânica, custo, etc. No software adotado Revit (v.2025), esses elementos são denominados “famílias” tendo sua parametrização organizada de forma que possa ser replicado e que cada

instância tenha seu aprimoramento no projeto digital. Como consequência, o modelo oferece o gerenciamento de etapas e estudos ficam cada vez mais aproximadas com a realidade construída, tornando relevante sua aplicação por responder de forma mais adequada a intervenção em edificações de teor patrimonial.

Por sua vez, esse método aproxima com mais detalhes a realidade de um monumento já estabelecido que consegue gerar uma simulação dos ambientes construídos. Isso é possível através da modelagem informatizada, ou seja, que contém dados, de um espaço existente ou projetado de forma que essas camadas possam ter sua visibilidade sobreposta. Para efeito, na coluna “b” da figura 1 é indicado a alocação de famílias capazes de receber parâmetros que condizem com sua função e aplicação nesse espaço e que resulta em um espaço onde seus elementos podem ter suas características traduzíveis na esfera digital.

Como consequência, o fluxo desse trabalho desenvolveria espaços sistêmicos com capacidade de monitoramento e gerenciamento das condições físicas de forma a otimizar processos tradicionais de inspeção e verificação. Nesse sentido, a ênfase dos dados imputados deve ter como base as normas técnicas e princípios projetuais para que possam estar alinhados com as normas destinadas ao espaço em determinado contexto. Em detrimento disso, a coluna “c” se baseia da norma técnica NBR 5310 de 2005, que discorre sobre a instalação de rede elétrica em edificação, para averiguar os parâmetros relevantes a serem inseridos nos componentes elétricos do modelo.

Portanto, os valores da sustentabilidade na sua fase de operação do edifício seriam implementados em prol a sua prevenção que podem ser analisadas a partir de decisões tomadas digitalmente. Nessa perspectiva, os produtos esperados dessa metodologia visam colaborar a criação de aparato para desenvolver critérios acerca da manutenção do sistema elétrica, expondo boas práticas com o intuito de promover funcionalidade e segurança. Dessa forma, o monitoramento estabelecido de forma interativa e compartilhada se mostra uma alternativa que responde as lacunas acerca da eficiência das novas tecnologias no tratamento patrimonial.

3.1. ESTUDO DE CASO

Em decorrência do incêndio que atingiu o Museu Nacional em 2018, evento associado a décadas de abandono e escassez de recursos destinados à conservação, o edifício encontra-se atualmente em processo de reconstrução. Este cenário oportuniza a adoção de novas tecnologias e de métodos construtivos que promovam melhores condições de operação e manutenção, potencializando formas mais efetiva do que seria possível por meio de ações meramente conservativas tradicionais. Contudo, para a adequada implementação dessas inovações, torna-se fundamental a análise da vida útil da edificação, levando em conta seus diferentes usos em uma materialidade secular, tornando mais complexo as camadas de gestão. Sendo assim, a representação do modelo atrelado a dados de uma edificação históricas se apresenta como uma estratégia que visa compatibilizar a preservação do edifício com os parâmetros contemporâneos de sustentabilidade, em consonância com a agenda global.

A aplicação do H-BIM (Heritage Building Information Modeling) no patrimônio do Museu Nacional configura-se como uma alternativa tecnológica promissora para o estudo de uma edificação em processo de reestruturação. Nesse contexto, a produção do levantamento tridimensional desse patrimônio se iniciou em decorrência do incêndio, tornando um objeto de estudo valioso pelo seu valor histórico e a aproximação de informação e dado de uma edificação tutelada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Por consequência, essa metodologia possibilitou que o modelo digital permaneça em constante construção e atualização, à medida que novos dados são incorporados ao sistema, evidenciando a necessidade de desenvolver uma modelagem parametrizada integrada a dados históricos e documentais obtidos até o momento pelos pesquisadores.

Portanto, essa ferramenta tornou possível simular ambientes específicos com características próximas ao que servia anteriormente ao incêndio de forma que pudesse a responder as demandas de manutenção de forma preventiva e otimizada. Como exemplo, a reprodução do auditório do Museu Nacional, destacado em planta através da figura 02, no qual foi registrado como o foco do

incêndio por conta de um curto no ar-condicionado, se torna importante para elencar as propriedades da metodologia. Dessa maneira, através das fotos de acervo foi possível reproduzir de forma aproximada os equipamentos elétricos desse ambiente, alocando esses componentes paramétricos de forma que caiba um estudo a ser extrapolado em outros espaços presentes no modelo.

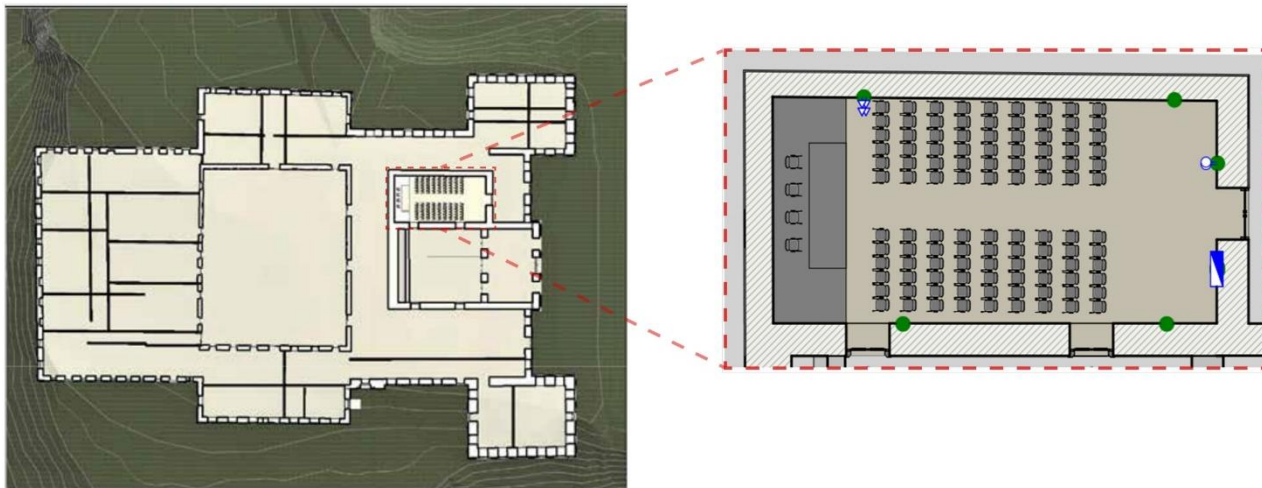


Figura 02: Planta Baixa e Localização do auditório do Museu Nacional
Fonte: Autores

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A modelagem ao representar as condições físicas antes do incêndio passa a criar a possibilidade de estudar formas de assegurar a salva guarda e evitar o risco de tragédia. Para tanto, a modelagem explorou a natureza paramétrica do software Revit (versão 2025), permitindo a associação dos dados de levantamento como, por exemplo, a geometria e a materialidade, às características de cada elemento construtivo do edifício. Associado a isso, a utilização como base no “Termo de Referência” de 2020 da UFRJ, torna disponível o conhecimento sobre as especificações técnicas dos serviços preventivos que organiza e explicita formas de gerir as edificações.

As diretrizes de responsabilidade ambiental como um instrumento de fiscalização da rede elétrica servem como um orientador importante para o monitoramento do ciclo de vida de uma edificação. Nesse sentido, é discorrido nesse documento informações a cerca sobre os serviços envolvidos na manutenção e rotinas básicas preventivas, bem como a periodicidade pela qual precisam ser realizadas. Por esse motivo, foi explorada a capacidade da metodologia H-BIM de processar o impacto de equipamentos do sistemas HVAC e elétricos do patrimônio edificado permitindo a diferenciação dos elementos com base nos parâmetros de gestão. Como resultado, o modelo desenvolvido, visualizado através da figura 03, destaca as conexões do lançamento dos eletrodutos no ambiente simulado do auditório do Museu Nacional.

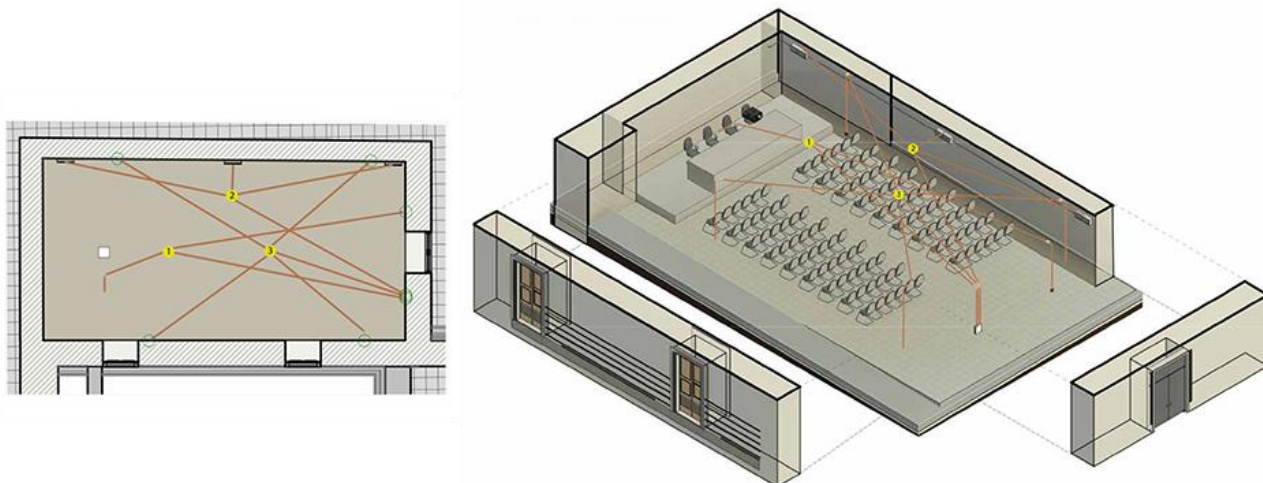


Figura 03: Planta de forro e isométrica
Fonte: Autores

Posteriormente, com a utilização de software de gerenciamento de dados, tornou-se viável a inserção específica de informações no modelo digital. Assim, os parâmetros normativos brasileiros foram atribuídos ao modelo de caixa de luz, aqui descritas pelas caixas octogonais pela figura 04, contemplando características como quantidade de conexões, potência, tensão e data de inspeção. Com isso, é possível gerar uma tabela pelo software em que seus parâmetros são preenchidos de informações e atualizados automaticamente em seu sistema, evitando erros ou desatualizações. Essa automação é possível através da configuração da tabela, pela qual se escolhem os campos em que seus dados serão organizado. Ademais, qualquer operação futura pode contar com as informações presente no modelo BIM, garantindo maior eficiência, velocidade e a tomada de decisão mais informada o possível quanto a reparo, substituição, atualização ou verificar a eficiência do sistema, tornando essa abordagem a mais informada o possível.

Caixas Octogonais							
Descrição	Family	Potência Aparente (VA)	Tensão (V)	Fator de Potência	Potência Ativa (W)	Conduites Conectados	Data Ultima Inspecao
PNT01	Ponto de Luz no Teto com caixa octogonal 4x4	100 VA	220 V	1	100 W	3	Novembro/2017
PNT02	Ponto de Luz no Teto com caixa octogonal 4x4	100 VA	220 V	1	100 W	4	Novembro/2017
PNT03	Ponto de Luz no Teto com caixa octogonal 4x4	100 VA	220 V	1	100 W	5	Novembro/2017

Figura 04: Tabela exportada pelo software
Fonte: Autores

Essa simulação da rede elétrica do auditório demonstra, por meio desse fragmento, uma abordagem de H-BIM que pode contemplar toda uma edificação patrimonial. Nesse quesito funcional, a contribuição reforça a eficiência de ações preventivas no edifício, e contribui para a segurança e diagnóstico do sistema elétrico do edifício, uma vez que os profissionais envolvidos podem tomar decisões e realizar análises mais informadas e com uma visão ampla do sistema inteiro. Tal metodologia ainda pode ser extrapolada para a compreensão das influências do sistema no equipamento, prevendo desgastes, perdas energéticas e necessidades de atualizações. Nesse sentido, existe a capacidade de extrapolar essa abordagem para outras disciplinas para além da elétrica, contemplando quesitos de manutenção e salvaguarda de um ambiente construído.

Portanto, a contribuição da pesquisa para a preservação do patrimônio histórico ultrapassa o operacional, contribuindo para uma boa gestão do patrimônio edificado. Isso é possível graças a ideia de preservação preventiva, que consegue controlar as ações de restauro e de conservação e que torna capaz o gerenciamento de recurso no ciclo de vida de uma edificação. A existência do edifício como lugar histórico depende de um equilíbrio constante entre o capital estadual, a gestão

pública e comunidade e o H-BIM, além da função técnica, facilita e incentiva a participação de cada uma dessas partes. Uma vez que o modelo visa descentralizar o acesso às informações presentes no modelo BIM e permite diversas partes a contribuição com mais informações relevantes.

5. CONCLUSÕES

Este artigo analisou a aplicação do Heritage Building Information Modeling (H-BIM) como processo tecnológico voltado às intervenções em edificações patrimoniais, na gestão do sistema elétrico como parte da conservação preventiva. Os resultados demonstram que novas intervenções necessitam estar associada ao edifício histórico, podendo ser aprimorada de forma sustentável por meio da implementação dessa tecnologia, permitindo a integração de informações digitais para o controle quanto a periodicidade de inspeções. O H-BIM, nesse contexto, configura-se como ferramenta de apoio à tomada de decisões projetuais, otimizando a leitura e a identificação de pontos críticos relacionados a operação e o ciclo de vida de uma edificação.

A natureza multidisciplinar da metodologia BIM permite a utilização do modelo para diversas finalidades para além de simulações, elaboração de desenhos técnicos e integração com recursos de realidade virtual. Por conta disso, através de uma extensa pesquisa histórica e os materiais disponíveis no acervo, foi possível criar uma simulação de um ambiente que não existe mais, evidenciando que os dados sobre as características físicas dos materiais foram integrados ao modelo. Assim, este processo gera uma correspondência virtual de uma realidade construída, podendo ser expandido para contemplar outros ambientes e ser adaptável a diferentes edificações patrimoniais

Por sua vez, a alternativa apresentada uma solução capaz de atender as necessidades de gestão universitária e conservar a materialidade de uma edificação histórica. Assim, o estudo de caso permite, através de apresentações gráficas e automatização de tabelas derivadas desse modelo, ter um maior controle de gestão dos ambientes construídos. Isso por sua vez se alinha com os interesses sustentáveis ao antecipar potenciais problemas e mitigar os custos associados a intervenções de grande porte, como as ocasionadas por perdas severas decorrentes de incêndios.

Entretanto, a modelagem de edificações históricas no software REVIT (v.2025) apresenta limitações consideráveis. Pela forma que o programa foi concebido, a modelagem se inclina a produção em escala industrial de produção e uma padronização de elementos construtivos. Em função disso, a modelagem de edificações históricas, demanda um maior esforço e refinamento representativo gráfico no modelo, exigindo um tempo maior do que as representações tradicionais em 2D. Nesse contexto, pesquisadores têm desenvolvido metodologias voltadas à parametrização da gramática formal das arquiteturas patrimoniais, empregando tecnologias como o escaneamento a laser e algoritmos baseados em geometrias spline, com o objetivo de otimizar o processo de modelagem e reduzir a perda de informações históricas relevantes.

Portanto, a aplicação do H-BIM aos elementos construtivos do edifício histórico revela-se uma estratégia promissora para atender às demandas de sustentabilidade, um tema ainda carente no campo do patrimônio edificado. A integração de soluções contemporâneas de gestão e operação em edificações históricas visa assegurar a salva guarda do monumento, promovendo a visibilidade social e o registro histórico, a preservação das características arquitetônicas e históricas. Nesse sentido, a exploração contínua dessa metodologia mostra-se necessária, de modo a atualizar as práticas profissionais e científicas relacionadas à intervenção em patrimônios históricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHONG, Heap-Yih; LEE Cen-Ying; WANG Xiangyu (2017). A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for sustainability. **Journal of Cleaner Production** (Vol. 142, p. 4114–4126). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.222>

ICOMOS. (1964). **Carta Internacional sobre a Conservação e Restauração de Monumentos e Sítios** (Carta de Veneza). Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Veneza%201964.pdf> Acesso em 29 de jul 2025

MURPHY, et al. (2009). Historic building information modelling (HBIM). **Structural Survey**, 27(4), 311–327. <https://doi.org/10.1108/02630800910985108>

NAJJAR, Mohammad; et al (2017). Integration of BIM and LCA: Evaluating the environmental impacts of building materials at an early stage of designing a typical office building. **Journal of Building Engineering**, 14, 115–126. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2017.10.005>

ONU. (2015). **TRANSFORMANDO NOSSO MUNDO: A AGENDA 2030 PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL** (Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio), Trad.). www.agenda2030.com.br

VOLK, Rebekka; STENGEL, Julian; SCHULTMANN, Frank (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs. **Automation in Construction** (Vol. 38, p. 109–127). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>

ZUO Jian, et al (2017). Dust pollution control on construction sites: Awareness and self-responsibility of managers. **Journal of Cleaner Production**, 166, 312–320. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.027>

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial ao Laboratório do GESTORE (Núcleo de Pesquisa em Sistemas e Gestão de Engenharia) da Universidade Federal do Rio de Janeiro bem como as bolsas de Iniciação Científicas pela disponibilizadas pela FAPERJ e o CNPq.