



MODELAGEM DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS VIA HBIM VISANDO A MELHORIA DA SUA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

TORRES, Pedro Henrique¹; BITTENCOURT, Cainã²; FIGUEIREDO, Karoline³; HADDAD, Assed Naked⁴.

pedro.carvalho@fau.ufrj.br¹; caina.bittencourt@poli.ufrj.br²; karolinefigueiredo@poli.ufrj.br³; assed@poli.ufrj.br⁴.

¹Graduando de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Construção Civil (DCC), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

²Graduando de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Construção Civil (DCC), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

³Doutora, Programa de Engenharia Ambiental (PEA), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil.

⁴Doutor, Departamento de Construção Civil (DCC), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

Informações do Artigo

Palavras-chave:
Eficiência Energética;
H-BIM;
Sustentabilidade

Resumo:

A adequação de edifícios históricos para os requerimentos contemporâneos de sustentabilidade é essencial para a preservação a longo prazo do patrimônio edificado. Para simular os efeitos de qualquer adaptação realizada a uma construção antiga, a metodologia H-BIM (modelagem da informação da construção histórica) representa uma abordagem multidisciplinar para lidar com as diferentes necessidades da conservação histórica. Porém, há uma lacuna notável na literatura existente em relação à utilização do H-BIM para a análise da eficiência energética do edifício em questão. Esse artigo visa estudar a possibilidade de levantamentos complementares ao que é proposto no H-BIM, mais especificamente o levantamento das propriedades térmicas das diferentes materialidades e processos construtivos presentes no ciclo de vida da edificação. O processo proposto é informado através da análise do estudo de caso sobre os efeitos que o restauro do Museu Nacional teve sobre a sua eficiência energética. O estudo de caso combina a criação de um banco de dados a partir da pesquisa histórica, coleta de dados in loco e a modelagem 3D no software BIM. Ao enfatizar a previsão do aumento da eficiência energética, esse estudo expande o escopo do H-BIM, resultando em uma abordagem sustentável à preservação do patrimônio edificado.

Abstract

The fitting of historic buildings to current requirements of sustainability is essential to the preservation in the long run of the built heritage. To simulate the effects of any adaptação made in an historic building the H-BIM (*Historic Building Information Modeling*) methodology represents a multidisciplinary approach to deal with the particular necessities of historic conservation. However, there are notable gaps in the current literature about using H-BIM for energetic efficiency analysis of a given building. This paper seeks to study the possibility of complementary measurements to what H-BIM

proposes, more specifically, the measurement of the thermal properties of the different materialities and constructive processes present in the building's life cycle. The proposed process is informed through the analysis of the case study about the effects that the restoration of the National Museum had on its energetic efficiency. The case study combines the creation of a database through historic research with data collection on site and 3D modeling in a BIM software. When emphasizing the forethought of energy efficiency, this study expands the scope of H-BIM, resulting in a sustainable approach to preservation of built heritage.

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade nas construções é um tema cada vez mais discutido mundialmente e que, dentre outros aspectos, aborda conceitos como eficiência energética. Ao abordar essa temática com foco em edifícios históricos, a eficiência energética assume uma importância crescente na preservação e modernização de tais edificações por estar atrelada ao seu funcionamento e manutenção ao longo do tempo. Isso ocasiona em novos desafios que surgem para garantir que as intervenções consigam propor um melhor desempenho de eficiência térmica levando em consideração as características históricas do patrimônio. Isso porque, muitas vezes, as técnicas tradicionais já não dão conta de responder às questões de adequação ambiental desses edifícios. Surge, então, a necessidade de utilizar metodologias e técnicas que facilitem a gestão de informações e a análise de diferentes soluções para o edifício.

A metodologia BIM (*Building Information Modeling*), que pode ser traduzida como modelagem da informação da construção, se refere à construção de um modelo digital multidisciplinar que representa diversas propriedades e funções de um determinado edifício [1]. Esse sistema de gerenciamento de informações, quando aplicado a edifícios existentes, permite um

maior entendimento da construção como um todo e uma mais eficiente coordenação com as partes envolvidas na manutenção do edifício. Ademais, softwares BIM permitem análises das propriedades energéticas do modelo criado, sendo possível o levantamento das propriedades que tornam ou não o edifício sustentável, além das análises da mesma sustentabilidade presente em qualquer intervenção a essa construção.

Para responder essas questões no âmbito patrimonial, a metodologia H-BIM (*Historic Building Information Modeling*) considera o ciclo de vida de uma edificação histórica em suas diferentes etapas e camadas, através da criação de objetos paramétricos construídos com dados históricos [2]. Esse sistema possibilita, então, a relação do edifício com o seu passado e adapta a interdisciplinaridade do BIM para lidar com as diferentes necessidades que o edifício externaliza a cada momento de seu ciclo de vida, permitindo então melhores estratégias de seu uso e salvaguarda.

No entanto, a metodologia H-BIM apresenta limitações ao se adequar ao levantamento das propriedades físicas e térmicas de um edifício histórico. Isso acontece porque o H-BIM apresenta desafios de aquisição de dados sobre o edifício para a alimentação do modelo BIM, a fim de

garantir uma modelagem exata de elementos históricos, abordar necessidades particulares a cada edifício histórico e levantar todas as necessidades sociais das entidades envolvidas ao edifício [3]. Logo, a concepção de um modelo BIM que seja capaz de auxiliar o planejamento de ações sustentáveis de aumento da eficiência energética de um edifício requer um levantamento de dados além do que é previsto na metodologia H-BIM.

Para superar essas limitações, a pesquisa propõe a parametrização dos objetos que compõem o modelo BIM. A proposta é que o modelo digital compreenda o maior número possível de informações sobre a própria materialidade e uma rigorosa análise dos fatores externos que afetam a eficiência energética da edificação. Assim, as simulações realizadas dentro do software BIM podem ser aparelhadas com medições de temperatura das superfícies do edifício para realizar uma análise do comportamento do material perante a incidência solar. Então, os dados coletados podem guiar a discussão quanto à aplicabilidade de novas tecnologias ao edifício patrimonial, que precisa responder às questões de conforto térmico e ter seu debate ampliado se pautando em bases de dados históricas como novos referenciais.

Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa é expandir a aplicabilidade do HBIM, visando o auxílio do desenvolvimento de soluções que aumentem a eficiência energética na preservação do patrimônio edificado. Essa abordagem difere dos métodos tradicionais de preservação e restauração. Para tal, pretende-se desenvolver um modelo de análise do edifício histórico que permita a previsão de como diferentes ações de manutenção e conservação afetariam a performance energética do edifício. Esse modelo será construído por meio das diferentes simulações realizadas que podem ser realizadas no software BIM, bem como por outras e ferramentas da área da construção civil, permitindo uma visão abrangente de novas práticas associadas a conhecimentos amplamente difundidos.

Com a finalidade de integrar os dados do mundo físico e do modelo digital, é essencial utilizar múltiplas fontes de informações, ampliando a compreensão dos fenômenos que atuam sobre a edificação. Além da análise da incidência solar, outros fatores geográficos e meteorológicos, como temperatura e umidade, precisam ser considerados. Tais variáveis serão medidas com sensores de temperatura para avaliar a intensidade da energia térmica incidente no edifício. Complementando essas informações, a pesquisa incluirá dados capturados por sobrevoos com drones equipados com câmeras termográficas, fornecendo uma análise detalhada das propriedades térmicas da edificação, os quais serão integrados ao modelo BIM.

Portanto, como exemplo prático, serão estudadas as novas telhas de cobertura adotadas na reconstrução do museu, permitindo avaliar, a partir dos dados inseridos no modelo BIM, como essas alterações impactam o desempenho térmico do edifício. A pesquisa propõe, ainda, expandir essa metodologia para outros elementos da edificação, monitorando as intervenções ao longo do tempo. Assim, os resultados permitirão harmonizar a preservação do patrimônio histórico com a melhoria da eficiência energética, promovendo a sustentabilidade e o conforto no uso dos recursos energéticos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A sustentabilidade é um conceito que, segundo os autores Fort & Robert Cerný [4], se baseia em quatro importantes pilares: proteção ambiental, viabilidade técnica, viabilidade econômica e aceitação social. Assim, para que uma edificação sustentável atenda a esses pilares e às exigências crescentes de performance energética, é necessária uma abordagem interdisciplinar, que considere múltiplas disciplinas científicas, compreendendo as propriedades técnicas, físicas, energéticas e sociais do edifício. Esse ponto de vista é ressaltado

quando estudos mostram que a eficiência energética de um edifício pode ser significativamente melhorada através de intervenções com técnicas mais atualizadas, que envolve a modernização de sistemas como HVAC, iluminação e o uso de fontes de energia alternativas, como abordado por Oliveira, Vaz e Ghisi [5].

Outro fundamental conceito a ser levantado é o da termografia, que é a técnica usada para detectar como a energia térmica se distribui na superfície de um ou mais corpos ou objetos [6]. Nesse sentido, é um método não destrutivo interessante ao patrimônio que emprega raios infravermelhos para medir temperaturas ou identificar padrões distintos na distribuição térmica. A técnica oferece informações valiosas e precisas sobre as condições operacionais de um componente, equipamento ou processo.

Em um sentido mais amplo, um edifício com valores patrimoniais a serem preservados, necessita muitas das vezes se esforçar para conservar seus elementos materiais, tendo que responder às questões de clima e tempo na qual está suscetível. Entretanto, o investimento para a sua integridade muitas das vezes é massivo e requer um reconhecimento social para que ela se mantenha no seu status de monumento. Para isso, podemos nos apoiar na Carta de Veneza [7](A, n.d., #) que desenvolveu conceitos fundamentais acerca do tema patrimonial e defende que o uso contínuo e sua funcionalidade como instrumentos de manutenção de um edifício. Assim, vemos que a ocupação humana nos monumentos são o reforço necessário para evidenciar seu valor de herança e manutenção do mesmo para as próximas gerações.

Visto isso, nos deparamos com edificações sensíveis a intervenções e que podem ter respostas de conservação através do uso de tecnologia e integração virtual. Nesse sentido, o BIM (Building Information Modeling) é um método moderno associado ao trabalho de gerenciamento de dados com uma modelagem parametrizada. Ele se

configura como uma ferramenta tecnológica de informatização que é

“aplicada na indústria e da construção civil e que integra informações prediais e desenvolve o campo de conhecimento em planejamento, projeto, construção, gerenciamento e reciclagem durante as diferentes fases do ciclo de vida de um projeto de construção” [8].

Nos dias atuais, essa alternativa possibilita uma ampla gama de potencialidades para as respostas a cerca de eficiência energética

A aplicabilidade dessa metodologia em edificações históricas é conhecida como Historic - Building Information Modeling (H-BIM) [9], que visa a reprodução de objetos 3D com base em um escaneamento a laser e gera produtos em 2D incorporando informações importantes para sua documentação e representação. Por sua vez, o HBIM utiliza uma biblioteca de objetos paramétricos baseados em dados arquitetônicos históricos e um sistema para integrá-los ao levantamento. Contudo, esse processo exige uma análise multi-criteriosas dos impactos sobre o patrimônio histórico, sendo essencial o monitoramento contínuo por meio de metodologias como a Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (Life Cycle Sustainability Assessment - LCSA). Portanto, esse sistema possibilita então relação do edifício com o seu passado e incorporando através de seu modelo digital informações das mais diversas disciplinas incidentes, promovendo então melhores estratégias de seu uso e salvaguarda.

3. METODOLOGIA

A metodologia criada visa a análise de informações sobre um modelo BIM e avaliar a utilização de novas ferramentas bem como os seus resultados. Seguindo o diagrama metodológico, compreendido na figura 1, a coluna “a” indica que a modelagem H-BIM inicia o processo ao transferir os dados do mundo real para o campo digital considerando suas características físicas, como sua

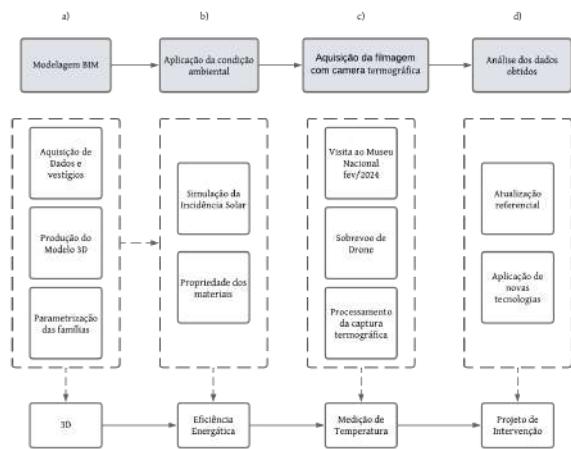
geometria e materialidade. Os softwares BIM têm como conceito básico a modelagem paramétrica baseada em objetos [10], ou seja, cada elemento construtivo dentro do modelo é modelado previamente, de forma que possa ser replicado e que cada instância apresenta propriedades próprias, como a materialidade, dimensões, ou propriedades térmicas, no Revit, esses elementos são denominados “famílias”. Como consequência, o modelo oferece o gerenciamento de etapas e estudos ficam cada vez mais aproximadas com a realidade construída. Isso se torna importante pois a intervenção em edificações de teor patrimonial se aprimora no projeto digital.

Por sua vez, esse método propõe aproximar com mais detalhes a realidade de um monumento já estabelecido e que através do software Revit (v. 2025) consegue gerar uma simulação de incidência solar sobre o objeto. Isso é possível através do lançamento dos dados do edifício como a sua orientação geográfica e espacial e que pela coluna “b” da figura 1 se comprehende a interação entre os aspectos do modelo virtual e suas particularidades espaciais. Assim, essa ferramenta consegue simular o movimento solar ao longo do dia e do ano mostrando a relação de incidência e sombreamento.

Como consequência, o desenvolvimento metodológico se dá pela consideração do registro filmado de um voo de drone, da marca DJI, com sua câmera que possui leitura termográfica. Essa filmagem, realizada em fevereiro de 2024, foi realizada com o objetivo inicial melhorar o levantamento da modelagem, seu registro é capaz de melhorar a análise mais precisa e aprimorar os resultados obtidos. Assim, as informações absorvidas no processo de sobrevoo possibilitaram um registro advindo da leitura térmica das superfícies, que foram traduzidas graficamente por meio de ondas de cores. Para assimilar os dados obtidos, a coluna “c” da figura 1 se orienta sobre a necessidade de alinhar as informações das outras etapas com o dia e horário do sobrevoo do drone.

Por fim, como explicitado na coluna “d”, a reunião desses produtos passa por uma análise criteriosa por conseguir associar a incidência com a intensidade solar sobre uma edificação já construída. Esse novo emprego tecnológico permite o estudo e gerenciamento de alternativas utilizadas no projeto e entrega melhores respostas quanto a futuras intervenções que margeiam a eficiência energética. Assim, a metodologia sugerida pela pesquisa é capaz de adequar a avaliação das propriedades térmicas do edifício às necessidades específicas do patrimônio edificado, como sugere a Declaração de Paris [11].

Figura 01 – Diagrama metodológico



Fonte: Autoral

4. ESTUDO DE CASO

Devido à tragédia que o Museu Nacional sofreu em 2018, resultado de anos de abandono e falta de recursos alocados à conservação do edifício, o edifício se encontra em um momento de reconstrução. Esse estado, pode permitir a implementação de novas tecnologias e processos construtivos que aumentem a eficiência energética mais impactantes do que seria possível em uma ação de manutenção. Porém, é de suma importância, para tais implementações, a compreensão da vida útil do edifício e as suas propriedades físicas, históricas e sociais, seguindo uma métrica flexível à situação específica do edifício histórico em questão para adequar o edifício aos parâmetros de

sustentabilidade que faz parte da agenda global [12].

Nesse sentido, a atualização e refinamento cadastral realizada na pesquisa aproxima o estudo acerca do trato patrimonial e tenta responder a lacunas e produzir alternativas. Por conseguinte, ao utilizar a base de levantamento existente, foi possível catalogar documentos históricos que explicitem as dimensões e outras informações de elementos arquitetônicos. Por sua vez, esses dados passam a serem utilizados como referência para o levantamento do museu, levando em consideração a necessidade de aplicar um olhar crítico da veracidade de cada documento, sua compatibilidade com a época do ciclo de vida do museu que desejamos replicar e possíveis inexatidões que podem ser resultado da utilização de determinadas mídias.

Figura 02 - Perspectiva da modelagem Museu Nacional. Autoral



Fonte: Autoral

A aplicação do H-BIM para o patrimônio do Museu Nacional se torna uma alternativa tecnológica para o estudo de uma edificação em reestruturação. Dessa maneira, é evidente a necessidade de promover uma modelagem parametrizada e assimilada com outros dados históricos e documentais que, a partir dos registros encontrados até o momento pelos pesquisadores. Ademais, vale evidenciar que essa metodologia torna o modelo um objeto constantemente em construção, à medida que ele pode ser retroalimentado e está em constante evolução. Nesse sentido, essa modelagem se aproveitou da natureza paramétrica do software Revit (v.2025) para associar os dados de levantamento aos dados de cada elemento construtivo do edifício.

Figura 03 -Planta do telhado

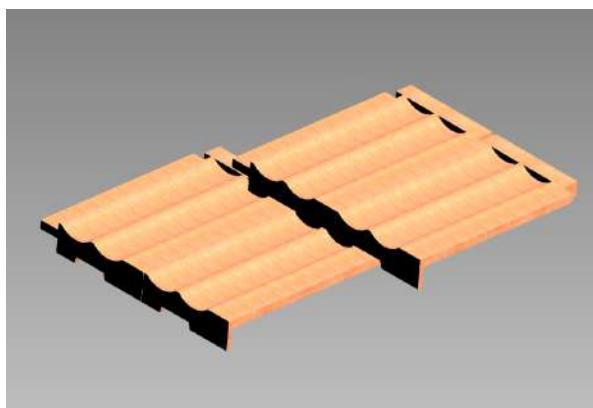


Fonte: Autoral

A fim de explorar a capacidade de aplicação da metodologia, elegeu-se a telha cerâmica do telhado da edificação do museu, que foi aplicada recentemente após incêndio. Ao associar a um elemento da modelagem digital, o seu componente permite, através de um arquivo de extensão “.rfa”, aplicar nas mais diversas informações para além de suas características volumétricas. A telha colonial, adotada na reconstrução do telhado do Museu Nacional, tem seus princípios físicos conhecidos, então foi utilizado como base dados da norma que descrevem as características do material. Portanto, a aplicação do H-BIM, estabeleceu-se, na forma de parâmetros, as suas propriedades térmicas da telha, de acordo com a norma NBR 15220-3 [13], pois ela permite assim o conhecimento de seu comportamento quanto à eficiência energética.

Em sequência, com a adoção do software de gerenciamento de dados é possível adicionar as informações de forma específica. Assim, pode-se considerar os aspectos fornecidos pela norma brasileira e atribuí-las ao modelo da telha os seus parâmetros quanto a sua condutividade, calor específico, densidade, emissividade, permeabilidade, porosidade e resistência elétrica. Isso, por sua vez, contribui para entender as influências que esse material trará para as questões de eficiência energética da edificação a ponto de possibilitar a produção de gráficos e tabelas.

Figura 04 - Família da Telha cerâmica



Fonte: Autoral

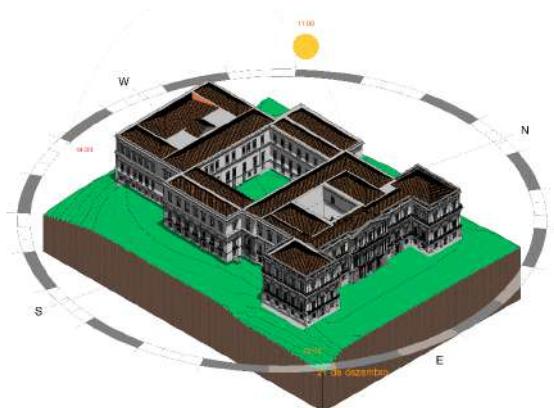
Figura 05 - Parâmetros aplicados à família

<input type="checkbox"/> Transmits Light	
Behavior	Isotropic
Thermal Conductivity	1,0500 W/(m·K)
Specific Heat	0,9200 J/(g·°C)
Density	2.000,00 kg/m ³
Emissivity	0,90
Permeability	0,0000 ng/(Pa·s·m ³)
Porosity	0,01
Reflectivity	0,00
Electrical Resistivity	1,0000E+18 Ω·m

Fonte: Software Revit

Com os dados acerca da resistência térmica ou a transmitância térmica, a pesquisa analisa a aplicabilidade das informações da telha cerâmica do telhado ao modelo H-BIM de modo que permita extrapolar as propriedades físicas de sua materialidade para outros elementos construtivos da edificação. Esse passo se mostra importante para aproximar o modelo ao um gêmeo digital e simular as propriedades energéticas do edifício e também demonstrar sua aplicação em outras edificações de mesmo gênero. Na figura a seguir podemos ver a simulação do software considerando a localização e orientação do prédio no período de tempo selecionado, que no caso foi fevereiro de 2024 às onze horas da manhã.

Figura 06 - Simulação de incidência Solar gerado no software



Fonte: Autoral

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

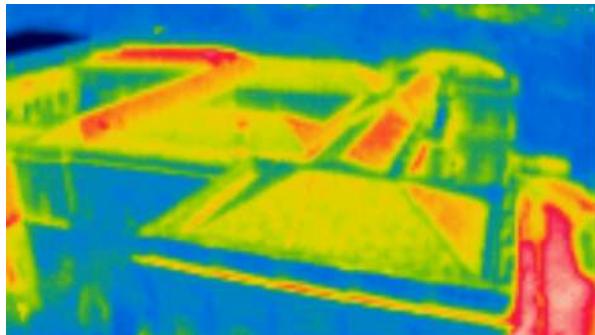
O trágico incêndio no Museu Nacional em 2018, evidenciou a fragilidade dos edifícios históricos em resistir, documentar e registrar suas condições ao longo do tempo. As mais diversas intervenções não foram capazes de suprir a sua manutenção e conservação, ocasionando em uma disparidade tecnológica da realidade contemporânea e o momento da sua construção, reverberando a necessidade um levantamento das condições físicas do edifício para o entendimento de como o patrimônio pode ser adaptado para receber essas novas tecnologias, como abordado por Oliveira, Vaz e Ghisi[14]. Assim, a falta de gerenciamento do mesmo e a desatualização de seu cadastro arquitetônico expõem a necessidade de resgatar referências complementares adquiridas através de um levantamento e criar uma base de dados com o máximo de referências possíveis sobre as características físicas do museu ao longo de sua vida útil.

Em busca de preencher as lacunas da aplicação da metodologia H-BIM para a simulação da eficiência energética de edifícios históricos em situações particulares, a pesquisa gerou um modelo virtual do Museu Nacional que se alimentou de fontes externas ao levantamento espacial realizado no local, como a base de dados histórica e as normas brasileiras. Por conseguinte, a modelagem foi complementada de dados essenciais à conservação do edifício, superando as

limitações do software através da integração do banco de dados multidimensional gerado pela pesquisa como sugerido por Sarıcaoglu e Saygılı [15].

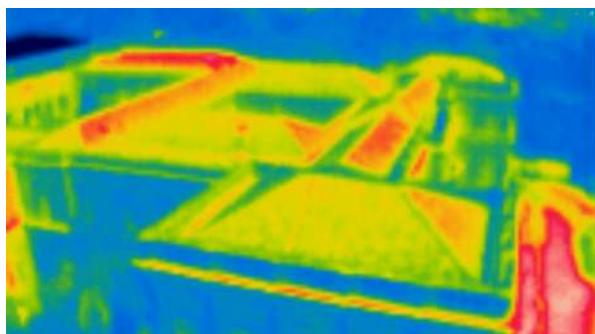
Para o enriquecimento da análise de eficiência energética em um modelo H-BIM, a intensidade da incidência solar sobre o objeto contempla um melhor entendimento de suas características gerais. Por conta disso, a câmera termográfica permite registrar em um momento específico a temperatura de um corpo pela sua amostragem. Assim, esse equipamento embutido no drone, possui um laser que retorna do contato com a superfície e torna capaz a interpretação do calor sobre a materialidade e, produz uma escala que varia do vermelho ao azul no qual o vermelho indica um retorno térmico mais elevado.

Figura 07 - Registro da filmagem do sobrevoo do drone



Fonte: Gestore

Figura 08 - Registro da filmagem do sobrevoo do drone

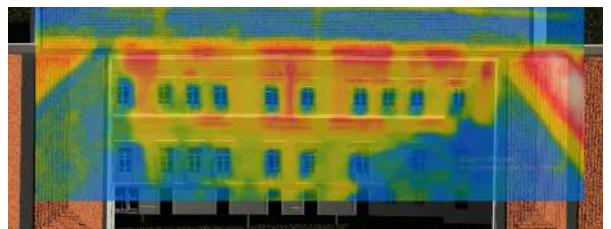


Fonte: Gestore

Nesse sentido, foi adotado a técnica gráfica de foto-inserção, no qual sobrepõe a

modelagem com os registros captados do sobrevoo do drone. Isso então permite analisar com mais propriedade a relação entre os materiais e suas propriedades térmicas de forma tanto gráfica quanto numérica. Entretanto, a característica da lente da câmera do drone utilizada no voo cria distorções que não são simuladas pelo processo de renderização dos softwares utilizados, necessitando que uma edição seja necessária para o enquadramento da cena como é possível ver através das figuras 09 e 10.

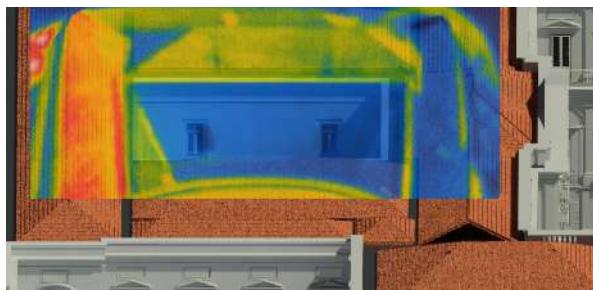
Figura 09 - Foto inserção do pátio interno do museu



Fonte: Autoral

Em sequência, ao interpretar cuidadosamente os resultados da foto-inserção, observa-se na figura 09 a coloração azulada, que dentro da captura sugere uma intensidade de temperatura menor. Nessa lógica, foi registrado de forma mais delimitada nas esquadrias, isso se deve pois as mesmas são feitas de madeira e isso permite então concluir quanto a sua absorção térmica. Ademais, é possível também observar a coloração vermelha e alaranjada na fachada na parte mais elevada em contraponto com a materialidade da telha da cobertura, criando um contraste visual. Portanto, conclui-se que o restante da área mais azul e esverdeada da fachada compreende áreas que possuem algum grau de sombreamento, influência das empenas e das demais fachadas laterais.

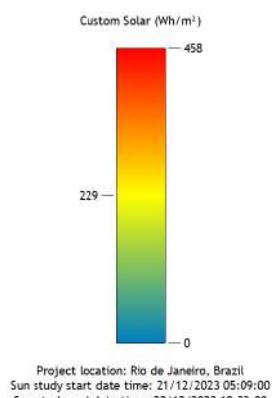
Figura 10 - Foto inserção do pátio da escadaria do museu.



Fonte: Autoral

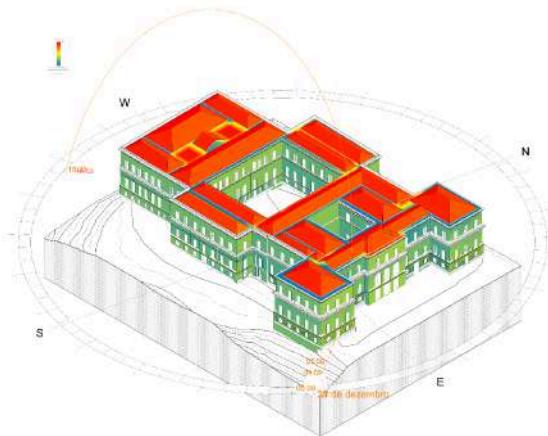
Literaturas anteriores propõem a utilização de modelos H-BIM para prever o impacto de ações de restauro e conservação em edifícios históricos, de forma a garantir uma otimização no planejamento e execução. Esse sistema interpreta a situação e condições físicas do edifício e se adequa às particularidades do mesmo, consequência do diferente momento histórico em que foi construído[16]. A novidade da metodologia desenvolvida na pesquisa é extrapolar esse processo para prever o impacto de ações de restauro e conservação à eficiência energética do edifício. Por outro lado, consegue prever o impacto de intervenções à edificação com o intuito de aumentar a eficiência energética do patrimônio. Logo a pesquisa gerou simulações da situação e contexto do edifício, como mostrado na figura 12, que aumentam o entendimento das condições climáticas do Museu Nacional que podem guiar novas ações de manutenção e prever a eficiência dessas ações.

Figura 11 - Legenda da Irradiação Solar (em Wh/m^2) em escala cromática RYB



Fonte: Autoral

Figura 12 - Análise da Irradiação Solar no Museu Nacional



Fonte: Autoral

6. CONCLUSÃO

Esse artigo analisou a aplicação do H-BIM como um processo tecnológico para responder a intervenções de edificações patrimoniais considerando a sua eficiência energética. Nesse sentido, esse estudo comprova que adequação ambiental em edifícios históricos pode implementar essa tecnologia para responder às questões de conforto térmico por promover informações sobre os materiais. A ferramenta como um auxiliador nas tomadas de decisão projetual busca otimizar processos de leitura e identificação de pontos de calor.

O processo de pesquisa foi centrado na criação de um modelo BIM do Museu Nacional e na produção gráfica que pode ser realizada a partir desse modelo. A modelagem foi realizada com base em uma rigorosa pesquisa histórica, além de visitas realizadas in loco e colaboração com o Campus de Pesquisa e Ensino do Museu Nacional e o Escritório Técnico da Universidade - UFRJ. A partir da multidisciplinaridade da metodologia BIM, o seu produto pode ser utilizado para, simulações, análises, desenhos técnicos, integração com realidade virtual, etc. Logo, o modelo serve como um repositório de informações essenciais à

preservação do Museu Nacional e a sua significância histórica.

O estudo de caso representa uma possibilidade em criar um gêmeo digital devido às referências dispostas sobre as características físicas do material. Esse processo é capaz de ser desenvolvido no avanço da pesquisa para outros elementos compositivos do estudo de caso e a vantagem de ser extrapolada para outras edificações.

A aplicação do H-BIM sobre os elementos construtivos da edificação histórica expõem uma possibilidade em contemplar as novas demandas de adequação ambiental, tema esse que carece de patrimônios edificados. A integração de soluções modernas de eficiência energética em edifícios históricos busca garantir o conforto ambiental dos ocupantes, que é fundamental para a qualidade de vida e a preservação das características históricas e arquitetônicas. Nesse sentido, essa aplicação requer ser explorada para que a adoção de métodos seja atualizado no campo de atuação profissional e científico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs*. *Automation in Construction*, v. 38, p. 109-127, 2014.
- [2] MURPHY, M.; MCGOVERN, E.; PAVIA, S. *Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 76, p. 89-102, 2013.
- [3] PENJOR, T.; BANIHASHEMI, S.; HAJIRASOULI, A.; GOLZAD, H. Heritage building information modeling (HBIM) for heritage conservation: Framework of challenges, gaps, and existing limitations of HBIM. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, v. 35, p. e00366, 2024.
- [4] FOŘT, J.; ČERNÝ, R. *Limited interdisciplinary knowledge transfer as a missing link for sustainable building retrofits in the residential sector*. *Journal of Cleaner Production*, v. 343, p. 131079, 2022.
- [5] CITADINI DE OLIVEIRA, C.; CATÃO MARTINS VAZ, I.; GHISI, E. *Retrofit strategies to improve energy efficiency in buildings: An integrative review*. *Energy and Buildings*, v. 321, p. 114624, 2024.
- [6] NATEPHRA, Worawan et al. *Integrating 4D thermal information with BIM for building envelope thermal performance analysis and thermal comfort evaluation in naturally ventilated environments*. *Building and Environment*, v. 124, p. 194-208, 2017.
- [7] INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES. *Carta de Veneza*. Veneza:ICOMOS, 1964.
- [8] NAJJAR, Mohammad; FIGUEIREDO Karoline; PALUMBO, Mariana Palumbo; HADDAD, Assed. *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*, 2017.
- [9] MURPHY, Maurice; MCGOVERN, Eugene; PAVIA, Sara. *Historic building information modelling (HBIM)*. *Structural Survey*, v. 27, n. 4, p. 311-327, 2009.
- [10] VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs*. *Automation in Construction*, v. 38, p. 109-127, 2014.
- [11] INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES. *Declaração de Paris*. Paris:ICOMOS, 2011.
- [12] ADEGORIOLA, M. I.; LAI, J. H.; ABIDOYE, R. *Critical success factors of heritage building maintenance management: An ISM-MICMAC analysis*.

Journal of Building Engineering, v. 75, p. 106941, 2023.

- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15220-3: DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES - PARTE 3: ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO E DIRETRIZES DADOS CONSTRUTIVAS PARA HABITAÇÕES UNIFAMILIARES DE INTERESSE SOCIAL*. Rio de Janeiro. 2005.
- [14] CITADINI DE OLIVEIRA, C.; CATÃO MARTINS VAZ, I.; GHISI, E. *Retrofit strategies to improve energy efficiency in buildings: An integrative review*. Energy and Buildings, v. 321, p. 114624, 2024.
- [15] SARICAOGLU, T.; SAYGI, G. *Data-driven conservation actions of heritage places curated with HBIM*. Virtual Archaeology Review, v. 13, n. 27, p. 17-32, 2022.
- [16] GONZÁLEZ, J.; FIGUEIREDO, K.; HAMMAD, A. W.; TAM, V. W. Y.; HADDAD, A. N.; ILLANKOON, C. *Heritage BIM (HBIM) applied in emergency scenarios: a case study of the National Museum in Brazil*. International Journal of Construction Management, p. 1-15, 2024.
- [17] DE AZEVEDO, Luan Carlos Siqueira; DA SILVA JUNIOR, Alberto Magno Gomes. Uso da termografia na manutenção preditiva. Bolsista de Valor, v. 2, p. 155-158, 2012.