



ENTAC 2024

XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024



Estratégias BIM para Gerenciamento do Patrimônio Histórico: Aplicação na Igreja de Santana, Salvador-BA

HBIM Strategies for Heritage Management: Application to Sant'ana's Church, Salvador-BA

Anie Meirelles Bergemann

SENAI CIMATEC | Salvador | Brasil | bergemann.bim@gmail.com

Caio Estevam Silva Belfort Oliveira

SENAI CIMATEC | Salvador | Brasil | caio_esbo@hotmail.com

Luigi Giuseppe Batista Dultra

SENAI CIMATEC | Salvador | Brasil | luigidultra@gmail.com

Nilman Silva Piton Almeida Santos

SENAI CIMATEC | Salvador | Brasil | nilman.pithon@hotmail.com

Tiago Oliveira Sena

SENAI CIMATEC | Salvador | Brasil | tiago.oliveirasena@gmail.com

Bruno Falcón Silveira

SENAI CIMATEC | Salvador | Brasil | brunofalcon.s@hotmail.com

Resumo

Preservar o patrimônio arquitetônico é vital para manter a história e fomentar o desenvolvimento econômico sustentável. Assim, o presente trabalho objetiva, através de uma abordagem inovadora, o monitoramento do ciclo de vida de edificações históricas utilizando ferramentas BIM. O método aplicado seguiu o estudo de caso da Igreja de Santana localizada em Salvador/BA, onde se reuniram dados tridimensionais com a captura por VANT processados em softwares, possibilitando a modelagem da edificação, o mapeamento de patologias, elaboração de relatórios e a confecção de um modelo informacional HBIM. Os resultados evidenciam que a criação de modelos 3D paramétricos, fornecem uma representação segura da edificação, otimizando eventuais projetos de restauro e conservação. Constatou-se também desafios técnicos, como interoperabilidade entre softwares, otimização na captura de dados e a criação de sistemas específicos para a gestão daqueles. A pesquisa contribui para uma abordagem eficiente e colaborativa na manutenção do patrimônio, através de uma gestão que proporciona melhor visualização das características e viabiliza uma conservação mais eficaz a partir de novas tecnologias.

Palavras-chave: HBIM; preservação; gerenciamento; Patrimônio Histórico; tecnologias.



Como citar:

BERGERMAN, A.M; OLIVEIRA, C.E.S.B; DULTRA, L.G.B; SANTOS, N.S.P.A; SENA, T.O; SILVEIRA, B.F. Estratégias BIM para Gerenciamento do Patrimônio Histórico: Aplicação na Igreja de Santana, Salvador-BA. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2024.

Abstract

It's substantial to preserve architectural heritage to maintain the history and promote a sustainable economical development. Face to that, the current essay aims a solution on management on historical heritage through a new approach on monitoring its life cycle utilizing HBIM. The method applied followed the case study of Sant'ana's Church located in Salvador/BA, which were collected tridimensional data captured by UAV, handled on software, leading to a model of the construction, allowing the mapping of pathologies, elaboration of reports and creation of an HBIM parametrical model. The results have shown that a creation of a 3D parametrical model allow a secure reference of the building, optimizing further restoration projects. It was also able to identify technical challenges, such as interoperability between software, optimization on capture of data and creation of specific systems on its management. The research can contribute on an approach more efficient and collaborative on maintenance on historical heritage, allowing a live monitoring able to give a better visualization on its features, facilitating a better and more effective conservation using new technologies.

Keywords: HBIM; preservation; management; historical heritage; technologies

INTRODUÇÃO

A preservação do patrimônio histórico edificado é um desafio constante e de grande importância social e cultural já que essas construções abrigam em si a história e identidade de uma sociedade. Nesse contexto o Building Information Modeling (BIM) surge como uma ferramenta para o monitoramento do ciclo de vida das edificações históricas [1; 2].

[1] afirma que o Heritage Building Information Modeling (HBIM) é uma extensão do BIM, que objetiva a documentação, a operação e a manutenção de construções históricas. O HBIM é, portanto, uma abordagem especializada do BIM que visa lidar com os desafios específicos relacionados à preservação e gestão de edifícios históricos e locais de patrimônio.

O HBIM adapta as ferramentas e metodologias do BIM para atender às necessidades de Conservação e Restauro do Patrimônio e, para tanto, utiliza técnicas como a digitalização 3D a laser, a fotogrametria e os sistemas de informação geográfica (SIG) para capturar com precisão as características físicas dos edifícios históricos e criar modelos digitais detalhados [3].

Conhecendo o uso do BIM para o ciclo de vida das construções, do HBIM para a documentação, operação e manutenção de construções históricas e da fotogrametria como ferramenta poderosa para o levantamento de informações, enxergou-se um potencial para preencher uma lacuna na conservação e gestão do patrimônio histórico. Existe um espaço para que a aplicação de uma metodologia que integre tecnologias avançadas, como a captura de dados tridimensionais, processamento por softwares especializados e a modelagem da edificação evolua a ponto de disponibilizar esses dados de forma sistemática em uma plataforma de visualização [3].

Na data de hoje existe uma plataforma digital desenvolvida pelo Instituto Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), o Sistema Integrado de conhecimento e Gestão (SICG), que compila dados sobre bens culturais tombados e registrados, incluindo

documentos, imagens, mapas e outros formatos [3]. A plataforma utiliza tecnologias livres como JAVA, Javascript, GeoJSON, Openlayers, GeoServer, PostgreSQL com extensão PostGIS e Hibernate Spatial [3], mas não contempla informações construtivas das edificações listadas em seu banco de dados, como condições de operação e manutenção, estado de conservação e outras informações que fazem parte do ciclo de vida das edificações. Também não existe nesse ambiente tecnologia para abrigar modelos 3D com as informações citadas acima [1], até o presente estudo não foi encontrado a união de tecnologias especializadas como o HBIM para a preservação do patrimônio arquitetônico.

Em 2002, a pesquisadora Maria Elena Castore realizou um estudo com o foco na identificação e mapeamento de patologias em uma construção antiga, a Igreja de Sant'ana, localizada no Largo de Santana, no bairro do Rio Vermelho, Salvador (BA), Brasil, com sua construção datada entre 1817 e 1848 [4]. O presente estudo utiliza este conhecimento como base para desenvolvimento das aplicações práticas.

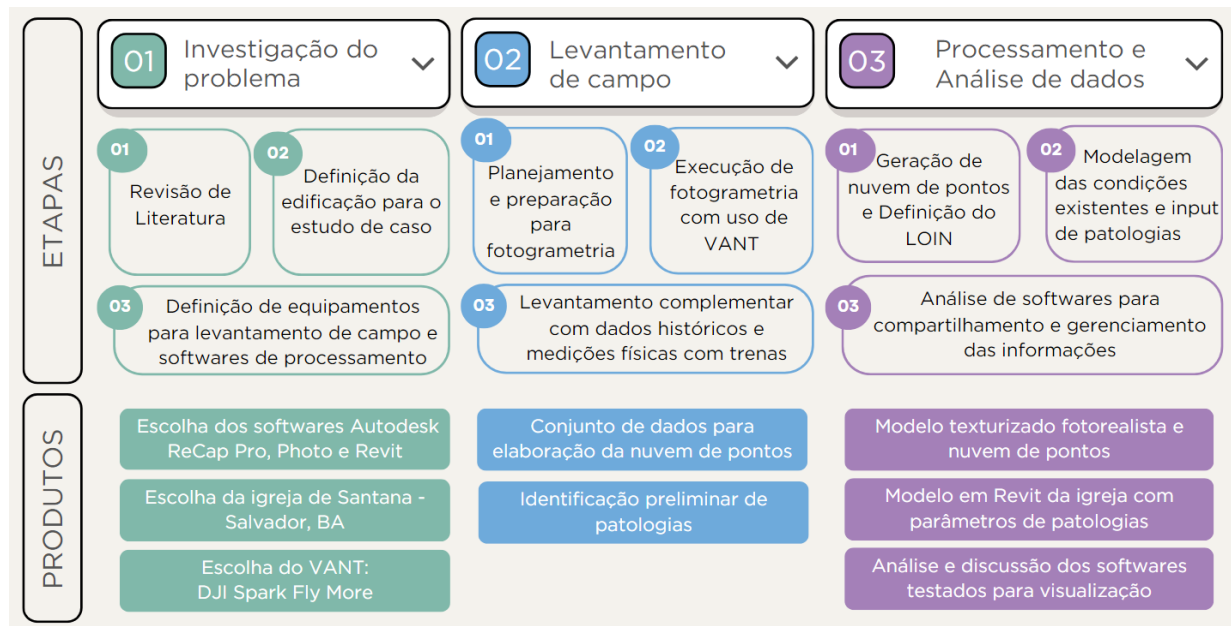
É importante que novas abordagens surjam para monitorar o ciclo de vida das edificações históricas, com ênfase na preservação e gestão do patrimônio edificado. A utilização de tecnologias avançadas, como a captura de dados tridimensionais, o processamento por softwares especializados e a modelagem da edificação, visa preencher uma lacuna na conservação e restauração de construções antigas. O emprego do HBIM neste contexto específico, como exemplificado no estudo de caso da Igreja de Sant'ana, pode representar um avanço significativo na documentação, operação e manutenção de edifícios históricos [3].

A abordagem multidisciplinar proposta neste estudo busca promover um sistema de monitoramento inteligente e eficaz, combinando conhecimentos e práticas das áreas de arquitetura, engenharia, conservação e tecnologia da informação. A aplicação do HBIM, juntamente com tecnologias como a nuvem de pontos – que é a coleção de pontos tridimensional que representam a superfície de um objeto ou ambiente – e a fotogrametria – a qual trata de um método que utiliza fotografias para gerar modelos 3D detalhados e precisos [3] – permite a documentação precisa e detalhada das edificações históricas, preservando sua autenticidade e fornecendo informações essenciais para projetos de restauração, conservação e gestão do patrimônio. Diante disso, este trabalho propõe uma solução para a gestão do patrimônio histórico através de uma abordagem inovadora de monitoramento do ciclo de vida utilizando o HBIM.

METODOLOGIA

A metodologia adotada para o trabalho foi o estudo de caso, desenvolvido conforme a figura 1.

Figura 1: Delineamento da pesquisa



Fonte: os autores.

ETAPA 01 - INVESTIGAÇÃO DO PROBLEMA

A escolha da edificação levou em conta a análise de variáveis como: a) importância histórica; b) localização; c) disponibilidade de dados. Já para a escolha dos softwares e equipamentos a serem utilizados no levantamento de campo e processamento do estudo de caso, foi identificado na literatura quais eram as estratégias mais utilizadas para atingir objetivos similares ao do presente estudo.

ETAPA 02 - LEVANTAMENTO DE CAMPO

Para a coleta de dados em campo, foi escolhida a técnica da fotogrametria. Além de possibilitar a geração de modelos 3D, a fotogrametria apresenta uma série de vantagens se comparada às formas tradicionais de levantamento de informações para a confecção de um modelo 3D, como redução de custos, rapidez e maior precisão nos resultados [3]. A fotogrametria também garante a obtenção de informações com pouco contato físico com as estruturas de edificações históricas, minimizando o risco de danos durante o processo de levantamento de dados em campo. A figura 2 ilustra as etapas de planejamento e execução seguidas no presente estudo.

Figura 2: Planejamento e preparação para a fotogrametria



Fonte: o autor.

Para a coleta das fotos foi necessário utilizar um veículo aéreo não tripulado (VANT), da marca DJI, modelo Spark (figura 3), o equipamento em questão tem o alcance de 2km e autonomia de voo de 25 minutos e tira fotos em *Full HD*.

Figura 3: VANT utilizado no projeto



Fonte: o autor.

ETAPA 03 - PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

A partir da fotogrametria, foi realizada uma seleção das 100 imagens devido a limitação desta quantidade de fotos aéreas, na versão educacional, aceita pelo software de processamento, ao mesmo tempo em que a seleção se atentou para obedecer às taxas de sobreposições de imagens. A sobreposição de imagens utilizada foi lateral de aprox. 65% e longitudinal de aprox. 75% embasada em pesquisas correlatas. Como exemplo, o estudo conduzido por [5] concluiu que uma sobreposição de imagens de 50% na direção lateral e 66,7% na direção longitudinal é a configuração ideal para a reconstrução de diversos componentes de pontes e edifícios, resultando em um número mínimo de imagens e otimizando o tempo total da missão para a aquisição e processamento das imagens.

O Autodesk ReCap Photo 2023, foi o software utilizado para o processamento e geração do Modelo Texturizado Fotorrealista. O modelo, então, passou por um tratamento de limpeza de áreas que excedem o objeto de estudo e por uma conferência de escala dos elementos, objetivando um arquivo limpo, organizado e acurado. Em seguida, foi necessário a exportação do modelo em formato “.pts” para a

sua posterior importação pelo software Autodesk ReCap Pro. Isto porque este é capaz de reconhecer arquivos de pontos gerados e criar o arquivo de Nuvem de Pontos propriamente. Além disso, é salvo em um formato aceito pelo Autodesk Revit, software de modelagem utilizado na sequência.

Antes de se iniciar a modelagem e digitalização do objeto de pesquisa, houve a necessidade de definir o Level of Information Need (LOIN) [7] para atender às necessidades do projeto. Para tanto, estabeleceu-se a quantidade de informações que o modelo deveria conter em relação quanto a:

1. Geometria (quantidade, tamanho, forma, localização e orientação do elemento): as informações geométricas foram trabalhadas/exibidas conforme o edifício existente, sem referência a informações e sem representação de ornamentações complexas, modeladas genericamente a fim de garantir a forma geral da edificação.
2. Informações alfanuméricas, dados históricos e físicos foram inseridos no modelo a partir da geração dos seguintes parâmetros para identificar cada instância do elemento: identidade da patologia; localização; data da identificação; estado de conservação; sintomas; causas; mecanismos; origem; e possível solução.
3. Documentação: necessidade de ambiente comum de dados para o compartilhamento e gerenciamento das informações aos *stakeholders* do projeto.

Obtendo assim o modelo digital paramétrico, com suas informações tridimensionais bem como dados históricos e físicos, assim expostos a seguir (figura 4):

Figura 4: Modelo informacional HBIM e suas versões em nuvem de pontos, digital e paramétrico



Fonte: o autor.

RESULTADOS

ESCOLHA DA EDIFICAÇÃO E SOFTWARES

A edificação escolhida foi a Igreja de Sant'ana, localizada no Largo de Santana, no bairro do Rio Vermelho, Salvador (BA), Brasil, se trata de uma edificação histórica construída possivelmente entre 1817 e 1848. A Razão da escolha dessa construção como estudo de caso se baseia em três pontos principais:

1. **Importância Histórica:** A Igreja de Sant'Ana é um símbolo do sincretismo religioso em Salvador, refletindo a interação entre o catolicismo e o candomblé. Desde 1824, a igreja tem sido um ponto focal para pescadores locais e veranistas, marcando eventos significativos na comunidade, como a criação da Paróquia de Sant'Ana em 1913.
2. **Localização:** A igreja possui fácil acesso por diversos meios de transporte e está próxima ao mar (o que acaba facilitando também para a presença de patologias

provenientes da umidade e sal), por estar distante de grandes edificações, facilita o uso de drones e encontros no local.

3. Disponibilidade de dados: Há um relatório de 2001 produzido por Maria Elena Castore [3], que oferece dados históricos, espaciais, arquitetônicos e patológicos da construção, facilitando o estudo de caso.

Os softwares utilizados foram Autodesk ReCap Pro, Autodesk ReCap Photo, Autodesk Navisworks e Autodesk Revit todos versão 2023 e Autodesk Viewer. A escolha se deu por serem softwares com boa interoperabilidade e devido a facilidade de obtenção/utilização dos softwares pelos autores.

ETAPA 02 - LEVANTAMENTO DE CAMPO

O levantamento foi realizado no dia 13/06/2023, por volta das 10 horas da manhã, na Igreja de Sant'ana localizada no Largo de Santana, no bairro do Rio Vermelho, Salvador (BA), Brasil. Com tempo, luminosidade e o espaço em torno da edificação favoráveis para a execução do voo, o evento foi iniciado e durou cerca de 20 minutos, foram retiradas 122 fotos. A figura 5 ilustra um dos registros do levantamento e a igreja estudada.

Figura 5: VANT em uso no projeto



Fonte: o autor.

O levantamento em campo foi finalizado com a realização de medidas físicas (figura 6) com trenas manuais e a laser, esse procedimento é necessário para garantir dimensões e escalas corretas no modelo 3D, que é gerado por nuvem de pontos, que é o próximo passo da construção do projeto.

Figura 6: Coleta de medidas de elementos de referência da edificação



Fonte: o autor.

ETAPA 03 - PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

Foram identificadas, por meio de pesquisas [5] e simulações, duas opções de compartilhamento e gerenciamento que demonstram eficácia em termos de interoperabilidade com os softwares utilizados durante todo o processo: Autodesk Navisworks (Manage e Freedom) e Autodesk Viewer.

I. Autodesk Navisworks 2023

Primeiramente, o modelo paramétrico HBIM foi importado no Autodesk Navisworks Manage, onde é possível a coordenação avançada, detecção de conflitos e ferramentas de simulação. Neste software foi testada a possibilidade de adicionar hiperlinks nos elementos importados, indicando os dados históricos e físicos (perícia e inspeção das patologias), possibilitando a visualização das informações individuais de cada elemento da edificação.

A expectativa era de que os stakeholders do projeto com acesso ao software Autodesk Navisworks Freedom fossem capazes de navegar pelo modelo, visualizar, clicar nos hiperlinks criados e serem direcionados aos documentos técnicos. No entanto, foi constatado que esta primeira opção não era uma possibilidade adequada devido a alguns fatores: a) Necessidade de instalação de software Autodesk Navisworks Freedom por parte dos stakeholders do projeto; b) Necessidade de outra plataforma para visualizar os dados nos hiperlinks gerados, pois não foi encontrada solução para apresentar os dados físicos e históricos no modelo do Navisworks; c) Dificuldade de compatibilizar o Modelo Paramétrico HBIM do Revit com o Modelo Texturizado Fotorrealista dentro do Navisworks.

II. Autodesk Viewer

Foi, então, realizada uma simulação com o Autodesk Viewer, visando expor todos os dados gerados foi a interoperabilidade, uma plataforma online da Autodesk que facilita o compartilhamento de exibições de projetos e a colaboração remota.

Dessa forma, tornou-se possível e facilitada/viável a visualização do Modelo Paramétrico HBIM e do Modelo Texturizado Fotorrealista, assim como as indicações das patologias com seus devidos parâmetros preenchidos. Diferentemente da primeira simulação utilizando o Navisworks, a plataforma Autodesk Viewer possibilitou a

unificação de todos os dados gerados, além de proporcionar facilidade na navegação por parte dos stakeholders.

Após as simulações mencionadas, foi possível a exibição de todos os dados em uma única plataforma: o Modelo Paramétrico HBIM e suas respectivas identificações parâmetros das patologias.

No entanto, não foi possível unir, em um único arquivo de visualização do Autodesk Viewer, o Modelo Paramétrico HBIM e Modelo Texturizado Fotorrealista. Como solução para esta inconsistência, utilizou-se a função “Comentários” da plataforma Autodesk Viewer, indicando o parâmetro “ID da Patologia” nos dois arquivos criados, garantindo, assim, a unidade das informações.

A utilização de novas tecnologias no levantamento cadastral contribuiu positivamente para tornar as coletas mais precisas e otimizadas. A trena a laser possibilitou a medição mais acurada dos elementos individualmente, já o VANT causou um impacto maior pois foi possível mapear todas as faces externas da edificação em menos de 1 hora, além de capturar imagens de elementos que não seriam de fácil acesso se realizada manualmente como, por exemplo, os detalhes dos ornamentos no nível da cobertura e estado físico das coberturas.

No início da etapa de processamento da nuvem de pontos no ReCap Photo, notou-se que a precisão geométrica da edificação estava adequada. Desse modo, a nuvem de pontos poderia ser utilizada para as etapas de Modelagem e Digitalização. Além disso, o Modelo Texturizado Fotorrealista havia alcançado um nível muito positivo em termos de qualidade gráfica/visual.

Apesar de resultados iniciais promissores com a fotogrametria, tornaram-se evidentes falhas gráficas em algumas formas geométricas e em determinadas representações de texturas. Para entender e solucionar esses defeitos foram diagnosticadas possíveis causas e soluções:

- Para os defeitos nas formas, percebemos a necessidade de um planejamento anterior ao voo do VANT, definindo alturas, espaçamentos entre “takes” e distâncias para as capturas das imagens, assim como seguir um voo “sequencial e circular” no entorno da edificação para que o ReCap Photo reconheça pixels idênticos entre imagens diferentes e assim construa um modelo mais fiel (Figura 7).

Figura 7: Sequência de “takes” contínua e circular a edificação



Fonte: o autor.

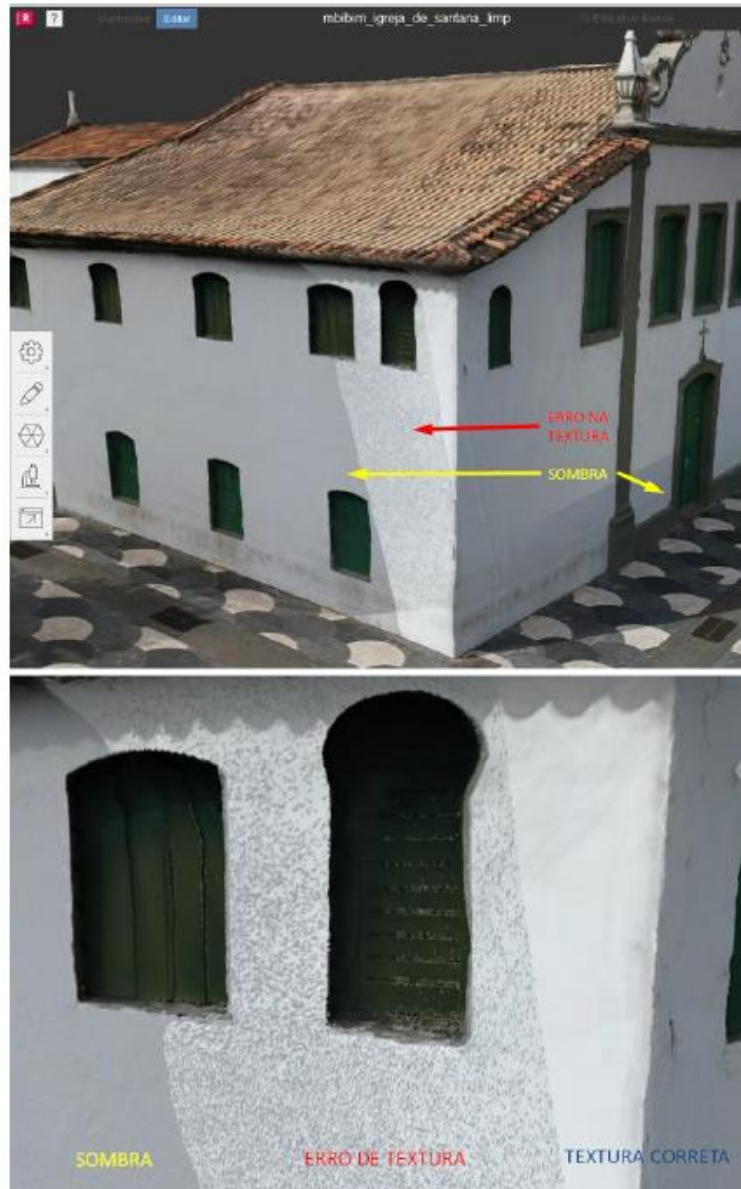
• Para os defeitos nas texturas, além do planejamento visto anteriormente, é preciso se atentar para o horário e condições climáticas do local, pois a depender do posicionamento do sol, haverá lugares com boa incidência luminosa e lugares com muitas sombras, também para dias com climas instáveis entre sol e nebulosidade, como foi o nosso caso, a varredura não é indicada, pois para um mesmo trecho capturado com iluminações distintas, haverá cores (pixels) diferentes, ocasionando erros e manchas nas texturas, levando a erros de interpretações quanto a seu estado de conservação (Figuras 8 e 9).

Figura 8: Sequência de “takes” para a fotogrametria de posições semelhantes das fachadas, mas com iluminações distintas.



Fonte: o autor.

Figura 9: Resultado do Modelo 3D texturizado fotorrealista com erros de representação de texturas.



Fonte: o autor.

O grande desafio da modelagem de edificações históricas são seus altos graus de complexidade devido a riqueza das formas em ornamentações e elementos que não seguem padrões construtivos contemporâneos. Diferentemente das construções atuais, as edificações históricas foram erigidas de forma mais artesanal, devido à diferença de técnicas e materiais utilizados nos contextos distintos. Assim, as construções antigas apresentam elemento cuja padronização não é precisa, ocasionando, por exemplo, diferenças quanto às espessuras e prumos das paredes; eixos e níveis de elementos fora de alinhamento ou quase nunca ortogonais, entre outros. Dessa forma, a nuvem de pontos gerada nas etapas anteriores possibilitou uma maior precisão e rapidez na modelagem existente, conseguindo resultados que não seriam possíveis sem o modelo tridimensional para usar como referência. Além disso,

também permitiu uma visualização evidenciada dos aspectos mencionados em relação ao alinhamento e prumos.

Este estudo, então, alcançou um novo patamar na etapa do Compartilhamento e Gerenciamento, pois é nessa fase em que se encontram poucas referências literárias e estudos desenvolvidos a respeito. Por fim, ainda que em fase primária, esta pesquisa, através da integração dos modelos com o Autodesk Viewer, conseguiu apresentar um material satisfatório para os stakeholders do projeto, fornecendo acesso ao Modelo Paramétrico HBIM e ao Modelo Texturizado Fotorrealista, juntamente com os dados necessários para a visualização e gerenciamento do patrimônio histórico em questão. Além disso, inaugura a possibilidade de inserção contínua de dados no modelo por parte dos responsáveis, deixando, portanto, um caminho promissor na inovação da integração de ferramentas HBIM para o monitoramento das etapas do ciclo de vida do patrimônio histórico de modo acessível e democrático.

CONCLUSÃO

Este projeto realça a crucial necessidade e importância de proteger o patrimônio arquitetônico, que enfrenta desafios cada vez mais complexos. Os resultados obtidos para o acompanhamento do ciclo de vida das construções históricas utilizando uma combinação do HBIM, nuvem de pontos e fotogrametria através de VANTs, representa uma abordagem moderna e promissora, fornecendo uma documentação detalhada e precisa das estruturas, o que não só preserva sua integridade como também colabora no suporte nas decisões em projetos de restauração e conservação de edificações históricas.

Projetos futuros devem focar na criação e evolução de ferramentas como a plataforma SICG do IPHAN, introduzindo modelos 3D detalhados e interativos para melhorar a gestão e divulgação do patrimônio histórico-cultural. As possibilidades ampliadas por tecnologias digitais e métodos avançados, prometem uma gestão de dados mais eficiente e uma visualização arquitetônica mais precisa e detalhada. Esta inovação não só auxilia na conservação e restauração de edifícios históricos, mas também potencializa a educação e a divulgação do valor histórico, motivando profissionais e pesquisadores a explorar ainda mais essas ferramentas para a preservação do nosso legado cultural.

REFERÊNCIAS

- [1] TOLENTINO, M. M. A. **A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do Patrimônio Arquitetônico**. 2018. 332 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.
- [2] EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2. ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 2011.
- [3] BERGEMANN, A.; BELFORT, C.; DULTRA, L.; PITON, N.; SENA, T. **Integração de ferramentas HBIM para o monitoramento das etapas do ciclo de vida do Patrimônio Histórico - Um**

estudo de caso das patologias da Igreja de Sant’ana - Salvador- Ba. 2023. 93 f. TCC (Especialização em BIM) - Centro Universitário Senai Cimatec, Salvador, 2023.

- [4] CASTORE, Maria Elena. **Identificação e mapeamento de patologias em construção antiga, a Igreja de Sant’ana.** 2002. Notas de aula. Não paginado.
- [5] WANG, F.; ZOU, Y.; DEL REY CASTILLO, E.; LIM, J. B. P. (2022). **Optimal UAV Image Overlap for Photogrammetric 3D Reconstruction of Bridges.** Paper presented at the CIB World Building Congress (WBC2022), Melbourne, Australia. Department of Civil and Environmental Engineering, the University of Auckland, Auckland, New Zealand.
- [6] LÓPEZ, F. J.; LERONES, P. M.; FERNANDEZ, J. L.; GARCÍA-BERMEJO J. G.; ZALAMA, E. A Review of Heritage Building Information Modeling (H-BIM). *Multimodal Technol. Interact.* 2 (2018): 21.
- [7] ISO 19650-1:2018, Organization and digitalization of information about buildings and civil engineering works, including Building information modelling (BIM) – Information management using Building information modelling – Part 1: Concepts and principles, CEN-European Commission for Standardization, Bruxelas, 1st edition.