



PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO
CULTURAL

FÁBIO FAGUNDES COELHO

**AS FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS ALIADAS NA
GESTÃO E CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO
EDIFICADO**

OURO PRETO

Outubro de 2025

C672f

Coelho, Fábio Fagundes.

As ferramentas tecnológicas aliadas na gestão e conservação do patrimônio edificado [manuscrito] / Fábio Fagundes Coelho. – 2025.
50 f. : il.

Orientador: Guilherme de Oliveira Walter.

Trabalho de Conclusão de Curso (especialização) – Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Preto, 2025.

1. H-BIM. 2. Laser scanning. 3. Modelagem de informação da construção. I. Walter, Guilherme de Oliveira. II. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Preto. III. Título.

CDU: 719: 004

Catálogo: Kelly Cristiane Santos Moraes - CRB-6/3217



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Ouro Preto
Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação
Seção de Inovação e Empreendedorismo
Av. Professor Mário Werneck, 2590 - Bairro Buritis - CEP 30575-180 - Belo Horizonte - MG
- www.ifmg.edu.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

FABIO FAGUNDES COELHO

**AS FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS ALIADAS NA GESTÃO E CONSERVAÇÃO DO
PATRIMÔNIO EDIFICADO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de
**ESPECIALIZAÇÃO EM
CONSERVAÇÃO E GESTÃO
DO PATRIMÔNIO**, ofertado
pelo Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia
de Minas Gerais - *Campus Ouro
Preto*, como parte dos requisitos
para a obtenção do título de
**E S P E C I A L I S T A EM
CONSERVAÇÃO E GESTÃO
DO PATRIMÔNIO**.

Aprovado(a) em 29 de janeiro de 2025, pela Banca Examinadora:

Prof. Me(a) Guilherme de Oliveira Walter - IFMG *Campus Ouro Preto* - Orientador(a)

Prof. Dr. Rodrigo Meniconi - IFMG *Campus Ouro Preto*

Prof. Dr(a). Renata Oliveira Almeida - Universidade Federal de Ouro Preto

Ouro Preto, 29 de janeiro de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Otavio de Marco Meniconi**, **Professor**, em 19/02/2025, às 14:52, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme de Oliveira Walter**, **Técnico de Laboratório**, em 19/02/2025, às 17:31, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **RENATA OLIVEIRA ALMEIDA**, **Usuário Externo**, em 25/02/2025, às 08:52, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2180675** e o código CRC **59B03642**.

FÁBIO FAGUNDES COELHO

**AS FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS ALIADAS NA
GESTÃO E CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO
EDIFICADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação: Especialização em Gestão e Conservação do Patrimônio Cultural do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Especialista em Gestão e Conservação do Patrimônio Cultural.

Orientador: Me. Guilherme de Oliveira Walter

**Ouro Preto
Outubro de 2025**

*“A conservação
é a arte de prolongar
a vida de obras de
arte.”*

George Stout

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar como a utilização de novas ferramentas tecnológicas estão sendo aplicadas e como podem ser aliadas na gestão e conservação de patrimônio cultural. Através de estudos de casos na área da Tecnologia em Gestão e Conservação do Patrimônio Cultural, busca-se uma demonstração que alinhe ferramentas tecnológicas como o escaneamento a laser e a plataforma BIM (Building Information Modeling) à gestão e conservação do patrimônio imóvel cultural.

Os resultados indicam que o uso combinado de escaneamento a laser e BIM podem potencializar a conservação preventiva e a restauração de edificações históricas, garantindo registros digitais permanentes e acessíveis.

Palavras-chave: Laser scanning; BIM; H-BIM; Construções históricas; Conservação; Tecnologia.

ABSTRACT

This paper aims to demonstrate how the use of new technological tools is being applied and how they can be used in the management and conservation of cultural heritage. Through case studies in the area of Technology in Management and Conservation of Cultural Heritage, we seek to demonstrate how technological tools such as laser scanning and the BIM (Building Information Modeling) platform can be aligned for the management and conservation of cultural heritage.

The results indicate that the combined use of laser scanning and BIM can enhance the preventive conservation and restoration of historic buildings, ensuring permanent and accessible digital records.

Key words: Laser scanning; BIM; H-BIM; Built heritage; Conservation; Technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Nuvem de pontos externa e interna e o modelo BIM gerado	25
Figura 2	Fachada lateral esquerda	26
Figura 3	Fachada frontal	26
Figura 4	Fachada posterior	27
Figura 5	Modelo digital desenvolvido a partir da nuvem de pontos	28
Figura 6	Cortes no Modelo digital	29
Figura 7	Nuvem de pontos e o modelo da construção ou modelo BIM	30
Figura 8	Modelo digital contendo o mapeamento de danos	31
Figura 9	Mapeamento de danos das fachadas	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Tabela do mapeamento de danos desenvolvida	32
----------	--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	AS NOVAS TECNOLOGIAS	16
2.1.	ESCANEAMENTO A LASER	16
2.2.	O BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	18
2.3.	O HERITAGE BUILDING INFORMATION MODELING (HBIM)	19
2.4.	O BUILDING INFORMATION MODELING NO CONTEXTO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA	20
3	METODOLOGIA	22
3.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
3.2.	EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL COMO BASE METODOLÓGICA	22
3.3.	ESTUDOS DE CASO	22
3.4.	COLETA DE DADOS E MODELAGEM	23
3.5.	ANÁLISE CRÍTICA E REFLEXÃO METODOLÓGICA.....	24
3.6.	INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS E DISCUSSÃO.....	24
4	ESTUDOS DE CASOS	25
4.1.	CINE TEATRO TONY VIEIRA – CONTAGEM / MG	25
4.2.	IGREJA NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO – MARIANA /MG	28
4.3.	CAPELA DE SÃO JOSÉ – OURO PRETO /MG	29
5	ANÁLISE DO ESCANEAMENTO A LASER E BIM NA CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO	33
5.1.	PRECISÃO E DETALHAMENTO	33
5.2	TEMPO DE EXECUÇÃO	37
5.3	DOCUMENTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE DADOS	41
6	CONCLUSÕES	46

1 INTRODUÇÃO

O processo de gestão e conservação de edifícios históricos enfrenta grandes desafios, como a documentação precisa e o monitoramento contínuo das estruturas e de outros componentes que integram um edifício histórico. Hoje devido ao avanço tecnológico é possível notar algumas ferramentas tecnológicas que podem colaborar no monitoramento contínuo e na documentação precisa dos edifícios históricos.

O objetivo principal desse trabalho é demonstrar como a utilização de novas ferramentas tecnológicas estão sendo aplicadas e se tornaram aliadas na gestão e conservação de patrimônios culturais edificados. Nesse contexto, o escaneamento a laser e a Metodologia H-BIM que integra a tecnologia BIM (Building Information Modeling), surgem como uma abordagem promissora, integrando tecnologia com foco específico no patrimônio cultural edificado. Neste trabalho explora-se a aplicação dessas tecnologias que estão sendo utilizadas para tornar o processo de documentação e monitoramento do patrimônio histórico mais ágil e eficaz, demonstrando suas principais vantagens e aplicabilidades para edifícios históricos. A integração de ferramentas tecnológicas como estratégia fundamental para garantir a efetiva preservação do patrimônio arquitetônico.

Através de estudos de casos na área da Tecnologia em Gestão e Conservação do Patrimônio Cultural, abordarei sobre o uso do escaneamento a laser como uma ferramenta tecnológica para o monitoramento e levantamento preciso do patrimônio cultural edificado. Explora-se como essa tecnologia é aplicada, suas vantagens em termos de documentação e monitoramento. Ao destacar exemplos com estudos de casos, este trabalho oferece uma visão abrangente do papel do escaneamento a laser e também do H-BIM na preservação do patrimônio cultural imóvel e suas aplicações, a fim de difundir sua utilização na gestão e conservação do patrimônio arquitetônico. Deseja-se demonstrar que ao se adotar essas novas tecnologias (escaneamento e H-BIM) é possível tornar o processo de documentação e monitoramento do patrimônio histórico mais ágil e eficaz, além de garantir a efetiva preservação do bem.

Para tanto, a metodologia adotada para este trabalho foi:

- Compreender o escaneamento a laser e o âmbito da sua aplicabilidade para a gestão e conservação do patrimônio imóvel;
- Compreender o conceito BIM e o âmbito da sua aplicabilidade e implementação dentro da área da gestão e conservação do patrimônio imóvel;
- Verificar os modelos BIM de arquitetura, desenvolvidos com recurso de softwares que contemplam a metodologia de projeto BIM para ilustrar a execução da modelagem e da informação do bem imóvel;
- Identificar os benefícios da metodologia aplicada no âmbito da manutenção, gestão e conservação do bem imóvel;

Será apresentado como o escaneamento a laser pode ser aplicado para gestão e conservação do patrimônio edificado, conceito do BIM e sua aplicação na gestão e conservação do patrimônio edificado e proposto estudos de caso de modelos digitais de edificações históricas, visando a sua documentação, gestão da construção e de seus componentes. No caso de patrimônios históricos arquitetônicos, fica ainda mais claro que as construções precisam ser monitoradas e controladas continuamente devido a sua grande importância e valor para a sociedade.

2 AS NOVAS TECNOLOGIAS

2.1. ESCANEAMENTO A LASER

Nas últimas décadas, a indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) e setor de Mineração tem evoluído no sentido de incorporar e implementar novas ferramentas tecnológicas, possibilitados através dos constantes avanços tecnológicos desenvolvidos e aplicados nesses setores.

Neste trabalho os estudos de casos que serão apresentados foram realizados e desenvolvidos através dessas novas ferramentas como o escaneamento a laser, uma tecnologia avançada que captura informações tridimensionais com precisão milimétrica, e tem desempenhado um papel fundamental na preservação e gestão do patrimônio cultural imóvel. Quando

combinado com a metodologia da Modelagem da Informação da Construção (BIM), abre portas para uma abordagem mais eficaz na conservação e manutenção principalmente dos edifícios culturais históricos ou bens imóveis culturais.

O escaneamento a laser é uma tecnologia que pode ser utilizada para o monitoramento contínuo do patrimônio cultural imóvel, como edifícios históricos, monumentos e sítios arqueológicos. Ela realiza a captura de dados precisos utilizando feixes de laser para medir com precisão a forma e as dimensões de estruturas complexas. Isso permite a criação de modelos digitais detalhados que representam fielmente a geometria do patrimônio edificado.

Através do escaneamento a laser é possível desenvolver e criar modelos digitais precisos, ajudando na preservação digital do patrimônio cultural. Esses modelos podem ser usados para análise, estudos e monitoramento ao longo do tempo, sem a necessidade de contato físico constante com a estrutura. O escaneamento além de colaborar para a criação do modelo digital da edificação, também colabora nos detalhes arquitetônicos, ornamentações e outros componentes que integram o edifício e que podem ser difíceis de documentar de outras maneiras.

Engenheiros, arquitetos e conservadores podem avaliar a integridade da estrutura, identificar áreas de deterioração ou falhas estruturais, planejar e tomar decisões sobre intervenções de conservação e restauração de maneira precisa, integrada e mais informada

As informações obtidas pelo escaneamento a laser podem ajudar nas análises estruturais, avaliações de danos e planejamento de restaurações. Promove a colaboração entre diferentes disciplinas, como conservação, arquitetura, engenharia, história da arte e tecnologia da informação. Isso permite uma abordagem integrada e holística na gestão e conservação do patrimônio cultural imóvel.

Os dados do escaneamento a laser podem ser integrados com outras tecnologias, como fotogrametria e realidade aumentada, para enriquecer ainda mais a compreensão e a visualização do patrimônio histórico edificado. Através dos modelos digitais resultantes do escaneamento a laser podem ser usados em exposições virtuais, aplicativos de turismo cultural e programas educacionais, aumentando a acessibilidade do patrimônio para o público em

geral.

Como o escaneamento a laser pode ser repetido ao longo do tempo, ele permite o monitoramento das condições e mudanças na estrutura do patrimônio edificado ao longo do tempo. Isso é crucial para a conservação preventiva e para mitigar os efeitos do envelhecimento e degradação natural da edificação e de seus componentes. Isso é fundamental para a conservação preventiva, permitindo que sejam identificados problemas antes que se tornem graves e mais onerosos de reparar.

Facilita o planejamento de projetos de restauração, fornecendo informações detalhadas sobre como a estrutura foi originalmente construída e como ela mudou ao longo dos anos. Isso ajuda na decisão de quais elementos devem ser preservados, restaurados ou reconstruídos. Ao fornecer uma base de dados digital detalhada e atualizada, o escaneamento a laser facilita a gestão eficiente do patrimônio cultural. Isso inclui o planejamento de manutenções regulares, o controle de acesso para visitas públicas e a gestão de riscos relacionados à conservação.

Em suma, o escaneamento a laser é uma ferramenta poderosa que não apenas preserva digitalmente o patrimônio cultural imóvel, mas também oferece soluções valiosas para sua gestão, conservação e sustentabilidade a longo prazo. Ela se mostra como uma ferramenta poderosa e essencial para a preservação e gestão sustentável do patrimônio cultural imóvel, oferecendo uma combinação única de precisão, detalhamento e aplicabilidade em diversas áreas de conservação e pesquisa.

2.2. O BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

A Modelagem da Informação da Construção, ou BIM, é uma metodologia que permite a criação de modelos digitais detalhados e interativos de edifícios, suas estruturas e componentes. Esses modelos não só representam visualmente a geometria de uma construção, mas também incorporam informações sobre materiais, componentes e sistemas, além de dados relacionados à sua construção, manutenção e operação ao longo do tempo.

“A metodologia BIM permite a criação de um modelo tridimensional do edifício, que

possui a geometria e os dados que dão suporte à construção, fabricação e ao fornecimento dos insumos necessários, além de incorporar todas as informações sobre o ciclo de vida da edificação no mesmo modelo digital.” EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R. & LISTON, K. (2014). Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.

Esta metodologia revela uma nova e diferente forma de trabalhar e pensar no setor da construção e gestão frente aos métodos tradicionais, onde a transparência, comunicação e a colaboração entre as várias disciplinas que envolvem a construção envolvidos são fatores determinantes. A metodologia admite como conceito fundamental, a geração de uma representação digital contendo as características geométricas do edifício, mas também as propriedades físicas e funcionais dos seus componentes. O modelo BIM reúne a totalidade da informação produzida nas várias fases do ciclo de vida do edifício ou construção, formando uma base de dados acessível e confiável de suporte à tomada de decisões, durante a concepção do projeto, no processo de construção e, posteriormente, na gestão do imóvel. O conceito BIM destaca-se, assim, dos sistemas CAD (Computer Aided Design) que apresenta conteúdo meramente dos desenhos geométricos onde não é valorizada a informação produzida ao longo das várias fases da construção. O BIM tem potencial para oferecer uma completa representação do edifício, obtendo uma mais evidente adesão nas fases de projeto e construção (Pishdad-Bozorgia et al., 2018).

2.3. O HERITAGE BUILDING INFORMATION MODELING (HBIM)

As edificações históricas passam por diversas alterações ao longo do tempo, seja pela necessidade de novas funcionalidades que assumem, seja pela necessidade de manutenção e restauro - levando à necessidade de intervenções e adequações durante o ciclo de vida da edificação. O cadastro de um bem cultural tem como finalidade conservar a imagem e a história visando a sua preservação. Visando utilizar um sistema de cadastro e gestão do patrimônio arquitetônico que utilize ferramentas digitais e permita agilizar o processo de modelagem 3D, documentação e permitir uma gestão dos bens e seus componentes de forma mais eficaz e efetiva para preservação do Patrimônio Arquitetônico, propõe-se a utilização do HBIM (Heritage Building Information Modeling).

“O Heritage Building Information Modeling (H-BIM), em resumo, é a extensão do conceito BIM para edificações do patrimônio histórico, cujo objetivo principal é documentar, analisar e garantir a conservação do bem. O H-BIM não necessariamente contempla todo o ciclo de vida da edificação, pois costuma não ser utilizado na fase de projeto ou construção, embora sirva de base para projetos de restauro e manutenção.” TOLENTINO, M. M. A. (2018). A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do Patrimônio Arquitetônico. [Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia]. <https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2016-534>

Contudo, a implementação do BIM requer um esforço inicial de formação de recursos humanos, de forma a adquirirem as habilitações requeridas no uso das ferramentas disponíveis, que envolvem alguma complexidade, e um investimento financeiro na aquisição de novas tecnologias e equipamentos.

As vantagens que o BIM pode trazer para esta disciplina são várias na medida que permite guardar grandes quantidades de informação, associadas ao modelo virtual aportando uma contribuição positiva que merece destaque no contexto da investigação. Ainda assim, vários estudos focam a necessidade de definir a informação necessária para esta fase no âmbito de cada organização, determinar as ferramentas disponíveis e definir fluxos de trabalho segundo as melhores práticas. O presente estudo busca trazer estudos de caso como forma de aplicabilidade do BIM na disciplina de gestão de conservação do patrimônio imóvel.

2.4. O BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) NO CONTEXTO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

O BIM tem sido cada vez mais incorporado à legislação brasileira para modernizar e aprimorar a eficiência das contratações públicas no setor da construção civil. A legislação tem evoluído para incentivar e, em alguns casos, exigir a adoção dessa metodologia, visando maior transparência, redução de custos e melhor gestão dos empreendimentos públicos.

Abaixo segue alguns decretos e normativas relacionados sobre o uso do BIM:

- Decreto nº 9.77/2018 — Instituiu a Estratégia Nacional de

Disseminação do BIM no Brasil (Estratégia BIM BR), estabelecendo diretrizes para ampliar a adoção do BIM no país.

- Decreto nº 10.306/2020 – Tornou obrigatória a utilização do BIM em obras e serviços de engenharia contratados por órgãos e entidades da administração pública federal, de forma escalonada, começando a partir de 2021 e com expansão progressiva.
- Decreto nº 10.815/2021 — Substituiu o decreto anterior e detalhou melhor as fases de implementação do BIM na administração pública federal. Estabeleceu que o BIM deve ser aplicado em projetos de arquitetura e engenharia para obras novas, ampliações ou reabilitações relevantes, seguindo um cronograma para sua adoção total até 2028.
- A Lei nº 14.133/2021, que substituiu a antiga Lei de Licitações (Lei nº 8.666/1993), modernizou as normas para contratações públicas e trouxe diretrizes para o uso do BIM. Em seu artigo 19, a lei menciona explicitamente que a administração pública pode exigir a adoção do BIM nos projetos de obras e serviços de engenharia, promovendo maior controle sobre custos, prazos e qualidade das construções.

O objetivo dessa exigência é aumentar a transparência nos processos licitatórios, evitar aditivos contratuais excessivos e garantir maior previsibilidade nos gastos públicos. O BIM permite simulações e planejamento detalhado, reduzindo desperdícios e retrabalho na execução dos projetos.

A legislação brasileira tem avançado para tornar o BIM um padrão nas contratações públicas, promovendo eficiência e inovação na construção civil. Com os decretos e a nova Lei de Licitações, o governo incentiva a digitalização do setor, garantindo maior previsibilidade e qualidade nas obras públicas. O futuro aponta para uma adoção crescente do BIM, beneficiando tanto o setor público quanto o privado.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho é de natureza qualitativa e aplicada, fundamentada na experiência prática do autor no uso de ferramentas tecnológicas para a gestão e conservação do patrimônio edificado. O estudo baseia-se na aplicação prévia dessas tecnologias em levantamentos realizados em edificações históricas e na análise crítica de suas contribuições para o campo da preservação patrimonial.

3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica para embasar teoricamente o uso de tecnologias como o escaneamento a laser e o Building Information Modeling (BIM), com foco na extensão H-BIM (Heritage Building Information Modeling). Essa etapa buscou compreender as vantagens, desafios e aplicações dessas ferramentas na conservação de edificações históricas, consolidando um referencial teórico para a análise dos casos.

3.2. EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL COMO BASE METODOLÓGICA

O autor, integrante da equipe técnica das empresas responsáveis pelos levantamentos e modelagens digitais, utilizou sua experiência prática como parte da metodologia. Os levantamentos tridimensionais e a modelagem BIM foram realizados antes da elaboração deste trabalho, possibilitando ao autor um conhecimento aprofundado das etapas e desafios técnicos envolvidos.

3.3. ESTUDOS DE CASO

Três edificações históricas foram escolhidas como estudos de caso, considerando sua relevância cultural e a disponibilidade de dados levantados pelas empresas:

- a) Cine Teatro Tony Vieira, em Contagem/MG.
- b) Igreja Nossa Senhora da Conceição, em Mariana/MG.

c) Capela de São José, em Ouro Preto/MG.

Esses estudos de caso serviram como base para a análise das tecnologias utilizadas, destacando suas contribuições para a conservação do patrimônio.

3.4. COLETA DE DADOS E MODELAGEM (REALIZADA ANTERIORMENTE)

Os levantamentos foram realizados por uma equipe técnica das empresas da qual o autor fazia parte, e seguiram as seguintes etapas:

a) Levantamento Tridimensional: Uso de escaneamento a laser (LiDAR) para capturar dados geométricos detalhados das edificações, gerando nuvens de pontos.

Utilizando os seguintes equipamentos: Matterport:



Fonte: <https://matterport.com/>

Drone Matrice:



Fonte: <https://enterprise.dji.com/>

FJD:



Fonte: <https://www.fjdynamics.com/>

- b) Modelagem BIM: Criação de modelos digitais a partir das nuvens de pontos, incorporando informações estruturais e históricas das edificações.

Essas etapas, realizadas previamente à elaboração deste trabalho, permitiram ao autor acessar dados precisos e representações digitais detalhadas para análise.

3.5. ANÁLISE CRÍTICA E REFLEXÃO METODOLÓGICA

Com base nos dados levantados e modelados, o autor realizou uma análise crítica da aplicação das tecnologias, abordando aspectos como:

- a) Precisão e detalhamento das representações digitais.
- b) Benefícios para a documentação, gestão e conservação de bens patrimoniais.
- c) Limitações técnicas e práticas, como custos, tempo de execução e necessidade de treinamento.

3.6. INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS E DISCUSSÃO

O trabalho discutiu a integração das tecnologias utilizadas, destacando os ganhos em eficiência e sustentabilidade na gestão patrimonial. Além disso, foram analisados os desafios enfrentados pela equipe técnica durante o levantamento e a modelagem, proporcionando insights relevantes para futuras aplicações.

4 ESTUDOS DE CASOS

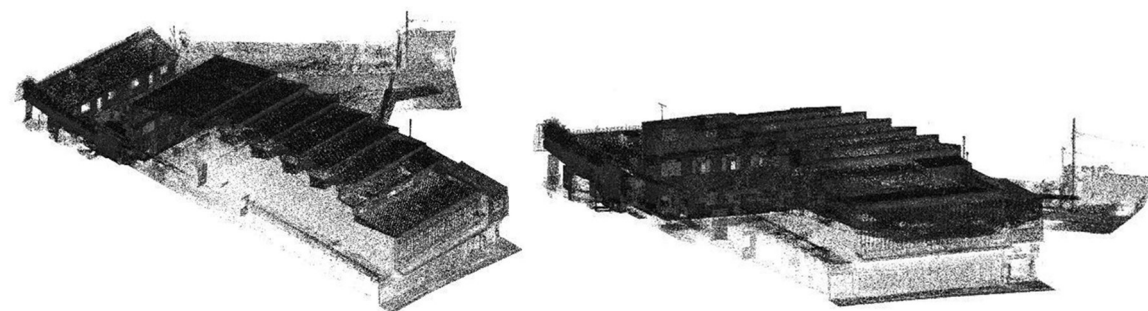
4.1. CINE TEATRO TONY VIEIRA – CONTAGEM / MG

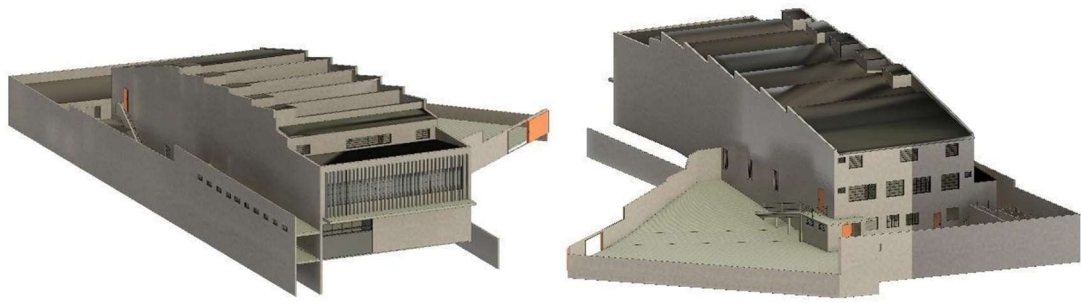
O primeiro estudo de caso a ser mostrado e analisado será o do Cine Teatro Tony Vieira do município de Contagem-MG, uma construção modernista que tem um valor histórico e cultura de grande importância, a primeira construção foi realizado por um mutirão realizado pelos moradores no século XIX e que foi demolida em 1964 para dar lugar ao edifício atual. Aqui tentarei demonstrar como as novas ferramentas tecnológicas de escaneamento a laser e o BIM foram utilizadas a favor da documentação e da criação de um modelo digital e como pode colaborar na gestão contínua do patrimônio edificado.

Os arquivos cedidos pela empresa de projetos Via Voz demonstram que a Modelagem da Informação da Construção (BIM) é realizada através das nuvens de pontos gerada pelo escaneamento a laser que percorre tanto a parte interna (salas, banheiros, auditório, etc) quanto a parte externa (pátio, corredor, quintal, etc) da construção. Através do levantamento in loco utilizando a tecnologia varredura LiDAR (Light Detection and Ranging)/escaneamento a laser, onde se utilizou um dispositivo aéreo que foi acoplado a um drone e outro dispositivo móvel que percorreu toda parte interna da edificação.

Abaixo seguem imagens retiradas dos arquivos fornecidos que demonstram a nuvem de pontos gerada e de como ficou o modelo tridimensional da edificação após a modelagem da edificação.

Figura 01: Nuvem de pontos externa e interna e o modelo da construção ou modelo BIM.

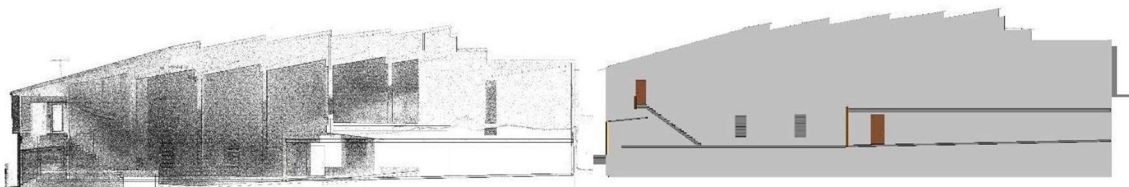




Fonte: Via Voz Certificadora

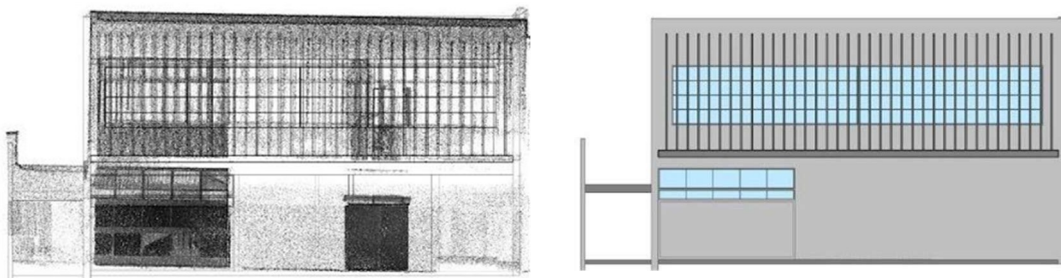
A nuvem de pontos depois de gerada é carregada em um software de uma metodologia de projetos em BIM e então realizado a modelagem da construção e de seus componentes com base nas informações geradas pela nuvem de pontos. O nível de enriquecimento de informação após a modelagem é notório e abre um leque para se pensar a gestão e conservação do edifício e de seus componentes e como as novas ferramentas colaboram para a área da gestão e conservação dos patrimônios edificados, sendo que a metodologia BIM pode ser utilizada em todas as fases da construção.

Figura 02: Fachada lateral esquerda



Fonte: Via Voz Certificadora

Figura 03: Fachada frontal



Fonte: Via Voz Certificadora

Figura 04: Fachada posterior



Fonte: Via Voz Certificadora

A construção e seus componentes dentro da metodologia BIM contêm informações e possibilita que sejam alimentadas e carregadas em softwares de gestão da construção sendo possível criar análises periódicas e gerar arquivos IFC (Industry Foundation Classes), que permitem a troca de informações entre os diversos softwares utilizados na arquitetura, engenharia e construção. Ele desempenha um papel importante na interoperabilidade, garantindo que os dados possam ser trocados sem interferências entre diferentes estágios de um projeto.

Essas informações e dados que podem ser trocados, analisados desenvolvidos são de grande valia para lidar com uma edificação histórica, uma vez que possibilita a verificação, análises prévias, documentação do edifício e também a criação de parâmetros específicos da construção e de seus componentes que sofreram cedo ou mais tarde possíveis intervenções de adequações, restauros ou reformas. Essa nova ferramenta, tecnologia da construção possibilita a interação e utilização com metodologias de gestão e gerenciamento de projetos como o PMBOK (Project Management Body of Knowledge), Scrum ou Kanban.

Essas novas tecnologias se mostram como um potencial para a área do patrimônio, principalmente no quesito de conservação, uma vez que permitem uma documentação detalhada e precisa de estruturas e objetos. Isso não só facilita a análise e o planejamento de intervenções, mas também cria registros digitais valiosos para a preservação.

4.2 IGREJA NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO – MARIANA /MG

O próximo modelo analisado e estudado é da Igreja Nossa Senhora da Conceição no distrito de Camargos, na cidade de Mariana-MG. A igreja é considerada uma das mais antigas de Minas Gerais, com características típicas de antigas matrizes mineiras de princípios do século XVIII.

“Erguida no alto de uma colina, apresenta adro cercado por murada de pedra e escadaria à frente que leva a um cruzeiro também de pedra, colocado em um ponto mais baixo, constituindo um conjunto original. Internamente apresenta aspecto característico das igrejas das proximidades de Mariana. O retábulo do altar-mor, ocupando todo o fundo do presbitério, apresenta decoração profusa em talha, com muitas esculturas, elementos zoomorfos e fitomorfos e dossel estilizado, da primeira fase do barroco. Os altares colaterais são também profusamente trabalhados em talha e esculturas.”

Fonte: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1492/>

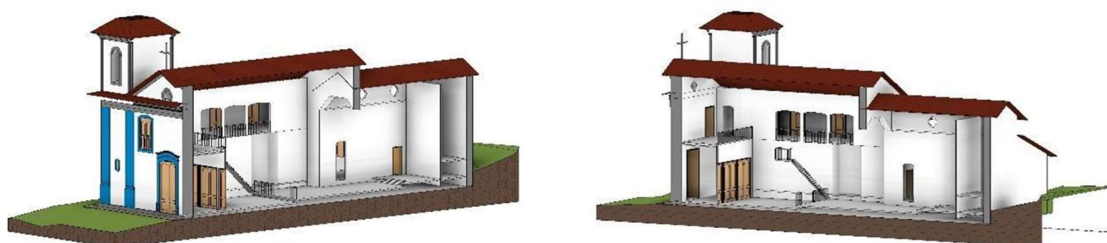
Os arquivos cedidos pela empresa Grupo Projeta demonstram que os modelos foram também desenvolvidos através da nuvem de pontos e gerado o modelo digital através da metodologia BIM.

Figura 05: Modelo digital desenvolvido a partir da nuvem de pontos



Fonte: Grupo Projeta

Figura 06: Cortes no Modelo digital



Fonte: Grupo Projeta

O Modelo digital gerado apresenta as características da edificação e de seus componentes, possibilitando entender a construção, realizar análises e também gerar a documentação do edifício histórico.

Os dados obtidos depois no levantamento e do desenvolvimento do modelo digital podem ser utilizados para prever futuras intervenções, análises estruturais, levantamento de quantitativos, documentação do edifício e para troca de informações dos diversos profissionais que atuaram com o edifício histórico. O modelo digital desenvolvido pode ser aproveitado e aperfeiçoado para atender as diversas fases do edifício, além de manter o registro das modificações e intervenções realizadas ao longa da vida do edifício. Essas novas tecnologias podem ser exploradas para criar experiências imersivas de patrimônio cultural, permitindo que o público explore virtualmente sítios arqueológicos, museus e edifícios históricos. Isso pode democratizar o acesso ao patrimônio e aumentar o engajamento público.

4.3 CAPELA DE SÃO JOSÉ – OURO PRETO /MG

No terceiro estudo de caso se trata da capela de São José, do distrito de Engenheiro Corrêa da cidade de Ouro Preto — MG, obra do final do século XIX e início do século XX, tem características sutis neoclássicas.

Apresenta características bem simples e tradicionais; conte apenas a nave com o retábulo-mor e a sacristia em anexo do lado esquerdo. O frontispício da capela possui pequena escadaria frontal em concreto e de desenho circular que acessa o corpo da edificação, um pouco mais elevado que o nível do piso de entrada. É ladeada por cunhais sem frisamentos, com

pequenos enquadros em detalhes, cimalha e coroamento em pináculos. A portada central possui arco rebaixado e cimalha afastada por relevo simétrico de motivo floral. Acima desta, têm-se a cimalha e relevos com motivos geométricos. No coroamento da construção, apresenta um frontão com margem cimalhada, com óculo cego centralizado e cruz latina em concreto em seu topo. A fachada lateral direita possui portada de arco semipleno com porta em folha de madeira cega e bandeira fixa com vidro único. A fachada posterior não possui abertura. Já fachada lateral esquerda, possui uma abertura na sacristia- uma janela de verga reta com folha cega de abrir. A sacristia possui em seu recuo frontal uma porta independente de acesso, com mesmo acabamento e feitura da porta vista na lateral direita da capela

Figura 07: Nuvem de pontos e o modelo da construção ou modelo BIM gerado

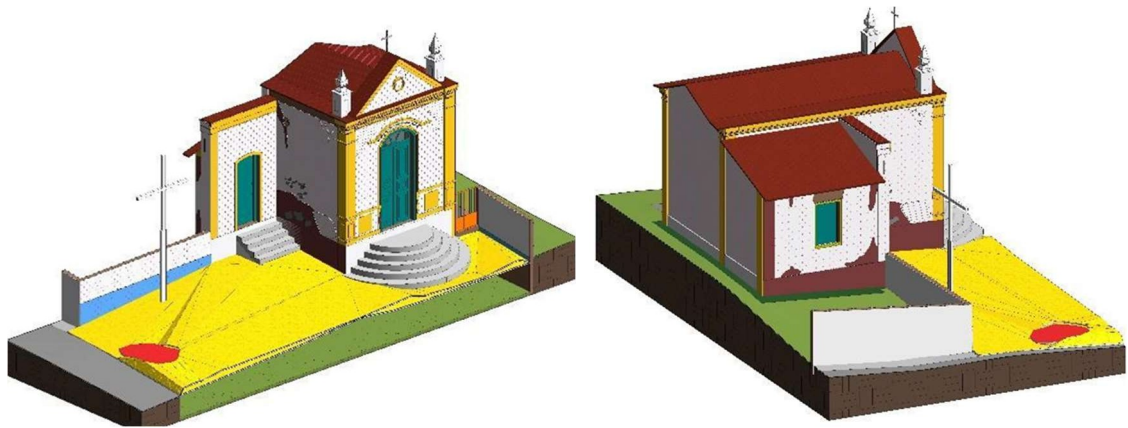


Fonte: Grupo Projeta



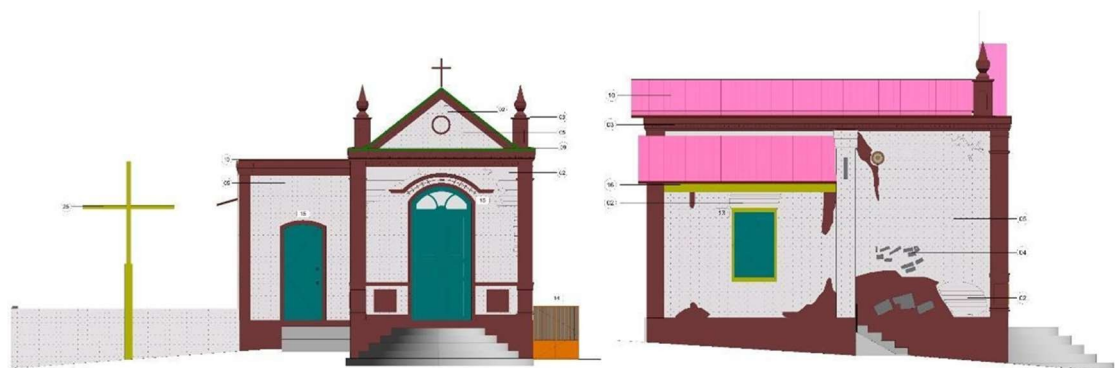
O modelo digital também desenvolvido através da modelagem pela nuvem de pontos se mostrou muito interessante, pois além de conter os dados da edificação foi realizado a criação de determinados parâmetros para gerar o mapeamento de danos da edificação.

Figura 08: Modelo digital contendo parâmetros específicos para o mapeamento de danos



Fonte: Grupo Projeta

Figura 09: Mapeamento de danos das fachadas



Fonte: Grupo Projeta

Tabela 01: Tabela do mapeamento de danos desenvolvida dentro do modelo BIM

MAPEAMENTO DE DANOS - TOPOGRAFIA		
CÓD.	PADRÃO	PATOLOGIA
01		VEGETAÇÃO INVASIVA
MAPEAMENTO DE DANOS - PAREDE		
CÓD.	PADRÃO	PATOLOGIA
02		DESPRENDIMENTO DO REBOCO
03		MANCHAS ESCURECIDAS
04		PIXAÇÃO
05		SUJIDADES ADERIDAS
16		MADEIRA DETERIORADA
MAPEAMENTO DE DANOS - PISO		
CÓD.	PADRÃO	PATOLOGIA
06		INTERVENÇÃO DESCARACTERIZANTE DO PISO
07		INTERVENÇÃO DESCARACTERIZANTE DO PISO DE PEDRA OURO PRETO
08		PISO COM VEGETAÇÃO INVASIVA
MAPEAMENTO DE DANOS - TELHADO		
CÓD.	PADRÃO	PATOLOGIA
09		VEGETAÇÃO INVASIVA
10		TELHAS APODRECIDAS OU DESEMPARELHADAS
MAPEAMENTO DE DANOS - FORRO		
CÓD.	Imagem	DESCRIÇÃO
11		ATAQUE DE INSETOS XILÓFAGOS
12		SUPRESSÃO DO FORRO
MAPEAMENTO DE DANOS - JANELAS		
CÓD.	PADRÃO	PATOLOGIA
13		ESMAECIMENTO DE ESQUADRIA
MAPEAMENTO DE VISTA - PORTA		
CÓD.	Imagem	PATOLOGIA
14		OXIDAÇÃO
15		ESMAECIMENTO DE ESQUADRIA
MAPEAMENTO DE DANOS - DIVERSOS		
CÓD.	PADRÃO	PATOLOGIA
16		MADEIRA DETERIORADA

Fonte: Grupo Projeta

Muito útil para acompanhar as condições ambientais, de umidade e temperatura em edifícios históricos. Isso ajuda na conservação preventiva, minimizando danos antes que se tornem irreparáveis. Também permite uma análise não invasiva de estruturas e objetos. Isso ajuda na detecção precoce de danos, identificação de materiais e compreensão das condições de conservação. Esses avanços tecnológicos que estão sendo implantados têm proporcionado métodos que estão transformando significativamente a maneira como os profissionais lidam com a preservação de artefatos e edifícios históricos. A modelagem computacional e a simulação por computador estão sendo usadas para prever o comportamento estrutural de edifícios históricos sob diferentes condições ambientais e de carga. Isso auxilia

na tomada de decisões sobre intervenções e na avaliação de riscos.

Os modelos gerados podem ser utilizados não apenas para a conservação dos arquivos digitais, mas também a garantia de que as obras possam ser visualizadas e experimentadas.

No entanto, enquanto essas tecnologias oferecem muitos benefícios, elas também apresentam desafios. Questões de custo, acesso e a necessidade de treinamento especializado são algumas das considerações que os profissionais enfrentam ao incorporar tecnologias avançadas na conservação e no restauro de patrimônio cultural.

5 ANÁLISE DO ESCANEAMENTO A LASER E BIM NA CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO

5.1. PRECISÃO E DETALHAMENTO

A integração do escaneamento a laser e do Building Information Modeling (BIM) no contexto da preservação do patrimônio cultural edificado destaca-se pela elevada capacidade de registro detalhado e preciso das características estruturais e ornamentais das edificações históricas. O escaneamento a laser, ou LiDAR (Light Detection and Ranging), oferece uma solução técnica avançada para a obtenção de representações tridimensionais de alta precisão, capturando milhões de pontos em poucos segundos. Este recurso permite a criação de modelos digitais que reproduzem com fidelidade a geometria e as particularidades arquitetônicas de bens culturais.

Vantagens do escaneamento a laser:

- **Alta Precisão e Detalhamento:** O escaneamento a laser pode capturar uma quantidade imensa de dados, resultando em modelos digitais extremamente detalhados da estrutura, incluindo elementos complexos, como ornamentos, texturas e falhas estruturais que seriam difíceis de registrar de outra forma.
- **Mapeamento Completo:** Ele oferece uma representação precisa de qualquer ambiente, incluindo áreas de difícil acesso, o que é comum em

edifícios históricos. Isso evita a necessidade de intervenções invasivas no próprio patrimônio, preservando sua integridade.

- **Eficiência e Rapidez:** O processo de captura de dados é muito mais rápido do que métodos tradicionais, como o levantamento manual de medidas, o que diminui o tempo de trabalho e o custo geral do projeto.

Limitações do escaneamento a laser:

- **Dificuldade em Capturar Materiais Transparentes ou Refletivos:** O laser pode ter dificuldades em capturar superfícies transparentes, como vidro, metais polidos, o que pode resultar em falhas nos modelos 3D de certas partes do edifício.
- **Armazenamento e Processamento de Dados:** A quantidade massiva de dados gerados pelo escaneamento a laser pode ser um desafio em termos de armazenamento e processamento. Modelos muito grandes podem exigir software especializado e computadores de alto desempenho para lidar com eles de forma eficaz.
- **Custo:** O equipamento de escaneamento a laser e o software necessário para processar os dados podem ser caros, o que pode ser uma limitação para projetos com orçamentos mais restritos.

O BIM é uma metodologia que envolve a criação e a gestão de modelos digitais em 3D, nos quais são integradas informações sobre os elementos do edifício, como materiais, estruturas e sistemas. O BIM permite uma gestão colaborativa de informações ao longo de todo o ciclo de vida do edifício, desde o projeto até a manutenção.

Vantagens do BIM no Patrimônio Cultural:

- **Gestão de Informações Completa:** Ao integrar informações precisas sobre a construção, como os materiais originais, técnicas de construção, intervenções anteriores e estados de conservação, o BIM oferece uma plataforma centralizada para os profissionais envolvidos na preservação do patrimônio.
- **Planejamento e Tomada de Decisão:** A criação de modelos detalhados permite simulações para avaliar o impacto de intervenções e auxiliar nas

tomadas de decisão, como identificar áreas que precisam de restauração ou onde as estruturas precisam de reforço, de maneira mais segura e eficiente.

- Colaboração e Coordenação: O BIM facilita o trabalho colaborativo entre diferentes disciplinas (restauradores, engenheiros, arquitetos, etc.), já que todos os envolvidos trabalham a partir do mesmo modelo e possuem acesso à mesma base de dados.

Limitações do BIM no Patrimônio Cultural:

- Complexidade na Modelagem: Modelar um edifício histórico no BIM exige um grande esforço para capturar todos os detalhes da construção e suas características únicas. A fidelidade ao original, mantendo a precisão histórica, pode ser um desafio. Elementos arquitetônicos que não seguem normas convencionais podem ser difíceis de representar dentro de um software BIM.
- Curva de Aprendizado: Para profissionais acostumados com métodos tradicionais, a adaptação ao BIM pode exigir treinamento significativo, o que pode gerar resistência ou aumentar os custos iniciais.
- Custos de Implementação: A implementação do BIM em projetos de patrimônio cultural pode ser cara, especialmente quando se trata da integração com tecnologias como escaneamento a laser, que também exige investimentos em equipamentos e software.

A combinação do escaneamento a laser com o BIM oferece um potencial significativo para a preservação do patrimônio cultural, pois permite criar modelos 3D extremamente detalhados e precisos, que servem como base para o trabalho de preservação, restauração e gestão do patrimônio.

A integração das Tecnologias possibilita:

- Registro de Estado Atual: O escaneamento a laser proporciona uma documentação precisa do estado atual do edifício, o que pode ser incorporado ao BIM para garantir que o modelo digital seja fiel à realidade.
- Planejamento de Intervenções: A partir do modelo BIM, é possível

planejar e testar diferentes cenários de restauração, avaliando as implicações de mudanças e minimizando riscos.

- **Preservação a Longo Prazo:** Ter modelos digitais detalhados permite que futuras gerações de restauradores e estudiosos possam estudar o patrimônio cultural sem precisar realizar novas intervenções físicas.

Desafios na Integração das Tecnologias:

- **Desafios Técnicos e Interoperabilidade:** A integração de dados do escaneamento a laser em um software BIM pode ser complexa. Às vezes, os formatos de dados de um sistema não são totalmente compatíveis com outros, o que pode exigir conversões e ajustes, aumentando a complexidade do processo.
- **Conservação e Precauções Éticas:** Quando se trabalha com patrimônio cultural, há considerações éticas sobre como interagir com os dados gerados. Por exemplo, deve-se ter cuidado para não alterar ou modificar o edifício durante a digitalização e modelagem, preservando sua autenticidade.
- **Interpretação dos Dados:** Embora o escaneamento a laser seja preciso, a interpretação dos dados e a tradução para o modelo BIM podem envolver subjetividade, especialmente quando se trata de detalhes arquitetônicos complexos ou materiais que não são facilmente representáveis digitalmente.

O uso do escaneamento a laser juntamente com o BIM no patrimônio cultural edificado oferece avanços notáveis em termos de precisão, detalhamento e eficiência. No entanto, a implementação dessas tecnologias requer considerações cuidadosas quanto aos custos, complexidade técnica e impacto ético. Apesar das limitações, a combinação dessas ferramentas proporciona uma base sólida para a preservação e restauração do patrimônio, promovendo uma abordagem mais sustentável e informada para lidar com os edifícios históricos.

5.2. TEMPO DE EXECUÇÃO

A análise do tempo de execução na utilização do escaneamento a laser combinado com o Building Information Modeling (BIM), especialmente no contexto do patrimônio cultural edificado, envolve a avaliação de como essas tecnologias impactam a duração de um projeto de preservação, restauração ou gestão do patrimônio. Embora essas tecnologias ofereçam precisão e detalhamento sem precedentes, seu impacto no tempo de execução do projeto pode ser ambíguo, com vantagens e desafios associados.

O escaneamento a laser utiliza a tecnologia LiDAR para capturar milhões de pontos em um curto período, criando um modelo tridimensional preciso do ambiente. A captura de dados por laser, em termos de tempo de execução, possui várias características que afetam a duração de um projeto.

Vantagens em termos de tempo do escaneamento a laser:

- a) **Rapidez na Coleta de Dados:** O escaneamento a laser permite a captura rápida e precisa de dados em grande escala, o que reduz significativamente o tempo necessário para levantamentos manuais. A obtenção de uma digitalização completa de um edifício, por exemplo, pode ser feita em poucas horas ou dias, dependendo da complexidade e do tamanho do edifício.
- b) **Redução de visitas no local:** A forma como o escaneamento é realizado traz a não necessidade de interações físicas constantes, ele não interrompe a operação do edifício ou requer alterações substanciais na sua estrutura, o que reduz o tempo de inatividade. Isso é particularmente relevante em edifícios históricos onde qualquer intervenção física pode ser invasiva e demorada.
- c) **Eficiência em Ambientes Complexos:** Em locais com geometria irregular, como muitos edifícios históricos, o escaneamento a laser pode ser mais eficiente do que os métodos tradicionais de levantamento, que poderiam exigir medições manuais repetidas e longos períodos de inspeção.

Desafios e Limitações no Tempo do escaneamento a laser:

- d) Preparação do Local: Embora o escaneamento a laser seja rápido, em alguns casos, o tempo de execução pode ser afetado pela necessidade de preparar o local para a digitalização, como o ajuste de posições de scanners e a criação de um ambiente acessível para que o escaneamento seja eficaz.
- e) Processamento de Dados: O escaneamento gera grandes volumes de dados, e o processamento e a conversão desses dados em modelos utilizáveis exigem tempo considerável. A limpeza dos dados (remoção de ruídos, por exemplo), a verificação da qualidade da captura e a integração de diferentes escaneamentos podem prolongar o tempo de trabalho.
- f) Equipamento e Configuração: O tempo de configuração do equipamento de escaneamento, dependendo da complexidade do projeto e da área a ser digitalizada, pode ser substancial. A cobertura de grandes áreas ou edifícios com múltiplos andares, por exemplo, pode exigir mais tempo de trabalho devido ao número de posicionamentos do scanner.

O BIM, como uma metodologia de modelagem de dados da construção, exige tempo para que os dados capturados pelo escaneamento a laser sejam traduzidos e organizados dentro de um modelo digital. O uso de BIM no patrimônio cultural requer uma abordagem detalhada e cuidadosa, o que pode impactar o tempo total de execução de um projeto.

Vantagens do BIM em termos de tempo:

- g) Organização e Centralização de Dados: O BIM centraliza todas as informações sobre o edifício em um único modelo digital. Uma vez que o modelo BIM esteja em funcionamento, ele pode ser utilizado de forma colaborativa entre várias equipes (restauradores, arquitetos, engenheiros, etc.), economizando tempo na comunicação e coordenação. Isso reduz o tempo que seria gasto com a troca de informações por meios tradicionais.
- h) Visualização e Planejamento Antecipado: Com o BIM, é possível criar

visualizações detalhadas e simulações, facilitando o planejamento de intervenções, como a restauração de um edifício histórico. Isso evita retrabalho e erros, o que economiza tempo em fases posteriores do projeto, como a execução.

- i) **Deteção de Conflitos e Análises Preliminares:** O BIM permite realizar simulações e detectar problemas antes da execução no local, o que pode evitar imprevistos e resolver questões estruturais ou de restauração de forma antecipada, economizando tempo durante as fases de obra.

Desafios do BIM em termos de tempo:

- j) **Tempo de Modelagem Inicial:** Modelar um edifício histórico no BIM pode ser um processo demorado, especialmente em construções com geometria irregular ou que possuam elementos únicos. A transcrição dos dados do escaneamento a laser para um modelo BIM exige grande atenção aos detalhes para preservar a autenticidade do patrimônio, o que aumenta o tempo de desenvolvimento do modelo.
- k) **Curva de Aprendizado e Capacitação:** Profissionais que não estão familiarizados com BIM ou escaneamento a laser podem necessitar de treinamento adicional, o que pode atrasar o início do projeto e sua execução.
- l) **Complexidade na Implementação de Normas e Requisitos Específicos:** Em projetos de preservação de patrimônio cultural, é comum que existam regulamentos ou diretrizes específicas que devem ser seguidas para garantir que as intervenções não danifiquem o edifício. A incorporação dessas normas no modelo BIM pode adicionar etapas extras e aumentar o tempo de execução, pois exige precisão e consideração de aspectos legais e culturais.

Quando o escaneamento a laser e o BIM são usados juntos, o tempo de execução de um projeto no patrimônio cultural pode ser significativamente otimizado, mas também traz alguns desafios.

Vantagens da Integração das tecnologias:

- m) Redução do Tempo de Levantamento Manual: A combinação do escaneamento a laser com o BIM reduz significativamente o tempo gasto com levantamentos manuais, especialmente em locais complexos e de difícil acesso. Isso acelera a fase inicial do projeto, gerando rapidamente dados úteis e prontos para modelagem no BIM.
- n) Melhor Coordenação entre Equipes: O modelo BIM, alimentado pelos dados precisos do escaneamento a laser, permite uma coordenação mais eficiente entre diferentes equipes envolvidas no projeto de preservação. A colaboração é facilitada por um modelo único, e a modelagem 3D pode prevenir erros e reduzir o tempo de execução de intervenções.
- o) Menos Retrabalho e Correções: A capacidade de simular e prever intervenções com o BIM, antes da execução real, permite que os erros sejam identificados e corrigidos antecipadamente, reduzindo o tempo perdido em ajustes e correções durante a obra.

Desafios da integração das tecnologias:

- p) Integração e Processamento de Dados Complexos: A fusão de dados obtidos do escaneamento a laser com o modelo BIM pode ser um processo demorado, especialmente quando o volume de dados é grande. A reconciliação dos dados das digitalizações e a tradução dessas informações para um formato utilizável no BIM podem levar tempo adicional.
- q) Dependência de Equipamento e Software Avançado: A utilização dessas tecnologias exige equipamentos sofisticados e software especializado. Isso implica que o tempo de execução do projeto depende não apenas da captura de dados e modelagem, mas também da disponibilidade e configuração dos recursos técnicos, o que pode ser uma limitação em projetos de grande escala.

A utilização do escaneamento a laser combinado com o BIM no contexto do patrimônio cultural edificado pode reduzir significativamente o tempo de execução de várias fases do projeto, como levantamento de dados e planejamento de intervenções. No entanto, essa eficiência vem com desafios relacionados ao processamento de

grandes volumes de dados, complexidade na modelagem detalhada de edifícios históricos e necessidade de treinamento especializado. Embora a combinação dessas tecnologias ofereça economia de tempo no longo prazo, especialmente em fases de planejamento e execução, a fase inicial de preparação, digitalização e modelagem pode exigir mais tempo devido à necessidade de alta precisão e detalhamento, essenciais para preservar a integridade do patrimônio cultural.

5.3. DOCUMENTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE DADOS

A documentação e o armazenamento de dados gerados pela combinação do escaneamento a laser e do Building Information Modeling (BIM) no contexto do patrimônio cultural edificado são aspectos que envolvem tanto questões técnicas quanto éticas. A utilização dessas tecnologias oferece vantagens significativas em termos de preservação digital e gerenciamento de dados, mas também apresenta desafios que exigem soluções específicas para garantir a integridade, acessibilidade e segurança da informação.

A documentação gerada pelo escaneamento a laser e pelo BIM no contexto do patrimônio cultural envolve a criação de modelos digitais que representam com precisão o estado atual de um edifício, incluindo informações sobre sua geometria, materiais e características estruturais. A seguir, analisaremos como essas duas tecnologias contribuem para a documentação e os desafios envolvidos.

As vantagens da documentação com escaneamento a laser e BIM:

- a) **Alta Precisão e Detalhamento:** O escaneamento a laser fornece uma documentação tridimensional altamente precisa do edifício, capturando todos os detalhes da estrutura, como ornamentações, texturas e dimensões. Quando combinado com o BIM, esses dados podem ser incorporados em um modelo digital abrangente, que não apenas representa a forma do edifício, mas também integra informações sobre os materiais, a conservação e os sistemas estruturais, fornecendo uma visão completa e detalhada.
- b) **Documentação Permanente e Acessível:** A combinação do escaneamento a laser e do BIM cria um banco de dados digital permanente, o que é fundamental para o patrimônio cultural. Isso

garante que futuras gerações de profissionais de conservação, pesquisadores e outras partes interessadas tenham acesso a registros precisos e detalhados do edifício, sem a necessidade de visitas físicas. Essa documentação digital pode servir como base para futuros projetos de preservação e restauração.

- c) **Facilidade de Atualização:** O BIM facilita a atualização contínua do modelo ao longo do tempo, permitindo que intervenções no edifício (como restaurações ou melhorias) sejam documentadas de forma eficiente. Isso cria um histórico dinâmico do edifício, permitindo que seu ciclo de vida seja monitorado e gerenciado adequadamente, o que é particularmente valioso para a preservação a longo prazo de bens culturais.

Desafios na Documentação:

- d) **Complexidade na Representação de Elementos não Convencionais:** A documentação de edifícios históricos através do BIM pode ser desafiadora, pois muitos desses edifícios apresentam características únicas ou não convencionais. Elementos arquitetônicos que não seguem os padrões modernos podem ser difíceis de modelar no BIM, exigindo maior atenção aos detalhes durante a documentação. Isso pode resultar em uma documentação mais complexa e demorada, especialmente quando se busca preservar características históricas e culturais específicas.
- e) **Dificuldades em Capturar Texturas e Materiais:** O escaneamento a laser é excelente para capturar dados geométricos, mas a documentação precisa de materiais e texturas específicas pode ser mais difícil de registrar de forma digital. O escaneamento pode não captar com a mesma clareza o tipo de material ou as características finas de superfícies como pintura, acabamentos ou acabamentos ornamentais. Para superar essa limitação, o BIM pode precisar ser complementado com outros métodos de documentação, como fotografias ou análise física no local.

Armazenamento de Dados: Desafios e Soluções

O armazenamento de dados gerados por escaneamento a laser e BIM envolve grandes volumes de informações, o que pode representar um desafio significativo. As tecnologias produzem dados massivos e complexos que precisam ser armazenados de forma segura e eficiente.

Vantagens do Armazenamento Digital

- f) **Centralização de Informações no BIM:** O BIM permite centralizar todas as informações do edifício em um único modelo digital, que pode incluir não apenas a geometria e o layout, mas também dados sobre materiais, condições de conservação e intervenções anteriores. Isso facilita o acesso rápido e eficiente a todas as informações necessárias para profissionais que trabalham na restauração e preservação do patrimônio, permitindo uma gestão integrada.
- g) **Preservação Digital Duradoura:** O armazenamento digital de dados é uma maneira de garantir que as informações sobre o patrimônio cultural sejam preservadas a longo prazo, sem a deterioração dos registros físicos. Os modelos 3D criados pelo escaneamento a laser, armazenados digitalmente no BIM, têm o potencial de ser acessados e consultados no futuro, independentemente da condição física do edifício original.
- h) **Facilidade de Acesso e Compartilhamento:** O armazenamento digital, especialmente em plataformas baseadas em nuvem ou servidores compartilhados, permite que os dados sejam acessados por diferentes equipes de trabalho de qualquer lugar, promovendo uma colaboração eficiente. Profissionais de diferentes partes do mundo podem acessar o modelo BIM, sem a necessidade de deslocamento, o que economiza tempo e recursos.

Desafios no Armazenamento de Dados

- i) **Volume e Complexidade dos Dados:** A quantidade de dados gerados pelo escaneamento a laser (geralmente em bilhões de pontos) e pelo BIM (com detalhes de materiais, sistemas e geometrias) pode ser

massiva. Armazenar esse volume de dados exige grandes capacidades de armazenamento, especialmente quando se trabalha com edifícios de grande porte ou complexidade. Isso pode resultar em desafios financeiros e logísticos, como a necessidade de servidores potentes ou armazenamento em nuvem com alta capacidade, o que pode ser caro e exigir manutenção contínua.

- j) **Padrões de Interoperabilidade e Arquivamento:** O armazenamento de dados não é apenas uma questão de volume, mas também de garantir que os dados sejam armazenados em formatos que permitam fácil acesso e interoperabilidade. No caso do patrimônio cultural, os dados gerados pelo escaneamento a laser e BIM podem precisar ser acessados por diferentes plataformas e por profissionais de diferentes áreas (arquitetura, restauração, engenharia), o que exige que os dados sejam armazenados em formatos padronizados que garantam a compatibilidade entre os sistemas. Isso pode exigir a adoção de soluções de arquivamento e armazenamento que atendam a requisitos específicos, como os padrões internacionais de preservação digital.
- k) **Segurança e Backup:** Como os dados digitais representam um patrimônio valioso, a segurança do armazenamento é um fator crítico. Há a necessidade de implementar sistemas de backup regulares para evitar a perda de dados, bem como estratégias de proteção contra acessos não autorizados. Além disso, a preservação dos dados a longo prazo implica o uso de tecnologias de armazenamento que garantam a integridade dos dados, mesmo com a obsolescência de formatos ou sistemas de armazenamento no futuro.
- l) **Manutenção e Atualização dos Dados:** O BIM permite que o modelo do edifício seja atualizado conforme novas informações se tornam disponíveis ou alterações são feitas na estrutura do edifício. No entanto, a manutenção e atualização contínua dos dados podem exigir um esforço significativo para garantir que a versão digital esteja sempre alinhada com a realidade física do edifício. Isso é particularmente desafiador no caso de edificações históricas, onde as intervenções e mudanças podem ocorrer ao longo do tempo, sendo necessário um

acompanhamento constante da documentação digital.

Quando se trabalha com patrimônio cultural edificado, questões éticas e culturais também precisam ser levadas em consideração no processo de documentação e armazenamento de dados. A utilização de tecnologias como o escaneamento a laser e o BIM pode ser vista como uma forma de preservação digital, mas isso levanta algumas questões sobre como os dados devem ser tratados, compartilhados e utilizados. Em muitos casos, o acesso aos dados pode precisar ser restrito ou controlado, especialmente quando se trata de edifícios ou sítios com valor cultural significativo. Garantir que os dados sejam usados de maneira ética e responsável, com respeito aos direitos de propriedade intelectual e aos valores culturais associados ao patrimônio, é fundamental. Portanto, é importante que o armazenamento de dados seja feito com medidas de controle de acesso adequadas, garantindo que apenas partes autorizadas possam modificar ou visualizar informações sensíveis.

A digitalização do patrimônio cultural traz consigo o desafio de representar com precisão as características físicas e culturais de um edifício histórico. Há uma questão ética relacionada à fidelidade do modelo digital ao edifício original. Os profissionais envolvidos devem garantir que o modelo digital seja uma representação precisa e fiel, respeitando as particularidades culturais e históricas do bem edificado.

A documentação e o armazenamento de dados por meio do escaneamento a laser e do BIM oferecem uma solução moderna e eficiente para preservar e gerenciar o patrimônio cultural edificado. A combinação dessas tecnologias resulta em uma documentação detalhada e precisa, além de possibilitar um armazenamento digital seguro e acessível. No entanto, a implementação dessas tecnologias também apresenta desafios em termos de volume de dados, complexidade na modelagem, interoperabilidade e segurança. Para garantir a eficácia dessas ferramentas no contexto do patrimônio cultural, é necessário considerar não apenas as capacidades tecnológicas, mas também as questões éticas, culturais e de preservação a longo prazo.

6 CONCLUSÕES

Ao integrar o escaneamento a laser ao processo de criação de modelos BIM, é possível capturar de forma precisa e detalhada a geometria e as características físicas do edifício histórico. O escaneamento a laser gera nuvens de pontos que registram cada detalhe da superfície do edifício, incluindo ornamentos, relevos e até mesmo imperfeições minúsculas.

Esses dados capturados podem então ser incorporados aos modelos BIM, enriquecendo-os com informações que são essenciais para a gestão e conservação do patrimônio cultural imóvel. Por exemplo, os modelos BIM podem

incluir informações sobre a composição dos materiais utilizados na construção, datas de intervenções anteriores, histórico de manutenção e até mesmo previsões de vida útil de componentes específicos.

Com essa abordagem, os gestores de patrimônio cultural têm acesso a uma ferramenta poderosa para planejar e executar ações de conservação de forma mais eficiente e precisa. Eles podem visualizar o estado atual da estrutura, identificar áreas que requerem atenção especial e simular o impacto de intervenções propostas antes mesmo de executá-las.

Além disso, a combinação de escaneamento a laser e BIM facilita a colaboração entre diferentes profissionais envolvidos na gestão do patrimônio cultural, como arquitetos, engenheiros, conservadores e historiadores. Todos têm acesso às mesmas informações detalhadas e podem trabalhar em conjunto para desenvolver estratégias de conservação que levem em consideração não apenas as necessidades estruturais, mas também as características históricas e culturais únicas de cada edifício.

A combinação do escaneamento a laser com o BIM traz uma série de benefícios significativos para todas as fases do ciclo de vida de um bem imóvel. Na fase de projeto, por exemplo, o escaneamento a laser fornece uma base precisa para a criação de modelos BIM, reduzindo erros e retrabalho. Durante a construção, a capacidade de comparar o progresso real com o modelo virtual ajuda a identificar desvios e tomar medidas corretivas mais rapidamente, garantindo a conformidade com o projeto original. Além disso, o modelo BIM alimentado pelo escaneamento a laser pode ser uma ferramenta valiosa para

gerenciar o processo de construção em tempo real, otimizando o uso de recursos e minimizando desperdícios.

No entanto, apesar de seus benefícios claros, a implementação bem-sucedida do escaneamento a laser integrado ao H-BIM também apresenta desafios. Questões relacionadas à interoperabilidade de software, custo de equipamentos e treinamento de pessoal precisam ser abordadas para garantir uma adoção ampla e eficaz dessa tecnologia.

Em suma, o escaneamento a laser integrado ao BIM está se estabelecendo como uma ferramenta indispensável na construção civil moderna, capacitando equipes a alcançar níveis sem precedentes de precisão, eficiência e colaboração. À medida que a tecnologia continua a evoluir e se tornar mais acessível, podemos esperar que sua adoção se torne ainda mais generalizada, transformando fundamentalmente a maneira como projetamos, construímos e gerenciamos nossos ambientes construídos.

A conservação preventiva é amplamente reconhecida como uma abordagem proativa e essencial para a preservação do patrimônio cultural. Teóricos da conservação e restauro concordam que a implementação eficaz de medidas preventivas pode significativamente prolongar a vida útil dos bens imóveis culturais e minimizar a necessidade de intervenções corretivas. Essa abordagem exige uma combinação de conhecimento técnico, planejamento estratégico e uma compreensão profunda das características e contextos específicos dos patrimônios em questão.

Nessa abordagem da conservação preventiva que o escaneamento alinhado com o BIM pode ser implantado e explorado a favor dos bens imóveis históricos culturais, criando parâmetros específicos para a construção e seus componentes que podem servir para o monitoramento dos mesmos, como o estado de conservação, seu material, intervenções já realizadas entre outros. Após a modelagem da construção, o modelo H-BIM continuará a fornecer benefícios, servindo como um registro digital abrangente do edifício. Essa "cópia digital" não apenas facilita a manutenção preventiva, mas também pode ser fundamental para a tomada de decisões de renovação no futuro.

Portanto, o escaneamento a laser e a metodologia BIM representam uma poderosa combinação de tecnologias que estão revolucionando a forma como o patrimônio cultural imóvel é gerido e conservado. Ao aproveitar o poder

dessas ferramentas, podemos garantir que as maravilhas do passado continuem a ser apreciadas pelas gerações futuras.

REFERÊNCIAS

TOLENTINO, Mônica Martins Andrade. **A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do Patrimônio Arquitetônico**. 2018. (Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal da Bahia. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/27947>

FERREIRA, M. C. **Tecnologias Para Preservação Do Patrimônio Cultural**. 1. Ed. São Paulo: Editora Patrimônio, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ARQUITETOS. **Uso De Bim Na Preservação De Patrimônio Cultural**. ABRA - Associação Brasileira De Arquitetos. Disponível Em: <https://www.abra.org.br/bim-preservacao-patrimonio>. Acesso Em: 25 Nov. 2024

COSTA, H. A.; SOUZA, M. P.; FRANCO JÚNIOR, J. C.; FABRICIO, M. M. **HBIM:**

Estudo exploratório por meio do registro do edifício E1. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E PATRIMÔNIO CULTURAL, 1, 2019, São Carlos, SP - São Carlos: IAU-USP, 2019

MOTA, Bianca Barbosa da; FIGUEIREDO, Karoline Vieira. **H-BIM no controle e avaliação do Patrimônio Histórico**. 2021. Universidade Federal do Rio de Janeiro. <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/568/368>

GROETELAARS, N. J. **Criação de Modelos BIM a partir de “Nuvens de Pontos”: Estudo de Métodos e Técnicas Para Documentação Arquitetônica**. 2015. Tese (Doutorado) Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo) — Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/20220>

COGIMA, C. K.; NASCIMENTO, R. V. C.; PAIVA, P. V. V.; CARVALHO, M. A. G.;

DEZEN-KEMPTER, E. **Scan-to-HBIM aplicado à igreja da Pampulha de Oscar Niemeyer. Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v.15, n.1, p.117- 134, jan.2020. <http://dx.doi.org/10.116/gtp.v14i1.152828>

UNESCO. **Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural**. Conferência Geral da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Paris, 1972. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000133369> Acesso em: 12 de Setembro. 2024

MURPHY, M; MCGOVERN, E; PAVIA, S. **Historic building information modelling (HBIM)**. Structural Survey, v. 27, n. 4, p. 311–327, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/02630800910985108>

SANTOS, J. P. **O Impacto Do Escaneamento A Laser E Do Bim Em Projetos De Restauro De Patrimônio Cultural**. 2021. 260 F. Tese (Doutorado Em Arquitetura E Urbanismo) - Universidade De São Paulo, São Paulo, 2021. <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/174786>

EASTMAN, CHUCK ET AL. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. PORTO ALEGRE: BOOKMAN, 2014

SOUZA, F. R. **Digitalização e Conservação do Patrimônio Histórico: O Uso do Escaneamento a Laser e do BIM**. 2. Ed. Rio De Janeiro: Editora Cultural, 2018.

ALMEIDA, J. P. **A Aplicação do BIM na Conservação de Edificações Históricas**. *Revista De Arquitetura E Urbanismo*, São Paulo, V. 35, N. 2, P. 58- 68, 2017.

LIMA, M. D.; PEREIRA, L. R. **O Escaneamento A Laser No Estudo E Conservação Do Patrimônio Edificado**. *Revista Brasileira De Conservação*, Rio De Janeiro, V. 21, N. 3, P. 43-56, 2020.