Industrialização, Digitalização, Desempenho

5º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção e 5º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos

FLORIANÓPOLIS-SC | 20 a 22 de agosto

[1]LEVANTAMENTO CADASTRAL FACULDADE DE ARQUITETURA: APRIMORAMENTO DA MODELAGEM BIM COM NUVEM DE PONTOS

Cadastral Survey for Asset Management: Enhancing BIM Modeling with Point Cloud

Natália Cristina Diehl
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | natalia.diehl@ufrgs.br

Taynan Saquet
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | taynan.saquet@ufrgs.br

Monika Maria Stumpp
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | mkstumpp@gmail.com

Fábio Pinto da Silva
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | fabio.silva@ufrgs.br

Léia Miotto Bruscato
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | leia.bruscato@ufrgs.br

Érica Giovana Meurer Schmitt
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | erica.meurer@ufrgs.br

RESUMO

O levantamento cadastral digital possibilita avanços na gestão do patrimônio e dos ativos públicos, contribuindo para tomadas de decisão precisas e inteligentes. A digitalização de edificações permite a preservação documental, a manutenção preditiva e a otimização dos processos de intervenção e gestão. Nesse contexto, este estudo apresenta resultados preliminares de uma pesquisa em desenvolvimento junto à Célula BIM da Faculdade de Arquitetura (FA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que visa realizar o levantamento cadastral digital dos edifícios pertencentes ao Campus Central da Universidade, na cidade de Porto Alegre. São apresentadas as intercorrências identificadas durante o processo de cadastramento da edificação que abriga a FA, construída em 1957. O objetivo foi avaliar a modelagem BIM, elaborada manualmente por discentes do curso de Arquitetura, baseando-se em registros 2D e levantamento no local, com as informações obtidas por meio da captura da realidade utilizando *laser scanner* terrestre. São descritos os potenciais usos para a gestão do ativo, as etapas do processo de levantamento cadastral digital da edificação, as barreiras e as limitações encontradas, bem como as possibilidades de aprimoramento desse procedimento, visando sua evolução para um modelo mais completo e enriquecido com informações dinâmicas. A pesquisa ressalta a importância da adoção de tecnologias digitais na gestão de ativos, evidenciando a potencial evolução do BIM para gêmeos digitais que contribuam na modernização da gestão de edificações públicas.

Palavras-chave: gestão de ativos; levantamento patrimonial; processos; *laser scanner*; gêmeos digitais.

ABSTRACT

Digital cadastral surveying enables advancements in heritage and public asset management, contributing to precise and intelligent decision-making. The digitalization of historic buildings allows for documentary preservation, predictive maintenance, and the optimization of management and intervention processes. In this context, this study presents preliminary results of an ongoing research project at Federal University of Rio Grande do Sul. Specifically, this study highlights the issues encountered during the cadastral surveying process of a building constructed in 1957, which houses the Faculty of Architecture. The objective was to evaluate the as-built BIM model, manually developed by Architecture students, based on data acquired through terrestrial laser scanning. The study describes the identified potential uses for asset management, the stages of the digital cadastral surveying process, the barriers and limitations encountered, and possibilities for improving this procedure, aiming for a more comprehensive and dynamically enriched model. The research emphasizes the importance of adopting digital technologies in asset management, highlighting the potential of BIM and digital twins in modernizing public building management.

Keywords: *asset management; cadastral surveying; processes; laser scanner; digital twins.*

[1]DIEHL, N. C.; SAQUET, T.; STUMPP, M. M.; SILVA, F. P.; BRUSCATO, L. M.; SCHMITT, E. G. M. Levantamento cadastral faculdade de arquitetura: aprimoramento da modelagem BIM com nuvem de pontos. *In:* 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2025, Florianópolis. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2025.

1 INTRODUÇÃO

As consequências ao tratar-se da gestão e operação de edificações existentes concentram-se principalmente nas limitações para reunir as informações sobre o elemento construído. Os dados obtidos são prejudicados devido à inexistência de documentação ou a informações imprecisas levantadas no local. Essas inconsistências são identificadas por Morais *et al.* (2024), em um fluxo que transpõe projetos documentados em CAD (*Computer Aided Design*), com registros impressos e memoriais, para um modelo BIM (*Building Information Modeling*). Nesse processo, observam-se consequências que podem alcançar a fase executiva da gestão do ativo.

O uso de tecnologias de captura e processamento tem se destacado no contexto da digitalização de edificações, especialmente aquelas de valor histórico (Cogima *et al.*, 2020; Dionizio *et al.*, 2024). Contudo, a etapa de captura da realidade também se aplica à documentação de edificações existentes que não integram um acervo histórico, mas que ainda podem ser beneficiadas por esse processo. Esse procedimento apresenta potencial para a sistematização do cadastro, do registro e da documentação desses ativos, contribuindo para as suas gestão e preservação (Souza *et al.*, 2024).

Para capturar a realidade e extrair informações precisas que posteriormente se tornarão dados digitalizados, diversos sistemas podem ser utilizados, de forma isolada ou combinada, como sensores de profundidade, câmeras de luz estruturada, LiDAR (*Light Detection and Ranging* – Detecção e Medição de Distâncias por Luz), sistemas multicâmera, ultrassom e radar (Ferraz *et al*., 2016; Franco Júnior *et al*., 2018). Esses sistemas geram nuvens de pontos, registros fotogramétricos ou imagens, que auxiliam no processo de geração do modelo BIM. Tanto os registros quanto o modelo podem ser utilizados como base para atividades posteriores, como identificação de patologias estruturais, levantamento arquitetônico, identificação de pontos hidráulicos e elétricos, extração de quantitativos, levantamento patrimonial, entre outros (Diehl, 2024).

O modelo BIM desempenha um papel fundamental na operação e na manutenção de ativos, permitindo a análise do comportamento e da deterioração do edifício ao longo do tempo. Dessa forma, torna-se possível manter um registro histórico detalhado das manutenções e reformas executadas, bem como visualizar as informações do estado atual da edificação. Ademais, por meio do modelo BIM, dados referentes a todo o sistema que compõe a edificação podem ser sincronizados, armazenados e integrados em um único ambiente, facilitando a gestão do ativo (Akcamete *et al.*, 2010).

No entanto, a aplicação dos sistemas de captura apresenta desafios operacionais que precisam ser considerados. Entre eles, destacam-se a aquisição de equipamentos, o processamento da nuvem de pontos, a interoperabilidade entre diferentes *softwares*, os impactos na curva de aprendizagem dos usuários, o tempo necessário para modelagem e a necessidade de dividir nuvens de grande porte para importação nos *softwares* de modelagem. Esta pesquisa insere-se nessa lacuna e visa, por meio da execução de atividades práticas, explorar recursos, melhoramentos e possibilidades de aprendizagem envolvendo a capacitação de alunos e docentes.

Diferentemente de outras pesquisas sobre essa temática, que buscam capturar a realidade da edificação para, a partir dos resultados, gerar a documentação e a modelagem BIM do ativo (Escosteguy *et al.*, 2024), **esta investigação propõe a utilização do sistema de varredura a *laser* e da geração de nuvens de pontos para aferição da modelagem BIM desenvolvida por estudantes de graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), dentro do projeto de pesquisa "O BIM na documentação de edifícios"**. Espera-se, dessa forma, dar continuidade à proposta de integração das tecnologias de captura da realidade com a modelagem BIM voltadas para operação e manutenção (O&M) do ambiente construído a disciplinas de representação gráfica ou projeto arquitetônico proposto por Diehl *et al.* (2023). Para isso, são utilizados os recursos disponíveis no Laboratório de Seleção de Materiais (LDSM) do curso de pós-graduação em Design da UFRGS.

1.1 Sistemas de varredura a *laser* terrestre

O sistema de varredura a *laser* terrestre (SVLT) possui diversas aplicações para levantamentos tridimensionais. A tecnologia LiDAR utiliza sensores ativos capazes de operar em diferentes faixas do espectro eletromagnético, desde a luz visível até o infravermelho médio. No contexto cartográfico, essa

tecnologia pode ser aplicada por meio de sensores instalados em dispositivos terrestres ou aerotransportadas, permitindo a captura detalhada da superfície e de edificações (Franco Júnior *et al.*, 2018).

Um SVLT é um dispositivo que utiliza tecnologia *laser* para capturar automaticamente as coordenadas tridimensionais de uma área ou da superfície de um objeto. As informações obtidas formam uma "nuvem de pontos" (PCD, *Point Cloud Data*) contendo dados geoespaciais compostos por coordenadas X, Y e Z dos pontos medidos no ambiente, além de um valor correspondente à intensidade do sinal refletido (Franco Júnior *et al.*, 2018). Para otimizar essa fase, é fundamental elaborar um plano de escaneamento com a definição da posição dos alvos (*targets*) e do *scanner*, a fim de garantir a visibilidade adequada dos alvos. Esse processo pode demandar ajustes iterativos conforme o objeto em estudo e as características dos materiais das superfícies escaneadas (Hajian; Becerik-Gerber, 2010).

Nesse contexto, a captura da realidade por meio de SVLT e nuvens de pontos desempenha um papel essencial em atividades de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AECO). Essa tecnologia permite obter dimensões precisas para a elaboração de planos *as-built* (como construído) e *as-is* (como está) e gerar visualizações detalhadas do ambiente existente que podem auxiliar nas tomadas de decisão. Além disso, a partir da nuvem de pontos é possível criar e testar modelos tridimensionais a fim de garantir a fidelidade do espaço real e promover a colaboração contínua entre as partes interessadas ao longo do ciclo de projeto (Captura..., 2025).

A partir das abordagens práticas encontradas na literatura, foi elaborada uma lista dos dispositivos, *softwares* de processamento e modelagem utilizados no âmbito do SVLT. O Quadro 1 apresenta um resumo dessas informações.

Quadro 1: Dispositivos, *softwares* de processamento e modelagem

DISPOSITIVOS	PROCESSAMENTO	MODELAGEM	AUTORES
BLK 360 (Leica Geosystems) ScanStation C10 (Leica Geosystems) Focus3D X130 (Faro) TS15 (Leica) Z+F IMAGER 5016 (Zoller e Fröhlich) Focus M70 (Faro) FocusS 150 (Faro)	Cloud Compare Cyclone (Leica Geosystems) Cyclone register 360 (Leica Geosystems) Faro Scene Faro Sphere® FME 2023.0 Grasshopper + Volvox Mat Lab Metashape 2.0.2 Pix4DMapper 4.8 Point Cloud Library Recap Pro (Autodesk) Remake (Autodesk) xBIM Toolkit	ArchiCAD (Graphisoft) ArchiCAD + Grasshopper Live Connection AutoCAD (Autodesk) BIMx (Graphisoft) FreeCAD + IfcOpenShell ModelPort (*plugin* do Archicad) Navisworks (Autodesk) Revit (Autodesk) Rhinoceros + Grasshopper	Alves *et al.* (2022) Andriasyan *et al.* (2020) Canuto e Salgado (2020) Cogima *et al.* (2020) Diehl *et al.*, 2023 Dionizio e Dezen-Kempter (2024) Dionizio *et al.* (2024) Franco Júnior *et al.* (2018) Lopes *et al.* (2023) Rontani *et al.* (2024) Wu *et al.* (2022)

Fonte: Elaborado pelos autores.

A etapa de registro consiste na unificação das diferentes nuvens de pontos obtidas. Esse processo pode ser realizado pelo método *target-free*, que depende da sobreposição e correlação entre os escaneamentos, ou pelo método *target-based*, que utiliza alvos comuns para alinhar as varreduras, reduzindo a necessidade de múltiplos escaneamentos (Hajian; Becerik-Gerber, 2010). Com a nuvem de pontos, é possível transpor a realidade de captura para um modelo BIM, o qual pode ser realizado manualmente ou com o suporte de *plugins* específicos para conversão automatizada dos dados capturados (Andriasyan *et al.*, 2020; Lopes *et al.*, 2023; Rocha *et al.*, 2020).

1.2 Levantamento cadastral digital processo Scan-to-BIM

O processo Scan-to-BIM integra dados de varredura a *laser* (LiDAR) ou fotogrametria à modelagem paramétrica e é composto por três etapas principais: escaneamento, registro e modelagem (Hajian; Becerik-Gerber, 2010). Para edificações existentes, esse procedimento assemelha-se ao processo de engenharia reversa, permitindo a criação de um modelo digital e a recuperação de informações sobre o edifício (Volk *et al.*, 2014).

No estudo de caso apresentado por Diehl e Bruscato (2024), o Scan-to-BIM foi empregado como etapa

inicial para o levantamento cadastral digital de um ativo público. Em outras aplicações práticas, utiliza-se o procedimento para fluxos de trabalho de atualização de modelo BIM *as-built* e análise estrutural (Sun; Cao, 2015).

O processo Scan-to-BIM permite avanços nos processos de cadastramento de edificações existentes, mas enfrenta alguns desafios, como a dependência de atualizações manuais das informações e no processo de modelagem BIM, que ainda requer a inserção de profissionais técnicos capacitados. Algumas plataformas estão desenvolvendo protótipos para a automação da modelagem com uso de identificação semântica por meio de inteligência artificial (IA), são exemplos dessas aplicações: o FARO® As-Built™ Software Suite (2025) e o Nuba, do Grupo Flug (2025).

1.3 Aplicações para gestão de ativos

Durante o ciclo de vida de uma edificação, diferentes estágios de degradação ocorrem, cada um exigindo condições operacionais específicas. De acordo com as diretrizes da NBR 5462 (Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT], 1994) e as categorias propostas por Diehl (2024), essas condições são estabelecidas com base em critérios como o tipo de manutenção (preventiva, corretiva ou preditiva), o local de execução (campo, fora do local, remota ou automática), a continuidade do funcionamento da edificação (com ou sem interrupção) e as possíveis alterações de leiaute e uso dos espaços.

Apesar das possibilidades, a adoção do BIM para operação e manutenção em edifícios públicos no Brasil ainda é limitada, principalmente devido à falta de padronização, interoperabilidade entre sistemas e capacitação técnica dos gestores (Reis *et al.,* 2023). Segundo os autores, algumas aplicações associadas ao uso do BIM são: gerenciamento de informações sobre manutenção; otimização do consumo energético em edifícios públicos; integração com bancos de dados e sistemas de *Facilities Management* (FM); planejamento e otimização do espaço; digitalização do acervo técnico; simulação de cenários de emergência; e análise de ciclo de vida dos ativos.

Em concordância, Wojciechowski *et al.* (2024) destacam a dificuldade na padronização dos dados obtidos para a geração da modelagem BIM e enfatizam a necessidade de reduzir a dependência de documentos físicos desatualizados. Por meio do levantamento cadastral digital, essas informações podem ser constantemente atualizadas.

2 METODOLOGIA

O estágio inicial da pesquisa teve caráter exploratório, no qual, de forma assistemática, constituiu-se a revisão bibliográfica que resultou nos dados presentes na fundamentação teórica. A partir das informações levantadas, foi possível comparar fluxos já implementados do processo de captura da realidade e, dessa forma, delimitar os problemas, os objetivos e as limitações desta investigação. As etapas adaptadas para o contexto da pesquisa são descritas a seguir e demonstradas graficamente na Figura 1.

1. **Levantamento de informações:** revisão bibliográfica para fundamentação da investigação e busca dos registros históricos que confirmassem a relevância do objeto de estudo.

2. **Planejamento:** definição dos limites do objeto a ser escaneado, planejamento das condições ideais e verificação dos equipamentos disponíveis para executar a captura da realidade.

3. **Captura da realidade:** processo de locação do equipamento e execução do levantamento no local.

4. **Processamento dos dados:** *download* e processamento dos dados obtidos em campo.

5. **Tratamento da nuvem:** limpeza dos ruídos da nuvem de pontos e retirada de elementos irrelevantes utilizando o *software* Recap Pro (Autodesk).

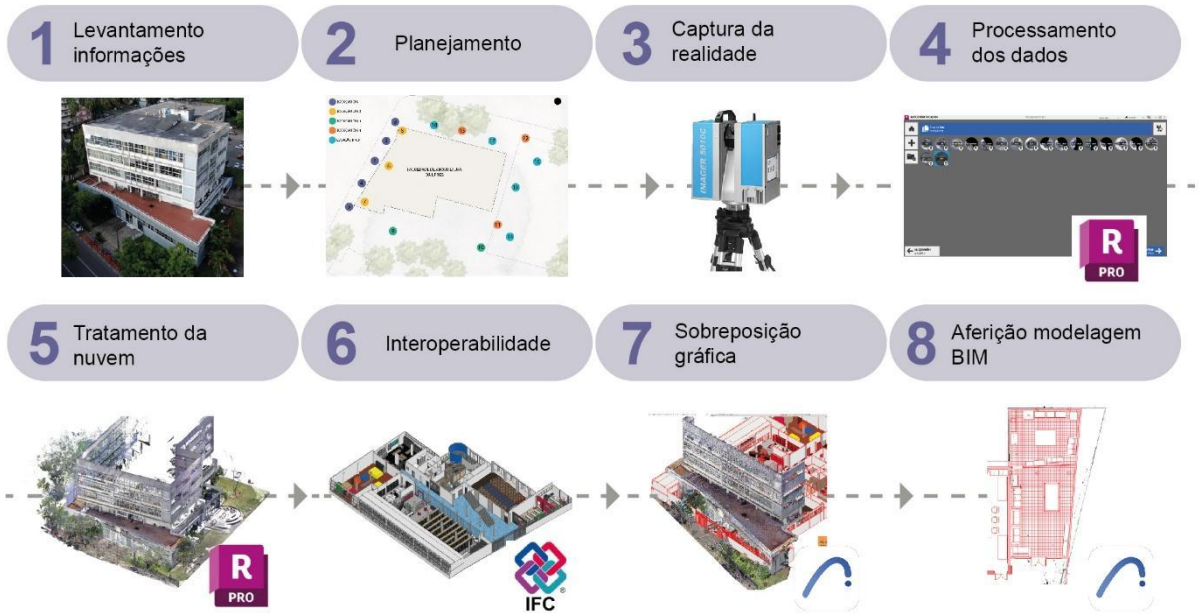
6. **Interoperabilidade:** agrupamento e compatibilização da nuvem de pontos com levantamento executado pelos alunos da Faculdade de Arquitetura (FA) da UFRGS.

7. **Sobreposição gráfica:** aplicação de sobreposições gráficas para visualização rápida na interface

do *software* Archicad (Graphisoft).

8. **Aferição da modelagem BIM:** aferição do modelo BIM utilizando a nuvem de pontos e indicação das intercorrências encontradas.

Figura 1: Etapas desenvolvidas



Fonte: Elaborada pelos autores.

O fluxo de trabalho da investigação foi desenvolvido a partir de referências como Dionizio *et al.* (2024), que propõe um fluxo de captura da realidade e modelagem voltado à manutenção de edificações históricas (HBIM, *Heritage Building Information Modelling*).

2.1 Objeto de estudo

O objeto de interesse do estudo foi o edifício da FA, localizado no Campus Central da UFRGS, em Porto Alegre, conforme Figura 2. A edificação, inaugurada em 13 de janeiro de 1958 pelo então presidente da República Juscelino Kubitschek, insere-se no contexto da arquitetura modernista, caracterizando-se por uma composição em “L”, conformando a esquina, com volumetria dividida entre base e corpo. O corpo principal possui geometria ortogonal, enquanto a base apresenta formato irregular. Um pavimento intermediário entre essas duas estruturas deixa à mostra os pilotis e tem fechamento recuado, criando um efeito de separação visual. O uso do revestimento cerâmico em pequenas pastilhas nos tons azul e branco também constitui um elemento marcante na composição arquitetônica (Faculdade..., 2021).

A autoria do projeto é marcada por algumas incertezas. Embora o nome de Sérgio Ivan Nacinovic tenha sido citado no imbróglio acerca da definição do responsável pela elaboração do projeto, indícios coletados em pesquisas apontam apenas para uma provável autoria, sem confirmação definitiva, como referem Mello e Fischmann (2024).

O projeto original previa um edifício com 11 pavimentos, mas, devido a um impasse com a Prefeitura de Porto Alegre em função do traçado projetado da Avenida Primeira Perimetral, sua execução foi limitada a apenas cinco andares. Além disso, uma das alas teve seu comprimento reduzido. O formato irregular da base conferiu identidade ao prédio, possibilitando a criação de um amplo terraço, um dos elementos distintivos da edificação (Faculdade..., 2021).

Figura 2: Objeto de estudo edifício FA





Legenda: à esquerda, registro do acervo da UFRGS; à direita, imagem aérea extraída do documentário que celebra os 70 anos da FA.

Fonte: Assessoria de imprensa da UFRGS (2022) e UFRGS TV (2022).

Essa edificação representa um importante marco histórico e arquitetônico, e enfrenta desafios quanto à sua manutenção devido ao desgaste natural e à falta de intervenções adequadas ao longo do tempo. Por esse motivo, foi selecionada como objeto desta investigação. O edifício, com mais de 70 anos, apresenta patologias em diversas partes, como fissuras, infiltrações e deterioração de elementos estruturais e de acabamento, evidenciando a necessidade de um estudo aprofundado para a proposição de medidas de conservação.

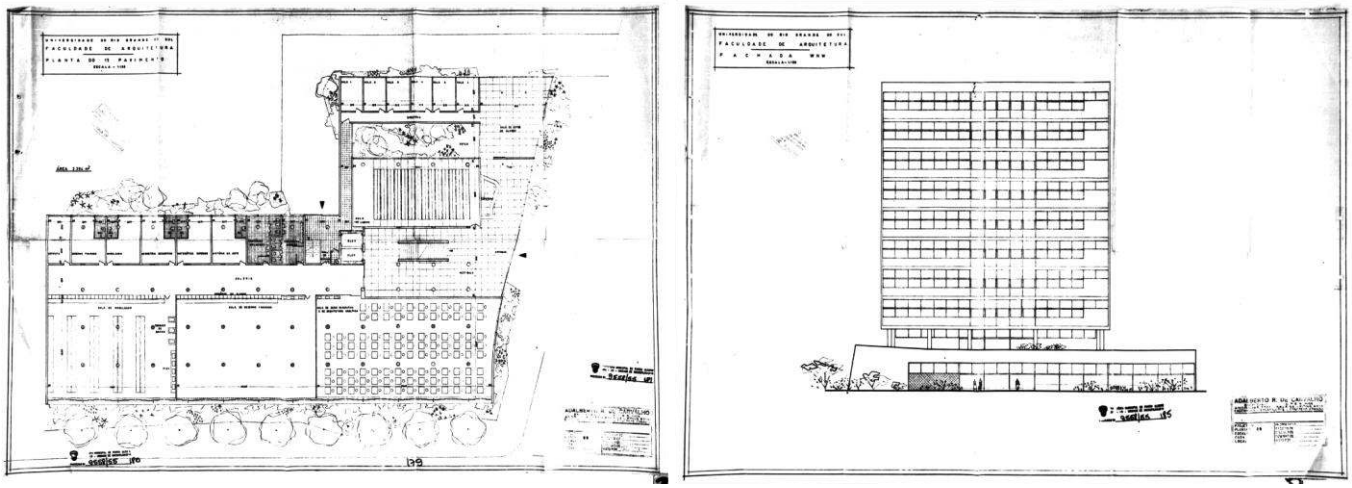
3 RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados obtidos ao longo das etapas de desenvolvimento do estudo. Inicialmente, são detalhadas as especificidades do processo de modelagem BIM, seguido do processo de captura da realidade. Na sequência, analisa-se a qualidade dos dados após o processamento. Por fim, são discutidos os resultados da interoperabilidade entre o modelo BIM e a nuvem de pontos.

3.1 BIM na documentação de edifícios

O projeto de pesquisa “O BIM na documentação de edifícios”, coordenado pela Profa. Dra. Monika Maria Stumpp, desenvolveu a modelagem do edifício em BIM, contando com a participação de estudantes de iniciação científica do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRGS. A modelagem foi feita com base nas plantas baixas digitalizadas dos projetos originais, pertencentes ao acervo da FA, as quais foram disponibilizadas pela direção da faculdade (Figura 3).

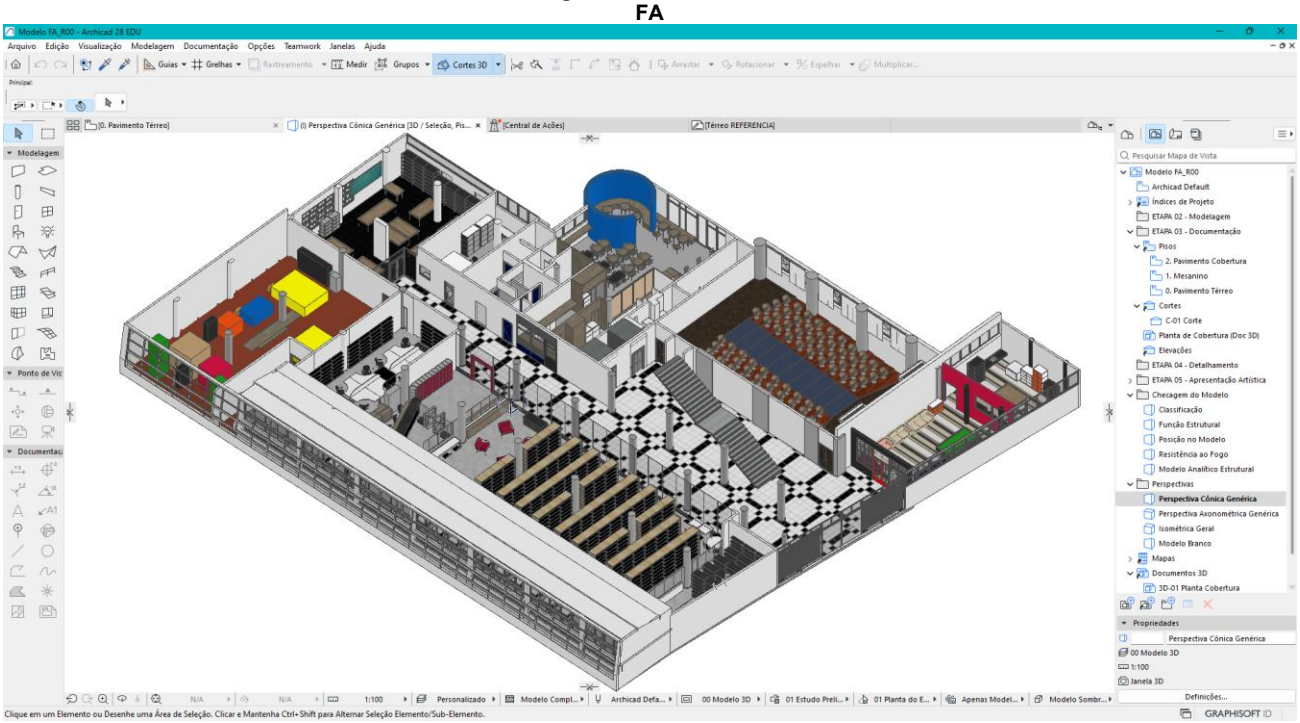
Figura 3: Projeto arquitetônico original, acervo da FA



Fonte: Acervo físico da FA disponibilizado pela coordenação do curso.

A modelagem foi feita no *software* Archicad 27, utilizando o *template* originalmente desenvolvido para a disciplina de Representação Gráfica I, que aborda conceitos de desenho técnico e representação arquitetônica (Figura 4). As medições iniciaram-se pelo pavimento térreo e foram organizadas por espaços, tendo a biblioteca da faculdade como primeiro ambiente modelado. Devido ao seu mezanino e pé-direito elevado, foi necessário utilizar trenas a *laser* para medições maiores e trenas manuais para detalhes. Durante o processo, as medições foram incorporadas diretamente ao modelo, abrangendo desde as paredes até o mobiliário. Com a finalização do primeiro pavimento, iniciaram-se as medições dos demais pavimentos.

Figura 4: Modelo BIM FA



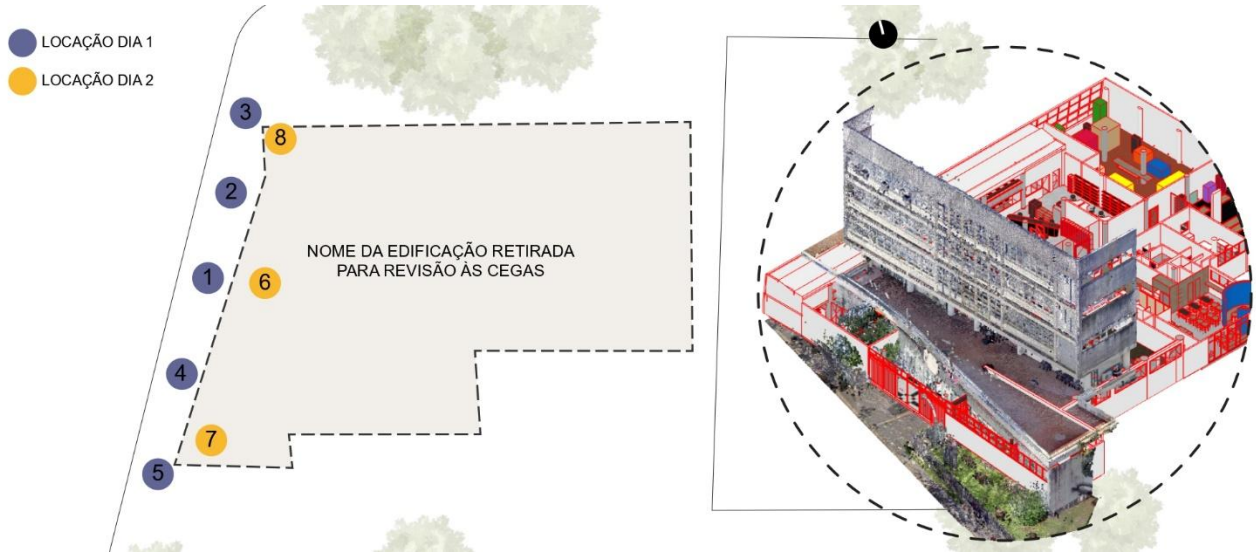
Fonte: Elaborada no projeto de pesquisa “O BIM na documentação de edifícios”.

Durante a modelagem do edifício, verificou-se que as plantas disponibilizadas estavam salvas em diferentes versões e apresentavam inconsistências entre si, o que dificultou a criação de um modelo confiável apenas com base nesses documentos. Para garantir a precisão da modelagem digital, optou-se por realizar medições diretas do edifício. Esse processo revelou incoerências entre as plantas oficiais e as dimensões reais da edificação, destacando a importância do BIM como ferramenta para identificar e corrigir diferenças documentais.

3.2 Processo de captura da realidade

Inicialmente, foram previstos oito pontos de captura (Figura 5, locação dias 1 e 2), com foco na fachada oeste, que dá acesso à edificação. Entretanto, ao interoperar a nuvem de pontos gerada com o modelo BIM do pavimento térreo, observou-se que essa seção não seria suficiente para aferir intercorrências. Constatou-se que, sem a captura do perímetro completo da edificação, não seria possível alinhar corretamente os elementos nem obter a conferência dos esquadros.

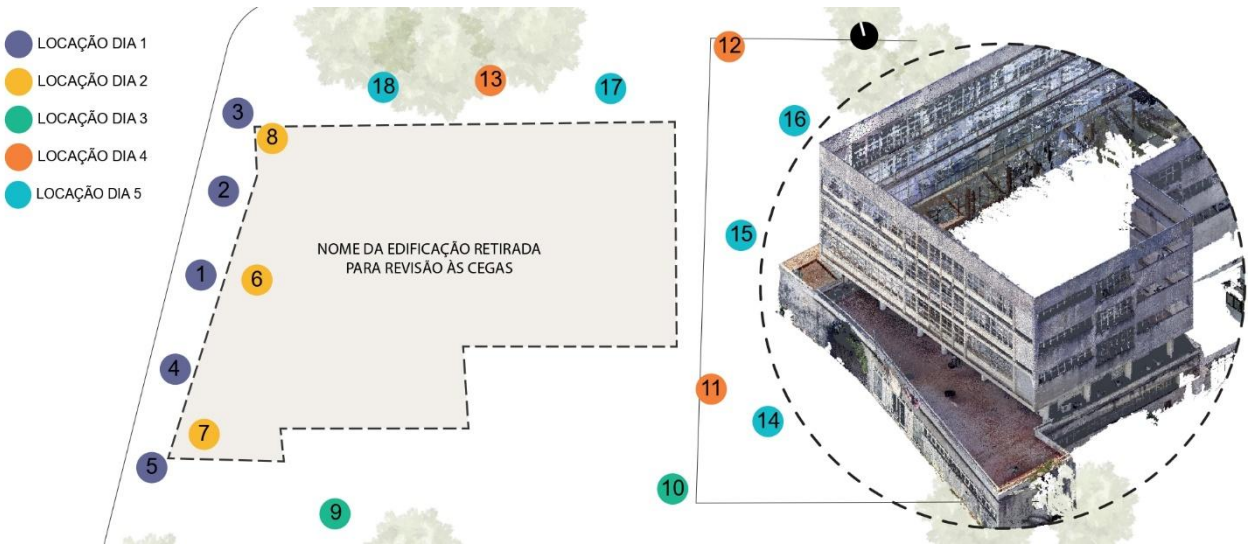
Figura 5: Primeira etapa da captura



Fonte: Elaborada pelos autores.

Assim, o planejamento das capturas foi ampliado. Na etapa seguinte, foram adicionados 10 pontos de locação do equipamento, para que, dessa forma, o perímetro total do pavimento térreo do edifício pudesse ser capturado. As locações ocorreram em dias diferentes, devido às alterações climáticas repentinas e à falta de bateria no equipamento (Figura 6).

Figura 6: Ampliação das locações do equipamento



Fonte: Elaborada pelos autores.

O equipamento utilizado para captura das informações, o *laser* terrestre Z+F IMAGER® 5010 (Figura 7), foi disponibilizado pelo LDSM do curso de pós-graduação em Design da universidade.

Figura 7: Equipamento utilizado



Fonte: Elaborada pelo projeto de pesquisa.

O equipamento tem um alcance nominal de 187 metros e uma taxa máxima de medição de 1.016.027 pixels/segundo. Suas especificações técnicas, segundo indicações do fabricante, estão apresentadas no Quadro 2 (Scanner..., 2025).

Quadro 2: Especificações técnicas Z+F IMAGER® 5010

ESPECIFICAÇÕES GERAIS	ARMAZENAMENTO E TRANSMISSÃO DOS DADOS	PAINEL DE CONTROLE INTEGRADO	INTERFACES
Compensador de duplo eixo Prumo a *laser* Precisão do prumo: 0,5 mm/1 m Diâmetro do ponto *laser*: < 1,5 mm a 1,5 m Nivelamento: nível eletrônico exibido na tela do equipamento e no LRC Comunicação: Ethernet/Wi-Fi	Memória interna: 64 GB (*flash*) Memória externa: 2 unidades *flash* USB de 32 GB cada Transmissão de dados: Ethernet ou USB 2.0	*Display* colorido para visualização de dados de varredura e imagens coloridas Funções de medição e navegação sensível ao toque de 5,7"	2 portas USB Conectores LEMO de 9 e 7 pinos para M-Cam e sensores externos (p. ex., GPS, odômetro)

Fonte: Elaborado pelos autores.

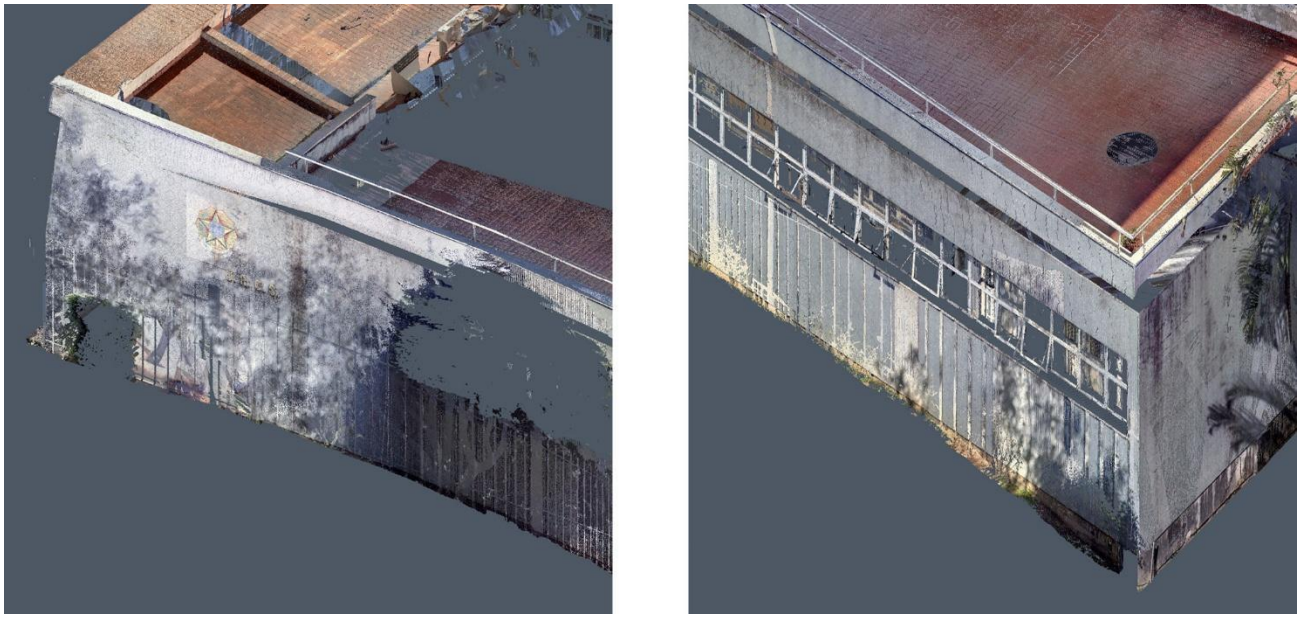
3.3 Qualidade da nuvem de pontos

O processo de varredura a *laser* funciona emitindo feixes de *laser* que atingem objetos no ambiente e retornam ao sensor, permitindo a medição precisa da distância entre o equipamento e o objeto. Dessa forma, cria-se um ponto a cada contato do *laser* com a superfície (Ferraz *et al.*, 2016).

Essa operação, no entanto, limita-se a capturar exclusivamente objetos visíveis a partir da posição do equipamento. Isso ocorre porque o feixe de *laser* se propaga em linha reta e não consegue atravessar obstáculos opacos, como paredes, móveis, pessoas, vegetações etc. Assim, qualquer objeto que esteja fora da linha de visão do equipamento ou coberto por outra superfície não será registrado. Essa limitação pode ocasionar lacunas na nuvem de pontos gerada, as quais também são chamadas de áreas sombreadas.

Essa intercorrência foi identificada no processamento dos dados, pois a edificação tinha vegetações localizadas no plano das fachadas (Figura 8). Assim, após a limpeza dos ruídos, foram observadas áreas sombreadas, com informações ocultas, na nuvem de pontos. Na fachada principal, a locação do equipamento foi planejada desde a calçada, dessa forma, além das vegetações, o cercamento do terreno causou áreas sombreadas na nuvem de pontos.

Figura 8: Qualidade da nuvem de pontos



Fonte: Elaborada pelos autores.

Para minimizar esses problemas, em geral utilizam-se varreduras em múltiplos ângulos e técnicas combinadas, como o uso de drones para alcançar imagens e capturas a partir de outras perspectivas. Porém, no caso desta investigação, o único dispositivo disponível era o SVLT. Mesmo com o planejamento da varredura, não havia a possibilidade de locação do equipamento entre vegetação e fachada.

Outra interferência relevante no processo de varredura a *laser* são os planos ou objetos compostos por vidros, espelhos ou superfícies reflexivas. A reflexão desses planos pode prejudicar a captura ou interferir na acurácia do objeto que está sendo capturado. Observou-se essa interferência nos planos da edificação que continham áreas envidraçadas, no entanto, os caixilhos das janelas foram capturados com qualidade suficiente para a possível modelagem futura.

3.4 Aferição da modelagem

A aferição da modelagem foi realizada comparando-se as informações obtidas por meio da nuvem de pontos com o modelo BIM, desenvolvido a partir dos registros existentes e do levantamento no local.

Para realizar esse processo, a nuvem de pontos foi integrada diretamente ao modelo BIM no *software* Archicad e sobreposições gráficas foram aplicadas para facilitar a identificação visual. Nessa fase, a captura da nuvem de pontos tinha como objetivo identificar os limites da edificação, permitindo, assim, realizar uma verificação inicial de limites, contornos, esquadros e alinhamentos.

A primeira análise visual revelou divergências, principalmente quanto aos limites da fachada oeste da edificação, onde se encontra a marcação do bloco de acesso, que tem um formato curvo (Figura 9).

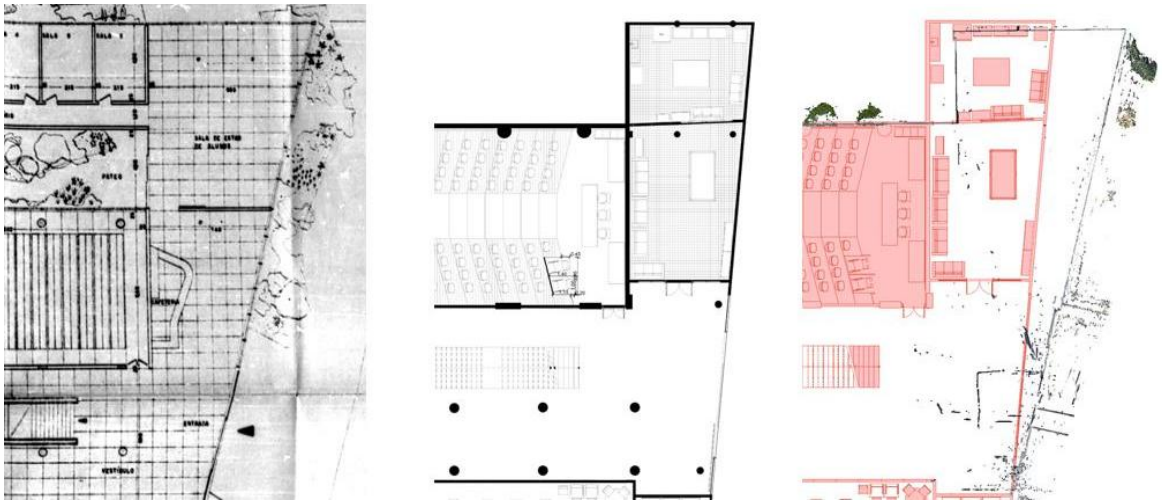
Figura 9: Aferição da modelagem



Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir dessa análise, avançou-se para a aferição de medidas, permitindo a detecção de desalinhamentos, inconsistências dimensionais e elementos não representados no modelo BIM. Observou-se que as alterações executadas durante a construção da obra não foram atualizadas nas documentações originais e que, mesmo seguindo os registros digitais para a produção do modelo BIM, essas medidas permaneceram em desacordo com o registro real obtido por meio da nuvem de pontos, conforme demonstrado no detalhe apresentado na Figura 10.

Figura 10: Detalhe da comparação entre registros



Fonte: Elaborada pelos autores.

Por fim, foram geradas documentações gráficas a fim de viabilizar a reconstrução do modelo digital com informações atualizadas, possibilitando ajustes e refinamentos para uma representação mais fiel da edificação. Esse processo permitiu identificar discrepâncias entre o modelo digital e a realidade construída, garantindo maior precisão no levantamento das informações.

4 DISCUSSÕES

Os resultados preliminares indicam que a aplicação do BIM na documentação de edificações com relevância arquitetônica pode acarretar benefícios significativos para a representação gráfica, para o ensino de

modelagem digital e para a preservação do patrimônio arquitetônico. A modelagem do edifício da FA/UFRGS demonstra que a digitalização detalhada de edificações pode ser uma estratégia eficaz para viabilizar estudos aprofundados sobre materiais, técnicas construtivas e conservação. Além disso, o processo de levantamento *in loco* e a constatação das diferenças documentais reforçam a importância do BIM na atualização e na confiabilidade da documentação arquitetônica.

Os principais achados incluem a identificação das melhores práticas para a modelagem BIM na documentação de edificações e a definição de um fluxo de trabalho otimizado para garantir maior eficiência e precisão na modelagem de edifícios históricos. Espera-se que os resultados evidenciem a viabilidade do BIM como ferramenta educacional e técnica, facilitando a aprendizagem, a gestão da informação arquitetônica e a criação de modelos acessíveis para o ensino e a pesquisa. A modelagem do edifício da FA/UFRGS se mostra essencial para validar as diretrizes metodológicas, pois apresenta complexidades geométricas e construtivas típicas do modernismo, exigindo estratégias específicas para sua representação digital.

Notou-se também que o planejamento da varredura a *laser* é crucial para a captura das informações. Deve-se levar em consideração fatores como o clima, a experiência dos operadores e as especificações técnicas do equipamento. A fase de processamento da nuvem de pontos e a limpeza de ruídos constituem um estágio crítico que exige habilidade e experiência dos operadores, pois se trata de uma etapa manual, na qual qualquer erro pode resultar em imprecisão ou alteração da realidade capturada.

Além disso, esse fluxo de conferência, ao integrar informações de captura da realidade no formato de nuvem de pontos ao contexto educacional, permite que alunos e docentes interajam com novas ferramentas para o ensino e incorporem novos fluxos de trabalho no âmbito do BIM.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das discussões apresentadas, fica evidente que a aplicação do BIM na documentação de edificações com relevância arquitetônica não apenas aprimora a representação gráfica e a confiabilidade dos registros, mas também se consolida como uma ferramenta essencial para o ensino, a pesquisa e a preservação do patrimônio. A modelagem do edifício da FA/UFRGS demonstrou que a digitalização detalhada, aliada à varredura a *laser*, possibilita um estudo mais aprofundado das técnicas construtivas e da materialidade da edificação, além de favorecer a análise crítica das documentações existentes.

A aferição da modelagem BIM por meio da nuvem de pontos gerada pela varredura a *laser* se mostrou fundamental para a identificação de inconsistências dimensionais e desalinhamentos não documentados nos registros originais. Esse processo permitiu verificar a precisão do modelo digital e realizar ajustes para garantir uma representação mais fiel à realidade construída. Além disso, evidenciou-se a importância do planejamento criterioso da captura de dados, visto que fatores como condições climáticas, experiência dos operadores e características técnicas do equipamento influenciam diretamente na qualidade das informações coletadas.

Observou-se que o fluxo de aferição por meio da nuvem de pontos é uma alternativa para reconstruir o modelo BIM sem a necessidade de modelar a edificação integralmente em um procedimento Scan-to-BIM, permitindo ajustes pontuais nas intercorrências encontradas. Esse fluxo apresenta ganhos em relação ao tempo de modelagem e ao manejo de arquivos federados. As limitações que impactam seu desenvolvimento estão relacionadas à aquisição de equipamentos, *softwares* e *hardwares* atualizados capazes de gerar e processar nuvens de pontos, bem como integrá-las aos modelos BIM desenvolvidos no projeto de pesquisa.

A modelagem BIM aferida configura-se como ponto de partida para a criação de gêmeos digitais voltados à operação e manutenção de edificações, nos quais, por meio de sensores de captura em tempo real, será possível monitorar dados dinâmicos da edificação, tais como temperatura, umidade, usabilidade dos espaços, deslocamento dos usuários, índices de CO_2, entre outros. Nesse contexto, para investigações futuras, propõe-se a ampliação do uso do escaneamento a *laser* e da modelagem BIM como ferramentas de apoio ao ensino, por exemplo, a partir da captura da realidade interna das edificações. Almeja-se, também, avaliar diferentes modelos de equipamentos para a obtenção de registros por varredura a *laser*, bem como utilizar as experiências adquiridas nesta pesquisa para estruturar estratégias pedagógicas aplicadas às disciplinas de representação gráfica e de projeto arquitetônico. O modelo gerado poderá, ainda, subsidiar ações de divulgação institucional no âmbito da Universidade, evidenciando a viabilidade do emprego dessas

tecnologias na operação e na manutenção de edificações existentes. Adicionalmente, os resultados obtidos podem fomentar projetos de extensão voltados à comunidade externa, contribuindo para a produção de documentações e modelos tridimensionais que atendam a demandas específicas.

AGRADECIMENTOS

O presente estudo é resultado dos conhecimentos adquiridos na disciplina Tecnologias 3D para Fabricação do programa de pós-graduação em Design da UFRGS. O Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LDSM) contribuiu com o fornecimento do equipamento utilizado para o levantamento cadastral digital. Ademais, a pesquisa conta com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes Brasil), por meio das bolsas de doutorado concedidas à primeira autora e ao segundo autor.

REFERÊNCIAS

AKCAMETE, A.; AKINCI, B.; GARRETT, J. Potential utilization of building information models for planning maintenance activities. *In:* THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 2010. **Proceedings [...].** Nottingham: Nottingham University Press, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/260056325_Potential_utilization_of_building_information_models_for_planning_maintenance_activities. Acesso em: 29 mar. 2025.

ALVES, S. S. O.; VEIGA, L. A. K.; MEDINA, A. S. Avaliação da qualidade posicional de varreduras laser terrestre para aplicações em arquitetura. **PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 13, p. e022012, 2022. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8659734. Acesso em: 29 mar. 2025.

ANDRIASYAN, M.; MOYANO, J.; NIETO-JULIÁN, J. E.; ANTÓN, D. From point cloud data to building information modelling: an automatic parametric workflow for heritage. **Remote Sensing**, [*s. l.*], v. 12, n. 7, 2020. Disponível em: https://www.mdpi.com/2072-4292/12/7/1094. Acesso em: 29 mar. 2025.

ASSESSORIA DE IMPRENSA DA UFRGS. Entrada do prédio. Porto Alegre: Museu da UFRGS, out. 2022. Disponível em: https://www.ufrgs.br/museutainacan/imagens-ufrgs/entrada-do-predio-4/. Acesso em: 29 mar. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462**: confiabilidade e mantenabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

CANUTO, C. L.; SALGADO, M. S. Modelo BIM do Palácio Gustavo Capanema 1937-1945: pela preservação digital do patrimônio moderno. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 101-116, jan. 2020. Disponível em: https://revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/152823. Acesso em: 29 mar. 2025.

CAPTURA de realidade para construção e engenharia. *In:* LEICA GEOSYSTEMS. [*S. l.*], 2025. Disponível em: https://leica-geosystems.com/pt-br/about-us/content-features/reality-capture-for-construction-and-engineering?&utm_medium=marketingemail&utm_source=google&utm_campaign=&utm_content=Email2. Acesso em: 29 mar. 2025.

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. Disponível em: https://revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/152828. Acesso em: 29 mar. 2025.

DIEHL, N. C. **Processo de criação de gêmeos digitais: estudo de caso CAFF**. 2024. 211 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024.

DIEHL, N. C.; BRUSCATO, L. M. Fase inicial para transformação de ativos públicos em gêmeos digitais. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC), 20., 2024, Maceió. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1-14. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/6069. Acesso em: 29 mar. 2025.

DIEHL, N. C.; BRUSCATO, L. M.; PONZIO, A. P.; GARCIA FILHO, D. O.; DANTAS, P. V. F. Oficina de modelagem com nuvem de pontos: integração de captura da realidade ao BIM. *In:* ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM, 5., 2023, Aracajú. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2023. p. 1. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/enebim/article/view/3425. Acesso em: 29 mar. 2025.

DIONIZIO, R. F.; DEZEN-KEMPTER, E. HBIM and GIS integration for Pampulha cultural landscape management: challenges and opportunities. **PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 15, p. e024018, 2024. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8674164. Acesso em: 29 mar. 2025.

DIONIZIO, R. F.; MARQUES, C. K. B.; DEZEN-KEMPTER, E. Em direção à tomada de decisões informadas baseada em gêmeos digitais com HBIM e IoT. **PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 15, p. e024022, 2024. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8677224/35411. Acesso em: 29 mar. 2025.

ESCOSTEGUY, C. V.; BARRETO, M. G. M.; PEIXOTO, L. M.; PEDROSO, J. V. S. T.; PREVEDELLO, M. B.; POSSEBON, E. P.; SILVA, D. B.; PACHLA, E. C.; GRIGOLETTI, G. C.; MELLO, G. P. Modelagem de projetos públicos: impactos e benefícios da modelagem BIM em uma obra federal. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1-10. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/5996. Acesso em: 29 mar. 2025.

FACULDADE de arquitetura. *In:* MUSEU DA UFRGS. Porto Alegre, 5 jul. 2021. Disponível em: https://www.ufrgs.br/museu/faculdade-de-arquitetura/. Acesso em: 29 mar. 2025.

FARO® As-Built™ Software Suite. Dados As-Built sob demanda por assinatura para projetos de construção. *In:* FARO. [*S. l.*], 2025. Disponível em: https://www.faro.com/pt-BR/Products/Software/As-BuiltTM-Software. Acesso em: 29 mar. 2025.

FERRAZ, R. S.; SOUZA, S. F.; REISS, M. L. L. Laser Scanner Terrestre: teoria, aplicações e prática. **Revista Brasileira de Geomática**, Pato Branco, v. 4, n. 2, p. 99-109, maio/ago. 2016.

FRANCO JÚNIOR, J. C.; COSTA, H. A.; MINTO FABRÍCIO, M. BIM and Aerial Photogrammetry: building documentation of E1 - USP São Carlos. *In:* CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 22., 2018, São Carlos. **Anais [...]**. São Paulo: Blucher, 2018. Disponível em: https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/bim-and-aerial-photogrammetry-building-documentation-of-e1-usp-so-carlos-29798. Acesso em: 29 mar. 2025.

HAJIAN, H.; BECERIK-GERBER, B. Scan to BIM: Factor affecting operational and computational errors and productivity loss. *In:* INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION, 27., 2010, Bratislava. **Anais [...].** Bratislava: ISARC, 2010. Disponível em: https://www.iaarc.org/publications/proceedings_of_the_27th_isarc/scan_to_bim_factors_affecting_operational_and_computational_errors_and_productivity_loss.html. Acesso em: 29 mar. 2025.

LOPES, I. T.; GROETELAARS, N. J.; CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. Automação da modelagem BIM a partir de nuvens de pontos: uma revisão sobre métodos e técnicas. **PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 14, p. e023010, 2023. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8669015. Acesso em: 29 mar. 2025.

MELLO, B. C. E.; FISCHMANN, D. P. Em busca do arquiteto perdido: Sérgio Ivan Nacinovic, autor do projeto da Faculdade de Arquitetura da UFRGS? **Paranoá**, Brasília, DF, v. 17, e54166, 2024. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/54166/40901. Acesso em: 29 mar. 2025.

MORAIS, N. A.; ESCOSTEGUY, C. V.; SILVA, D. B.; PACHLA, E. C.; POSSEBON, E. P.; BOLINA, F. L.; BARRETO, M. G. M. Incompatibilidades observadas no processo de transferência de informações CAD-BIM. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1-13. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/5841. Acesso em: 29 mar. 2025.

NUBA – Capture a realidade. *In:* APPLE. [*S. l.*], 2025. Disponível em: https://apps.apple.com/br/app/nuba/id6449946815. Acesso em: 29 mar. 2025.

REIS, J. V., DINIZ, S. G., MACIEL, A. C. F. Revisão sistemática da literatura sobre o uso da metodologia BIM para operação e manutenção. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2023, Aracajú. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2023. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/2483. Acesso em: 29 mar. 2025.

ROCHA, G.; MATEUS, L.; FERNÁNDEZ, J.; FERREIRA, V. A scan-to-BIM methodology applied to heritage buildings. **Heritage**, [*s. l.*], v. 3, n. 1, p. 47-67, 2020. Disponível em: https://www.mdpi.com/2571-9408/3/1/4. Acesso em: 29 mar. 2025.

RONTANI, S. P.; DIONIZIO, R.; DEZEN-KEMPTER, E. Challenges and opportunities of the integrated HBIM-GIS approach for urban cultural heritage management. *In:* INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IBERO-AMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS, 28., 2024, Barcelona. **Anais […].** Montevidéu: SIGraDi, 2024. p. 1649-1660.

SCANNER A LASER IMAGER® 5010. *In:* ARCHI Expo. [*S. l.*], 2025. Disponível em: https://www.archiexpo.com/pt/prod/zoller-frohlich/product-153618-1776935.html. Acesso em: 29 mar. 2025.

SOUZA, A. P. S.; MONTEIRO, L. A.; SOUZA, R. V. G. Análise de eficiência energética e de retrofit do sistema de ar condicionado de edificações universitárias. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2024. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/5774. Acesso em: 29 mar. 2025.

SUN, Z.; CAO, Y. K. Data processing workflows from low-cost digital survey to various applications: Three case studies of Chinese historic architecture. *In:* THE INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, 25., 2015, Taipei. **Proceedings [...].** Hannover: ISPRS, 2015. p. 409-416. Disponível em: https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XL-5-W7/409/2015/isprsarchives-XL-5-W7-409-2015.pdf. Acesso em: 29 mar. 2025.

UFRGS TV. **70 Anos da Faculdade de Arquitetura - Conhecendo a UFRGS**. Porto Alegre: UFRGS TV, 21 out. 2022. 1 vídeo (27 min 39 s). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=mXAlwOG4ZxE. Acesso em: 29 mar. 2025.

VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. **Automation in Construction**, [*s. l.*], v. 38, p. 109-127, 2014. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092658051300191X. Acesso em: 29 mar. 2025.

WOJCIECHOWSKI, A. M.; SCHRAMM, F. K.; ZAMBRANO, J. Investigação das aplicações do BIM na gestão da manutenção predial. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2024. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/6381. Acesso em: 29 mar. 2025.

WU, C.; YUAN, Y.; TANG, Y.; TIAN, B. Application of terrestrial laser scanning (TLS) in the architecture, engineering and construction (AEC) industry. **Sensors**, [*s. l.*], v. 22, n. 1, p. 265. Disponível em: https://www.mdpi.com/1424-8220/22/1/265. Acesso em: 29 mar. 2025.