



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS RUSSAS**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**KARINA RODRIGUES ALVES**

**SCAN-TO-BIM APLICADO AO PATRIMÔNIO HISTÓRICO: SOBRADO DR. JOSÉ  
LOURENÇO, EM FORTALEZA/CE**

**RUSSAS**  
**2025**

KARINA RODRIGUES ALVES

SCAN-TO-BIM APLICADO AO PATRIMÔNIO HISTÓRICO: SOBRADO DR. JOSÉ  
LOURENÇO, EM FORTALEZA/CE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia Civil da  
Universidade Federal do Ceará, Campus  
Russas, como requisito parcial à obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Esequiel Fernandes  
Teixeira Mesquita.

RUSSAS

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

R613s Rodrigues, Karina.  
Scan-to-BIM aplicado ao patrimônio histórico: Sobrado Dr. José Lourenço, em Fortaleza/CE/  
Karina Rodrigues. – 2025.  
69 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de  
Russas, Curso de Curso de Engenharia Civil, Russas, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita.

1. Preservação do Patrimônio Histórico. 2. Scan-to-BIM. 3. Nuvem de pontos . 4. Laser Scanner.  
5. Fotogrametria. I. Título.

CDD 620

---

KARINA RODRIGUES ALVES

SCAN-TO-BIM APLICADO AO PATRIMÔNIO HISTÓRICO: SOBRADO DR. JOSÉ  
LOURENÇO, EM FORTALEZA/CE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia Civil da  
Universidade Federal do Ceará, Campus  
Russas, como requisito parcial à obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 21/02/2025

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita. (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Mylene de Melo Vieira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. M.Sc. Carlos Eugenio Moreira de Sousa  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças e sabedoria para concluir esta etapa. Aos meus familiares, pelo amor e apoio incondicional em todos os momentos. Aos meus orientadores, pela paciência, dedicação e valiosas orientações. E a todos os amigos e colegas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Meu sincero obrigado!

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, acima de tudo, pela força, sabedoria e saúde que me permitiram chegar até aqui. Por iluminar meus caminhos, mesmo nos momentos de dúvida, e por me dar coragem para superar os desafios encontrados ao longo desta jornada. Sem Sua presença constante e Seu cuidado amoroso, este sonho não teria se tornado realidade. Toda honra e glória sejam dadas a Ele.

Agradeço à minha família, minha base e meu alicerce, por todo o amor, paciência e apoio incondicional. Aos meus pais, pela dedicação, pelos ensinamentos e por acreditarem no meu potencial, mesmo nos momentos em que eu duvidei de mim mesmo. Aos meus irmãos. Cada conquista alcançada neste trabalho reflete o cuidado, os valores e a força que vocês sempre me transmitiram. Sou profundamente grata.

Aos meus avós, tios e primos, que sempre estiveram presentes. Obrigado por todo o carinho e apoio durante esta jornada.

Agradeço a Ana Laura, por todo o apoio, paciência e carinho durante essa jornada. Nos momentos de dúvida, você esteve ao meu lado, oferecendo palavras de encorajamento e confiança. Sua presença fez toda a diferença.

Aos meus grandes amigos, Gilmário Ribeiro e Emerson Martins, que tornaram esta jornada acadêmica mais leve e significativa, deixo minha sincera gratidão. Obrigado pelas palavras de incentivo, pelas conversas que renovaram minha motivação e pelos momentos de descontração que me ajudaram a seguir em frente. Vocês estiveram ao meu lado nos desafios e nas conquistas, mostrando que a amizade verdadeira é um dos maiores presentes da vida. Este trabalho também é fruto do apoio e companheirismo de cada um de vocês.

Agradeço minha grande amiga Luana que desde que fui morar em Russas esteve ao meu lado acompanhando cada alegria de conquistas, pelo apoio e cuidado. Aos que entraram em minha vida através dela como Yuri, Lucas, Nilo, Liana, Valbecir, Manu, Alice, Darliano, Bruna e Thais que foram pessoas que marcaram desde a minha chegada na UFC e até o último dia. Obrigada por cada saída para tomar um sorvete na véspera de prova, pelo apoio nos perrengues, os almoços em “família”. Obrigada por cada momento de risadas intensas e cuidado que sempre tivemos uns com os outros.

Agradeço, aos meus amigos Michael, João Pedro e Hyago, que compartilharam comigo o último ano de faculdade. A amizade de vocês foi uma fonte constante de força e motivação, principalmente neste último ano que exigiu tanta dedicação. Obrigada por cada noite virados

estudando juntos, por cada momento de lazer, por cada conversa e obrigada por terem subido três lances de escada para ajudar na mudança.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à LC Engenharia & Locação pelo apoio e pelas oportunidades que me proporcionou. É um privilégio fazer parte desta equipe dedicada, onde aprendo e cresço a cada dia. Agradeço a todos os colegas pelo companheirismo e à empresa pela confiança em meu trabalho. Agradeço aos meus amigos de trabalho Jesrael e Talvanes que me ensinaram engenharia na prática e pelo incentivo a ser uma ótima profissional.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao meu orientador, Professor Esequiel Mesquita, pela orientação, paciência e dedicação ao longo desta trajetória. Sua experiência e conhecimento foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço pela confiança depositada em mim, pelos valiosos conselhos e pela generosidade em compartilhar seu tempo e sabedoria. Sem sua orientação, este trabalho não teria alcançado o nível de qualidade que alcançou. Sou muito grato por todo o apoio recebido.

Agradeço imensamente à Professora Mylene Vieira, pelo apoio e confiança ao longo dessa jornada. Sua sabedoria e generosidade ao compartilhar seus conhecimentos foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico. Agradeço pela paciência, pelas valiosas sugestões e por sempre me incentivar a buscar a excelência.

A todos os professores e amigos que, de alguma maneira, contribuíram para o meu percurso acadêmico, meu sincero agradecimento.

À FUNCAP, por todo o apoio financeiro ao projeto de pesquisa, do qual tenho imenso orgulho em fazer parte, e que foi o ambiente onde surgiu a idealização deste trabalho.

Agradeço, também, a todos aqueles que, de forma indireta, contribuíram para a realização deste trabalho. Seja através de palavras de motivação, compartilhamento de experiências ou mesmo pela inspiração proporcionada em pequenos gestos, cada contribuição foi essencial.

“Dedico este trabalho ao meu futuro eu, que colherá os frutos desta jornada de aprendizado e conhecimento.”

## RESUMO

A preservação do patrimônio arquitetônico envolve conceitos fundamentais de conservação, teorias de restauro e tecnologias de intervenção. No contexto do patrimônio histórico, destacam-se o reuso adaptativo e o Building Information Modeling (BIM) como ferramentas essenciais para a documentação e preservação. Tecnologias digitais, como varredura a laser e fotogrametria, aumentam a precisão e eficiência na captação de dados, permitindo a conservação detalhada dessas edificações. O Historic Building Information Modeling (HBIM) adapta o BIM para o contexto do patrimônio histórico, possibilitando a modelagem detalhada e a gestão eficiente ao longo do tempo. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo aplicar o processo Scan-to-BIM ao Sobrado Dr. José Lourenço, com foco na documentação e preservação da edificação. Para isso, utiliza técnicas avançadas, como laser scanner 3D e fotogrametria de alta resolução, para gerar um modelo HBIM detalhado. O processo Scan-to-BIM inicia-se com a captura digital da edificação por meio do escaneamento 3D, gerando uma nuvem de pontos que representa com alta precisão a geometria e textura do ambiente. Essa nuvem é processada e refinada em softwares como Recap, eliminando interferências e otimizando os dados. Em seguida, a modelagem BIM é desenvolvida em plataformas como Revit, onde elementos arquitetônicos são recriados com base na nuvem de pontos. O caso do Sobrado Dr. José Lourenço exemplifica a importância do laser scanner na preservação do patrimônio arquitetônico, permitindo um levantamento preciso e detalhado, essencial para documentação e futuras intervenções. A tecnologia possibilitou a captura fiel de elementos como esquadrias, volumetrias, portas, janelas e ornamentos, assegurando um modelo 3D alinhado à edificação real. Além disso, a preservação digital viabilizou a criação de representações virtuais interativas, ampliando o acesso ao patrimônio e garantindo sua integridade histórica para as gerações futuras. Dessa forma, a adoção do HBIM se apresenta como uma ferramenta eficiente para agilizar e aprimorar o processo de documentação, monitoramento e conservação do patrimônio arquitetônico.

**Palavras Chave:** preservação do patrimônio histórico; scan-to-BIM; tecnologia laser scanner; nuvem de pontos; Sobrado Dr. José Lourenço

## ABSTRACT

The preservation of architectural heritage involves fundamental conservation concepts, restoration theories, and intervention technologies. In the context of historical heritage, adaptive reuse and Building Information Modeling (BIM) stand out as essential tools for documentation and preservation. Digital technologies, such as laser scanning and photogrammetry, increase the accuracy and efficiency of data capture, allowing for the detailed conservation of these buildings. Historic Building Information Modeling (HBIM) adapts BIM to the context of historical heritage, enabling detailed modeling and efficient management over time. In this sense, this study aims to apply the Scan-to-BIM process to the Sobrado Dr. José Lourenço, focusing on the documentation and preservation of the building. To this end, it uses advanced techniques, such as 3D laser scanning and high-resolution photogrammetry, to generate a detailed HBIM model. The Scan-to-BIM process begins with the digital capture of the building through 3D scanning, generating a point cloud that represents the geometry and texture of the environment with high precision. This cloud is processed and refined in software such as Recap, eliminating interference and optimizing the data. BIM modeling is then developed in platforms such as Revit, where architectural elements are recreated based on the point cloud. The case of Sobrado Dr. José Lourenço exemplifies the importance of laser scanning in preserving architectural heritage, allowing for precise and detailed surveys, essential for documentation and future interventions. The technology has enabled the faithful capture of elements such as frames, volumes, doors, windows and ornaments, ensuring a 3D model aligned with the real building. In addition, digital preservation has enabled the creation of interactive virtual representations, expanding access to heritage and ensuring its historical integrity for future generations. Thus, the adoption of HBIM presents itself as an efficient tool to streamline and improve the process of documentation, monitoring and conservation of architectural heritage. **Keywords:** historical heritage preservation, laser scanner technology, point cloud, Sobrado Dr. José Lourenço.

**Keywords:** preservation of historical heritage; scan-to-BIM; laser scanner technology; point cloud; Sobrado Dr. José Lourenço.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Campo de visão do laser.....	22
Figura 2 - Representação do funcionamento do laser scanner BLK 360 .....	22
Figura 3 - (a) Sobreposição de arquivos:um modelo 3D de fachada metálica em Revit e nuvem de pontos (b) modelo 3D de fachada metálica em Revit e AutoCAD 2D (c) modelo 3D completo em REVIT e nuvem de pontos .....	23
Figura 4 - Representação da nuvem de pontos do objeto scaneado .....	24
Figura 5 – (a) Scaneamento do ambiente; (b) Nuvem de pontos gerada pelo BLK 360; (c) Alinhamento de Cena sendo processada no Cyclone Register 360 PLUS; (d) Visualização de uma cena .....	25
Figura 6 - Estágios da geração de um modelo 3D fotométrico; a)nuvem de pontos e ângulos de câmera b) nuvens densas c) malhas de nuvens densas d) modelo fotogramétrico 3D.....	26
Figura 7 - Nuvem do Sobrado Dr. José Lourenço e construções adjacentes no software RecapPro .....	28
Figura 8 - Representação de limpeza da nuvem.....	28
Figura 9 - Registro do Cyclone-Field atuando em campo : (a) e (b).....	29
Figura 10 - Representação de modelagem famílias no software Revit; (1) Janela , (2) Porta .....	33
Figura 11 - Mapa de localização do Sobrado Dr. José de Alencar e marcos arquitetônicos próximos..	35
Figura 12 - Representação da reforma do Sobrado Dr. José Lourenço; (1) O sobrado na década de 70; (2) Monumento após a reforma.....	36
Figura 13 a - Sala de Exposição .....	37
Figura 14 - Fluxograma do processo Scan-to-BIM.....	39
Figura 15 - Localização das estações ( pontos em vermelho) para captura da nuvem de pontos .....	40
Figura 16 – Passo a passo da instalação do BLK 360 em tripé.....	42
Figura 17 – Captura da camerâ do laser scanner.....	42
Figura 18 - Representação do Cyclone Field em campo; (a) Tela inicial do software; (b) Representação do setup capturado em campo; (c)Alinhamento visual das estações; (d) Representação da nuvem de pontos no software Leica Cyclone FIELD .....	43
Figura 19 - Nuvem de Pontos Bruta no Recap.....	44
Figura 20 - Fotografias registradas pelo drone <i>Phantom 4 ProV1</i> .....	45
Figura 21 - Nuvem de pontos do telhado do Sobrado Dr. José Lourenço, gerada no software Reality Capture .....	46
Figura 22 - Nuvem de pontos no Revit .....	47
Figura 23 -Criação de níveis no Revit.....	47
Figura 24 - Representação da captura da nuvem de pontos e a modelagem das alvenarias presente no Pavimento Térreo .....	48
Figura 25 - Corte para representar a criação de lajes e pisos nos pavimentos .....	49
Figura 26 - Visualização da nuvem e modelagem da escada metálica.....	49

Figura 27 - Modelagem da fachada utilizando a nuvem de pontos.....	50
Figura 28 - Nuvem de Pontos do Sobrado Dr. José Lourenço no software ReCapPro.....	52
Figura 29 - (a) Fachada frontal, (b) fachada posterior, (c) fachada lateral esquerda e (d) fachada lateral direita em nuvem de pontos da igreja.....	53
Figura 30 - (a) Nuvem de pontos na caixa de corte; (b) Recorte aplicado em ambiente desejado.....	54
Figura 31 - Modelo 3D HBIM do Sobrado Dr. José Lourenço (a) Vista lateral esquerda; (b) Vista lateral direita; (c) Corte longitudinal.....	55
Figura 32 - Representação da nuvem de pontos sobreposta a modelagem.....	56
Figura 33- Arcos capturados pela nuvem de pontos aplicado a modelagem.....	56
Figura 34 - Visualização de esquadrias do lado esquerdo através da nuvem de pontos.....	57
Figura 35 - Modelagem das esquadrias apartir da nuvem de pontos.....	57
Figura 36 - Famílias de Portas e Janelas criadas no Revit com caracteriscas do monumento histórico.....	58

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
HBIM	Historic Building Information Modeling
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
NBR	Norma Brasileira Regulamentar

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>19</b>
<i>1.1.1</i>	<i>Objetivo Geral.....</i>	<i>19</i>
<i>1.1.2</i>	<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>19</i>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>A salvaguarda do patrimônio histórico-cultural mediante a utilização de tecnologias digitais .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2</b>	<b>Tecnologias de Levantamento Digital .....</b>	<b>21</b>
<i>2.2.1</i>	<i>Laser Scanner.....</i>	<i>21</i>
<i>2.2.2</i>	<i>Fotogrametria Digital .....</i>	<i>25</i>
<b>2.3</b>	<b>Processamento de etapas do 3D Laser Scanning.....</b>	<b>26</b>
<i>2.3.1</i>	<i>Planejamento e aquisição de dados .....</i>	<i>26</i>
<i>2.3.2</i>	<i>Pré -processamento .....</i>	<i>27</i>
<i>2.3.3</i>	<i>Processamento.....</i>	<i>29</i>
<b>2.4</b>	<b>A importância do BIM na documentação e gerenciamento de edificações .....</b>	<b>29</b>
<b>2.5</b>	<b>HBIM na Preservação do Patrimônio Histórico .....</b>	<b>30</b>
<i>2.5.1</i>	<i>Criação do modelo 3D HBIM.....</i>	<i>31</i>
<i>2.5.2</i>	<i>Modelagem BIM e Classificação de famílias no Revit.....</i>	<i>32</i>
<b>2.6</b>	<b>A Documentação como Instrumento de Preservação .....</b>	<b>33</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização histórica e arquitetônica do Sobrado Dr. José Lourenço .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2</b>	<b>Levantamento dos Dados.....</b>	<b>39</b>
<i>3.2.1</i>	<i>Planejamento do levantamento.....</i>	<i>39</i>

3.2.2	<i>Aquisição de dados</i> .....	40
3.2.3	<i>Processamento da Nuvem de Pontos</i> .....	43
3.2.4	<i>Fotogrametria</i> .....	45
3.3	<b>Modelagem 3D HBIM</b> .....	46
3.3.1	<i>Importação da Nuvem de Pontos no Revit</i> .....	46
3.3.2	<i>Configuração Inicial do Projeto e Alinhamento da Nuvem</i> .....	47
3.3.3	<i>Criação de Elementos Baseados na Nuvem de Pontos</i> .....	48
3.3.4	<i>Documentação e aplicação</i> .....	50
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	52
4.1	<b>Nuvem de Pontos</b> .....	52
4.2	<b>Modelo 3D HBIM do Sobrado Dr. José Lourenço</b> .....	54
4.2.1	<i>Criação e Gestão de Famílias Parametrizadas no Revit</i> .....	56
5	<b>CONCLUSÃO</b> .....	59
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	63

## 1 INTRODUÇÃO

O uso de tecnologias digitais para a documentação arquitetônica cresce a cada dia, permitindo superar muitas limitações das técnicas tradicionais e criar novas formas de registro, inventariação, conservação, restauração e apresentação do patrimônio cultural. As vantagens das técnicas digitais incluem: maior precisão na coleta e registro dos dados, flexibilidade na geração dos produtos, facilidade de armazenamento, difusão e atualização da informação (Nogueira, 2010).

O patrimônio cultural é único e não renovável, enquanto as informações digitais sobre o patrimônio cultural têm as vantagens de serem armazenadas permanentemente e convenientemente copiadas e compartilhadas. Portanto, pode fornecer um novo método para conservação científica, pesquisa, exposição interativa, bem como utilização do patrimônio cultural. Os desenvolvimentos atuais em redes de computadores, multimídia, realidade virtual e inteligência artificial forneceram uma base sólida para a digitalização de informações sobre o patrimônio cultural. As informações digitais sobre relíquias culturais abrangem muitos aspectos, incluindo informações visuais, como imagem, vídeo e modelos 3D, e informações não visuais, como componentes, estrutura interna e ambiente de conservação. As informações digitais passam pelos seguintes processos: aquisição e percepção, análise e reconhecimento, transmissão e exibição (Lu; Pan, 2010).

O destaque para varredura a laser e a fotogrametria digital se dá dentre os seus inúmeros atributos, por resultar em uma nuvem de pontos, produto este que apresenta alta precisão e um grande volume de informações geométricas. A nuvem de pontos constitui um conjunto de pontos dentro de um mesmo sistema de coordenadas, mas não apresenta informação além da geometria do objeto levantado. Embora este produto já seja um modelo geométrico, ele é pesado e de difícil manuseio, sendo necessária a conversão para um outro tipo de modelo, de superfícies ou sólido, ou ainda baseado em objetos paramétricos, de modo a se definir atributos geométricos, topológicos e semânticos (Facundo López et al., 2018).

Eastman et al. (2014, p. 13) definem o Building Information Modeling (BIM) como “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”. É composto por uma plataforma digital que integra políticas, processos e tecnologias para o gerenciamento da informação durante todo o ciclo de vida de um edifício (Succar, 2009), utilizando um modelo tridimensional do edifício construído digitalmente com dados paramétricos, tendo como princípio a interoperabilidade, o que permite

que um mesmo arquivo de projeto, com diferentes extensões, possa ser submetido a diferentes análises, pois possui um formato suportado por diferentes programas computacionais, facilitando trocas de dados e interação entre os especialistas envolvidos (Brigitte;Ruschel, 2016).

Neste sentido, o uso da nuvem de pontos como base para criação do modelo BIM vem sendo denominado como “Scan-to-BIM” (Facundo López et al., 2018; Rocha et al., 2020; Allegra et al., 2020). O processo “Scan-to-BIM”, quando realizado de forma “manual” (ou interativa) é dado pelas etapas: (1) Aquisição de dados (através do escaneamento a laser ou levantamento fotográfico); (2) Registro das nuvens de pontos (união das mesmas num único sistema de coordenadas); (3) Modelagem BIM (Hajian; Becerik-Gerber, 2010; Agapaki; Brilaks, 2018a; Bosché; Haas, 2008).

O Historic Building Information Modeling (HBIM) nada mais é que a extensão do conceito BIM para as edificações históricas e visa a documentação, a análise e a conservação de edifícios históricos (Tolentino,2018). O HBIM direciona os edifícios e embora que essas construções apresentem inúmeras maneiras de uso, atualmente a utilização de prédios históricos como centro cultural tem se tornado bem comum (Oliveira, 2017). Esses espaços, além de ser uma forma de preservação, torna-se uma oportunidade de ensino para os visitantes, permitindo que essas pessoas possam ter acesso à adereços antigos e assim conhecer o seu valor para o patrimônio histórico ( Leite; Silva ,2022).

O HBIM consiste em um procedimento que se aplica a edifícios que já existem, podendo ser monumentais ou construções simplificadas de interesse histórico, que intensifica de forma considerável a potência do método BIM. O HBIM cria modelos de edifícios já existentes, indo além do desenho digital e geométrico 3D, dispendo de padrão inteligente que fornece informações. O HBIM determina um método novo de trabalho, e não uma nova tipologia de projeto. Esse procedimento possibilita a projeção do edifício existente elaborando um modelo do próprio edifício, apresentando a maior parte das suas especificidades de maneira mais real possível (Almeida & Inojosa ,2021).

Segundo Vieira et al. (2023), “a valorização de edifícios históricos pode ser muito beneficiada pela atualização da documentação existente. O BIM (Building Information Modelling) pode criar um modelo capaz de ser enriquecido por novas informações de acordo com o dinamismo do edifício histórico ao longo do tempo. A precisão da nuvem de pontos dados permitem a geração de modelo 3D de detalhes dos elementos históricos. O resultado da modelagem também tem uma vantagem em permitir uma compreensão profunda dos volumes e profundidades do elemento”.

Gerar um modelo 3D semanticamente orientado de uma edificação existente sem um modelo digital anterior é uma tarefa complexa. A prática atual consiste em usar o modelo geométrico 3D georreferenciado disponível como base em um software de modelagem BIM no qual o operador faz a identificação dos objetos manualmente e cria o modelo através da inserção da nuvem de pontos no ambiente de modelagem. Ademais, toda a etiquetagem dos componentes paramétricos é feita manualmente. Este processo é demorado e sujeito a erros. Os programas de modelagem BIM disponíveis no mercado, como o Revit (Autodesk), AECOSim (Bentley), ArchiCAD (Graphisoft), Tekla Structures (Tekla) ou Allplan (Nemetschek), são algumas das tecnologias disponíveis para modelagem baseada na nuvem de pontos (Cogima,2019).

O trabalho de Vieira et al. (2023) é relevante para a área de digitalização do patrimônio histórico e laser scanner, pois apresenta uma aplicação prática e bem-sucedida de uma abordagem integrada para a documentação de um edifício histórico complexo e significativo. Destacam-se positivamente como pontos fortes a descrição detalhada da metodologia utilizada, a comparação entre as diferentes formas de documentação ao longo do tempo, e a discussão dos benefícios e desafios da aplicação da tecnologia digital e da metodologia BIM para a documentação do patrimônio histórico. O artigo tem como pontos fracos a ausência de uma avaliação quantitativa da precisão e da qualidade dos dados obtidos. Em suma, esse trabalho tem considerável valor científico e é fonte confiável e atualizada de conhecimento na área do patrimônio histórico (Rubens, 2023, p.56).

Este trabalho tem como objetivo descrever o processo de desenvolvimento de um modelo BIM para o Sobrado Dr. José Lourenço, a partir de dados obtidos por técnicas avançadas, como o laser scanner 3D e a fotogrametria de alta resolução. A criação do modelo HBIM busca demonstrar, de forma experimental, o nível de detalhamento alcançável a partir da nuvem de pontos, além das informações que podem ser incorporadas ao modelo. O intuito é que o modelo seja útil em todas as fases do ciclo de vida da edificação, oferecendo suporte para a análise e conservação do edifício. Além disso, pretende-se comprovar que a adoção do H-BIM pode tornar o processo de documentação e monitoramento do patrimônio histórico mais ágil e eficiente, assegurando a preservação efetiva do bem por meio da integração entre tecnologia e ferramentas de gestão.

## **1.1 Objetivos**

### ***1.1.1 Objetivo Geral***

Aplicar o processo Scan-to-BIM no patrimônio histórico Sobrado Dr. José Lourenço, com foco na documentação.

### ***1.1.2 Objetivos Específicos***

- Capturar dados geométricos do Sobrado Dr. José Lourenço com o uso do equipamento Laser Scanner Terrestre BLK 360;
- Processar os dados geométricos obtidos na captura para obtenção da nuvem de pontos;
- Desenvolver o modelo 3D HBIM do Sobrado Dr. José Lourenço com o uso do software Revit;
- Documentação do patrimônio histórico.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A salvaguarda do patrimônio histórico-cultural mediante a utilização de tecnologias digitais

Em 1920 que o assunto do patrimônio começa a ser abordado no Brasil, sendo visto como basilar sob a ótica política, por meio do ato de proteger monumentos e artefatos de valor (FONSECA,1997). O olhar para esse fator se deu por causa do estado ruim de conservação dos elementos histórico-nacionais, suscitando debates entre estudiosos e pesquisadores da época em meios comunicacionais e em entidades do governo (Cogima,2019).

O conceito de patrimônio histórico deve abranger as múltiplas dimensões culturais, caracterizando-se como representação de um passado vivo, envolvendo desde coisas e acontecimentos que merecem ser preservados, pois tem uma importância coletiva.

De acordo com Gonçalves (1988, p. 266) “os chamados patrimônios culturais podem ser interpretados como coleções de objetos móveis e imóveis, através dos quais é definida a identidade de pessoas e de coletividades como a nação, o grupo étnico etc.” E para reforçar este entendimento, Fonseca (2005, p. 37) afirma que a noção de patrimônio cultural vincula-se “à construção de uma coleção de coisas que teriam um valor nacional, que se fundaria no pertencimento a uma comunidade, no caso, a nação”. Assim, a preservação dos bens culturais desempenha um papel essencial na construção e manutenção da memória coletiva dos diversos grupos que compõem a sociedade.

A documentação de um bem cultural tem como finalidade conservar a imagem e a história deste, visando a sua preservação. Além disso, dada a falta de reconhecimento da importância destes bens por grande parte da população, a documentação encerra um significativo papel na construção da compreensão do valor do patrimônio arquitetônico brasileiro (Amorim, 2008).

A documentação arquitetônica compreende um processo complexo que envolve planejamento, aquisição, processamento, indexação, armazenamento, recuperação e difusão de dados, informações e metadados, gráficos e não gráficos, que são de fundamental importância para salvaguardar esses monumentos (Amorim, 2011). Documentar ou registrar o patrimônio cultural significa capturar informações tanto tangíveis quanto intangíveis, contribuindo para a compreensão e preservação do mesmo, assim como de seus valores, promovendo o interesse e o envolvimento das pessoas com esses bens (Nogueira, 2010).

A digitalização do patrimônio cultural é um campo em rápido crescimento que se concentra na criação de representações digitais precisas e detalhadas de objetos, estruturas e lugares com significado histórico, cultural e artístico. É um processo essencial para preservar, documentar e acessar virtualmente o patrimônio histórico, contribuindo para sua divulgação, pesquisa e conservação (Silva; Groetelaars, 2021).

Os desenvolvimentos tecnológicos tornaram-se uma prática crucial na conservação da história. Uma das maiores inovações nesse sentido é a própria digitalização. Usando scanners 3D e programas de modelagem especializados, podemos criar réplicas realistas de monumentos, esculturas e obras de arte. Dessa forma, estaríamos garantindo a preservação virtual desses itens caso os originais sejam danificados com o tempo. Além da manutenção de registros, essas versões virtuais significaram suporte para pesquisas e estudos, bem como possibilitaram visitas virtuais, facilitando assim o acesso ao patrimônio, especialmente onde as viagens são difíceis.

No contexto de digitalização de patrimônios históricos, o laser scanning desempenha um papel importante. Ele permite a captura rápida e precisa de dados tridimensionais, gerando nuvens de pontos que representam a superfície do objeto ou ambiente escaneado (Shanoer; Abed, 2018).

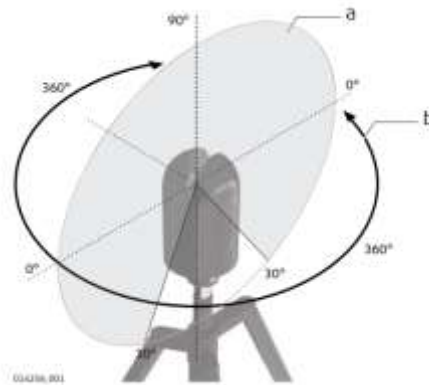
## **2.2 Tecnologias de Levantamento Digital**

### ***2.2.1 Laser Scanner***

3D Laser Scanning é uma tecnologia que permite a obtenção de nuvens de pontos a partir da varredura das superfícies dos objetos por feixes de raios laser, empregando aparatos específicos, permitindo a captura automática de grande quantidade de dados em curto espaço de tempo. Dependendo do equipamento, da distância e das características do levantamento, pode ser usado com versatilidade na captura da geometria de diversos tipos de objetos, de pequenas ou grandes dimensões (elementos decorativos, edificações, centros urbanos), simples ou extremamente complexos, e, com precisão podendo chegar ao submilímetro (Johanna; Amorim, 2011).

Equipamentos de Laser Scanner Terrestre (ou Terrestrial Laser Scanner - TLS) basicamente se utilizam de espelhos giratórios para realizar a deflexão de pulsos de laser que combinam dados de distância com dados de ângulos horizontais e verticais para produzir coordenadas 3D (x, y, z) (Buckley et al., 2008).

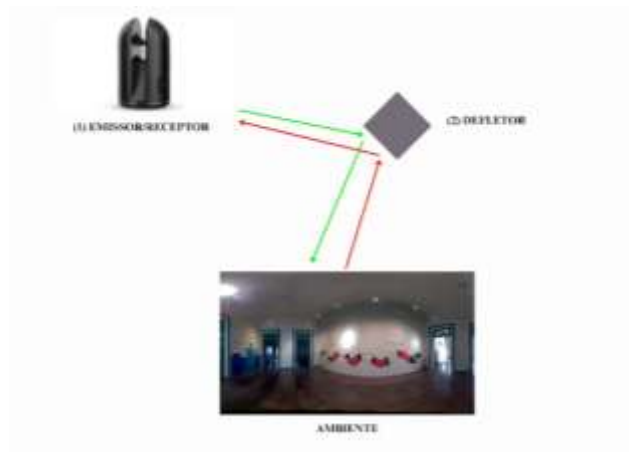
Figura 1 - Campo de visão do laser



Fonte : Manual do Usuário, Leica Geosystems

O laser scanner representa o conjunto de dispositivos utilizados na varredura tridimensional dos objetos, a ilustração abaixo representa o funcionamento do laser scanner, o equipamento é composto basicamente por: (1) unidade para emissão do laser; (2) unidade de deflexão, dispositivo óptico-mecânico que direciona o feixe laser (na horizontal e vertical), geralmente constituído de espelhos giratórios comandados por servomotores e, (3) unidade que recebe, processa e registra o laser refletido (Groetelaars,2015).

Figura 2 - Representação do funcionamento do laser scanner BLK 360



Fonte : Elaborado pelo autor

No campo do patrimônio cultural a tecnologia de laser scanner (escaneamento a laser) vem sendo amplamente utilizada para o registro e cadastro de informações visuais fidedignas e precisas de monumentos, modernizando as técnicas tradicionais de levantamento cadastral manual (ou por medição direta, feita com trena) e de fotogrametria, e auxiliando nos

trabalhos de preservação e restauro de bens culturais. O uso de escaneamento a laser também possibilita a realização de inventários muito mais precisos e fiéis à realidade, com um nível muito alto de detalhamento, inclusive permitindo o registro de locais de difícil acesso e, muitas vezes, imperceptíveis a olho nu. (Lough; Pineau; Russell, 2019).

O trabalho de Vieira et al. (2023) desenvolveu o modelo 3D do teatro José de Alencar utilizando a técnica de Scan-to-BIM, permitindo a modelagem sobre a nuvem de pontos obtida, resultando um modelo 3D no software Revit. Tendo como resultado “Os modelos apresentam um nível de detalhes e informações do edifício, fornecendo uma representação poderosa da geometria do teatro. O modelo 3D baseado em dados de nuvem de pontos pode ser enriquecido com outras informações necessárias de acordo com o uso do modelo. Componentes, estruturais, materiais, características mecânicas, danos, podem no futuro ser integrados no modelo.”

Figura 3 - (a) Sobreposição de arquivos: um modelo 3D de fachada metálica em Revit e nuvem de pontos (b) modelo 3D de fachada metálica em Revit e AutoCAD 2D (c) modelo 3D completo em REVIT e nuvem de pontos



Fonte : Atualização documental de um edifício histórico: estudo de caso do Teatro José de Alencar (2023)

Por sua ampla escala de aplicação, a tecnologia de varrimento a laser pode ser utilizada para atender a diferentes campos de estudos, tais como: geologia, agrimensura, topografia, construção civil, mineração, arqueologia, urbanismo, entre outros. A aplicação dessa tecnologia na arquitetura possibilita criar documentação 2D e 3D precisa, para facilitar reformas, revitalizações e mudanças, monitorar estruturas ao longo do tempo, e executar uma pré-fabricação de componentes para construção fora da obra. Especificamente para a área patrimonial facilita o acesso à informação e a documentação do patrimônio, ao permitir capturar detalhes de

superfícies e possibilitar o desenvolvimento de modelos 3D para o uso em projetos de restauração; documenta as condições em que se encontra a preservação de construções históricas; determina os danos e patologias existentes; e também pode ser utilizada de forma preventiva através da monitoração contínua. ( Afonso; Pereira; Simões, 1977, p 06.)

No contexto de digitalização de patrimônios históricos, o laser scanning desempenha um papel importante. Ele permite a captura rápida e precisa de dados tridimensionais, gerando nuvens de pontos que representam a superfície do objeto ou ambiente escaneado (Shanoer; Abed, 2018). Embora o laser scanning possua diversas vantagens, ele pode apresentar desafios ao lidar com superfícies reflexivas, transparentes ou muito escuras. Para obter resultados mais precisos nessas situações, é necessário realizar ajustes adequados nos parâmetros de escaneamento e utilizar técnicas adicionais, como a aplicação de marcadores de referência (Groetelaars, 2015).

Figura 4 - Representação da nuvem de pontos do objeto scaneado

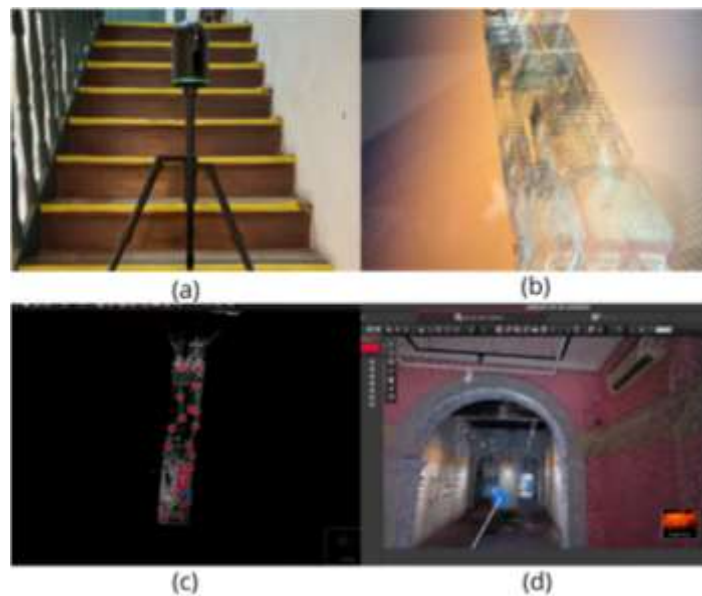


Fonte : Elaborado pelo autor

Concluída a etapa de aquisição dos dados por meio do laser scanner para a geração da nuvem de pontos, torna-se indispensável executar procedimentos específicos de aprimoramento e otimização da malha de pontos, conhecida como pré processamento que de acordo com Zhiqiang , 2009: “ A fase do pré-processamento consiste no tratamento da nuvem de pontos para o processamento propriamente dito. Inclui geralmente o registro (ou alinhamento) das cenas e as operações para otimização da nuvem de pontos. Na etapa de processamento da nuvem de pontos, a definição do software adequado considera diversos fatores técnicos, incluindo o tipo e o propósito do levantamento, os recursos financeiros destinados a investimentos em equipamentos de maior performance, a proficiência técnica do operador, os produtos almejados e o volume de dados a ser processado. Groetelaars , Amorim

(2011) afirma que programas do grupo de escaneamento, como Cyclone-SCAN e Rapidform XOS/Scan, são usados nas fases iniciais de levantamento, permitindo armazenar e visualizar as nuvens capturadas pelo scanner, registrar as cenas e georreferenciar as nuvens de pontos. Alguns deles permitem realizar operações básicas de modelagem.

Figura 5 – (a) Scaneamento do ambiente; (b) Nuvem de pontos gerada pelo BLK 360; (c) Alinhamento de Cena sendo processada no Cyclone Register 360 PLUS; (d) Visualização de uma cena



Fonte : Elaborado pelo autor

### 2.2.2 Fotogrametria Digital

A fotogrametria digital permite a obtenção, de modo preciso, de grande quantidade de produtos, como medidas, desenhos, modelos geométricos (texturizados ou não), fotos retificadas, ortofotos, a depender da técnica utilizada. Outro aspecto positivo é o pouco tempo necessário para o trabalho de campo, já que a restituição das fotos é feita em escritório, posteriormente ao levantamento fotográfico (Groetelaars,2015).

A Fotogrametria Digital permite, então, facilitar o processo de levantamento de formas e dimensões de objetos e de criação de modelos 2D e 3D no computador. Para isso, é necessário realizar alguns procedimentos: (1) planejamento do levantamento para definição das técnicas, equipamentos e recursos a serem utilizados; (2) levantamento fotográfico e obtenção de dados sobre a edificação (medidas e eixos) para permitir a orientação das fotografias; (4) restituição fotogramétrica para obtenção dos produtos requeridos. A restituição das fotografias

é feita com base nas fotos e dados obtidos em campo, juntamente com os parâmetros da câmara utilizada, visando a reconstrução do posicionamento das fotos no momento da tomada fotografica, para possibilitar a obtenção de uma série de produtos como: ortofotos, desenhos e modelos geométricos tridimensionais (Groetelaars,2004).

A primeira etapa é a aquisição das imagens com uma câmara, em seguida o alinhamento dessas imagens e a criação da nuvem de pontos. A segunda etapa consiste na obtenção da nuvem de pontos densa e o terceiro estágio é a criação da malha a partir da nuvem de pontos. Por fim, o modelo 3D fotogramétrico é gerado com texturas e detalhes (Kutlu; Soyluk, 2023).

Figura 6 - Estágios da geração de um modelo 3D fotométrico; a)nuvem de pontos e ângulos de câmara b) nuvens densas c) malhas de nuvens densas d) modelo fotogramétrico 3D



Fonte: (KUTLU;SOYLUK,2023)

## 2.3 Processamento de etapas do 3D Laser Scanning

### 2.3.1 Planejamento e aquisição de dados

Representar graficamente um edifício histórico requer um planejamento adequado de forma a garantir a precisão do modelo final. Para isso é necessário definir o objetivo e o nível de precisão do modelo final. Alguns aspectos fundamentais durante o planejamento são: distância e tempo de captura, parâmetros do equipamento, tamanho do arquivo, processo de criação do modelo e nível de automação envolvido (Chen et al., 2018; Garagnani; Manfredini, 2013a; Randall; Asce, 2012).

A digitalização a laser scanning é uma técnica essencial na documentação do patrimônio histórico, e seu planejamento adequado desempenha um papel fundamental no sucesso do levantamento. O planejamento envolve decisões sobre a cobertura completa do assunto, a escolha das localizações do scanner, a consideração de obstáculos como vegetação e a posição do sol. Também é necessário lidar com desafios, como edificações altas que podem causar sombras e dificultar a cobertura adequada. Nesses casos, soluções como o uso de tripés extensíveis podem ser consideradas (California Department of Transportation, 2018).

Na etapa de aquisição de dados, é feita a varredura a laser do objeto a partir de várias estações, para obtenção de diversas cenas, que visam levantar todos os objetos de interesse, reduzindo ao máximo as zonas de sombras (oclusões). Durante o escaneamento, geralmente são usadas diferentes densidades, que variam de acordo com a forma do objeto ou a finalidade do levantamento (Groetelaars, Amorim, 2011).

### ***2.3.2 Pré-processamento***

A fase de pré-processamento consistiu em três etapas principais: registro da digitalização, ajuste das imagens vinculadas nos níveis planimétrico e altimétrico, e limpeza da nuvem de pontos de acordo com as necessidades do projeto (Rubens e outros, 2023)

O registro consiste em posicionar as várias cenas com suas coordenadas locais, em um único arquivo com o mesmo referencial. Isto pode ser realizado a partir do: posicionamento do scanner sobre um ponto de coordenadas conhecidas (ponto de controle); alvos (artefatos específicos ou características físicas do objeto); a partir da associação de duas ou mais nuvens de pontos (com área de sobreposição de pelo menos 30%), ou de um trecho da nuvem de pontos de uma cena com uma superfície gerada de outra cena, correspondente à área selecionada (Genechten, 2008).

A etapa de limpeza e filtragem dos dados consiste em eliminar informações irrelevantes das varreduras, como edifícios próximos, pessoas, vegetação, obstruções, dados obtidos através de janelas, entre outros. Essa etapa tem como objetivo reduzir o tamanho do conjunto de dados e tornar o processo de registro mais eficiente. No entanto, alguns desses dados podem ser úteis para o registro, desde que sejam estáticos, especialmente quando não há uma boa sobreposição ou poucos pontos de controle. Nesses casos, esses dados podem ser removidos após o registro. Durante o pré-processamento ou a limpeza dos dados, é possível

filtrar o ruído causado por sinais de retorno ruins utilizando um software de processamento (Rubens e outros, 2023).

O Recap Pro permite importar "nuvens de pontos" em diversos formatos de arquivos, registrar diversas cenas, recortar trechos, apagar e limpar áreas selecionadas e exportar para formatos compatíveis com os programas da Autodesk. Seu uso é interessante, pois permite substituir, em muitos casos, a necessidade de programas para Engenharia Reversa, nas fases de pré-processamento, que compreende tarefas como registro, limpeza e recorte da "nuvem de pontos" (Groetelaars,2015).

Figura 7 - Nuvem do Sobrado Dr. José Lourenço e construções adjacentes no software RecapPro



Fonte : Elaborada pelo autor

Figura 8 - Representação de limpeza da nuvem



Fonte : Elaborada pelo autor

### 2.3.3 Processamento

A etapa final para gerar a nuvem de pontos 3D é o processamento do modelo 3D, que inclui armazenamento e exportação dos arquivos. (Rubens e outros, 2023). Conjuntos de dados de nuvens de pontos, particularmente aqueles produzidos por grandes pesquisas terrestres, podem ser muito grandes, muitas vezes contendo milhões de pontos. (Payne, 2010).

Durante a digitalização, a equipe utilizou o aplicativo móvel Leica Cyclone Field para recebimento em tempo real das imagens e dos dados de nuvem de pontos do scanner. O aplicativo possibilita a otimização, o alinhamento e a visualização prévia da nuvem de pontos (Rubens e outros, 2023)

Figura 9 - Registro do Cyclone-Field atuando em campo : (a) e (b)



(a)

(b)

Fonte : Elaborada pelo autor

## 2.4 A importância do BIM na documentação e gerenciamento de edificações

Building Information Modeling (BIM) é um dos desenvolvimentos mais promissores nas indústrias de arquitetura, engenharia e construção (AEC). Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de um edifício é construído digitalmente. Quando concluído, o modelo gerado por computador contém geometria precisa e dados relevantes necessários para dar suporte às atividades de construção, fabricação e aquisição necessárias para concretizar o edifício (Sacks et al p.1,2018).

De acordo com, Arcari et al(2015) “O BIM tem como principal característica o intercâmbio de informações a partir de parâmetros inseridos no modelo virtual a fim de aperfeiçoar a tomada de decisão pelos projetistas em fases iniciais de projeto, de modo integrado e simultâneo”. Eastman et al. (2014) afirmam que a tecnologia BIM possibilita a elaboração precisa de uma edificação de forma digital por meio de um modelo virtual.

O modelo digital possui os dados que dão suporte “à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção” (Eastman et al., 2014, p.1). Fazli et al. (2014, p.2) definem o BIM como “um conjunto de ferramentas paramétricas e processos para a criação e manutenção de um banco de dados colaborativo integrado de informações sobre o projeto.”

A utilização de modelos BIM para representação e gerenciamento das edificações existentes representa um grande avanço em relação aos métodos tradicionais de documentação arquitetônica, permitindo o armazenamento centralizado de diversas informações (produzidas por diferentes profissionais), facilitando o acesso, utilização, modificação e atualização dos dados, e a geração automática de diversos produtos. (Groetelaars, 2015). Criou-se, então, uma nova nomenclatura para esse uso específico da metodologia: a metodologia H-BIM (Heritage Building Information Modeling), que visa a documentação, operação e conservação de edifícios históricos (Tolentio,2018).

## **2.5 HBIM na Preservação do Patrimônio Histórico**

O Historic Building Information Modeling (HBIM) é a adaptação do conceito HBIM para a modelagem de construções históricas, com o objetivo de documentar, analisar e preservar esses edifícios. Segundo Dore e Murphy (2012, p. 369), o HBIM contempla um processo que envolve uma solução de engenharia reversa onde, inicialmente, os elementos arquitetônicos são mapeados usando varredura a laser ou fotogrametria. Em seguida, os dados levantados são combinados a objetos paramétricos, gerando o modelo completo. O produto final HBIM é um modelo geométrico completo, incluindo detalhes do objeto como materiais e métodos construtivos. A partir daí cortes, detalhes, vistas ortográficas e perspectivas poderão ser gerados, baseando a análise e conservação de objetos históricos, estruturas e ambientes.

O HBIM é geralmente baseado no processo scan-to-BIM que permite gerar um modelo 3D a partir de uma nuvem de pontos(Capone, Lanzara,2019). Segundo o artigo "Scanning Technologies to Building Information Modelling: A Review", o processo de Scan to BIM tem se tornado um elemento essencial na construção e renovação, pois permite uma

modelagem precisa de edifícios complexos, aproveitando a alta precisão das nuvens de pontos. Este processo é fundamental para a visualização 3D de estruturas e facilita a análise de intervenções em edifícios existentes, especialmente no contexto de patrimônios históricos (Rashdi et al., 2022).

A metodologia abrange várias etapas, como o captura de dados através de scanners 3D, o processamento e alinhamento das nuvens de pontos, e a conversão dessas nuvens em um modelo BIM utilizável. Os modelos resultantes podem então ser empregados em diversas fases do ciclo de vida do edifício, como planejamento de restaurações, gestão da construção, ou avaliação de condições estruturais (Liu, 2022). Onde essa nuvem de pontos pode ser transformadas em modelos BIM 3D utilizando software como o Revit.

### ***2.5.1 Criação do modelo 3D HBIM***

Os *softwares* BIM se dividem entre dois grupos: o grupo de modelagem que possuem a tarefa de modelar arquiteturas, estruturas e instalações, e o segundo grupo que tem a responsabilidade de reunir os dados gerados pelo modelo BIM, com o objetivo de facilitar a coordenação de um projeto em todo seu ciclo de vida. O Autodesk Revit® pode ser considerado um dos principais softwares BIM do mercado, sendo o mais popular entre as demais ferramentas BIM. O software fornece recursos para todas as especialidades envolvidas em um projeto (Monteiro et al., 2017).

O Revit é uma ferramenta desenvolvida pela Autodesk e uma das mais populares quando o assunto é BIM. O software pode ser utilizado em diversas disciplinas de arquitetura e engenharia, sendo que na engenharia as disciplinas mais utilizadas são a estrutural, sistemas elétricos e sistemas hidráulicos (Brandt, 2018 p. 35).

Outro ponto interessante é o fato do Revit possuir um intercâmbio coeso para um trabalho corporativo entre profissionais e projetos, já que nele o software possui alertas de erros e interferências durante a sua concepção e por meio da visualização 3D o projetista detecta o comportamento de duas ou mais disciplinas, como arquitetônicas, elétrico e hidrossanitário, que também foram aplicadas no projeto em questão arquitetônico, elétrico e hidrossanitário (Matos, 2016).

O Revit Architecture completa a solução BIM junto com o Revit Structure (projeto de estrutura) e o Revit MEP (Projeto de instalações elétricas, hidráulicas e ar-condicionado). A interoperabilidade deles garante a solução completa do protótipo digital do edifício. Por se tratar de um modelo virtual, é possível utilizar informações reais para analisar conflitos de projeto,

realizar estudo de insolação, uso de energia, entre outras facilidades. Os construtores do projeto têm a facilidade de simular várias opções de construção, economizando material e tempo de obra (Netto, 2016).

Dentro do Revit, conseguimos inserir tags aos componentes. Tags são famílias que são desenvolvidas pelo usuário ou facilmente baixada da internet. Quando baixada da internet, necessita ser carregada para dentro do projeto. Para ser criada é necessário carregar uma família genérica e fazer as alterações de acordo com cada projetista (Vieira, Figueiredo,2019).

### ***2.5.2 Modelagem BIM e Classificação de famílias no Revit***

Ao projetar um edifício em 3D com o Revit, trabalhamos com elementos construídos como paredes, lajes, vigas, esquadrias, forros, escadas, telhados, entre outros, os quais têm todas as características definidas em suas propriedades, incluindo informações geométricas, comportamento em relação a outros elementos construtivos e características do material a ser utilizado (Campos Netto, 2020)

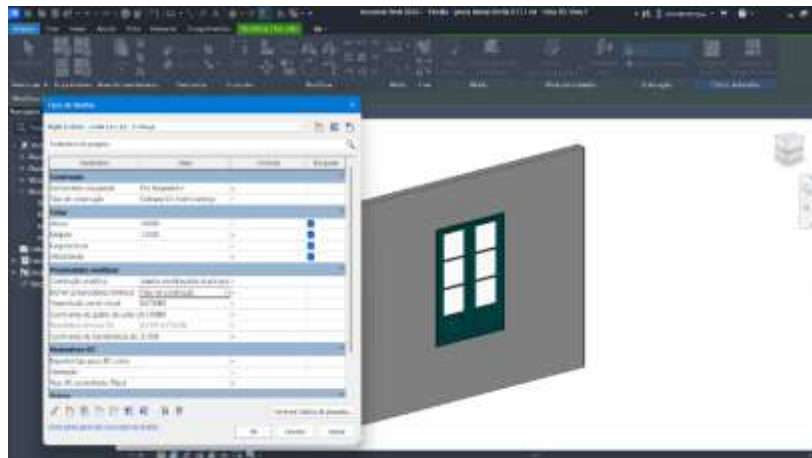
A modelagem paramétrica baseada em objetos constitui paradigma natural e essencial da Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling - BIM), podendo ser definida como a utilização de parâmetros e regras relacionais para a descrição completa de um elemento modelado, determinando tanto propriedades geométricas quanto não geométricas, como aspectos físicos ou comerciais (Andrade; Ruschel, 2009)

As famílias são classificadas em famílias do sistema, famílias carregáveis e famílias no local (Autodesk, 2019). As famílias de sistema compreendem elementos básicos no âmbito de construção e da documentação do projeto, tais como paredes, pisos, níveis, eixos entre outros. Estas não podem ser salvas em projeto a partir de arquivos externos ou serem salvas em acervo externo ao projeto (Autodesk, 2019).

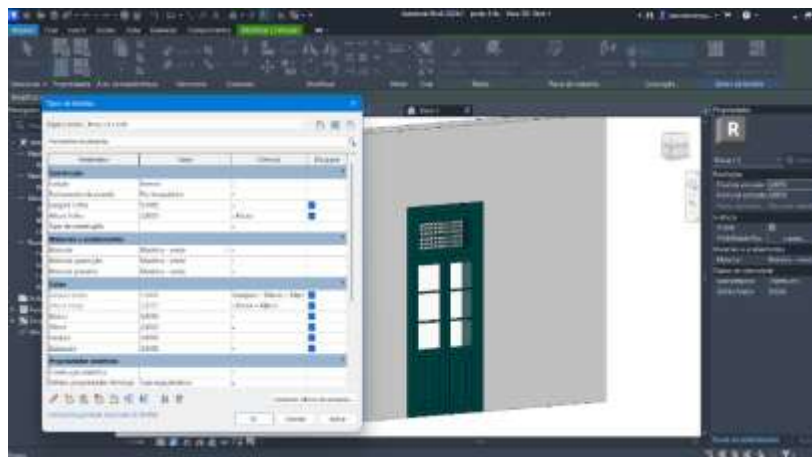
As famílias carregáveis possuem um alto grau de personalização, são famílias que podem ser criadas e modificadas de forma comum no Revit. Diferente de famílias do sistema, as famílias carregáveis são criadas em arquivos RFA externos e importadas ou carregadas em seus projetos (Soares,2021).

As famílias no local são singulares, criadas quando um elemento único e específico se faz necessário para o projeto. As ferramentas de edição nesta, pouco diferem das apresentadas para a criação de famílias carregáveis (Felipeto,2022).

Figura 10 - Representação de modelagem famílias no software Revit; (a) Janela , (b) Porta



(a)



(b)

Fonte : Elaborada pelo autor

## 2.6 A Documentação como Instrumento de Preservação

O processo de documentação é uma importante atividade que acompanha todas as mudanças das edificações, incluindo operações de manutenção, projetos de reforma, renovação e restauração. O registro é a base para as tomadas de decisões e deve ser realizado antes de qualquer mudança, mesmo as imprevistas e indesejadas, como acidentes, incêndios ou enchentes (Letellier, 2007).

De acordo com Groetelaars (2015), baseada no estudo de Letellier e English Heritage, a documentação do patrimônio arquitetônico é uma atividade essencial para:

- Permitir o conhecimento das edificações históricas (individual e coletivamente), seus valores e sua evolução;
- Permitir o gerenciamento e controle mais consistente e eficaz dos trabalhos de manutenção, conservação ou qualquer outra intervenção no patrimônio arquitetônico, levando em consideração a forma física, os materiais, a construção e o seu significado histórico e cultural;
- Fornecer informações das edificações ou parte das mesmas que foram perdidas (como resultado de demolições, alterações ou abandono);
- Dar suporte às ações de planejamento e controle dos órgãos de preservação do patrimônio;
- Possibilitar estudos para o desenvolvimento de ações visando o uso sustentável das edificações;
- Permitir registro permanente e acessível para pesquisas acadêmicas de diversas disciplinas e para o conhecimento do público em geral;
- Promover o interesse e envolvimento da população na preservação do patrimônio.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização histórica e arquitetônica do Sobrado Dr. José Lourenço

Localizado na cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará, Brasil, temos o Sobrado Dr. José Lourenço. Situado na área central de relevante importância histórica cultural, o edifício encontra-se próximo a marcos arquitetônicos significativos, como Teatro José de Alencar e a Praça do Ferreira como representado na figura 11.

Este edifício histórico é um prédio da segunda metade do século XIX, um dos primeiros sobrados de três andares do estado. O sobrado é protegido pelo Tombo Estadual segundo a lei nº 9.109 de 30 de julho de 1968, seu tombamento foi decretado pelo Governo do Estado do Ceará em 2004. Atualmente é considerado um legado deixado pelos grupos sociais que viveram no passado, permitindo compreender os processos históricos, sociais e culturais. Sendo caracterizado como uma importante construção.

Figura 11 - Mapa de localização do Sobrado Dr. José de Alencar e marcos arquitetônicos próximos



Fonte: Elaborado pelo autor

O Sobrado fica na atual Rua Major Facundo, antes Rua da Palma – onde testemunhou diversos acontecimentos desde sua criação. É uma das primeiras edificações de três andares de Fortaleza, construída entre os anos de 1845 e 1854. Seu nome é uma homenagem ao proprietário, o médico sanitarista Dr. José Lourenço de Castro Silva. Foi moradia, consultório médico, oficina de marcenaria, repartição pública e até bordel (Governo do Estado do Ceará, 2024).

Em 2006, o Sobrado Dr. José Lourenço passou por uma reforma como mostrado na figura 11, promovida pelo Governo do Estado do Ceará, com patrocínio da Oi por meio da Lei Rouanet (Lei nº 8.313/1991). Essa lei incentiva a captação de recursos para a cultura, promovendo o acesso às manifestações culturais e a preservação do patrimônio. A restauração também contou com o apoio dos alunos da Escola de Artes e Ofícios Thomaz Pompeu Sobrinho, contribuindo para a valorização e conservação do edifício histórico.

Figura 12 - Representação da reforma do Sobrado Dr. José Lourenço; (a) O sobrado na década de 70; (b) Monumento após a reforma



Fonte: LEILA NOBRE, 2016. (a - Foto Nelson Bezerra ; b - Foto de José Roudrigues)

“O trabalho de restauração foi difícil, pois muitas das técnicas construtivas do Sobrado se perderam com o passar do tempo. Azulejos tiveram de ser refeitos, o mosaico hidráulico era de procedência europeia, o lodo cobria detalhes e engastes, parte da pintura decorativa interna precisou ser refeita, o tempo corroeu as tábuas corridas e fez interferências que precisavam ser corrigidas para que tivéssemos o Sobrado de volta ao seu esplendor”. De acordo com Domingos Linheiro.

No ano seguinte na data de 31 de julho, de acordo com Studart (1980), o Sobrado foi inaugurado em 31 de julho de 2007 como centro cultural de Artes Visuais no Ceará, contando com salas de exposição (FIGURA 13a), um auditório, uma sala de estudos (FIGURA 13b) e um café (FIGURA 13c). O nome do centro cultural é em homenagem ao seu primeiro morador, Dr. José Lourenço, que, além de médico sanitarista, foi deputado na Assembleia Legislativa Provincial do Ceará e, em 1871, recebeu o título de Comendador da Imperial Ordem de Cristo por seus serviços na Instrução Pública.

Figura 13 - (a) - Sala de Exposição; (b) - Sala de Estudo; (c) - Café do Zé



(a)



(b)



(c)

Fonte: Elaborado pelo autor

O Sobrado conta com quatro pisos, onde são expostas as obras. A mediação em seu espaço expositivo tem os mesmos objetivos e características de uma realizada em espaços museológicos ou outros espaços de educação não formal. Assim, os conceitos e pressupostos da mediação em museus são aplicados ao Sobrado Dr. José Lourenço, Quanto à sua

acessibilidade física, como sua reforma é recente, já foram trabalhados no Sobrado muitos requisitos básicos para garantir a mobilidade dos visitantes, tais como banheiros adaptados em todos os pisos, sinalização adequada e elevador (Figura 14) para pessoas com deficiência ou dificuldades de locomoção ( Cruz ,2017)

Figura 14 - Elevador de acesso do Pavimento Térreo ao 3º Andar



Fonte: Elaborado pelo autor

O Sobrado Dr. José Lourenço se consolida como um equipamento cultural de referência, dedicado à promoção e difusão das artes visuais. O espaço abriga exposições, mostras curatoriais, residências artísticas, oficinas formativas, vivências criativas e visitas educativas, atendendo a diversas demandas socioculturais. Além disso, é um ambiente dinâmico para ensaios fotográficos, feiras culturais, exposições temáticas, lançamentos de publicações e apresentações artísticas, com o propósito de fomentar a produção artística, ampliar o acesso à cultura e fortalecer a formação de público e de agentes culturais.

O Sobrado é um espaço cultural na cidade que nós podemos traduzi-lo como um grande receptor das memórias de transformações do bairro Centro em Fortaleza como o prédio que tudo viu ou o prédio que viu tudo. Para as políticas de memória, uma coisa que é muito interessante a se pensar é como esse patrimônio histórico é inscrito em livro de tombo a partir de seu processo de tombamento pelo Governo do Estado do Ceará. A manutenção e as políticas de salvaguarda, derivadas a partir desse processo de instrução de tombamento, é derivado de um trabalho muito bem detalhado a partir de diversos pontos elencados pelo trabalho do professor José Liberal de Castro (Castro, 2003).

### 3.2 Levantamento dos Dados

Figura 15 - Fluxograma do processo Scan-to-BIM



Fonte: Elaborado pelo autor

O Scan to BIM é um processo que transforma dados coletados por escaneamento 3D em modelos digitais ricos em informações. Otimiza a digitalização de edificações, garantindo precisão, eficiência e interoperabilidade entre diferentes profissionais e tecnologias, tornando-se uma ferramenta essencial na construção civil, arquitetura e preservação do patrimônio.

#### 3.2.1 Planejamento do levantamento

O planejamento é uma etapa essencial no processo Scan-to-BIM, pois garante a eficiência e a precisão da digitalização, minimizando erros e retrabalhos. Ele envolve a definição de estratégias, recursos e metodologias antes da captura dos dados, assegurando que a conversão da nuvem de pontos para o modelo BIM seja realizada de forma organizada e otimizada.

Primeiramente, foi realizado um estudo histórico do monumento, incluindo a coleta de documentos e informações sobre o período de construção, reformas realizadas e as influências arquitetônicas que marcaram sua concepção.

Para o planejamento do processo de digitalização do Sobrado Dr. José Lourenço, foi realizada uma reunião com os responsáveis pelo patrimônio histórico, onde foi estabelecido

um cronograma estratégico. Durante a reunião, foram definidos os horários mais adequados para a varredura, os ambientes que exigiam autorização de acesso e as áreas prioritárias, considerando fatores como condições de iluminação e complexidade da estrutura.

Dado que a instituição encontrava-se em processo de reforma e, conseqüentemente, com as atividades expositivas suspensas, não houve necessidade de implementar restrições de circulação ao público.

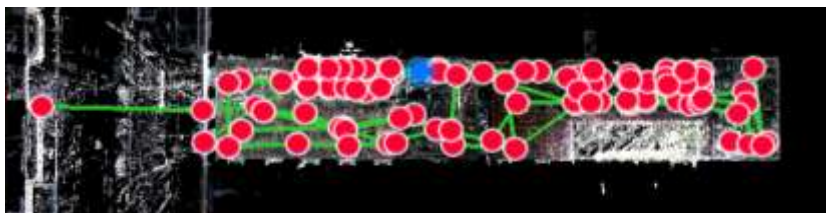
Considerando os detalhes arquitetônicos do monumento histórico, verificou-se que a região das escadas apresentava deficiências na nuvem de pontos, com lacunas que comprometiam o nível de precisão necessário para a modelagem. Diante disso, para o escaneamento dessa área, foi imprescindível adotar uma abordagem mais criteriosa, com a seleção de parâmetros de captura de alta precisão para assegurar a completude e fidelidade dos dados.

O objetivo principal era desenvolver um modelo 3D do Sobrado Dr. José Lourenço utilizando a tecnologia de escaneamento a laser. Para isso, empregou-se o laser scanner Leica BLK360, um equipamento compacto com dimensões de 165 mm de altura por 100 mm de diâmetro e peso de 1 kg. Esse dispositivo é capaz de capturar cerca de 360 mil pontos de escaneamento por segundo, proporcionando registros digitais altamente precisos e detalhados. Além disso, foram definidos os softwares para o processamento e modelagem dos dados como o Leica Cyclone REGISTER 360 , Autodesk ReCap Pro e Autodesk Revit.

### ***3.2.2 Aquisição de dados***

Nesta etapa inicial, foram definidas as posições para o escaneamento, totalizando 115 *setups*, que são os pontos de posicionamento do scanner a laser durante o processo de captura da nuvem de pontos. Cada ponto vermelho representado na figura 15, simboliza uma posição determinada para o escaneamento do monumento histórico.

Figura 16 - Localização das estações ( pontos em vermelho) para captura da nuvem de pontos



Antes do posicionamento do equipamento, foram analisados diversos critérios técnicos para garantir a eficiência do processo de escaneamento. Entre os fatores avaliados, posicionamento e planejamento de varreduras, condições ambientais, configuração e estabilidade do equipamento, ajuste de resolução e tempo de escaneamento.

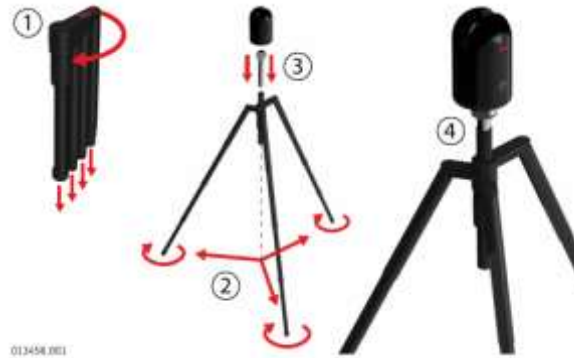
O posicionamento do laser scanner foi ajustada para assegurar a sobreposição entre pontos adjacentes, promovendo a continuidade na captura dos dados. As posições de escaneamento foram planejadas com atenção às áreas de circulação, como portas e passagens, que configuram trajetos naturais no interior do monumento, assegurando que as posições de escaneamento se interceptassem adequadamente.

Em ambientes onde havia atividades em andamento, foram realizados acordos prévios para agendar a captura dos dados em horários apropriados, minimizando interferências e garantindo a integridade dos registros.

Adicionalmente, considerou-se o alcance efetivo do equipamento e as condições de luminosidade. Para locais com baixa iluminação, foram selecionados horários específicos que favorecessem a captação de informações com maior qualidade.

Após a montagem do laser scanner BLK360 em seu tripé, garantindo a estabilidade do equipamento, foi realizado um processo de calibração inicial para assegurar o correto funcionamento do dispositivo, seguindo o seguinte processo para posicionamento do equipamento representado na figura 15: (1 e 2) Abertura e ajuste das pernas na altura desejada; (3) Fixação do adaptador que encaixa com o BLK 360; (4) Encaixe do laser scanner e fixação do equipamento. Durante a etapa de escaneamento, as posições do scanner foram cuidadosamente ajustadas para garantir a sobreposição adequada entre as varreduras, possibilitando a geração de uma nuvem de pontos contínua e precisa. O scanner oferece três opções de resolução – alta, padrão e rápida – sendo que, no caso do Sobrado Dr. José Lourenço, utilizou-se a resolução rápida para ambientes que tinha boa iluminação e poucos detalhes e padrão para locais que precisava de mais detalhes, com um tempo médio de escaneamento total de aproximadamente 5 horas.

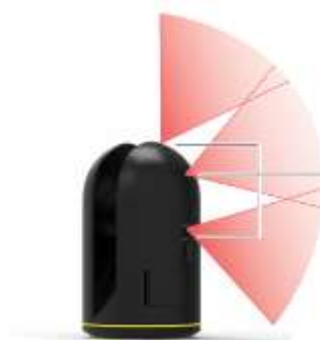
Figura 17 – Passo a passo da instalação do BLK 360 em tripé



Fonte : Manual do Usuário, Leica Geosystems

O campo de visão do BLK360 foi configurado para abranger a maior área possível, cobrindo 360° na horizontal e mais de 300° na vertical. Durante cada varredura, o equipamento emitiu feixes de laser para capturar as superfícies ao redor como mostrado na figura 17, registrando milhões de pontos tridimensionais. A partir do momento que são levantadas as nuvens de pontos de duas estações, é possível iniciar o processo de união dos *scans*, quando o equipamento realiza a sua segunda captura ele dar a opção de selecionar onde aponto a cena a qual quero fazer a conexão podendo seguir uma ordem lógica de caminho ou não, no caso do sobrado foi aplicado essa metodologia em locais que tivemos que vincular salas que estavam localizadas próximo a corredores ou que não tinham uma conexão direta, os demais *scans* que seguiam uma ordem lógica selecionamos a opção pré-alinhamento onde as cenas acontecem em uma sequência lógica, como por exemplo em corredores ou salas que eram vizinhas e tinha porta de acesso entre elas. Com os *setups* levantados é possível visualizar a planta baixa do meu levantamento de acordo com os setups feitos in loco.

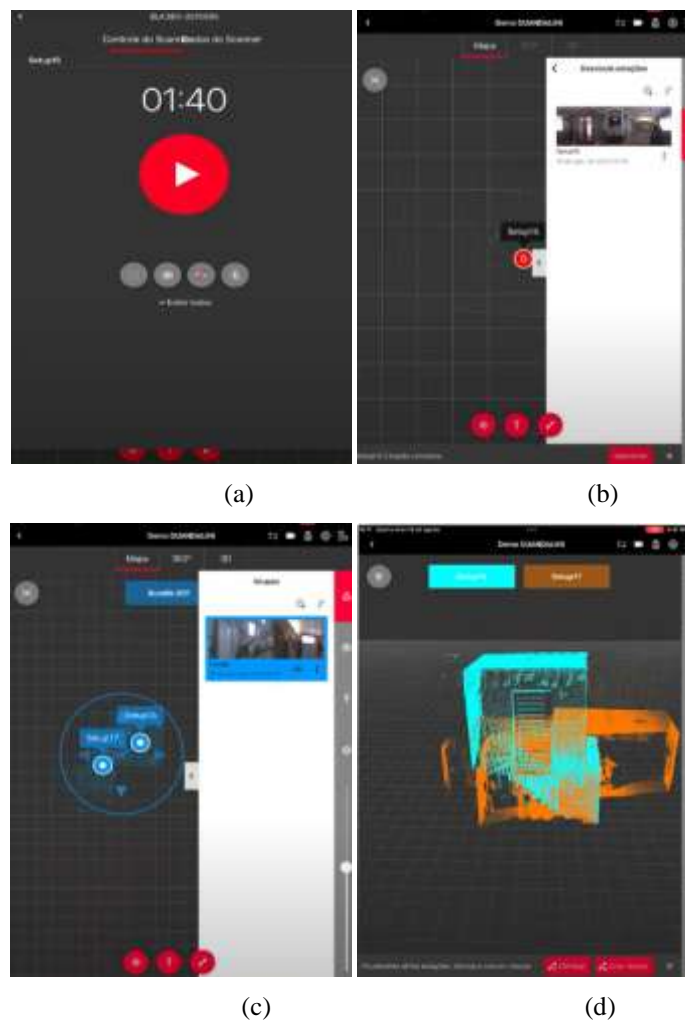
Figura 18 – Captura da câmera do laser scanner



Fonte : Manual do Usuário, Leica Geosystems

Esses dados foram enviados em tempo real para o aplicativo Leica Cyclone FIELD 360, que foi monitorado simultaneamente pela equipe, permitindo a análise e o controle da qualidade dos dados capturados de forma contínua. No caso do sobrado adotamos realizamos os escaneamentos por pavimentos, para garantir uma boa sobreposição dos setups e organização de campo como o monumento tem 3 andares.

Figura 19 - Representação do Cyclone Field em campo; (a) Tela inicial do software; (b) Representação do setup capturado em campo; (c) Alinhamento visual das estações; (d) Representação da nuvem de pontos no software Leica Cyclone FIELD



Fonte: Configurando o BLK360 G1 e Cyclone Field em campo

### 3.2.3 *Processamento da Nuvem de Pontos*

O processamento dos dados capturados pelo scanner Leica BLK360 envolve várias etapas técnicas para transformar as informações brutas em modelos tridimensionais utilizáveis.

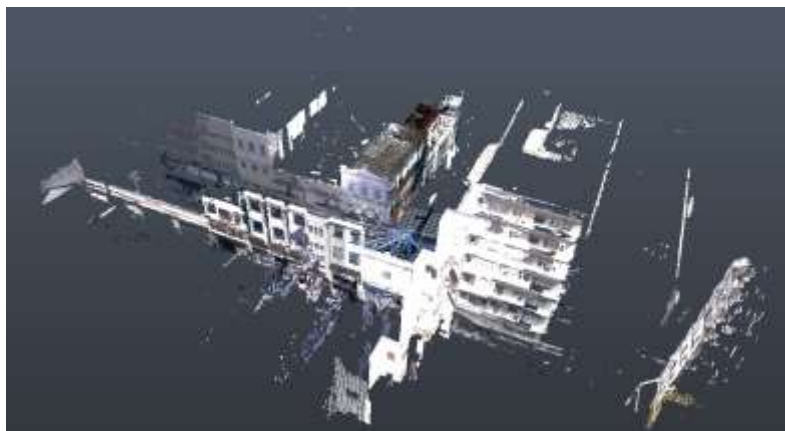
Inicialmente, o BLK360 realiza varreduras laser para coletar nuvens de pontos e imagens panorâmicas do ambiente. Esses dados são então transferidos para softwares especializados para processamento e análise.

Esta etapa de transferência de dados do BLK 360 para o computador, embora não apresente grandes dificuldades, pode ser bastante demorada, dependendo da quantidade de estações, da densidade configurada nos scans e da capacidade de processamento do computador utilizado. As informações presentes no Leica Cyclone Field 360 são transferidas para o Leica Cyclone REGISTER 360 .

O Leica Cyclone REGISTER 360 se trata de um software robusto que refina e finaliza os dados capturados. Ele alinha automaticamente as nuvens de pontos obtidas de diferentes posições, elimina ruídos e pontos irrelevantes, e permite gerar um modelo 3D altamente preciso. O software também oferece ferramentas para exportar os modelos para plataformas BIM e CAD, como Revit e AutoCAD.

Após o tratamento da nuvem de pontos no Leica Cyclone REGISTER 360, é possível exportá-la no formato .LGS, que é otimizado para uso em diversas ferramentas da Leica, como Cyclone 3DR, JetStream Viewer, TruView, entre outras. Para a visualização e limpeza da nuvem de pontos, foi utilizado o software Autodesk ReCap Pro, que permite editar e organizar a nuvem, removendo ruídos e eliminando grupos de pontos irrelevantes. Esse processo de refinamento aumenta a eficiência do modelo no Revit, uma vez que a nuvem de pontos é inserida no software de modelagem.

Figura 20 - Nuvem de Pontos Bruta no Recap



Fonte: Elaborado pelo autor

Esse ecossistema integrado transforma o Leica BLK360 em uma solução completa para levantamento 3D, garantindo resultados confiáveis e prontos para uso em uma ampla variedade de aplicações, desde construção civil até preservação de patrimônios históricos.

A nuvem de pontos oferece uma ampla gama de aplicações em diversas indústrias, graças à sua capacidade de capturar com alta precisão a geometria e os detalhes de ambientes. Ela pode ser utilizada em setores como preservação de patrimônio histórico, simulação e visualização 3D, além de marketing e design, incluindo tours virtuais e apresentações imersivas. No entanto, no estudo de caso atual, a nuvem de pontos foi gerada com o objetivo principal de contribuir para a preservação de um patrimônio histórico permitindo a geração de um modelo BIM, utilizando o software Revit.

### 3.2.4 Fotogrametria

A utilização da fotogrametria no sobrado Dr. José Lourenço representou uma abordagem inovadora para a captura e modelagem digital da estrutura. O processo teve início com a captura fotográfica do telhado, realizada por meio de voos estratégicos com o drone *quadcopter* UAV, um *Phantom 4 ProV1*, que permitiram registrar imagens de alta resolução sob diferentes ângulos.

Figura 21 - Fotografias registradas pelo drone *Phantom 4 ProV1*



Fonte: Elaborado pelo autor

Essas fotografias foram posteriormente processadas no software Reality Capture, que é amplamente reconhecido pela sua capacidade de transformar imagens em modelos tridimensionais detalhados. Através desse processamento, foi gerada uma nuvem de pontos densa, que reproduziu com precisão as características do telhado, facilitando a visualização e análise da estrutura.

Figura 22 - Nuvem de pontos do telhado do Sobrado Dr. José Lourenço, gerada no software Reality Capture



Fonte: Elaborado pelo autor

Com a nuvem de pontos obtida, foi possível importar os dados para o Autodesk Revit, onde a modelagem digital do telhado do sobrado foi realizada.

### **3.3 Modelagem 3D HBIM**

#### ***3.3.1 Importação da Nuvem de Pontos no Revit***

Com a nuvem de pontos do monumento histórico devidamente refinada, iniciou-se a elaboração do modelo tridimensional utilizando o software Autodesk Revit. O processo começou com a seleção de um template adequado, que funciona como um arquivo base para o desenvolvimento do projeto. Para este caso, foi escolhido o template Architectural, específico para projetos arquitetônicos.

Com a interface inicial do Revit carregada, procedeu-se à importação da nuvem de pontos previamente processada no Autodesk ReCap Pro. A importação foi realizada através do menu Inserir → Nuvem de Pontos, permitindo a integração da nuvem de pontos ao arquivo de projeto. Essa malha tridimensional serviu como referência fundamental para a criação precisa da modelagem arquitetônica do monumento.

Figura 23 - Nuvem de pontos no Revit

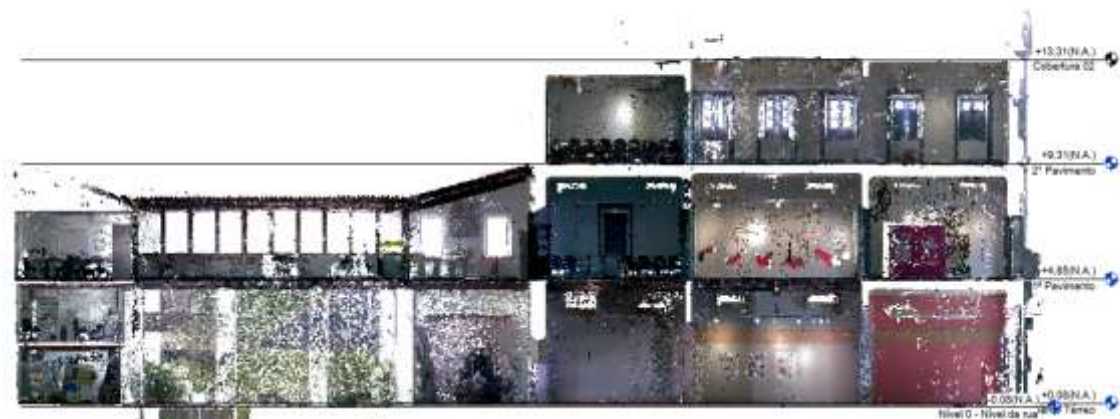


Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.3.2 Configuração Inicial do Projeto e Alinhamento da Nuvem

Considerando que o scanner capturou elementos externos como estruturas vizinhas, pessoas que passavam na rua e automóveis estacionados próximo ao local. Foi utilizada a ferramenta Caixa de Corte para delimitar a área de interesse e melhorar a visualização do monumento histórico. Em seguida, foi definido o ponto base da nuvem de pontos, garantindo o alinhamento adequado da nuvem com o projeto. Posteriormente, realizou-se uma seção transversal na nuvem de pontos, permitindo a visualização dos diferentes andares e possibilitando a criação precisa dos níveis correspondentes.

Figura 24 - Criação de níveis no Revit



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.3.3 Criação de Elementos Baseados na Nuvem de Pontos

Com os níveis definidos e a nuvem fixada, que tem como função principal servir de base para determinar a localização e características dos elementos a serem criados posteriormente. O primeiro passo foi inserir todas as paredes, devido a praticidade de observá-las em planta como mostra na figura 23. Como o laser não captura informações no interno das paredes ele demonstra como espaços vazios que é justamente a espessura da alvenaria. Para isso, foram utilizadas as ferramentas nativas do Revit, localizadas na guia "Arquitetura -> Grupo Construir -> Parede", com o objetivo de delimitar os ambientes do edifício e criar um contexto espacial para os próximos componentes. É importante destacar que, em algumas áreas da nuvem, foi possível identificar a espessura dos componentes, sendo a altura e a espessura as principais características das paredes, nos ambientes que tínhamos construções vizinhas é notório na nuvem que não conseguimos capturar com fidelidade as espessuras dessas alvenarias.

Figura 25 - Representação da captura da nuvem de pontos e a modelagem das alvenarias presente no Pavimento Térreo

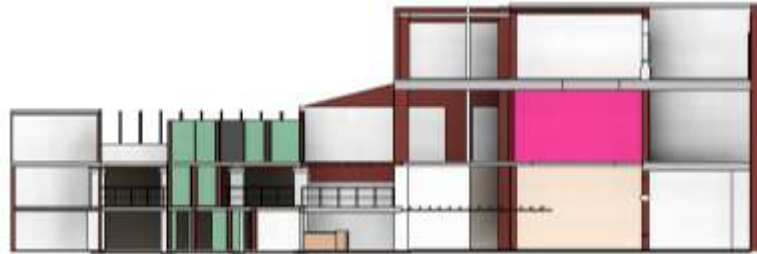


Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida, prosseguiu-se para os demais pavimentos, seguindo a sequência metodológica previamente descrita. Posteriormente, realizou-se a modelagem dos pisos e lajes por meio do menu Arquitetura → Construir → Pisos, o que facilitou a organização espacial e a definição das alturas dos níveis. Na sequência, foram modeladas as aberturas de portas e janelas existentes na edificação histórica. Essas aberturas foram criadas a partir de famílias

paramétricas que contemplam largura, altura e material, sendo posicionadas e ajustadas com base na referência fornecida pela nuvem de pontos.

Figura 26 - Corte para representar a criação de lajes e pisos nos pavimentos



Fonte: Elaborado pelo autor

A modelagem do telhado foi realizada de forma a garantir seu ajuste preciso aos limites estabelecidos pelas paredes, pilares e vigas da estrutura, foi utilizado o método da fotogrametria para obter a nuvem de pontos do telhado. Por fim, foram incluídos detalhes arquitetônicos e elementos de ornamentação. Como se trata de um monumento histórico, foram consideradas as características únicas dos ornamentos presentes na edificação, garantindo a fidelidade ao projeto original.

As escadas da edificação foram modeladas utilizando a ferramenta "Extrusão", localizada na guia "Arquitetura → Grupo Construir → Componente → Modelar no Local". Para isso, foi gerado um corte sobre a nuvem de pontos, permitindo visualizar a projeção dos espelhos da escada. Com a ferramenta de extrusão ativada, a geometria foi criada e ajustada conforme as dimensões e os parâmetros definidos pela modelagem.

Figura 27 - Visualização da nuvem e modelagem da escada metálica



Fonte: Elaborado pelo autor

Com a modelagem interna do monumento histórico Sobrado Dr. José Lourenço concluída, iniciou-se o processo de modelagem da fachada, considerada a parte mais desafiadora devido às ornamentações, que apresentam características distintas e únicas, sendo utilizado a nuvem de pontos capturada pelo BLK 360 e a fotogrametria, pois devido a altitude o laser scanner não conseguiu pegar com precisão.

Figura 28 - Modelagem da fachada utilizando a nuvem de pontos



Fonte: Elaborado pelo autor

### ***3.3.4 Documentação e aplicação***

Este trabalho concentra-se na documentação e análise da edificação do Sobrado Dr. José Lourenço por meio de modelagem tridimensional com a abordagem HBIM (Historic Building Information Modeling). O foco está na geração de vistas detalhadas do modelo 3D e no uso desse modelo para monitorar a construção ao longo do seu ciclo de vida, promovendo a preservação e gestão eficiente do patrimônio histórico.

A geração de vistas tridimensionais a partir do modelo HBIM possibilitou uma visualização detalhada dos elementos arquitetônicos e estruturais do sobrado. Essas representações foram essenciais para compreender a volumetria, os sistemas construtivos e os detalhes decorativos da edificação.

O modelo HBIM, além de servir como um registro digital fiel, é uma ferramenta dinâmica para o acompanhamento do ciclo de vida da edificação. Ao integrar informações sobre materiais, técnicas construtivas e registros históricos, o modelo facilita a tomada de decisões

estratégicas para a preservação do sobrado, orientando ações preventivas e corretivas ao longo do tempo.

Essa abordagem metodológica garante que o Sobrado Dr. José Lourenço seja documentado com precisão e monitorado de maneira contínua, contribuindo para a sua longevidade e valorização como patrimônio cultural.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Nuvem de Pontos

O escaneamento 3D foi fundamental para capturar as características físicas do patrimônio histórico em alta precisão. A utilização da tecnologia como o laser scanner BLK 360, possibilitou a geração de uma nuvem de pontos, representando fielmente as geometrias e as texturas da edificação do Sobrado Dr. José Lourenço, fornecendo uma base sólida para o desenvolvimento do modelo BIM da edificação.

Esses pontos podem representar a nuvem de pontos do Sobrado, e, dependendo da resolução do processo de captura, a nuvem pode ser mais ou menos densa, influenciando na quantidade de pontos distribuídos pela área ou volume mapeado. Com essa nuvem podemos realizar uma série de análises, como a modelagem 3D, visualização e simulações. A nuvem de pontos gerada pelo BLK 360 contém uma precisão de até 4mm, garantindo uma nuvem com baixo risco de erros humanos. Permitindo uma representação muito fiel dos ambientes, proporcionando dados extremamente detalhados, como o caso da nuvem de pontos do Sobrado Dr. José Lourenço que possibilita a visualização das edificações vizinhas, a rua, pessoas que estavam passando no momento foram capturadas nas cenas.

Figura 29 - Nuvem de Pontos do Sobrado Dr. José Lourenço no software ReCapPro



Fonte: Elaborado pelo autor.

A nuvem de pontos tem se mostrado uma ferramenta essencial para a preservação e documentação de monumentos históricos, devido oferecer um produto final rico em informações, possibilitando que fique registrado essas estruturas para estudos, restauração e

conservação. No contexto de monumento histórico e preservação digital do Sobrado, permitindo criar uma réplica digital do monumento físico armazenando informações caso o monumento sofra danos devido ao tempo, condições climáticas adversas, ou ações humanas. A digitalização por meio da nuvem de pontos assegura a forma original do monumento seja mantida com fidelidade, possibilitando uma base para estudo.

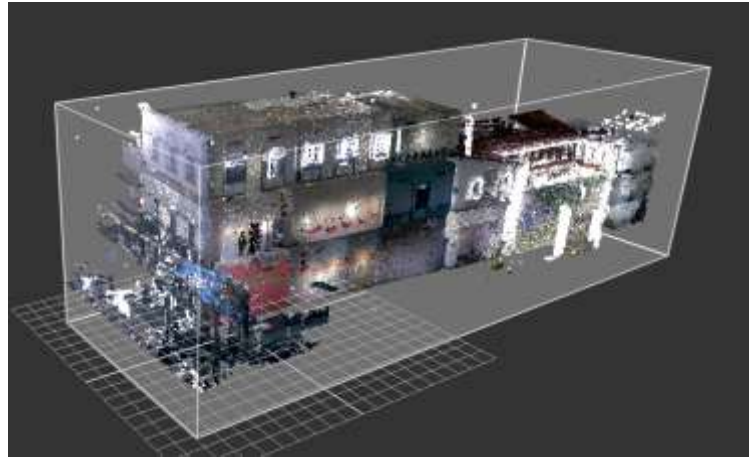
Figura 30 - (a) Fachada frontal, (b) fachada posterior, (c) fachada lateral esquerda e (d) fachada lateral direita em nuvem de pontos da igreja.



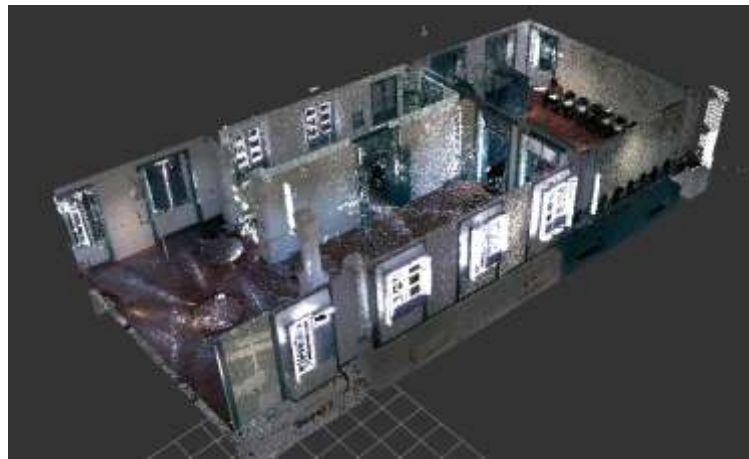
Fonte: Elaborado pelo autor.

A nuvem de pontos é uma excelente base para criar modelos 3D no Revit, mas, para otimizar e melhorar o uso da nuvem de pontos é necessário passar pela etapa de limpeza e refinamento da nuvem. Para auxiliar nesse processo foi importado o modelo para o software Recap, da Autodesk, onde foi feito cortes na nuvem com a ferramenta caixa de corte, excluindo as formas de elementos que estava presente nas adjacentes, com foco no modelo a qual vai ser realizado o estudo, sendo possível obter pela nuvem as informações de espessuras das alvenarias e pisos, visualizando a parte interna com mais detalhes e a parte externa com alguma delimitações.

Figura 31 - (a) Nuvem de pontos na caixa de corte; (b) Recorte aplicado em ambiente desejado



(a)



(b)

Fonte: Elaborado pelo autor.

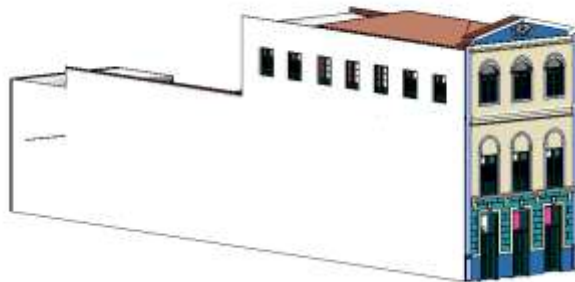
#### 4.2 Modelo 3D HBIM do Sobrado Dr. José Lourenço

A conversão da nuvem de pontos para o modelo BIM foi realizada utilizando ferramentas como o software Revit. Esse processo exigiu um cuidado especial na reconstrução de elementos geométricos complexos, como ornamentos, arcos e estruturas degradadas que são elementos típicos de patrimônios históricos. Mesmo que alguns detalhes tenha que ser simplificados devido a complexidade de fazer manual no software, é possível observar que o modelo tridimensional possui grande semelhança com o equipamento real.

Figura 32 - Modelo 3D HBIM do Sobrado Dr. José Lourenço (a) Vista lateral esquerda; (b) Vista lateral direita; (c) Corte longitudinal



(a)



(b)



(c)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como o modelo BIM foi desenvolvido a partir da nuvem de pontos, é possível sobrepor ambos e verificar se os elementos construtivos do modelo estão alinhados e coerentes com os dados capturados na nuvem.

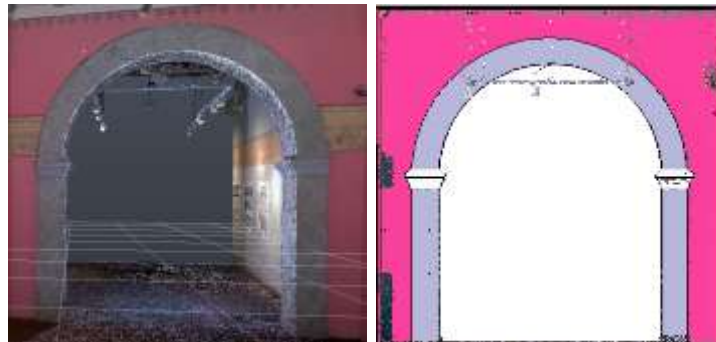
Figura 33 - Representação da nuvem de pontos sobreposta a modelagem



Fonte: Elaborado pelo autor.

A nuvem de pontos desempenhou um papel essencial na obtenção de uma visão detalhada dos ambientes. Por meio dela, foi possível entender as características dos elementos arquitetônicos, a localização das esquadrias e a altura do pé-direito de cada pavimento.

Figura 34- Arcos capturados pela nuvem de pontos aplicado a modelagem



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### ***4.2.1 Criação e Gestão de Famílias Parametrizadas no Revit***

Como o projeto foi desenvolvido para representar fielmente a situação atual do local, foi necessário criar diferentes famílias de paredes, considerando as variações nas espessuras existentes no estabelecimento. Da mesma forma, novas famílias de portas e janelas tiveram que ser criadas, já que as dimensões reais desses elementos não eram compatíveis com as famílias disponíveis no template original.

O fato de algumas portas estarem abertas durante o escaneamento contribuiu para a identificação desses itens na planta baixa por meio da nuvem de pontos. Isso tornou a alocação desses elementos mais eficiente, eliminando a necessidade de realizar cortes para determinar suas posições.

Figura 35 - Visualização de esquadrias do lado esquerdo através da nuvem de pontos



Fonte: Elaborado pelo autor.

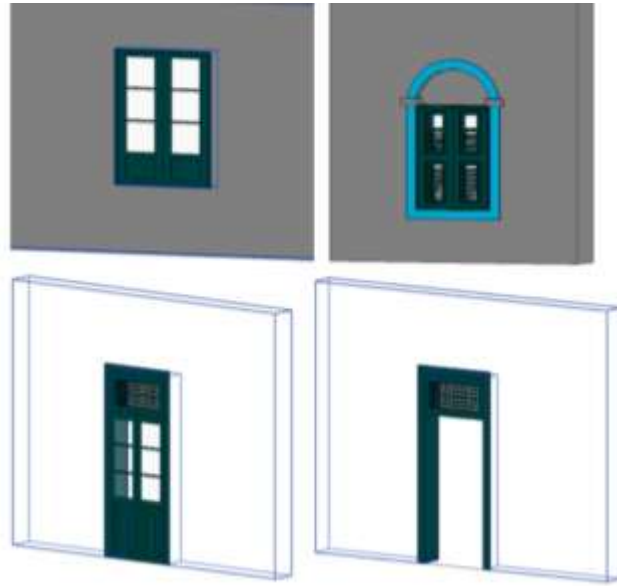
As portas e janelas foram projetadas com parâmetros ajustáveis de largura, altura e material, permitindo a personalização desses elementos e viabilizando sua reutilização em outros projetos.

Figura 36 - Modelagem das esquadrias apartir da nuvem de pontos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 37 - Famílias de Portas e Janelas criadas no Revit com características do monumento histórico



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5 CONCLUSÃO

A técnica de captura a laser mostrou-se um recurso eficiente e indispensável para o levantamento de edificações históricas, especialmente pela riqueza de detalhes arquitetônicos que apresentam. Essa tecnologia permite uma varredura detalhada, garantindo a preservação de informações que poderiam ser perdidas em levantamentos manuais. A nuvem de pontos gerada por meio da captura a laser possibilitou a análise minuciosa da edificação, permitindo a extração de informações precisas, como medidas dimensionais e detalhes geométricos da estrutura analisada.

No caso do Sobrado Dr. José Lourenço, a nuvem de pontos, além de funcionar como um registro fiel do estado atual da edificação, pode ser aplicada em diversas vertentes, como:

- Mapeamento de manifestações patológicas, oferecendo uma base sólida para intervenções de restauro;
- Compartilhamento de informações entre profissionais, promovendo estudos aprofundados sobre a arquitetura da época;
- Inclusão social, ao proporcionar visitas virtuais em interfaces online, permitindo que pessoas de qualquer lugar do mundo explorem o patrimônio histórico;
- Desenvolvimento de modelos 3D em softwares BIM, ampliando sua aplicabilidade em projetos de preservação e revitalização.

A integração entre o software Revit e a nuvem de pontos resultou na criação de um modelo 3D detalhado do Sobrado Dr. José Lourenço. Apesar de algumas simplificações na fachada frontal, o modelo demonstrou grande semelhança com a edificação real, representando uma ferramenta poderosa em termos de visualização. O modelo pode ser exportado para softwares de renderização como o Lumion, permitindo uma experiência mais realista e imersiva para o observador. Além disso, a modelagem, combinada com os dados da nuvem de pontos, oferece uma nova forma de registro da geometria do sobrado e pode ser utilizada para análises como a avaliação de desempenho da edificação.

O Revit também se destacou como uma plataforma eficiente para o planejamento de novos ambientes, possibilitando a visualização do comportamento de elementos como mobiliários, acabamentos e iluminação no espaço projetado. Isso facilitou a tomada de decisões durante o desenvolvimento do projeto. Durante a etapa de projeto executivo, o uso da metodologia BIM demonstrou sua capacidade de otimizar o processo, extraindo informações

paramétricas de maneira automática e precisa, garantindo maior eficiência no desenvolvimento das plantas executivas.

Por fim, este trabalho reforça a importância do uso de tecnologias avançadas, como o escaneamento a laser e softwares BIM, para a preservação e valorização do patrimônio histórico. Além de garantir a documentação detalhada e fiel dos monumentos, essas ferramentas abrem possibilidades para diversas aplicações futuras, como a criação de políticas públicas voltadas à conservação, o desenvolvimento de materiais educacionais e a integração com tecnologias imersivas. Assim, a pesquisa contribui para a perpetuação da memória histórica e cultural, aliando inovação tecnológica à preservação de nossa identidade.

## REFERÊNCIAS

PUPIM NETO, Manoel Hermes; SILVA, Priscila Fonseca da; ALVES, André Augusto de Almeida. Métodos e diretrizes de modelagem em HBIM: reflexões sobre o Instituto Vital Brazil. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E PATRIMÔNIO CULTURAL, 1., 2019, São Carlos, SP. *Anais...* Campinas: IAU-US, 2019

NOGUEIRA, Fabiano Mikalauskas de Souza. A representação de sítios históricos: documentação arquitetônica digital 2010. 215 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010

LU, D.; PAN, Y. Digital Preservation for Heritages. Technologies and Applications. London: Springer, 2010. (<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=Cgoxe0PbOecC&oi=fnd&pg=PR3&dq=.+Digital+Preservation+for+Heritages&ots=mWjnopMcbC&sig=9e2aQqaUA383xzzMV13eBJnt20A#v=onepage&q&f=false>)

FACUNDO LÓPEZ, José; MARTÍN-LERONES, Pedro; LLAMAS, José; GÓMEZ-GARCÍA-BERMEJO, Jaime; ZALAMA, Eduardo. A review of heritage building information modeling (H-BIM). *Multimodal Technologies and Interaction*, v. 2, n. 2, 21, May 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/mti2020021>.

HAIJIAN, H.; BECERIK-GERBER B. Scan to BIM: factors affecting operational and computational errors and productivity loss. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION, 27., 2010, Bratislava. Proceedings [...]. Bratislava, 2010, p. 265–272. DOI: <https://doi.org/10.22260/ISARC2010/0028>.

EASTMAN, C. et al. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p. FIRJAN. Indústria 4.0. Cadernos SENAI de Inovação. Abril 2016.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, v.18, p 357-375, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>.

BRÍGITTE, G. T. N.; RUSCHEL, R. C. Modelo de informação da construção para o projeto baseado em desempenho: caracterização e processo. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.16, n. 4, p.09-26, out./dez. 2016.

Tolentino, M. M. A. (2018). *A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do Patrimônio Arquitetônico*. Tese de Doutorado, Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA.

OLIVEIRA, J. D. Novos usos do patrimônio cultural edificado: análise da requalificação para uso cultural do mercado público municipal de Jaguarão/RS. p. 45, 2017.

LEITE, A. B. K.; SILVA, A. C. O. DA. Projeto de revitalização arquitetônica do prédio histórico da Igreja São João Batista no distrito de Piraputanga-MS. *Revista Pantaneira*, p. 13, 2022.

ALMEIDA, Abner; INOJOSA, Leonardo. HBIM – Modelagem de Informação para Preservação de Patrimônio. In: *Congresso Internacional de Patologia e Recuperação de Estruturas (CINPAR)*, 2021.

COGIMA, Camila Kimi. **BIM aplicado ao patrimônio histórico baseado em levantamento híbrido com multi-sensores**. 2019. 116 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2019.

FONSECA, M. C. L. O patrimônio em processo: trajetória da política federal de preservação no Brasil. 1 Ed. ed. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 1997.

GONÇALVES JR, F. BIM: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia. AltoQi, 2018.

FONSECA, M. C. L. O patrimônio em processo: trajetória da política federal de preservação no Brasil. Rio de Janeiro: UFRJ / IPHAN, 2005.

AMORIM, Arivaldo Leão de. Documentação do patrimônio arquitetônico do estado da Bahia com tecnologias digitais. In: *COMPUTAÇÃO GRÁFICA: PESQUISAS E PROJETOS RUMO À EDUCAÇÃO PATRIMONIAL*, 1., 2008, São Paulo. Anais eletrônicos... São Paulo: AHMWL, 2008.

AMORIM, A. L. Methodological aspects of architectural documentation. *Geoinformatics FCE CTU*, v. 6, p. 34-39, 2011.

SILVA, G. L. da; GROETELAARS, N. J. Reconstrução digital do patrimônio arquitetônico para ambientes virtuais interativos 3D: estudo de métodos para modelagem geométrica de edificações existentes. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 16, n. 3, 2021.

SHANOER, M. M.; ABED, F. M. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences Evaluate 3D laser point clouds registration for cultural heritage documentation. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, v. 21, n. 3, p. 295–304, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.11.007>>.

GROETELAARS, Natalie Johanna; AMORIM, Arivaldo Leão de. Tecnologia 3D Laser Scanning: características, processos e ferramentas para manipulação de nuvens de pontos. In: *XV Congresso SIGRADI*, 2011.

BUCKLEY S.J., HOWELL J.A., ENGE H.D., KURZ T.H. Terrestrial laser scanning in geology: data acquisition, processing and accuracy considerations. *Journal of the Geological Society*, v.165, 625- 638, 2008.

GROETELAARS, N. J. Criação de modelos BIM a partir de “nuvens de pontos”: estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. Salvador, Bahia: Universidade Federal da Bahia, 2015.

AFONSO, A.; PEREIRA, I.; SIMÕES, M. O uso da ferramenta digital laser scanner para a documentação do patrimônio moderno: bloco CM. UFCG. 1977. *Revista de Ciência e Tecnologia*, p. 17, 2021.

- Zhiqiang, et al. 2009. Detail-preservation 3-D modelling for elaborate Buddha sculpture. *Proceedings of the 22nd CIPA Symposium, Kyoto, Japan.*

Groetelaars, N. J., & Amorim, A. L. (2011). *Tecnologia 3D Laser Scanning: características, processos e ferramentas para manipulação de nuvens de pontos*. XV Congresso SIGRaDi. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/275962667>

GONÇALVES, Pedro Henrique; LIMA, Fabíolla Xavier Rocha Ferreira; MARQUES, Sarah Yasmin Pereira; SOSTER, Sandra Schmitt. *Fotogrametria do Patrimônio: Da Documentação à Realidade Aumentada*. *Revista Jatobá*, Goiânia, v. 3, e-72071, 2021.

GROETELAARS, Natalie Johanna. Um estudo da Fotogrametria Digital na documentação de formas arquitetônicas e urbanas. 2004. 257 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

KUTLU, I.; SOYLUK, A. A comparative approach to using photogrammetry in the structural analysis of historical buildings. *Ain Shams Engineering Journal*. p. 102298, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102298>>.

GARAGNANI, S.; MANFERDINI, A. M. Parametric accuracy: Building information modeling process applied to the cultural heritage preservation. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. 40, n. 5W1, 2013, Trento. *Proceedings...* Trento: ISPRS Archives, p. 87–92, 2013a.

CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. *Terrestrial Laser Scanning Specifications*. n. June, p. 1–41, 2018.

RUBENS, T. et al. Digitization of historical heritage: Nossa Senhora do Rosário Church Aracati-CE. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, 2023.

RUBENS, T. et al. Digitalization based on high-resolution scanning and HBIM tools for damage assessment of the José de Alencar house. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, p. 16, 2023b.

Genechten, B. 2008. *Theory and practice on Terrestrial Laser Scanning: Training material based on practical applications*. Acesso em dezembro de 2024, de [https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/201130/2/Leonardo\\_Tutorial\\_Final\\_vers5\\_ENGLISH.pdf](https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/201130/2/Leonardo_Tutorial_Final_vers5_ENGLISH.pdf)

PONA, Paulo Jorge Martins Rodrigues. Levantamento expedito de edifícios com recurso a laser scanner. 2017. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Construções) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2017.

ARCARI, E. do A.; PEREIRA, A. T. C.; COSTACURTA JUNIOR, R.; MANSANO, I. Interoperabilidade: Um desafio para o Processo de Modelagem Parametrizada de Detalhes Arquitetônicos e sua Materialização. In: SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 19, 2015, Florianópolis. Anais [...]. São Paulo: Blucher, 2015. p. 341-349. DOI: 10.5151/despro-sigradi2015-80143

FAZLI, Mohammad; ZANONI, Marco; SCHUBERT, Dirk; ABRAHAM, Daniela. Appraising Effectiveness of Building Information Management (BIM) in Project Management. *Procedia Technology*, v. 16, p. 1116-1125, 2014. Disponível em: <https://easychair.org/publications/paper/Wz2fw/open>.

Dore, C., Murphy, M., (2012), Integration of Historic Building Information Modeling and 3D GIS for Recording and Managing Cultural Heritage Sites. 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia: "Virtual Systems in the Information Society". 2-5 September, 2012. Milan, Italy.

BRUMANA, R.; DELLA TORRE, S.; PREVITALI, M.; et al. Generative HBIM modelling to embody complexity (LOD, LOG, LOA, LOI): surveying, preservation, site intervention—the Basilica di Collemaggio (L'Aquila). *Applied Geomatics*, v. 10, n. 4, p. 545–567, 2018.

CAPONE, M.; LANZARA, E. Scan-to-HBIM per l'analisi geometrica delle cupole storiche. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. XLII-2/W9, p. 219-226, 2019. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-219-2019.

SILVA, G. L. da; GROETELAARS, N. J. Reconstrução digital do patrimônio arquitetônico para ambientes virtuais interativos 3D: estudo de métodos para modelagem geométrica de edificações existentes. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, [S. l.], v. 16, n. 3, 2021. DOI: 10.11606/gtp.v16i3.172369. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/172369>.

Vieira, Tayna; Figueiredo, Karoline. (2019). *Vantagens de planejar uma obra com BIM*. [disponível em : <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/357/279>].

BRANDT, D. S. Implantação da modelagem à execução da tecnologia BIM em projetos de instalações hidrossanitárias numa construtora. Universidade Do Sul De Santa Catarina - UNISUL. [Monografia]. 2018. Disponível em: <<https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/4958/TCC%20OFICIAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

NETTO, Claudia Campos. Autodesk Revit: Architecture 2020: conceitos e aplicações. São Paulo: Érica, 2020; 1ª edição. 408 p. 2020 Saraiva Educação. São Paulo, SP.

Felipeto, Leonardo Machado. Elaboração de famílias carregáveis de objetos paramétricos para alvenaria estrutural no software Revit. Santa Maria, RS, 2022.

CAVALCANTI, Marina Russell Brandão. Patrimônio virtual: a reconstrução em 3D e a preservação do patrimônio cultural. 2019. 164 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Preservação do Patrimônio Cultural) – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Rio de Janeiro, 2019.

CHEN, M. et al. Proactive 2D model-based scan planning for existing buildings. *Automation in Construction*, v. 93, p. 165–177, 1 set. 2018.

GARAGNANI, S.; MANFERDINI, A. M. Parametric accuracy: Building information modeling process applied to the cultural heritage preservation. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. 40, n. 5W1, 2013, Trento. *Proceedings...* Trento: ISPRS Archives, p. 87–92, 2013a.

RANDALL, T. Construction Engineering Requirements for Integrating Laser Scanning BIM aplicado ao patrimônio histórico baseado em levantamento híbrido com multi-sensores | 104 *Technology and Building Information Modeling. Journal of Construction Engineering and Management*. v. 137, n. 10, p. 797–805, 2012.

LEICA GEOSYSTEMS. Configurando BLK360 G1 e Cyclone Field em campo!. YouTube, 9 mar. 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DLGjcfXjQus>.

LEICA GEOSYSTEMS. Manual do Laser Scanner BLK360. Versão 4.0.0. 2022. Disponível em: [https://shop.leica-geosystems.com/sites/default/files/2022-01/867884\\_Leica\\_BLK360\\_UM\\_v4.0.0\\_pt\\_br.pdf](https://shop.leica-geosystems.com/sites/default/files/2022-01/867884_Leica_BLK360_UM_v4.0.0_pt_br.pdf).

DORE, Conor; MURPHY, Maurice. Integration of historic building information modeling (HBIM) and 3D GIS for recording and managing cultural heritage sites. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON VIRTUAL SYSTEMS AND MULTIMEDIA: VIRTUAL SYSTEMS IN THE INFORMATION SOCIETY*, 18., 2012, Milan. *Proceedings...* IEEE, p. 369-376.

Rashdi, R., Martínez-Sánchez, J., Arias, P., & Qiu, Z. (2022). *Scanning Technologies to Building Information Modelling: A Review*. *Infrastructures*, 7(49). <https://doi.org/10.3390/infrastructures7040049>

Liu, H., & Humphrey, R. (2022). *Scan-to-BIM technique in building maintenance projects: Practicing professionals' perspectives*. Disponível em: <https://researchprofiles.canberra.edu.au/en/publications/scan-to-bim-technique-in-building-maintenance-projects-practicing>

MONTEIRO, Ana Caroline Nogueira. et al. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: IMPORTÂNCIA, MÉTODOS E FERRAMENTAS. *Revista Campo do Saber, Cabedelo*, v.3 – n 1 – jan/jun de 2017 (<https://periodicos.iesp.edu.br/campodosaber/article/view/62>)

Matos, C. R. (2016). O uso do BIM na fiscalização de obras públicas. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, Brasília.  
NETTO, Cláudia Campos. *Autodesk Revit Architecture 2016 – Conceitos e Aplicações*. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. BIM: Conceitos, Cenários das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE PROJETOS. 1., 2009, São Carlos. Anais [...]. São Carlos: RiMa, 2009.

AUTODESK. Revit 2019: Família e Tipos de Família. 2019. Disponível em: [site oficial ou URL específica].

SOARES, Johnny Anderson Lourenço. Criação de Famílias BIM: como a utilização e parametrização de famílias torna mais ágil e dinâmico o desenvolvimento de projetos de instalações elétricas em BIM. Americana: Faculdade de Americana (FAM), 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica).

CRUZ, Sara Vasconcelos. Travessia dos sentidos: estratégias de mediação multissensorial e inclusiva no Sobrado Dr. José Lourenço em Fortaleza (CE). João Pessoa, PB: Universidade Federal da Paraíba/Universidade Federal de Pernambuco, 2017. Dissertação (Mestrado em Artes Visuais).

CASTRO, José Liberal. Tombamento do Sobrado Dr José Lourenço. Revista do Instituto do Ceará, 2003.

VIEIRA, M. et al. Updating the documentation of a historic building: a case study of the José de Alencar theatre. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, v. 8, n. 1, p. 1–14, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s41024-023-00281-7>>

AFSARI, K.; EASTMAN, C. M. A comparison of construction classification systems used for classifying building product models. 52nd ASC Annual International Conference Proceedings. Provo: Associated Schools of Construction, 2016. p. 1–8

SILVA, R. F. T. et al. Recomendações para a implementação da interoperabilidade entre SINAPI e normas da série NBR 15965. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, RS, v. 22, n. 3, p. 213-233, jul./set. 2022. ISSN 1678-862. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/zvZfvx3jCT6MkxrT6XtDjgx/#>>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15965: Organização da informação da construção – Classificação e codificação. Rio de Janeiro

BOTON, C.; FORGUES, D. Practices and Process in BIM Projects: An Exploratory Case Study. *Advances in Civil Engineering*, 2018.

CORREIA, Vera Lúcia. Estruturação da informação para gestão de manutenção a partir da NBR 15965/2022 utilizando modelos BIM: aplicação em edificações de supermercado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2023.

CORREA, F. R.; SANTOS, E. T. Ontologias na construção civil. Uma alternativa para o problema de interoperabilidade com o uso do IFC. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 7-22, 2014.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. Sobrado Dr. José Lourenço completa 17 anos como importante equipamento cultural das artes visuais no Ceará. 2024. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2024/07/23/sobrado-dr-jose-lourenco-completa-17-anos-como-importante-equipamento-cultural-das-artes-visuais-no-ceara>.





