



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO



NARA SILVA SOUZA

**HBIM: ESTUDO E APLICAÇÃO DA FERRAMENTA BIM NA DOCUMENTAÇÃO
DE BENS DO PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO**

OURO PRETO - MG
2025

NARA SILVA SOUZA

**HBIM: ESTUDO E APLICAÇÃO DA FERRAMENTA BIM NA DOCUMENTAÇÃO
DE BENS DO PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO**

Trabalho Final de Graduação apresentado
ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da
Universidade Federal de Ouro Preto,
como requisito parcial para a obtenção do
grau de Bacharel(a) em Arquitetura e
Urbanismo.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Fernanda Alves
de Brito Bueno

OURO PRETO - MG

2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S729h Souza, Nara Silva.

HBIM [manuscrito]: estudo e aplicação da ferramenta BIM na documentação de bens do patrimônio cultural edificado. / Nara Silva Souza. - 2025.

94 f.: il.: color., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Alves de Brito Bueno.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Arquitetura e Urbanismo .

1. Arquitetura. 2. Modelagem de informação da construção. 3. Fotogrametria. 4. Imagem tridimensional. I. Bueno, Fernanda Alves de Brito. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 72:711.4

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - CRB6/2322



FOLHA DE APROVAÇÃO

Nara Silva Souza

HBIM: Estudo e aplicação da ferramenta BIM na documentação de bens do patrimônio cultural edificado

Monografia apresentada ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Arquiteta e Urbanista

Aprovada em 02 de setembro de 2025

Membros da banca

Doutora Fernanda Alves de Brito Bueno - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Doutora Patrícia Thomé Junqueira Schettino - (Universidade Federal de Ouro Preto)
Doutora Ivana Peruccci Esteves dos Santos - (Avaliadora externa)

Fernanda Alves de Brito Bueno, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 02/12/2025



Documento assinado eletronicamente por **Fernanda Alves de Brito Bueno, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 02/12/2025, às 18:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1025086** e o código CRC **3D3FC91B**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha família, pelo amor, paciência e incentivo incondicional em todos os momentos dessa caminhada acadêmica.

Expresso minha gratidão aos professores e colegas que estiveram presentes nesta jornada, pelos ensinamentos que permitiram a conclusão deste trabalho.

Estendo meus agradecimentos especialmente às pessoas que sempre me incentivaram a ir além dos limites da minha cidade natal, a enfrentar o mundo e a buscar novas experiências. Cada palavra de encorajamento foi essencial para que eu tivesse coragem de conhecer novos lugares, ampliar horizontes e acreditar que o aprendizado também se faz na vivência fora do que é familiar.

E por fim, agradeço a mim mesma pela dedicação, resiliência e coragem de seguir meus sonhos diante dos desafios. Reconheço cada esforço e cada conquista ao longo desta trajetória acadêmica. Este trabalho é fruto disso e hoje celebro-o com muito orgulho e alegria...

"You live what you've learned"
(Você vive o que aprendeu)

Linkin Park

RESUMO

O seguinte trabalho de graduação final tem como objetivo estudar as possibilidades do HBIM e investigar as vantagens e limitações para a preservação de Bens do Patrimônio Cultural Edificado. A metodologia utilizada inclui, o levantamento de material bibliográfico e documental adequado ao tema, exemplos de aplicação por profissionais na área, modelagem do estudo de caso e debate acerca dos resultados obtidos. O objeto de estudo é a Capela de São João Batista do Ouro Fino, localizada no Morro São João, na cidade de Ouro Preto. A importância do tema para arquitetura é permeada de como as novas tecnologias BIM podem beneficiar a preservação do patrimônio e potencializar, como consequência, os processos de conservação e restauro.

Palavras-chave: Patrimônio Edificado, HBIM, levantamento, modelagem, fotogrametria, nuvem de pontos.

ABSTRACT

The aim of the following final degree work is to study the possibilities of HBIM and to investigate the advantages and limitations for the preservation of Built Cultural Heritage Assets. The methodology used includes a survey of bibliographic and documentary material appropriate to the subject, examples of application by professionals in the field, modeling of the case study and discussion of the results obtained. The object of study is the Chapel of São João Batista of Ouro Fino, located on Morro São João, in the city of Ouro Preto. The importance of the theme for architecture is permeated by how new BIM technologies can benefit the preservation of heritage and, as a consequence, enhance conservation and restoration processes.

Keywords: Built Heritage, HBIM, survey, modeling, photogrammetry, point cloud.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: As três técnicas de medição: triangulação, irradiação e coordenadas cartesianas, respectivamente.....	26
Figura 2 - Produtos obtidos pela (a) monorestituição, (b) estereorrestituição e (c) restituição a partir de várias fotografias.....	31
Figura 3 - Processo de monorestituição e desenho técnico de uma fachada.....	31
Figura 4 - Reprodução esquemática do 3D Laser Scanning sendo usado para obter-se a “nuvem de pontos”.....	32
Figura 5 - Imagens isométricas do Revit mostrando os dados da nuvem de pontos de cada capela com dados combinados de varredura laser terrestre e fotogrametria: a) Capela da Penha de França, b) Capela de Nossa Senhora da Piedade, c) Capela do Senhor dos Passos, d) Capela do Dolce Homo, e) Capela da Pietá, f) Capela do Senhor Amarrado e g) Igreja Matriz.....	34
Figura 6 - Sequência de imagens mostrando os desafios da modelagem de janelas no Revit: a) seção através da janela oval da Capela de Nossa Senhora da Conceição criada com a ferramenta “Blend”, b) vista axonométrica da janela da Capela de Pietá na família carregável com as barras de ferro destacadas em azul, c) abertura da janela da Capela do Senhor Amarrado e d) planta 3D da janela e esquematização do parâmetro abre-fecha.....	35
Figura 7 - a) Representação final do percurso da Via Sacra (8º a 14º estação) entre as Capelas e Igreja Matriz, com imagens das capelas modeladas durante o processo e b) diagrama linear que delinea a sequência de capelas encontradas ao longo do percurso estabelecido. As capelas estão identificadas com números (1-2-3-4-5-6-7) e os caminhos que as ligam estão assinalados com letras (a-b-c-d-e-f-g).....	36
Figura 8 - Capela de São João Batista em 1903.....	37
Figura 9 - Capela de São João Batista por volta de 1911, em ocasião do Bicentenário da criação de Vila Rica.....	39
Figura 10 - Capela de São João Batista do Ouro Fino.....	39
Figura 11 - Detalhes construtivos da fachada frontal da capela. (a) Janela da fachada frontal em alvenaria caiada branca e janela tipo guilhotina com quadro pintado de azul e caixilhos de branco; (b) Cunhal argamassado e caiado (ocre); (c) Soco em pedra; (d) Porta de 2 folhas (ponta de diamante) e pintura azul colonial; (e) Cimalha argamassada e caiada (ocre); (f) Pináculo de pedra; (g) Beiral de beira e bica na cor branca e a cruz cimentada no cume e (h) Portão do adro com os dois pilares de pedra rebocada.....	40
Figura 12 - (a) Fotografia com todos os detalhes descritos anteriormente (2019) (b) Fachada da capela e seus detalhes das molduras argamassada; (c) Campanário na lateral direita e (d) Fachada lateral esquerda com o detalhe curvo da parede.....	41
Figura 13 - Detalhes das fachadas laterais. (a) Cordão e cunhal argamassado (ocre) presentes nas duas fachadas laterais, terminando no cunhal e soco de pedra; (b) Vão fechado e abertura sob o presbitério com moldura argamassada e caiada (ocre); (c) Porta (tipo calha) e alisar de madeira em pintura azul colonial e (d) Janela de madeira do tipo guilhotina com quadro e folhas internas cegas, pintadas de azul e caixilhos pintados de branco.....	42
Figura 14 - Arco Cruzeiro a partir da nave e retábulo mor ao fundo.....	43
Figura 15 - Linha do tempo da Capela de São João de Ouro Fino, com recortes, para demonstrar transformações visíveis ao longo de alguns anos específicos.....	44
Figura 16 - Planta Baixa da Capela datada de junho de 1949.....	45
Figura 17 - Prancha com desenho técnico da planta da Capela de São João (2009/2010)..	46
Figura 18 - Prancha com desenhos técnicos das fachadas da Capela de São João	

(2009/2010).....	47
Figura 19 - Prancha com cortes da Capela de São João (2009/2010).....	47
Figura 20 - Conjuntos de fotos demonstrando o método da tomada de fotos em sobreposição manual.....	51
Figura 21 - Marcadores posicionados com nível a laser nas fachadas frontal e lateral esquerda, para a obtenção das medidas de referência.....	52
Figura 22 - Testes realizados ainda na fase de teste e aprendizagem dos programas. (a) Nuvem de pontos gerada no programa Recap com a limitação de 100 fotografias e (b) Nuvem de pontos gerada no Agisoft em qualidade média.....	53
Figura 23 - (a) Captura de tela do programa Agisoft Metal Shape e suas ferramentas, com destaque para o Fluxo de Trabalho; (b) Processo de alinhamento das imagens, em alta qualidade.....	54
Figura 24 - Marcadores do programa posicionados na fachada frontal, alinhados aos marcadores utilizados no levantamento fotográfico.....	56
Figura 25 - Ortomosaico gerado a partir do processamento das fotos da fachada frontal.....	57
Figura 26 - Limitações encontradas ao analisar o modelo de nuvem de ponto gerado. (a) e (b) Falta de pontos no elemento dos pináculos e da cruz; (c) Falha nos pontos do piso da fachada da lateral direita e (d) Falta de pontos para a composição dos telhados.....	57
Figura 27 - Processo de exportação da Nuvem de Pontos do Recap para Revit 2025.....	58
Figura 28 - Curso de HBIM - Básico disponibilizado para o treinamento em Portugal.....	59
Figura 29 - Nuvem de pontos gerada na qualidade alta, inserida no programa Autodesk Revit 2025.....	60
Figura 30 - Processo de modelagem das paredes da Capela de São João. (a) Plano de Piso da Nuvem de Pontos; (b) Ferramenta “Raio inicial-final do arco” de desenho utilizada para as paredes curvas; (c) Paredes modeladas da capela, demonstrando a necessidade de conferência de acordo com a Nuvem de Pontos e (d) Paredes da fachada lateral esquerda, após ajustes de inclinação.....	61
Figura 31 - Processo de modelagem dos elementos do adro. (a) Muretas modeladas, após a medição das larguras e conferidas de acordo com a nuvem de pontos; (b) Desenho do perfil dos pilares em pedra argamassa com a ferramenta Sweep (Varredura); (c) Pilares de pedra e muretas modeladas e com texturas genéricas aplicadas e (d) Portão principal modelado e encaixado entre os pilares do Adro.....	62
Figura 32 - Processo de modelagem dos pisos. (a) Desenho do piso da capela a partir dos limites da nuvem de pontos; (b) Desenho do piso do adro no plano de piso do programa; (c) Ajustes feitos na inclinação do piso do adro a partir de um corte paralelo à fachada frontal, com a ferramenta Modify Sub Element (modificar subelementos) e (d) Modelo 3D do piso com a textura genérica aplicada.....	63
Figura 33 - Processo de modelagem das janelas. (a) Desenho com a ferramenta Detail Line (linha de detalhe) para ser exportado em formato CAD; (b) Espaço de modelagem da família Metric Generic Model Wall Based com o desenho CAD importado e a modelagem da janela nele baseado; (c) Janela esquerda da fachada frontal modelada e verificada com a nuvem de pontos e (d) Janela da fachada lateral esquerda com o mesmo processo.....	64
Figura 34 - Processo de modelagem das portas. (a) Desenho com a ferramenta Detail Line (linha de detalhe) para ser exportado em formato CAD; (b) Espaço de modelagem da família Metric Generic Model Wall Based com o desenho CAD importado e a modelagem da porta nele baseado; (c) Desenho com o perfil das almofadas e (d) Porta principal modelada.....	64
Figura 35 - Processo de modelagem das cimalthas e dos socos de pedra. (a) e (b) Perfil traçado e salvo em formato CAD da cimaltha e do soco de pedra, respectivamente; (c) Plano de trabalho da cimaltha esquerda e (d) Modelos 3D da cimaltha e do soco de pedra, verificados na nuvem de pontos.....	65
Figura 36 - Processo de modelagem do sino do campanário e do pináculo. (a) e (b) Perfil	

traçado e salvo em formato CAD do sino e do pináculo, respectivamente; (c) Modelo 3D do sino e (d) Modelo 3D do pináculo.....	66
Figura 37 - Processo de modelagem do óculo central. (a) Desenho com a ferramenta Detail Line (linha de detalhe); (b) Moldura 3D; (c) Planta de piso da abertura e (d) Modelo 3D do óculo central.....	66
Figura 38 - Processo de modelagem dos cunhais. (a) e (b) Desenho com a ferramenta Detail Line (linha de detalhe) do cunhal esquerdo e direito, respectivamente; (c) Cunhal em correspondência nas fachadas (d) Modelo 3D do cunhal direito com sua peculiaridade de inclinação.....	67
Figura 39 - Processo de modelagem dos demais elementos das fachadas laterais. (a) Cordão e cimalha; (b) Soco de pedra e embasamento; (c) Detalhes da fachada direita (cunhal, cimalha, cordão e soco de pedra) e (d) Detalhe de vão fechado e abertura sob presbitério emoldurados.....	68
Figura 40 - Processo de modelagem dos telhados. (a) Ferramenta de desenho de telhado por extrusão; (b) Perfil de telhado, usada na ferramenta Sweep (varredura); (c) Telhado inclinado visto a partir da fachada lateral esquerda (d) Modelo de cobertura da capela finalizado.....	68
Figura 41 - Modelo 3D.....	69
Figura 42 - Nuvem de pontos obtidas no treinamento do programa Agisoft. (a) Nuvem de pontos esparsa de um carrinho; (b) Nuvem de pontos completa do objeto; (c) Nuvem de pontos esparsa de uma capela e (d) Nuvem de pontos da capela com lacunas ainda significativas.....	71
Figura 43 - Erros de duplicidade de pontos. (a) Cunhal direito; (b) Porta lateral; (c) Pilar direito do adro e (d) Piso do adro.....	71
Figura 44 - Detalhes com sombra na nuvem de pontos. (a) Fachada posterior com sombras da vegetação do local; (b) e (c) Fachada lateral esquerda com sombra de árvore e da própria edificação, respectivamente e (d) Fachada lateral direita toda sombreada.....	72
Figura 45 - Detalhes aproveitados do telhado. (a) Vista área geral mostrando a ausência dos telhados; (b) Final do beiral da fachada esquerda; (c) Final do beiral da fachada direita e (d) Nuvem de pontos do encontro da empena da nave com a capela-mor.....	73
Figura 46 - (a) Nuvem de pontos de uma janela (scanner a laser); (b) Nuvem de pontos de uma janela (fotogrametria); (c) Nuvem de pontos de uma porta (scanner a laser) e (d) Nuvem de pontos de uma porta (fotogrametria).....	74
Figura 47 - (a) Nuvem de pontos e (b) Modelo 3D.....	76
Figura 48 - Comparação entre os elementos reais e a modelagem 3D. (a) Foto do soco de pedra da fachada lateral esquerda; (b) Modelo 3D; (c) Foto do soco de pedra da fachada esquerda; (d) Modelo 3D; (e) Foto da parte posterior do campanário; (f) Modelo 3D; (g) Foto da calçada exterior do adro e (h) Modelo 3D.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Descrição dos equipamentos utilizados nas etapas do trabalho.....	50
Quadro 02 - Comparação do tempo de processamento de cada tipo de configuração.....	55
Quadro 03 - Comparação das metodologias.....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D - Duas Dimensões

3D - Três Dimensões

BIM - *Building Information Modeling*

CAD - *Computer-aided design*

GB - Gigabytes

HBIM - *Heritage/Historic Building Information Modeling*

LAPPAH - Laboratório de Estudos em Patrimônio, Paisagem e História

MB - Megabytes

MIEH - Modelação de Informação de Edifícios Históricos

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

IPTI - *Investigation in (cultural) Patrimony: Tangible and Intangible*

SPHAN - Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto

UNESCO - *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*
(Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura)

VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. A IMPORTÂNCIA DO CADASTRAMENTO NA PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO CULTURAL.....	17
2.1. A TRAJETÓRIA DAS TEORIAS DE RESTAURAÇÃO.....	21
2.2. METODOLOGIA PARA O LEVANTAMENTO TRADICIONAL.....	25
3. BIM COMO FERRAMENTA CONTEMPORÂNEA NA PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO CULTURAL.....	28
3.1. FOTOGRAMETRIA.....	29
3.2. 3D LASER SCANNING.....	31
3.3. FERRAMENTAS PARA APLICAÇÃO DO BIM.....	33
4. OBJETO DE ESTUDO: CAPELA DE SÃO JOÃO BATISTA DO OURO FINO.....	37
4.1. BREVE HISTÓRICO DO MORRO SÃO JOÃO.....	38
4.2. CARACTERÍSTICAS DA CAPELA DE SÃO JOÃO BATISTA DO OURO FINO.....	39
4.3. ANÁLISE DOS LEVANTAMENTOS EXISTENTES.....	45
4.4. LEVANTAMENTO E COLETA DE DADOS.....	50
4.4.1. APLICAÇÃO DA FOTOGRAMETRIA.....	52
4.4.2. ESCOLHA DA FERRAMENTA BIM.....	58
4.5. PROCESSO DE MODELAGEM DO BEM PATRIMONIAL.....	60
5. DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS.....	69
5.1. APLICAÇÃO DA FOTOGRAMETRIA NA CAPELA DE SÃO JOÃO.....	70
5.2. APLICAÇÃO DO BIM: ENTRE A FOTOGRAMETRIA E O SCANNER A LASER.....	73
5.3. BIM NA MODELAGEM DO PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO.....	75
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
REFERÊNCIAS.....	82
APÊNDICE A.....	86

1. INTRODUÇÃO

Segundo a arquiteta francesa Françoise Choay (2001), o vínculo que a sociedade possui com seu patrimônio histórico é rigorosamente relacionado ao contexto social e filosófico ao qual o indivíduo está inserido. Expondo-se, assim, como um “reflexo” do mesmo e de suas complexidades. A autora assim pontua:

O culto prestado hoje em dia ao patrimônio histórico exige, pois, mais do que uma verificação de prazer. Exige um questionário, uma vez que ele é o revelador, negligenciado e, contudo, incontestável, de um estado da sociedade e das questões que nela existem. (CHOAY, 2014, p. 12)

Em seu texto intitulado *“Para além da pedra e do cal: por uma concepção ampla de patrimônio cultural”*, a autora Maria Fonseca (2003) descreve sobre o movimento de superação da ideia tradicional de patrimônio, como um conjunto restrito a edificações monumentais, representados por uma memória engessada, colonial e elitizada ao conceito ampliado que conhecemos hoje como patrimônio cultural.

Ela mostra, como a influência da UNESCO e da Constituição Federal de 1988, ajudou a consolidar uma compreensão abrangente de patrimônio, que engloba não somente bens materiais, como igrejas, casarões e conjuntos arquitetônicos, mas também elementos imateriais, como festas populares, ofícios, saberes, tradições orais e outros. Essa reflexão sobre como o patrimônio deve compreender um conjunto vivo de referências culturais, que garantem a sequência e diversidade da memória, demonstra o que Fonseca (2003) propõe ao olhar o patrimônio para “além da pedra e cal”, reconhecendo grupos sociais, identidades e suas formas de existência e expressão no mundo.

É, portanto, a partir de uma reflexão sobre a função de patrimônio e de uma crítica à noção de patrimônio histórico e artístico, que se passou a adotar - não só no Brasil - uma concepção mais ampla de patrimônio cultural, não mais centrada em determinados objetos - como os monumentos -, e sim numa relação da sociedade com sua cultura. (FONSECA, 2003, p. 69)

Desde o século XIX, percebe-se essa crescente atenção da sociedade contemporânea para com a preservação de edificações e construções consideradas naquele momento patrimônios históricos. O movimento é produto de uma progressiva preocupação com as obras do passado, destruídas durante os diversos

conflitos armados e da importância da preservação de uma memória coletiva dos tempos de paz. Para o historiador francês Jacques Le Goff (1990), a memória é um importante instrumento de vinculação de gerações e o tempo em que estão inseridas. Devido a ela, é possível a criação de uma relação afetiva, que permite com que os indivíduos se identifiquem como sujeitos da história, com direitos e deveres para com o patrimônio.

Acompanhando a linha de raciocínio de Le Goff, Oliveira (2008) reitera que uma das ferramentas para a preservação da memória é seu registro iconográfico. Ou seja, um conjunto de ilustrações/fotografias, feitas por métodos milenares ou modernos, que permita com que mesmo na ausência do objeto, a imagem possa compensar parcialmente, a falta de contato do indivíduo com aquilo que já se foi.

Além disso, segundo o autor, um registro feito com precisão é fundamental para os futuros trabalhos de intervenção, bem como alterações e deformações que o bem pode sofrer no decorrer de sua vida. Como pontuado abaixo:

Para aqueles que se ocupam da análise histórico-crítica do monumento, os cadastros são de primordial importância, pois podem permitir a leitura e o entendimento das corretas proporções do projeto original e descobrir eventuais traçados reguladores que comandaram a concepção da arquitetura, perfeitamente resgatáveis a partir de uma boa representação. (OLIVEIRA, 2008, p. 13).

O *Building Information Modelling* (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção corresponde a um conjunto de recursos tecnológicos que visa a produção e gestão de modelos digitais dos aspectos físicos e operacionais das construções. Por sua capacidade de integração de dados, o BIM é uma ferramenta amplamente utilizada no setor da construção e documentação arquitetônica, sendo empregado no planejamento, operação, manutenção, reforma e registro de edificações.

No âmbito da preservação do bem cultural edificado e como ampliação do BIM, surge o *Heritage Building Information Modeling* (HBIM), visando a documentação, intervenção e preservação de edifícios históricos. O fato de conseguir armazenar dados arquitetônicos, técnicas construtivas e materiais, gera a possibilidade da ferramenta conseguir subsidiar inventários e oferecer mecanismos de documentação que visam a preservação do patrimônio. Além disso, com a elaboração desses diagnósticos é possível simular diferentes cenários de intervenção, avaliando-se propostas e otimizando o processo de tomada de

decisões, tornando o BIM uma ferramenta que potencializa os processos de conservação e restauro.

Em 2023, como estudante de Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), tive a oportunidade de realizar uma Mobilidade Acadêmica para o Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa em Portugal. Uma das disciplinas cursadas durante esse período foi a de Modelação de Informação de Edifícios Históricos (MIEH), no qual fomos instigados a desenvolver um trabalho voltado à preservação e valorização de um determinado bem patrimonial edificado através de sua modelação 3D. Ao final dessa etapa, o grupo foi convidado pelos professores da disciplina a transformar o produto final em um artigo, publicado recentemente no jornal científico “*Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*¹”. A partir dessa experiência única, resolvi então dar continuidade aos meus estudos na área através desse trabalho final de graduação.

Considerando o exposto acima, o seguinte trabalho busca investigar, no que tange às implicações do HBIM, as possibilidades da fotogrametria em comparação ao levantamento por scanner a laser 3D, assim como os benefícios e limitações da ferramenta BIM nesse processo. Os objetivos específicos traçados para o desenvolvimento do trabalho vão desde discutir a importância do cadastramento na preservação e nas teorias de restauro, bem como escolher um bem patrimonial no município de Ouro Preto, visando a aplicabilidade dos estudos e a contribuição na preservação do bem cultural. Inclui-se a isso, construir um modelo BIM do objeto de estudo e discutir, a partir do processo e dos resultados obtidos, as vantagens e limitações encontradas.

O objeto de estudo escolhido foi a Capela de São João Batista do Ouro Fino, localizada no Morro São João em Ouro Preto, justificada por seu valor patrimonial e por integrar o território de origem da cidade, historicamente negligenciado e deixado à margem das ações de preservação, em detrimento do patrimônio legitimado da área central. A metodologia de trabalho iniciou-se com uma profunda pesquisa bibliográfica e documental sobre o avanço das políticas de preservação no Brasil e do recorte, nas teorias de preservação, da importância do cadastramento na preservação do patrimônio. Para a coleta de dados, visitas de campo foram

¹ SOUZA, Nara Silva; DI FRANCESCO, Valeria; DE WANDA, Nikedila; RAFEIRO Jesse; TOMÉ, Ana. *Digital documentation and dissemination of the Via Crucis of the Convent of Nossa Senhora da Arrábida, Portugal*. Em: *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*. 2025; Vol. 37.

realizadas em conjunto com o grupo de pesquisa vinculado ao LAPPAH (Laboratório de Estudos em Patrimônio, Paisagem e História), coordenado pela professora e também orientadora do trabalho, Fernanda Bueno. A equipe vem desenvolvendo estudos sobre as estruturas arquitetônicas do sítio arqueológico do Morro da Queimada, e, portanto, contribuíram para essa pesquisa, permitindo a troca de informações e auxiliando nas práticas em campo.

Além da modelagem da capela na ferramenta BIM escolhida, feita a partir do levantamento por fotogrametria e da aplicação da metodologia BIM, foi realizada uma entrevista com o profissional responsável pelo levantamento existente. Com intuito de se interpor reflexões sobre os processos de levantamento tradicional por ele realizado e a prática deste trabalho. E por fim, foram realizadas análises a partir do estudo de caso, visando verificar as vantagens e limitações observadas durante os processos, tanto da fotogrametria quanto da modelagem 3D da capela e suas potencialidades.

O trabalho foi organizado em seis capítulos. O Capítulo 1 corresponde à introdução, na qual é apresentado o tema, as justificativas, os objetivos da pesquisa, e metodologias empregadas na investigação. O Capítulo 2 traz o referencial teórico, abordando a trajetória da política e das teorias de preservação e importância do levantamento cadastral. O Capítulo 3 trata da tecnologia BIM, sua importância e potencialidade, bem como as tecnologias disponíveis. O Capítulo 4 é dedicado à apresentação do objeto de estudo e dos procedimentos que envolvem a prática da fotogrametria e modelagem. Em seguida, o Capítulo 5 apresenta os resultados obtidos, discutindo as limitações e vantagens, além das dificuldades e aprendizados. E para terminar, o Capítulo 6 contém as considerações finais, sintetizando tudo o que foi tratado no trabalho e ressaltando as potencialidades do HBIM.

2. A IMPORTÂNCIA DO CADASTRAMENTO NA PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO CULTURAL

Originada do latim “patrimonium”, a palavra patrimônio é a união da palavra “pater” (pai) e monium (recebido), ou seja, desde sua concepção, o termo está associado ao contexto de herança e, portanto, consistindo naquilo que é passado de pai para filho. Desse ponto em diante essa noção foi desenvolvendo-se e ganhando camadas presentes nos dias atuais. A legislação brasileira vigente estabeleceu o Patrimônio Cultural Brasileiro e ampliou seu conceito, com o reconhecimento do patrimônio cultural, material e imaterial.

Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem:

I - as formas de expressão;

II - os modos de criar, fazer e viver;

III - as criações científicas, artísticas e tecnológicas;

IV - as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais;

V - os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico. (BRASIL, 1988, Art. 216)

De acordo com Fonseca (1997), no Brasil, o Estado começa a perceber a relevância e se envolver com a preservação do patrimônio ainda nos anos vinte do século XX. Nessa mesma época, os museus nacionais já funcionavam, mas não se tinha os recursos para salvaguardar os bens que não compunham essas coleções, ainda mais os bens imóveis, como edificações e cidades históricas. A partir de denúncias sobre a degradação que esses bens enfrentavam, considerados pelos intelectuais da época, os “tesouros” da Nação, o tema passou a ser discutido nos espaços políticos e acadêmicos.

A partir da década de 30, com a instauração do Estado Novo pelo então presidente Getúlio Vargas, o Estado procurou representar-se como guardião dos interesses da nação. O propósito era fundar uma “*cultura nacional homogênea*” (FONSECA, 1997, p.91) que fizesse os indivíduos se identificarem como cidadãos da nação. No entanto, o que se procurava, segundo Fonseca (1997) não era uma busca pelas raízes populares do povo, como desejava Mário de Andrade, mas uma

tentativa de fazer com que o culto, a simbologia e a mítica dos líderes fosse mais forte. A concepção de patrimônio, segundo a autora, se tornou artifício para a construção de uma identidade coletiva, com enlaces de interesse político e ideológico.

Em 1936 os primeiros passos para a criação de uma entidade que visa a proteção do patrimônio histórico começam a ser dados. O Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN) foi criado de forma provisória e representou a intenção do Estado para com a preservação do patrimônio cultural brasileiro. No ano seguinte, em 30 de novembro de 1937, é promulgado o Decreto-Lei n.º 25, que organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional, estabelecendo a prática do tombamento² e formalizando os trabalhos do SPHAN.

Constitue o patrimônio histórico e artístico nacional o conjunto dos bens móveis e imóveis existentes no país e cuja conservação seja de interesse público, quer por sua vinculação a fatos memoráveis da história do Brasil, quer por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico. (BRASIL, 1937, Art. 1º)

Na mesma época, Rodrigo Melo Franco de Andrade, então diretor do SPHAN, destacou a importância da formulação de registros para preservação do patrimônio histórico e artístico:

[...] a tarefa principal que o legislador brasileiro cometeu ao Serviço incumbido da proteção àqueles bens é o seu tombamento. Mas como não se conhecem previamente todas as coisas de excepcional valor histórico ou artístico existentes no Brasil, para tornar as que tenham esses requisitos torna-se necessário proceder pelo país inteiro a um inventário metódico dos bens que pareçam estar nas condições estabelecidas para o tombamento e, em seguida, realizar os estudos requeridos para deliberar sobre a respectiva inscrição. (ANDRADE, 1987, p. 51-52 apud TOLENTINO, 2018, p.60).

Com a promulgação da Constituição de 1988, o tombamento deixou de ser o único meio legal de preservação do patrimônio cultural brasileiro e outros foram integrados.

² “O tombamento é o instrumento de reconhecimento e proteção do patrimônio cultural mais conhecido, e pode ser feito pela administração federal, estadual e municipal. De acordo com o Decreto, o Patrimônio Cultural é definido como um conjunto de bens móveis e imóveis existentes no País e cuja conservação é de interesse público, quer por sua vinculação a fatos memoráveis da história do Brasil, quer por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico. São também sujeitos a tombamento os monumentos naturais, sítios e paisagens que importe conservar e proteger pela feição notável com que tenham sido dotados pela natureza ou criados pela indústria humana.”

IPHAN. Bens Tombados. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/126>. Acesso em: 30 mai. 2025.

O Poder Público, com a colaboração da comunidade, promoverá e protegerá o patrimônio cultural brasileiro, por meio de inventários, registros, vigilância, tombamento e desapropriação, e de outras formas de acautelamento e preservação. (BRASIL, 1988, Art. 216)

No entanto, de acordo com Carvalho e Amaral (2011), o processo de inventariamento no Brasil, por volta do final da década de 1930, era ferramenta para o processo de tombamento e adquiria, portanto, um papel secundário. Na década de 40, com a falta dos registros sobre a arquitetura brasileira, a recomendação era a elaboração de um inventário detalhado da arquitetura civil rural e urbana, incluindo também as técnicas construtivas e mobiliários presentes. Ainda que fosse um avanço, os inventários e processos de conservação focavam nos aspectos estéticos, ignorando as relações espaciais, sociais, culturais e econômicas do objeto e seu entorno. O panorama mudou ainda na década de 70, com a dispersão das políticas de patrimônio e criação, por parte dos estados e municípios, de órgãos de preservação autônomos entre si, mas com responsabilidades na produção de documentação e cooperação (CARVALHO; AMARAL, 2011).

No Dicionário do Patrimônio Cultural, Pereira Filho (2015) destaca o fato da legislação acompanhar o contexto da sociedade e suas transformações, como pôde ser visto no caso acima. Para além de dar significância aos inventários, a constituição de 1988 também estabeleceu importantes avanços no desenvolvimento da prática do levantamento cadastral como um todo, a documentação:

[...] pode ser compreendida como prática *com e/ou sobre* algum documento ou conjunto documental. Importa destacar a característica de evidenciar vários tipos de registros, garantindo a permanência da informação ao longo dos diferentes contextos históricos. Muito além de agregar as múltiplas expressões do conhecimento humano, a documentação assume a função de representar ideias e objetos que nos informam sobre algo. (PEREIRA FILHO, 2015, p.n.)

Nessa jornada, os inventários ganharam destaque e significância, adquirindo características, como catalogação, levantamento de informações e concepção de estudos e pesquisas, visando não somente a conservação do bem, mas o conhecimento necessário sobre ele e suas transformações ao longo do tempo. Eles ajudam a revelar, ainda, a cidade e sua relação com a sociedade, integrando as produções arquitetônicas com a paisagem, o contexto social, cultural e econômico e consequentemente, o passado e presente.

Os inventários, segundo Carvalho e Amaral (2011), em sua complexidade, necessitam do envolvimento de uma gama diversa de profissionais dispostos a aprofundar-se em suas especialidades e realizar um trabalho minucioso e preciso.

Os levantamentos físicos, as considerações geográficas, climáticas, históricas, sócio culturais, econômicas, políticas e urbanísticas, o levantamento do quantitativo de edificações tombadas, conjuntos preservados, edifícios relevantes, espaços livres, a infra-estrutura e equipamentos, arquiteturas pitorescas, as formas de preservação, o estado de conservação, as políticas de uso e ocupação do solo, a evolução demográfica e territorial, dentre outros tantos pontos necessários, podem se tornar apenas gráficos, mapas temáticos ou dados infinitos se não apresentarem uma leitura crítica por profissionais habilitados em sua categorias direcionados no entendimento da preservação dos bens culturais. (CARVALHO; AMARAL, 2011, p. 6)

Pensamento que vai em concordância com a autora Kühl (2004) sobre como o campo da preservação deve ser multidisciplinar:

A preservação deve ser consequência de esforços multidisciplinares que envolvem acurada pesquisa histórico-documental, iconográfica e bibliográfica, sensíveis estudos antropológicos e sociológicos, pormenorizado levantamento métrico-arquitetônico e fotográfico do(s) edifício(s) (ou empregar as modernas técnicas de laser scan em três dimensões), exame de suas técnicas construtivas e dos materiais, de sua estrutura, de suas patologias, e análise tipológica e formal. (KÜHL, 2004, p. 32)

No entanto, no que diz respeito ao cadastramento como forma de preservação do patrimônio cultural, Tolentino (2018) salienta que, apesar da prática e técnica ter avançado, ainda há carências no que diz respeito à produção dessa documentação dos bens culturais edificados.

Groetelaars (2004), estabelece a prática do levantamento cadastral como um instrumento intrínseco às atribuições da Arquitetura e Urbanismo. Auxiliando na “*documentação de sítios históricos, desenvolvimento de projetos de reforma e restauração de edifícios, história da arquitetura, análise urbana, projetos urbanísticos, planejamento de cidades, etc*” (GROETELAARS, 2004, p.13). Com os avanços tecnológicos da área, cresce o interesse na utilização desses novos mecanismos, na prática da conservação e restauro dos bens do patrimônio cultural edificado e como eles podem auxiliar nas técnicas tradicionais de levantamento cadastral. Segundo Oliveira (2008), o cadastro desses bens, além de terem valores inestimáveis como preservação da memória, auxiliam como instrumentos nas possíveis intervenções das obras:

[...] além do valor documental, simbólico e afetivo da representação cadastral de um edifício de interesse cultural, ela é instrumento inseparável dos que têm a difícil missão de intervir em um monumento. Além de ser a base óbvia sobre a qual vamos elaborar o nosso projeto de intervenção, os cadastros feitos com apuro e exatidão nos permitem leitura mais detalhada da evolução do organismo arquitetônico e suas transformações, além de ensejarem a avaliação das deformações estáticas que a estrutura do edifício vem sofrendo, para que se possam aplicar as soluções corretivas. Mostram, inclusive, certas irregularidades construtivas que facilitam o entendimento da história do edifício, suas mutações e adições feitas no passado para ampliação da sua capacidade ou incorporação de novos usos. (OLIVEIRA, 2008, p.13)

No que tange às intervenções, o cadastramento preciso de bens patrimoniais também é primordial na investigação e diagnóstico de edificações, visto que, estabelece suporte documental e metodológico na análise de estruturas, técnicas construtivas, materiais e condições morfológicas do objeto arquitetônico. Nesse mesmo contexto, o mapeamento de danos pode ser compreendido como uma forma de cadastramento especializado.

Segundo Tonico (2009), um mapa de danos consiste na *“representação gráfico-fotográfica, sinóptica, onde são ilustradas e discriminadas, rigorosa e minuciosamente, todas as manifestações de deterioração da edificação”* (TINOCO, 2009, p.4), permitindo, portanto, a espacialização e visualização de fissuras, deslocamentos, biodegradação e demais ocorrências. Ele fornece, então, uma leitura integrada das condições de conservação, contribuindo para a definição de parâmetros de intervenção, estabelecendo prioridades, orientando ações preventivas e oferecendo suporte técnico compatíveis com a integridade do patrimônio.

2.1. A TRAJETÓRIA DAS TEORIAS DE RESTAURAÇÃO

Durante os séculos XV, XVI e XVII, o mundo presenciou o surgimento, ou melhor, o ressurgimento de uma grande vertente de genialidades, de Rafael a Leonardo da Vinci, esses gênios marcaram o curso da história. A Itália, especialmente Florença, foi palco de grandes transformações, que alteraram, não somente o curso de sua cultura, mas a manifestação das artes, arquitetura e da intelectualidade da época. Segundo Baeta (2010), essas ocorrências se deram de maneira tão profunda, que continuariam a refletir séculos depois no mundo

ocidental. De acordo com Tolentino (2018), o interesse pela Antiguidade e suas construções, ocasionado na busca de inspiração no passado, mais especificamente na Grécia e Roma antiga, gerou também o interesse em preservar os elementos antigos. A concepção de restauro foi ampliando-se e as mudanças causadas pelas revoluções e Iluminismo, instigaram a consciência sobre a proteção dos bens culturais edificados pela Europa (KÜHL, 2000). Conforme descreve Fonseca (1997, p.53) ao dissertar sobre o tema:

[...] as noções modernas de monumento histórico, de patrimônio e de preservação, só começam a ser elaboradas a partir do momento em que surge a ideia de estudar e conservar um edifício pela única razão de que é um testemunho da história e/ou uma obra de arte.

Foi nesse cenário de conscientização e novas ideias que os arquitetos Viollet-le-Duc (1814-1879) e John Ruskin (1819-1900) surgem e elaboram as primeiras teorias de restauro. Uma dualidade dentro do campo da preservação que vai marcar e transcender épocas. De um lado tem-se o Restauro Estilístico do arquiteto francês Viollet-le-Duc, com seu princípio de que o restauro deveria restabelecer o monumento a uma condição inteira que pode não ter nunca existido. Como destaca Tolentino:

Viollet expõe seus conhecimentos sobre a arquitetura gótica em todos os seus aspectos e, nele, assim apresenta o verbete Restoration: “A palavra e a coisa são modernos. Restaurar um edifício não é mantê-lo, repará-lo ou refazê-lo, é restituí-lo a um estado de inteireza que pode jamais ter existido em um dado momento. (TOLENTINO, 2018, p. 42)

No entanto, Viollet-Le-Duc desempenhou também um importante papel no que tange a importância do levantamento e cadastramento antes de qualquer intervenção. Deixando seu legado na área de cadastramento como ferramenta na preservação do patrimônio.

Ainda no século XIX, Viollet Le Duc recomendava que, antes de iniciar qualquer trabalho, fosse elaborado um dossiê, composto de notas escritas e levantamentos gráficos e já indicava a fotografia como um recurso a ser utilizado. (TOLENTINO, 2018, p. 55)

Por outro lado, tem-se o Restauro Romântico do arquiteto inglês John Ruskin, fruto de sua idealização de monumento histórico. Conhecido por ter uma linha conservadorista e de anti-restauro, o arquiteto deixa-a evidente, ao renegar intervenções e procedimentos de restauro, por considerá-los uma farsa. A arquiteta

francesa Françoise Choay descreve que, para Ruskin, o futuro dos monumentos é sua ruína e degradação. Como ela (CHOAY, 2014, p. 169) destaca:

No verdadeiro sentido do termo, restauro significa “a destruição mais total que uma construção pode sofrer”, “a coisa é uma mentira absoluta”. O projeto restaurador é absurdo. Restaurar é impossível. Tanto como dar vida a um morto.

De acordo com Henning (2015) durante os dois séculos de consolidação do campo disciplinar de restauração e conservação outras teorias foram formuladas, gradualmente discutindo e refletindo as concepções de Viollet-Le-Duc e Ruskin e demonstrando o amadurecimento do campo do patrimônio. Foi então que a teoria do Restauro Filológico, do arquiteto italiano Camillo Boito (1836-1914) sobressaiu-se, por sua posição centralizada e não extremista como as teorias anteriores. Além disso, de sua síntese, na qual Boito estabelece sete princípios fundamentais da restauração, destaca-se ainda sua preocupação para com a importância da documentação e de uma metodologia científica, que registre as obras, utilizando-se de fotografias para documentação prévia, durante e posterior ao processo de intervenção, acompanhado de descrições e justificativas (KÜHL, 2002).

Segundo Tolentino (2018) as concepções de Boito, influenciaram a política pública da Itália, com ideias que auxiliaram nas práticas adotadas pelos órgãos de preservação pela Europa e a sucessão de arquitetos interessados no assunto. Um deles foi Gustavo Giovannoni (1873-1947), conhecido pela sua teoria do Restauro Científico. O arquiteto italiano uniu sua experiência urbanística, entendendo a cidade histórica como um monumento, mas que continuava se transformando, assim como um “tecido vivo” e estabeleceu princípios de conservação e restauro desse “patrimônio urbano” (CHOAY, 2014).

De acordo com Kühl (2004), a partir do século XX o valor documental dos monumentos tornou-se cada vez mais relevante e um dos colaboradores seria Alois Riegl (1858-1905). O historiador austríaco, foi encarregado de escrever a legislação para a proteção do patrimônio histórico de Viena, no entanto, seu estudo foi mais além e suas concepções foram publicadas posteriormente, com intuito de criar práticas e auxiliar nas decisões tomadas. Conforme explica Tolentino (2018), os preceitos de Riegl eram baseados em valores, os quais buscavam a ponderação nas escolhas, ou seja, a cada processo em busca da preservação de um objeto, a análise deveria ser feita em vários ângulos e respeitando uns aos outros mesmo que

influenciados pelos indivíduos. Para ele, não existia uma única solução absoluta, mas diversas, pautadas em condições variáveis.

Por volta da metade do século XX, surgem novas concepções no campo da restauração. Destaca-se, a teoria do Restauro Crítico apresentada por Cesare Brandi (1906-1988), Roberto Pane (1897-1987), Renato Bonelli (1911-2004) e Paul Philippot (1925 - 2016), que compreende “a restauração essencialmente como processo histórico-crítico que parte de uma pormenorizada análise da obra e não de categorias genéricas predeterminadas” (KÜHL, 2004, p. 315). A perspectiva abordada, especificamente por Cesare Brandi, entende o processo de restauro como algo complexo, no qual cada caso é um caso e devido a isso, uma postura crítica, científica e interdisciplinar deve ser adotada, buscando que a estética e a história do objeto sejam levadas em consideração, mas sem abandonar o aspecto documental e vice-versa. Ele ainda complementa que é preferível a conservação e manutenção, do que a restauração, e que se a última for a única solução, deve-se atentar aos preceitos de distinguibilidade, documentação minuciosa, respeito a autenticidade, reversibilidade e a mínima intervenção.

Nas décadas finais do século XX, essas mesmas teorias, adotadas com certo extremismo por alguns gestores, agora passam por questionamentos e surgem novas alternativas. O restaurador espanhol, Salvador Muñoz-Viñas (1963-) destacou-se por suas críticas a alguns preceitos clássicos. Em seu livro, intitulado *Teoria Contemporânea da Restauração*, de acordo com Tolentino (2018), ele deixa claro as objeções das novas concepções para com os conceitos aplicados nas teorias clássicas, assim como as noções de “verdade” e “autenticidade” das mesmas. Seguindo os ensinamentos de Riegl, o autor ainda analisa os valores dos objetos preservados, e sua relação com os sujeitos que o rodeiam. Muñoz Viñas reflete serem os indivíduos que conferem valor aos bens, de acordo com sua importância simbólica, e também devem ponderar nas decisões de restauração do mesmo. Ainda de acordo com Tolentino (2018, p. 54), na teoria contemporânea:

[...] o autor aconselha aos conservadores ou a qualquer pessoa envolvida na tomada de decisões de conservação para considerar os diferentes significados que um objeto tem para diferentes grupos de pessoas e para decidir não apenas quais significados devem prevalecer, mas também como combiná-los para satisfazer tantos pontos de vista quanto possível.

Tolentino (2018) destaca o poder da arquitetura como ferramenta de demonstração artística e emocional, complementando que, portanto, sua preservação só terá significado enquanto essas percepções puderem ser continuadas. No entanto, defende que as práticas vigentes de preservação criam barreiras e estagnam os monumentos, dificultando sua modernização e a criação de sua marca no presente. Para a autora, deve-se permitir com que os mesmos expressem os acontecimentos e transformações da passagem do tempo, se adequando às mesmas, respeitando o conjunto estético e histórico que lhe são atribuídos. A autora termina destacando o fato de que a prática do cadastrado, com respeito à precisão, utilizando-se das ferramentas adequadas, é uma forma de preservação válida.

Como visto, apesar de apresentarem-se às vezes como conceitos distintos ou complementares, as teorias de restauro que foram sendo debatidas e refletidas ao longo dos séculos, ressaltam um evidente respeito ao processo documental das obras. Como ressalta Kühl (2010, p. 213):

Apesar das diferenças, as vertentes preconizam o respeito absoluto pelos aspectos documentais das obras e excluem, por completo, a possibilidade de reconstrução que, do ponto de vista da preservação e do ponto de vista histórico-documental, constitui um falso.

Por apresentarem essa concepção, percebemos como a preservação do patrimônio está intrinsecamente ligada aos procedimentos de registro documental. E como este, é importante agente no entendimento da gestão, diagnóstico e monitoramento desse patrimônio.

2.2. METODOLOGIA PARA O LEVANTAMENTO TRADICIONAL

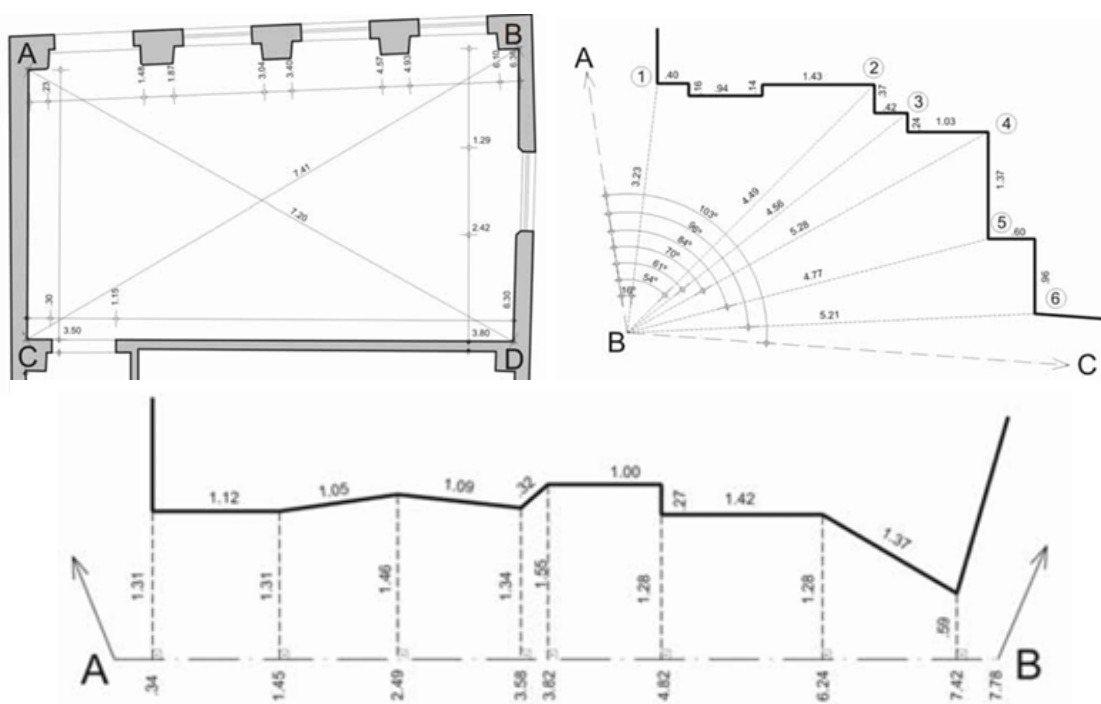
Também conhecida por medição direta, a técnica de levantamento tradicional, é uma das mais antigas. Segundo Groetelaars (2004), para sua operação, o profissional deve contar com o auxílio de alguns instrumentos de medição linear (trenas, réguas), auxiliadas por ferramentas de manejo vertical (fios de prumo) e horizontal (níveis de mangueira e de bolha). No entanto, para as medições serem realizadas, é necessário se ter acesso integral ao bem cultural.

No capítulo 2 de *A documentação como ferramenta de preservação da memória*, Oliveira (2008) esclarece o processo para o levantamento estabelecendo a

necessidade de uma avaliação e ponderação prévia do bem, com as suas dificuldades de acesso e escala e a quantidade de membros da equipe e equipamentos necessários (material, escadas, andaimes, etc.). Seguido também de fotografias preliminares que auxiliem na análise do conjunto, textos e pesquisas que corroborem com a reconstituição do seu histórico e elaboração de *croquis* de plantas e cortes que conterão as medidas extraídas e informações encontradas durante o cadastramento.

A respeito da coleta de medidas, a metodologia do levantamento tradicional abrange de forma complementar ou isolada três técnicas: “*triangulação, coordenadas cartesianas e irradiação (coordenadas polares)*” (GROETELAARS, 2004, p. 20) (Figura 1). As medidas devem ser extraídas de forma contínua e com as diagonais, que desempenham um papel imprescindível na precisão das medições e no monitoramento geométrico das estruturas.

Figura 1: As três técnicas de medição: triangulação, irradiação e coordenadas cartesianas, respectivamente.



Fonte: Groetelaars (2004, p. 21).

Algumas vantagens encontradas no uso dessas técnicas são, como o nome já diz, a extração imediata das medidas, com instrumentos de fácil aquisição e baixo valor. Além disso, é fácil de utilizá-la em edificações de pequeno porte e, ao mesmo

tempo, em que permite um contato maior e direto com as mesmas. No entanto, as desvantagens do método estão em sua demora, elevado gasto de tempo para a produção dos levantamentos, como *croquis* e desenhos técnicos e a dificuldade de se trabalhar com grandes escalas e bens de difícil acesso. Acrescentado a isso, outro obstáculo da técnica está na abstração que ocorre ao realizar medições em pontos amostrais, omitindo as deformidades encontradas, causadas, por exemplo, pelo estado de degradação avançado do objeto (GROETELAARS, 2004).

Segundo Tolentino (2018), a seleção da metodologia de levantamento cadastral deve ser feita com cuidado e ponderação, pensando-se não somente no resultado a ser obtido, mas no processo para alcançá-lo. As tecnologias estão presentes para complementar o trabalho manual e devem auxiliar nos diversos fatores que englobam o bem cultural, como a sua localização, dimensão, rigor pretendido, capacidade e conhecimento técnico da equipe, recursos financeiros e tecnológicos. Nesse sentido:

[...] acredita-se que uma documentação feita com cuidado e precisão, com a utilização das tecnologias digitais, garantirá às futuras gerações o acesso aos seus monumentos artísticos, em cada fase de sua existência. (Tolentino, 2018, p. 56)

3. BIM COMO FERRAMENTA CONTEMPORÂNEA NA PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO CULTURAL

A modelagem da Informação da Construção (BIM³) é um dos avanços mais importantes das últimas décadas na indústria da arquitetura, engenharia e construção (NOLLA, 2023). A partir da tecnologia BIM, a criação de um modelo virtual preciso pode ser feita de maneira digital, com sua exata geometria, unindo dados importantes que auxiliam na sua construção e fornecendo informações sobre técnicas construtivas e os insumos que serão utilizados na mesma. A ferramenta BIM continua passando por uma constante e contínua estruturação, evoluindo a partir das demandas do mercado por soluções eficientes, além da procura por colaboração, comunicação e gestão de informações em projetos da área da construção.

O uso do BIM para o processo de preservação de bens culturais é denominado HBIM, do inglês *Heritage Building Information Modelling*. Segundo Nolla (2023), o termo foi introduzido em 2007 por Murphy, McGovern e Pavia, no artigo “The 8th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage”. Após algumas progressões e revisões ao longo dos anos, em 2013, os mesmos apresentaram uma última definição:

Uma solução na qual objetos paramétricos interativos que representam elementos arquitetônicos são construídos a partir de dados históricos, cujos elementos são mapeados com precisão em uma nuvem de pontos ou em pesquisa baseada em imagem. (Murphy, McGovern e Pavia, 2013, apud Nolla, 2023, p. 58)

Ao longo dos anos, outra definição que também sofreu alterações foi o H da sigla HBIM. Naquele primeiro momento ele era definido por *Historic* (Histórico) e não por *Heritage* (Patrimônio). Para Nolla (2023) o segundo termo compreende mais os aspectos nos quais as políticas de conservação e valores se baseiam, incluindo as edificações mais protegidas que precisam de projetos de intervenção complexos e uma gestão segura ao longo de sua vida. Ela ainda complementa que a proposta da mudança foi significativa, visto que o termo *heritage* engloba e abraça o valor cultural e histórico do bem, comprovando a significância da sua preservação, não

³ *Building Information Modeling*

somente pela sua existência em si, mas por sua herança cultural e importância para a sociedade.

Por meio do HBIM, os modelos digitais gerados fornecem recursos eficientes a profissionais e pesquisadores, potencializando a documentação, preservação, estudo e gerenciamento do inestimável legado arquitetônico. No que tange a **documentação**, esses modelos registram os aspectos físicos e históricos do bem cultural, fornecendo características como elementos arquitetônicos, sistema construtivo, materiais, entre outros. Em relação ao **estudo**, eles auxiliam na análise e diagnóstico do bem cultural, identificando dilemas estruturais, focos de deterioração, e necessidade de conservação e restauro. Quando ponderamos sobre o **gerenciamento**, os modelos gerados por HBIM permitem a colaboração entre diversos campos de atuação, facilitando a troca de informações entre os profissionais envolvidos. Como consequência dessa aprimoração de recursos, a tomada de decisões durante os processos que englobam o projeto de restauro/conservação também é alavancada, visto que, será possível julgar diferentes cenários de intervenção, experimentando alternativas pensadas, e simular os efeitos dessas ideias antes de sua execução (NOLLA, 2023).

A introdução das plataformas BIMs na preservação do patrimônio cultural trouxe um avanço significativo ao possibilitar a associação de informações de diferentes origens e disciplinas do projeto, em modelo digital único. Mas, além disso, ajudou a estimular a utilização das tecnologias de levantamento digitais (CANUTO; SALGADO, 2020 apud NOLLA, 2023).

3.1. FOTOGRAMETRIA

A fotogrametria pode ser definida como uma técnica que possibilita a extração de dados como: formas, dimensões e posições de objetos no espaço, obtidos por meio de fotografias digitais geolocalizadas. O método empregado permite com que se extraia informações métricas, a partir do processamento das imagens, podendo-se assim modelar digitalmente os objetos desejados. A partir da sobreposição das fotografias, feitas de diferentes ângulos, a reconstituição de sua geometria, texturas e posição é possível.

De acordo com Groetelaars (2004) o processo da fotogrametria digital simplificou o processo de restituição, antes feito por profissionais e equipamentos

especializados, de elevado custo. Ainda segundo a autora, se comparada com outros métodos, a fotogrametria para a autora possui diversas vantagens, que vão desde a possibilidade de obtenção de uma grande quantidade de medidas e dados, quando se lida com bens arquitetônicos complexos e de porte elevado, à representação gráfica exata e apurada da geometria. Suas desvantagens, incluem a necessidade de fotografias de boa qualidade, tanto em questão de boa iluminação, quanto da ausência de obstáculos.

Para o levantamento ocorrer de forma correta e precisa, é necessário conhecimento das características da câmera usada, de sua posição no local e a demarcação dos chamados “pontos de controle”. Além disso, a consciência sobre o grau de precisão e escala desejados, nessa etapa são importantes, visto que o processo de captura das imagens é realizado baseado nesses parâmetros. A atenção aos procedimentos vai ser semelhante nas categorias da fotogrametria: terrestre, aérea e orbital (GROETELAARS, 2004).

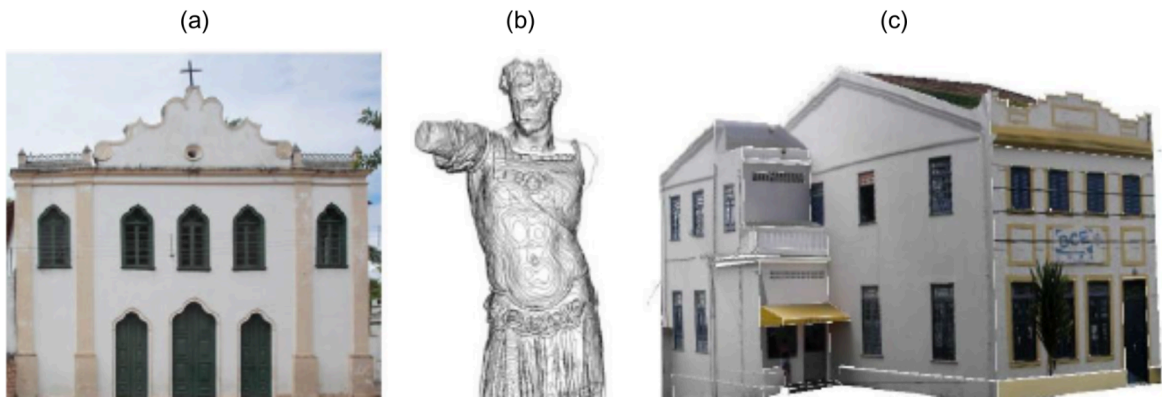
Determinadas a partir do posicionamento da câmera, as classificações podem ser resumidas em: **terrestre**, quando a câmera está posicionada na ou próximo à superfície terrestre, considerada adequada no levantamento arquitetônico, **aérea**, no qual o sensor fotométrico é transportado por veículos (aeronaves, balões) ou equipamentos aéreos (veículos aéreos não tripulados - VANT⁴), sendo mais empregado no levantamento de grandes áreas e **orbital**, no qual sensores orbitais, geralmente posicionados em satélites ou outros veículos espaciais são usados no levantamento de grandes áreas terrestres, se tornando às vezes um substituto, devido aos avanços da tecnologia, da fotogrametria aérea (GROETELAARS, 2015).

Após a fase das fotografias, na qual Groetelaars (2004) reitera que devem ser de qualidade para que o resultado também seja, o processo para a obtenção de produtos e informações como geometria, medidas e posição passa pela execução da restituição, classificada quanto ao processo (gráfica, analógica e analítica e digital) e quanto a quantidade de fotos (monorestituição, estereorrestituição e restituição usando várias fotografias⁵) (Figura 2).

⁴ Também conhecidos como drone.

⁵ A monorestituição consiste na criação de um produto a partir de uma única fotografia, enquanto a estereorrestituição utiliza duas fotografias do mesmo objeto de ângulos diferentes para o processo. E a restituição usando várias fotografias, corresponde a uma técnica mais avançada, em que, como o próprio nome já demonstra, são utilizadas várias fotografias, reduzindo os “vazios” que apenas uma ou duas fotografias podem deixar. Resultando, portanto, em uma técnica mais completa e detalhada.

Figura 2 - Produtos obtidos pela (a) monorestituição, (b) estereorrestituição e (c) restituição a partir de várias fotografias.



Fonte: Groetelaars (2015, p.71).

Além desses métodos, há outra forma de obter medidas e desenhos a partir de uma única fotografia, chamada retificação. Devido às distorções do objeto, criadas pela inclinação no eixo da câmera na captura da foto, esse método permite com que se corrija esse eixo ótico e obtenham-se fotos ortogonais que podem ser aplicadas, através do rastreo e desenho CAD, no levantamento de fachadas, esquadrias e outros detalhes (GROETELAARS, 2004) (Figura 3).

Figura 3 - Processo de monorestituição e desenho técnico de uma fachada.



Fonte: Heidtmann et. al. (2017).

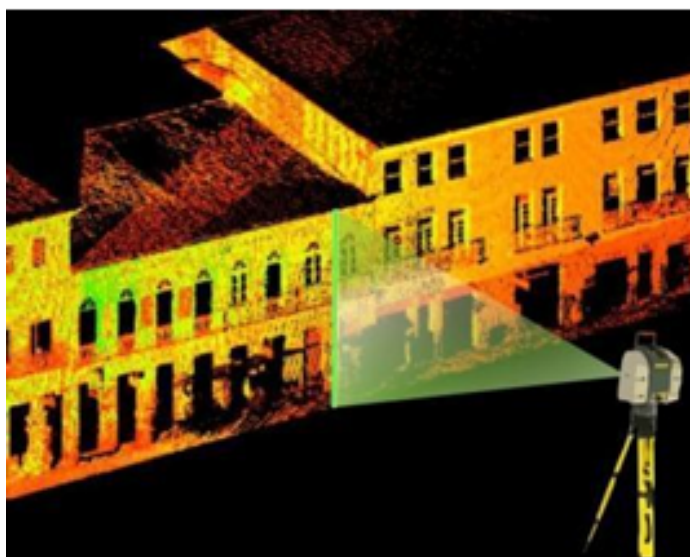
3.2. 3D LASER SCANNING

Conhecido como *3D Laser Scanning*, o método de levantamento por varredura a *laser* é uma tecnologia atual, empregada, inicialmente, para fins industriais. No entanto, sua utilização cresce cada vez mais no âmbito do

levantamento arquitetônico devido às suas vantagens, sendo capaz de realizar levantamentos rápidos e precisos de objetos de diferentes tamanhos e graus de complexidade, que vão desde edificações e detalhes arquitetônicos a centros urbanos.

Baseado na emissão e reflexão dos feixes de laser, o equipamento a laser terrestre possui três partes: o scanner, fixado geralmente em um tripé, um microcomputador portátil para controlá-lo e uma bateria para energizá-lo. A utilização do equipamento de *laser scanner* varia em razão da tecnologia empregada e dimensão do objeto e sua distância da ferramenta. Ao posicioná-lo, o mesmo emite um feixe de laser em direção ao objeto e ao alcançá-lo, parte do sinal é refletido de volta ao sensor (Figura 4). Esses sinais são registrados e transmitidos ao mini computador e através de um software os dados são processados de maneira a indicar no espaço o posicionamento de cada um dos pontos das quais o laser foi refletido. Através do auxílio de espelhos giratórios, o processo é repetido até que esteja completa a varredura da superfície, resultando assim em uma grande captura de pontos por segundo, produzindo o modelo denominado “nuvem de pontos” (GROETELAARS, 2015).

Figura 4 - Reprodução esquemática do 3D Laser Scanning sendo usado para obter-se a “nuvem de pontos”.



Fonte: Groetelaars (2015, p.83).

Para Groetelaars (2015) o processamento dessa nuvem de pontos, gerada pelo processo de varredura a laser, constitui uma etapa demorada no levantamento,

devido à demanda na capacidade humana, além da habilidade e percepção dela na compressão e modelagem desse objeto. A técnica pode acrescentar ou até substituir os métodos de levantamento cadastral convencionais, como o tradicional e a fotogrametria, devido a sua natureza ágil e precisa de coleta de dados, além da possibilidade de armazenamento para obtenção de novos produtos e refinamento de modelos prévios. No entanto, o custo elevado dos equipamentos e o minucioso e longo pós-trabalho são algumas das desvantagens da técnica, que justificam sua tímida, mas crescente utilização no campo de preservação do patrimônio cultural edificado (GROETELAARS, 2004).

3.3. FERRAMENTAS PARA APLICAÇÃO DO BIM

No recém-publicado artigo, “*Digital documentation and dissemination of the Via Crucis of the Convent of Nossa Senhora da Arrábida, Portugal*”, Souza *et. al* (2025) buscam, através do HBIM, criar modelos precisos de bens históricos para fins de gestão, avaliação e futuro restauro. O objeto de estudo foram as 7 capelas pertencentes ao Convento de Nossa Senhora de Arrábida em Portugal que, segundo os autores, sofreram com os anos de abandono devido à dissolução das ordens religiosas no país, em 1834. Nas décadas de 1940 e 1950, esforços de restauração começaram, e em 1990, o convento e seus arredores foram vendidos à Fundação Oriente para preservação desse patrimônio cultural.

Segundo Souza *et. al*. (2025), originalmente, as capelas integravam o percurso das procissões da Via Sacra praticada pelos frades no período de existência do convento, entre os séculos XVI e XIX. Apesar das inconsistentes fontes e falta de aprofundamento das mesmas nesse fenômeno, ele pode ser evidenciado por textos históricos, fotografias e indícios físicos preservados até o presente. Devido a essas confluências, deduziu-se que o evento era conduzido entre as 14 estações, que ficavam divididas entre a zona antiga e a zona nova do convento. A parte antiga é constituída por 7 capelas situadas linearmente montanha abaixo e a parte nova inclui 6 capelas e a Igreja Matriz, encaixadas no perímetro do convento.

Atualmente, algumas destas capelas encontram-se em avançado estado de degradação, com a falta dos painéis de azulejos, infiltrações, danos estruturais e outros sinais da idade dessas estruturas.

A proposta dos autores tinha dois objetivos: o primeiro, a utilização do HBIM para modelar essas estruturas, oferecendo uma ajuda aos especialistas para o planejamento de futuros reparos e o segundo: decodificar o percurso da Via Sacra e tentar recriar uma sequência na qual as capelas e as estações eram seguidas, uma área ainda pouco estudada. Para a coleta da nuvem de pontos, foram incluídos dados obtidos através da utilização do varrimento de laser scanner terrestre e a fotogrametria aérea de cada capela (Figura 5).

Figura 5 - Imagens isométricas do Revit mostrando os dados da nuvem de pontos de cada capela com dados combinados de varredura laser terrestre e fotogrametria: a) Capela da Penha de França, b) Capela de Nossa Senhora da Piedade, c) Capela do Senhor dos Passos, d) Capela do Dolce Homo, e) Capela da Pietá, f) Capela do Senhor Amarrado e g) Igreja Matriz.



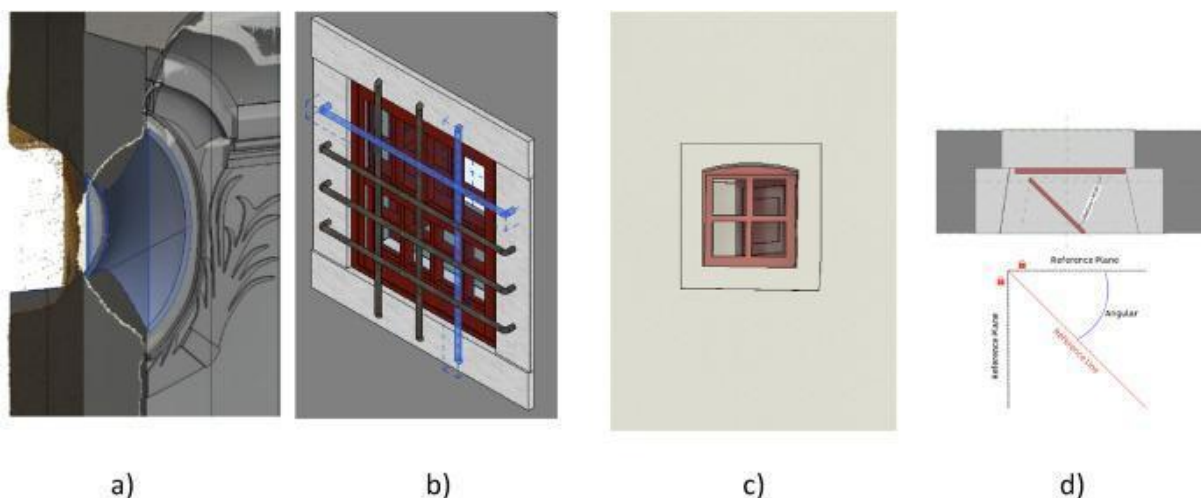
Fonte: Souza *et. al* (2025, p.7).

O software escolhido pelos autores para o processo de modelagem foi o Revit 2024 da Autodesk, comumente usado pelos profissionais da engenharia e arquitetura para a elaboração de projetos, desde os mais simples aos mais complicados. No entanto, assim como outros programas utilizados atualmente, ele é carregado de componentes genéricos, tipicamente utilizados nas construções industriais contemporâneas. Como consequência, temos limitações na representação de estruturas peculiares como bens do patrimônio edificado, que são com frequência feitas pela mão de obra humana, usando-se técnicas e materiais tradicionais.

Apesar do avanço na área, ainda há muitos desafios no que tange a modelagem de bens patrimoniais com o HBIM. A todo momento novas pesquisas

são publicadas, revelando-se, cada vez mais, metodologias para a sua implementação. No entanto, por diversas razões, muita das vezes, essas publicações delimitam seus objetivos para alcançarem metas específicas, enquanto negligenciam outras alternativas (SOUZA *et. al*, 2025). Além disso, diversas pesquisas carecem de explicações detalhadas que demonstrem, com precisão, os métodos de construção de cada elemento modelado durante o fluxo de trabalho (Figura 6). A abordagem do artigo, produzido por Souza *et. al* (2025), busca contribuir para escassez de informações no processo do método, trazendo o passo a passo da superação dos desafios comuns na construção de componentes BIM.

Figura 6 - Sequência de imagens mostrando os desafios da modelagem de janelas no Revit: a) seção através da janela oval da Capela de Nossa Senhora da Conceição criada com a ferramenta “Blend”, b) vista axonométrica da janela da Capela de Pietá na família carregável com as barras de ferro destacadas em azul, c) abertura da janela da Capela do Senhor Amarrado e d) planta 3D da janela e esquematização do parâmetro abre-fecha.

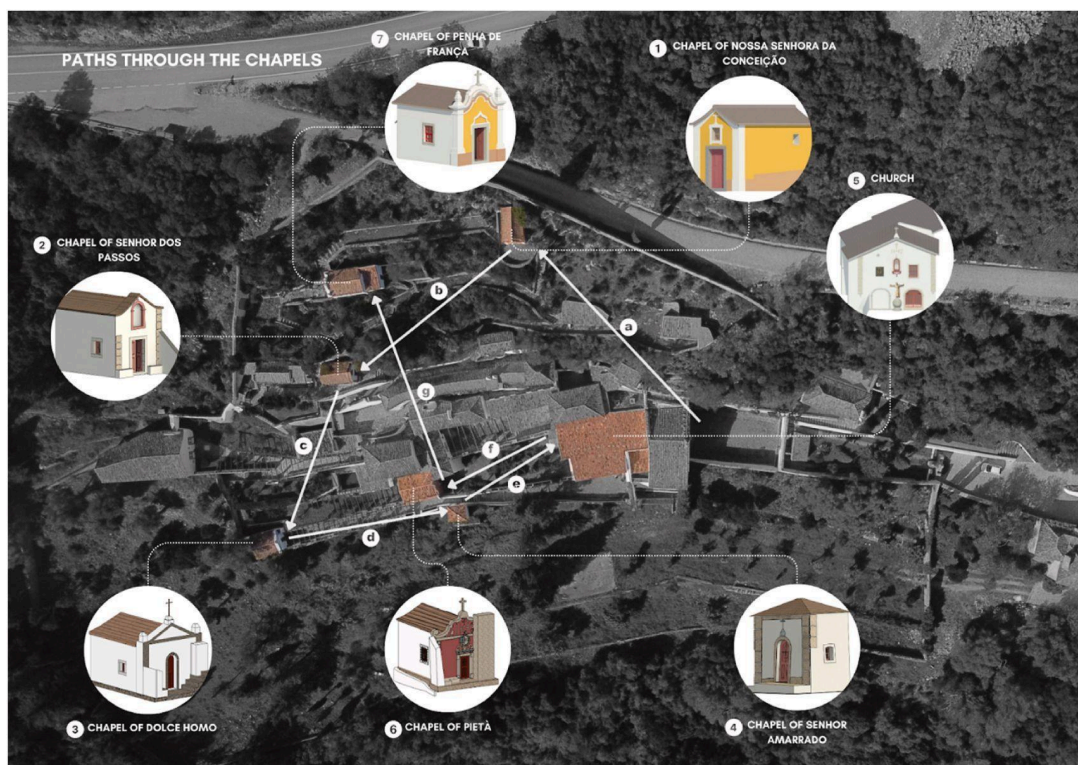


Fonte: Souza *et. al* (2025, p.10).

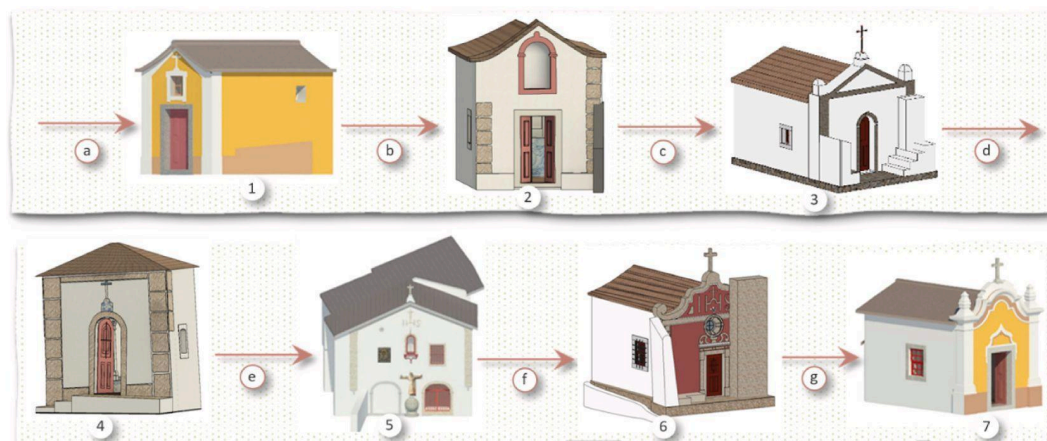
Ao longo do artigo, foram descritas diversas etapas de modelagem, das paredes aos detalhes dos altares no interior das capelas, assim como as soluções adotadas para resolver os problemas encontrados nas particularidades de cada uma. O trabalho se restringiu na geometria verificável e nos acabamentos visíveis delas, deixando para o futuro estruturas como as dos telhados, que podem ser inspecionadas ao longo do processo de restauro. Souza *et. al* (2025) reiteram que alguns obstáculos, como a modelagem em superfície curvas ou de geometrias conflitantes, ainda carecem de futuras investigações. Ao final, teve-se como

resultado uma modelagem precisa das capelas em seus estados atuais e a recriação de um percurso interpretativo da Via Sacra (Figura 7). Os modelos criados são considerados cruciais para a etapa de gerenciamento e restauração que está em fase de planejamento.

Figura 7 - a) Representação final do percurso da Via Sacra (8º a 14ª estação) entre as Capelas e Igreja Matriz, com imagens das capelas modeladas durante o processo e b) diagrama linear que delinea a sequência de capelas encontradas ao longo do percurso estabelecido. As capelas estão identificadas com números (1-2-3-4-5-6-7) e os caminhos que as ligam estão assinalados com letras (a-b-c-d-e-f-g).



a)



b)

4. OBJETO DE ESTUDO: CAPELA DE SÃO JOÃO BATISTA DO OURO FINO

A escolha da Capela de São João Batista do Ouro Fino (Figura 8) como objeto de estudo se dá pela sua importância para com a origem da cidade de Ouro Preto. Ela é marco na formação do Morro São João e devido a sua importância ela foi tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) em 1939. Além disso, ela faz parte do marco inicial do perímetro de tombamento do conjunto arquitetônico e urbanístico de Ouro Preto, conhecido como poligonal de tombamento.

Figura 8 - Capela de São João Batista em 1903.



Fonte: Acervo do IPHAN.

Sua escolha como objeto de estudo deste trabalho está atrelada a esta conexão histórica, mas também à sua importância, segundo Pimentel et. al. (2022), para a comunidade. Os moradores cuidam do templo e sentem orgulho por se tratar,

provavelmente, da primeira capela de Ouro Preto, o que demonstra que a edificação não perdeu sua significância e valor. Sentimentos esses, que comprovam o pensamento da autora Choay (2011):

O monumento histórico não é um artefato intencional, criação *ex nihilo* de uma comunidade humana para fins *memoriais*. Ele não se volta para a memória viva. Foi escolhido de um *corpus* de edifícios preexistentes, em razão de seu valor para a história (seja de história factual, social, econômica ou política, de história das técnicas ou de história da arte...) e/ou de seu valor estético. Dito de outro modo, na sua relação com a história (independentemente de qual seja ela), o monumento histórico refere-se a uma construção intelectual, tem um valor abstrato de saber. Por outro lado, na sua relação com a artes, ele requer sensibilidade estética resultante de uma experiência concreta. (CHOAY, 2011, p.14)

4.1. BREVE HISTÓRICO DO MORRO SÃO JOÃO

Em seu livro intitulado *História Antiga das Minas Gerais*, Vasconcelos (1974) narra a conexão da fundação do então município de Ouro Preto à descoberta de grandes depósitos auríferos, que em primeiro momento eram explorados à margem de rios e nas encostas de sua serra. A história retrata como comum esse tipo de formação pelo Brasil, na qual primeiro se ocupam as margens dos rios, e com o crescimento populacional, há a expansão da ocupação para além das margens.

Um dos primeiros arraiais mineradores que fizeram parte dessa formação, foi o do Morro São João. O autor Lima Júnior (1978) descreve que a região, nos entornos da Capela de São João, começou a ser minerada ainda em 1696, e devido às características do material ali encontrado, era conhecida na época como Morro do Ouro Podre.

Algo bem comum após a ocupação inicial desses arraiais, era a construção de uma pequena capela, em devoção a um santo, no qual se celebrariam as missas. Essa pequena edificação, nesse período, era parte central dos eventos sociais e oficiais da comunidade, na qual ocorriam as cerimônias políticas, como posse de governadores. Além disso, era ali que acontecia o convívio e encontro entre os indivíduos (IPHAN, 2016) (Figura 9).

Figura 9 - Capela de São João Batista por volta de 1911, em ocasião do Bicentenário da criação de Vila Rica.



Fonte: Acervo do IPHAN.

4.2. CARACTERÍSTICAS DA CAPELA DE SÃO JOÃO BATISTA DO OURO FINO

Embora a data de construção dela seja desconhecida, devido a suas características arquitetônicas, a Capela de São João Batista é provavelmente uma das primeiras construídas em Ouro Preto (SANTOS, 1951) (Figura 10).

Figura 10 - Capela de São João Batista do Ouro Fino.



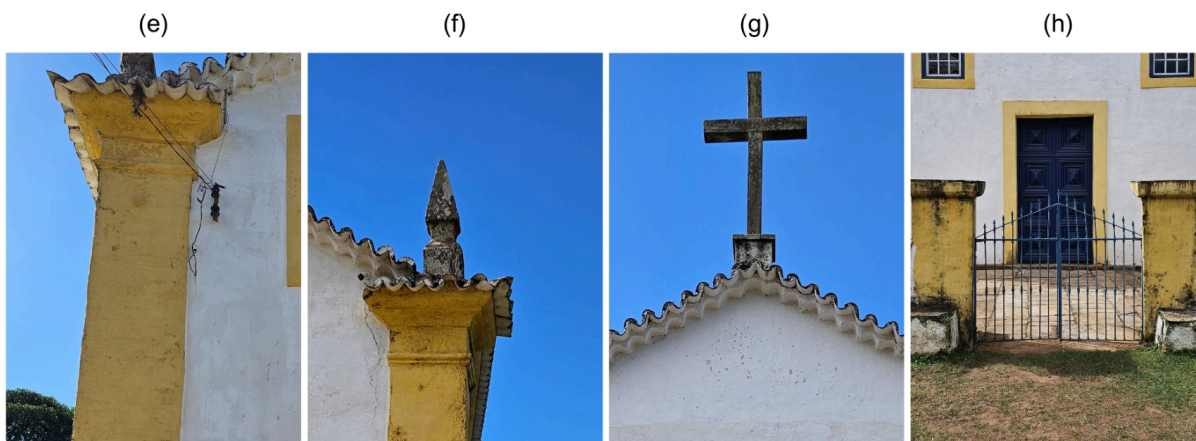
Fonte: Acervo do IPHAN.

A partir dos documentos históricos, inseridos no inventário disponibilizado pelo Escritório Técnico do IPHAN, o adro da capela é característico da época de construção, com a mureta de pedra rebocada e caiada na cor branca e o portão de acesso. Conforme o levantamento feito entre 2009 e 2010, a capela foi construída em alvenaria estrutural de canga e arrematada em cimalha de cantaria de dois elementos côncavos e convexos. Além disso, sua fachada frontal, feita em alvenaria caiada branca é enquadrada por dois cunhais em alvenaria argamassada e caiada na cor ocre, compostos na parte inferior por soco em pedra entalhada e na parte superior por uma cimalha também argamassada e caiada, que termina com o pináculo em pedra.

A fachada ainda conta com duas janelas de madeira do tipo guilhotina com quadro pintado de azul e os caixilhos de branco, com molduras argamassadas na cor ocre. O encaixe do telhado é feito pelo beiral de beira e bica na cor branca, com a cruz cimentada em seu cume. O destaque da fachada principal se dá por sua porta composta por duas folhas almofadadas, com pontas de diamante e pintada em azul colonial (Figura 11 d). De acordo com fontes (apêndice A), a porta original encontra-se exposta, dentro da capela, enquanto a atual é uma substituição realizada por consequência do estado de deterioração da antiga. E o recurso para isso veio do apoio financeiro de Ricardo Pereira, na ocasião dono da pousada Mondego.

Figura 11 - Detalhes construtivos da fachada frontal da capela. (a) Janela da fachada frontal em alvenaria caiada branca e janela tipo guilhotina com quadro pintado de azul e caixilhos de branco; (b) Cunhal argamassado e caiado (ocre); (c) Soco em pedra; (d) Porta de 2 folhas (ponta de diamante) e pintura azul colonial; (e) Cimalha argamassada e caiada (ocre); (f) Pináculo de pedra; (g) Beiral de beira e bica na cor branca e a cruz cimentada no cume e (h) Portão do adro com os dois pilares de pedra rebocada.





Fonte: Elaboração própria.

A porta e o óculo central entre as duas janelas também contam com uma moldura argamassada e caiada, na cor ocre. Outro destaque da edificação está no seu simples campanário conectado à direita, mas que conta com um belo sino de bronze. A construção possui um telhado de duas águas e suas fachadas laterais seguem retas e se curvam para dentro, no alinhamento do arco-cruzeiro (Figura 12 d).

Figura 12 - (a) Fotografia com todos os detalhes descritos anteriormente (2019) (b) Fachada da capela e seus detalhes das molduras argamassada; (c) Campanário na lateral direita e (d) Fachada lateral esquerda com o detalhe curvo da parede.



Fonte: Elaboração própria.

A fachada lateral direita e esquerda, também em alvenaria caiada branca, contam com um cordão e uma continuação da cimalha argamassada e caiada (ocre) que vão desde a fachada frontal até o final do detalhe curvo. No encontro com a fachada posterior, contam com um cunhal argamassado (ocre) e soco em pedra de

canga entalhada. Outro detalhe, na fachada lateral direita, é o vão fechado e a abertura sob o presbitério, ambos com uma moldura argamassada e caiada na cor ocre. Já na fachada lateral esquerda, temos uma porta, tipo calha, com alisar de madeira, na cor azul colonial, que também dá acesso à capela, além da janela de madeira tipo guilhotina com quadro e folhas internas cegas, pintadas de azul com os caixilhos pintados de branco.

Figura 13 - Detalhes das fachadas laterais. (a) Cordão e cunhal argamassado (ocre) presentes nas duas fachadas laterais, terminando no cunhal e soco de pedra; (b) Vão fechado e abertura sob o presbitério com moldura argamassada e caiada (ocre); (c) Porta (tipo calha) e alisar de madeira em pintura azul colonial e (d) Janela de madeira do tipo guilhotina com quadro e folhas internas cegas, pintadas de azul e caixilhos pintados de branco.



Fonte: Elaboração própria.

O interior da Capela de São João Batista é composto por madeira em seus elementos, do forro ao retábulo do altar-mor. A transição para a capela-mor, simples, mas rica em pinturas dos doze apóstolos, se dá pelo arco cruzeiro, que assim como o altar-mor, é trabalhado em chapas de madeira disformes (Figura 14).

O enfoque do seguinte trabalho é a análise e modelagem do exterior da capela. Os estudos serão limitados à parte externa da edificação em função do tempo disponível para a elaboração deste trabalho e, portanto, o interior da capela não será explorado. No entanto, em visita feita em trabalho de campo, pode-se notar seu caráter estilístico e arquitetônico, permeado de detalhes interessantes e que por ventura podem ser futuramente explorados com maior atenção e dedicação.

Figura 14 - Arco Cruzeiro a partir da nave e retábulo mor ao fundo.

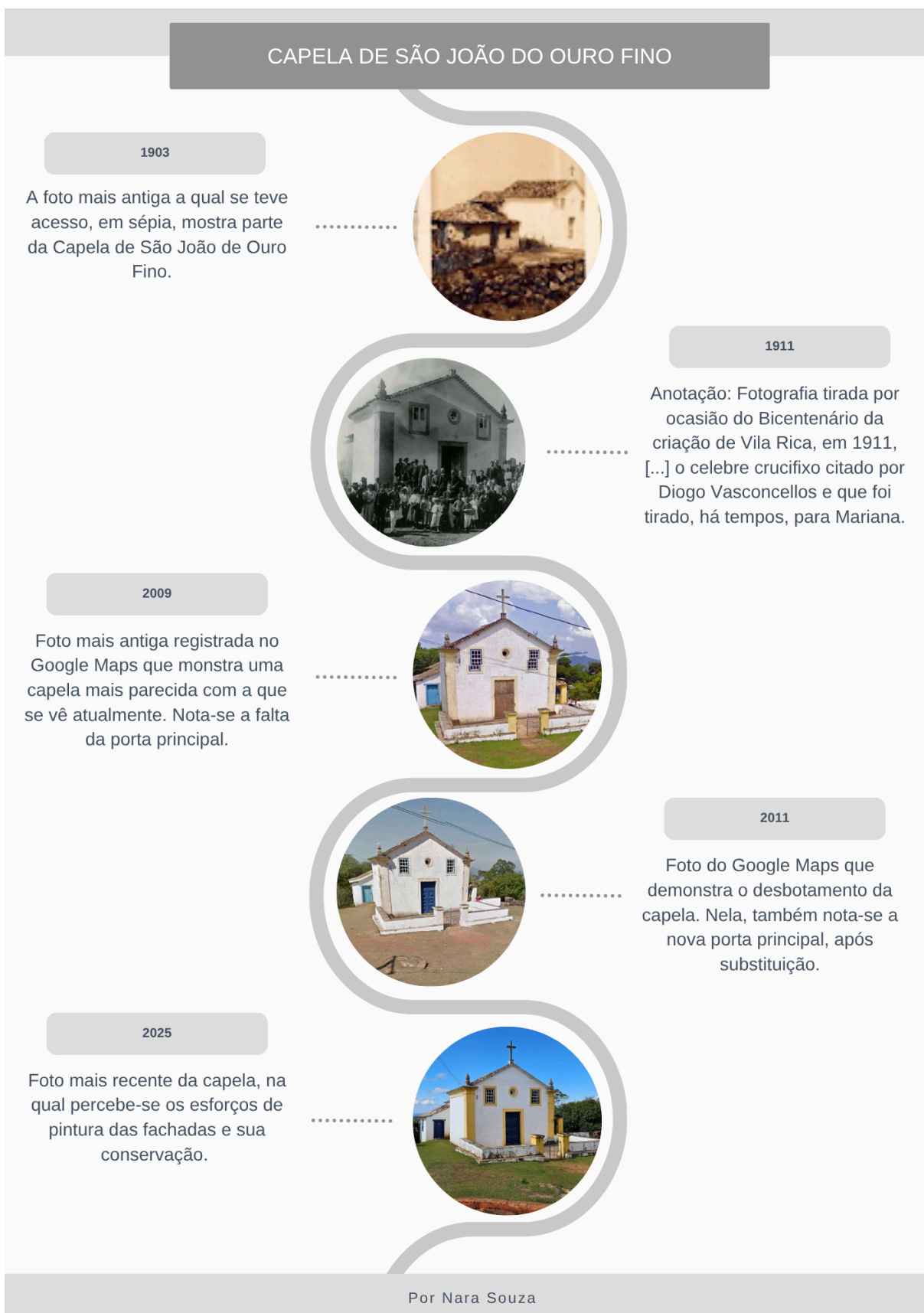


Fonte: Google Maps (2024).

Em uma das intervenções realizadas na capela, executada em 1986, alguns serviços de reparação foram feitos, tanto na cobertura quanto nas instalações elétricas. Além disso, uma nova pintura externa foi realizada e uma revisão no forro foi urgentemente solicitada. Em 2016, solicitado pela prefeitura de Ouro Preto, a empresa Acantos de Arquitetura Arte Restauração - Eireli ME realizou o inventário e projeto de intervenção visando restaurar e assegurar a conservação do acervo de bens artísticos e históricos da igreja, que apresentavam danos estruturais e estéticos. No ano de 2023, uma reforma simplificada de manutenção na cobertura e pintura foi realizada.

Além disso, segundo informações obtidas (apêndice A), elementos da capela, como janelas e a porta principal, passaram por mudanças ao longo dos anos. As janelas, que em fotos antigas apresentam-se como duas folhas de giro, com caixilhos em pintura branca, foram substituídas pelas atuais, em formato guilhotina. A justificativa, se dá pela possível utilização desse modelo na época da consolidação do bem, devido às características arquitetônicas seguidas na época. A porta principal, como dito anteriormente, foi trocada pela atual, e isso pode ser notado em fotos registradas em 2009 pelo Google Maps. Com base nesses esclarecimentos, uma linha do tempo, com recortes, foi criada, a fim de se demonstrar as transformações visíveis da capela ao longo dos anos (Figura 15).

Figura 15 - Linha do tempo da Capela de São João de Ouro Fino, com recortes, para demonstrar transformações visíveis ao longo de alguns anos específicos.

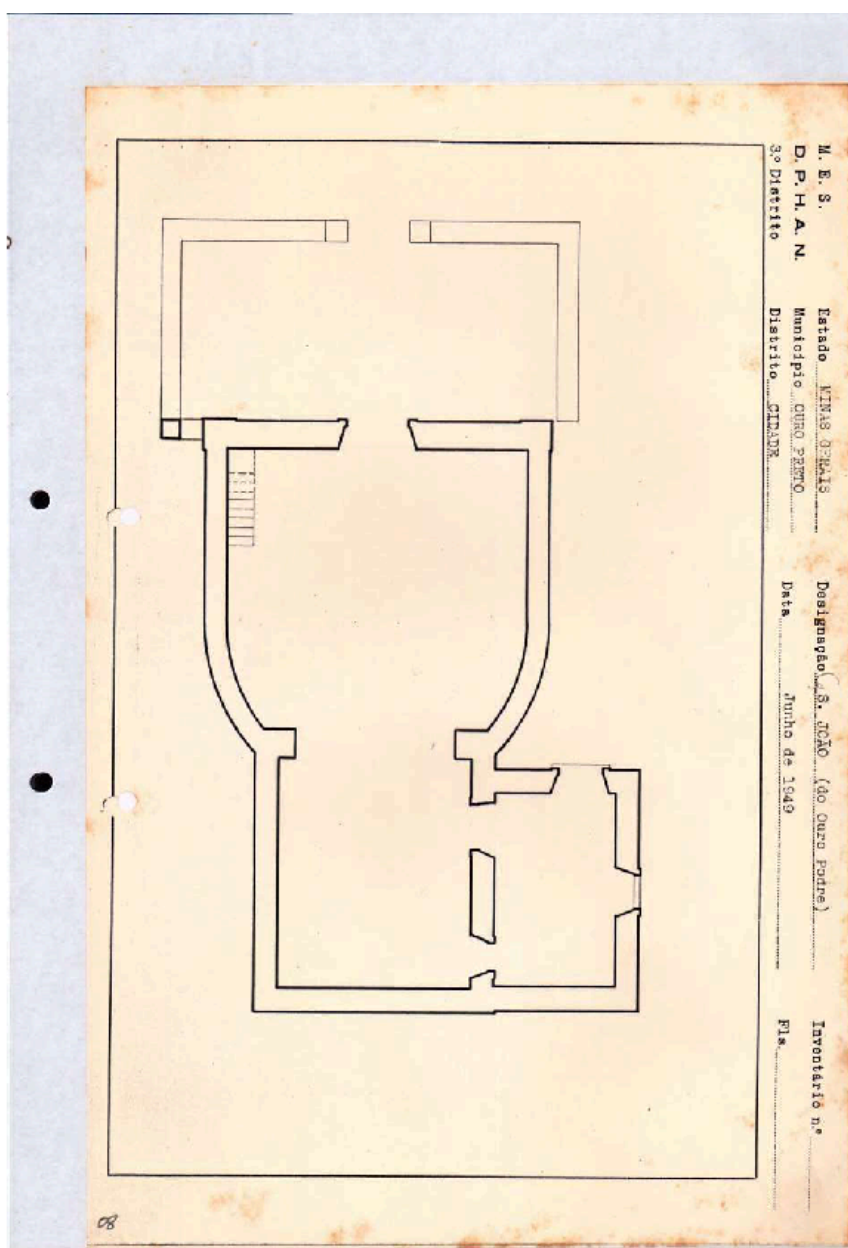


Fonte: Elaboração própria.

4.3. ANÁLISE DOS LEVANTAMENTOS EXISTENTES

A planta, datada de 1949 (Figura 16), integra o acervo do IPHAN sobre a Capela de São João, e ilustra a distribuição interna dos espaços dela. A curvatura da nave no encontro com a capela-mor é um diferencial entre as tipologias básicas. A planta, embora não apresente detalhes, cotas e especificações, é um documento importante como registro de época.

Figura 16 - Planta Baixa da Capela datada de junho de 1949.

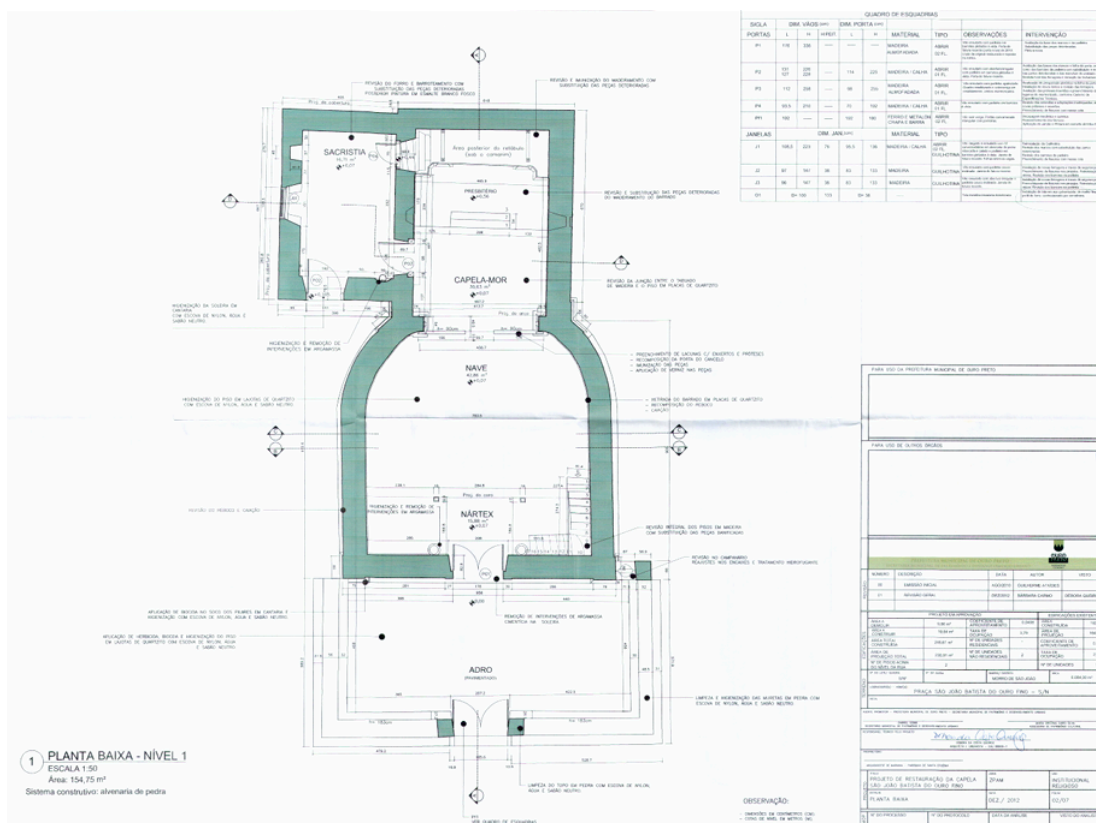


Fonte: Acervo do IPHAN.

Já o próximo levantamento (Figura 17), foi realizado entre 2009 e 2010 pelo arquiteto Guilherme Ataides, CREA 95124/D, para a Prefeitura de Ouro Preto. Ele também foi disponibilizado pelo IPHAN, e conta com vários detalhes técnicos importantes, como a distribuição precisa dos espaços, acessos, detalhamentos e descrições de esquadrias e ornamentos arquitetônicos.

Ao contrário do levantamento anterior, esse registro foi detalhado seguindo normas de representação e desenho técnico. A planta elaborada apresenta claramente a função dos espaços, além de fornecer informações, cotas e especificações técnicas de materiais, acabamentos e estado de conservação dos elementos construtivos.

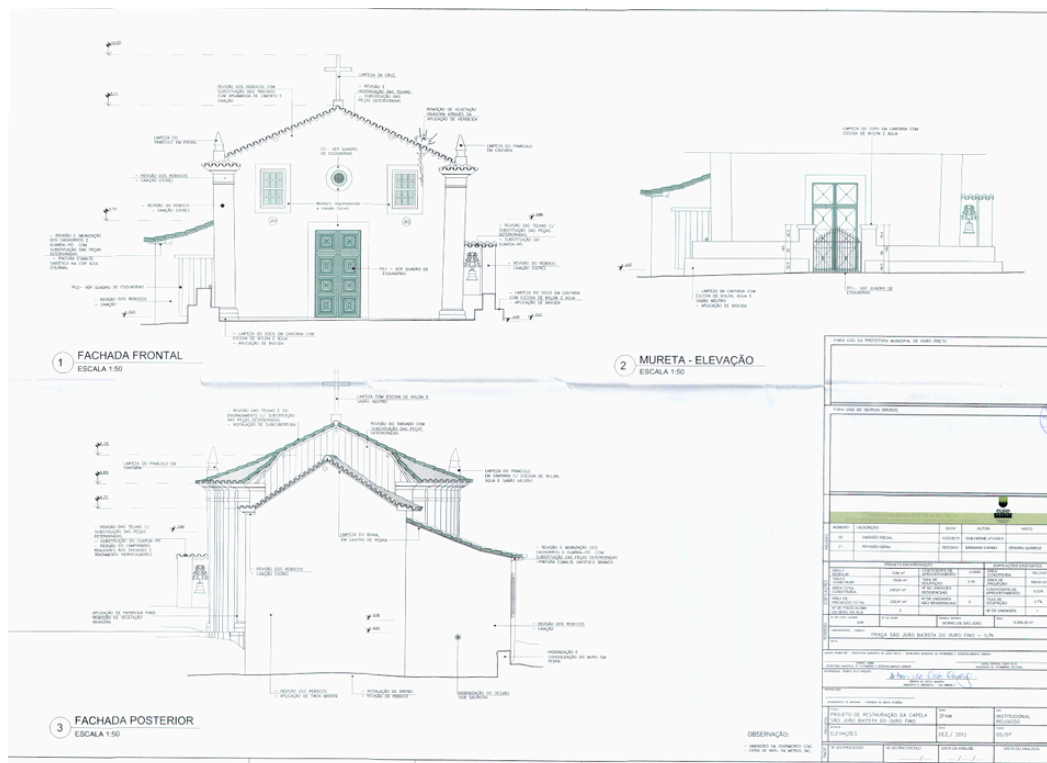
Figura 17 - Prancha com desenho técnico da planta da Capela de São João (2009/2010).



Fonte: Acervo do IPHAN.

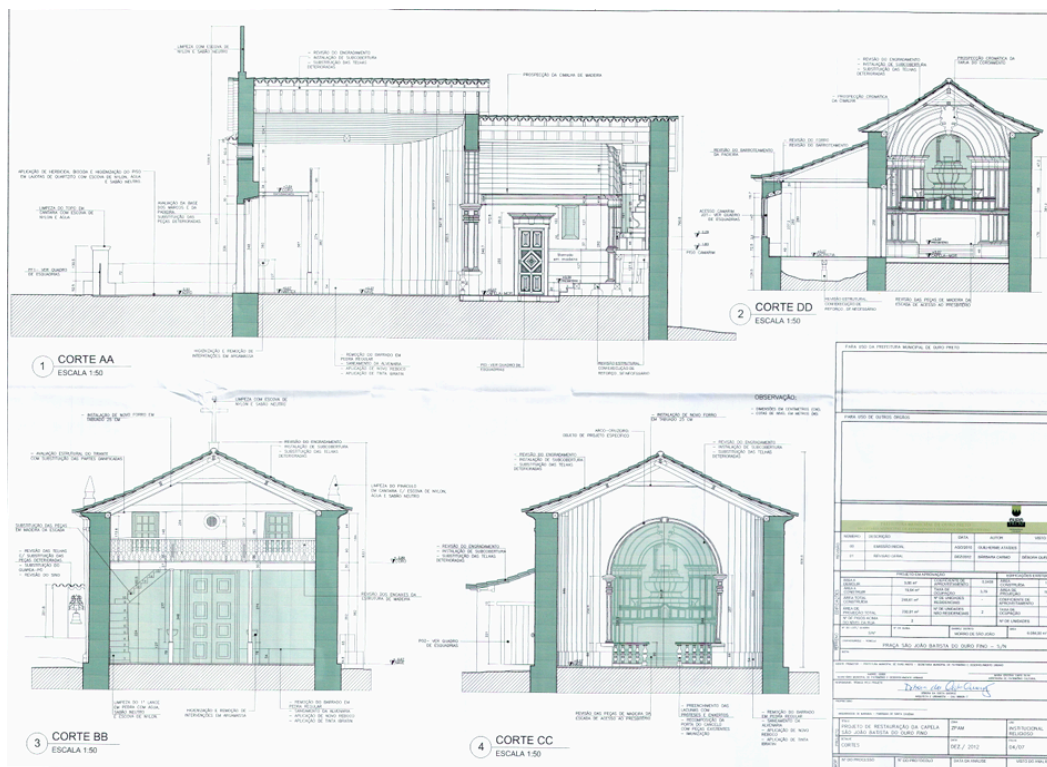
Esse levantamento é completo e apresenta desenhos técnicos das fachadas (Figura 18) e cortes (Figura 19) necessários para compreensão de níveis, alturas, formas e composição de uma edificação arquitetônica.

Figura 18 - Prancha com desenhos técnicos das fachadas da Capela de São João (2009/2010).



Fonte: Acervo do IPHAN.

Figura 19 - Prancha com cortes da Capela de São João (2009/2010).



Fonte: Acervo do IPHAN.

O levantamento apresentado chamou atenção pela qualidade técnica da representação. Nesse sentido, optou-se por buscar informações do método utilizado para o cadastramento, como forma de subsidiar análises comparativas do processo e resultado alcançado com o levantamento produzido neste trabalho por meio da tecnologia BIM.

Em entrevista realizada no dia 16 de julho de 2025 (apêndice A), o arquiteto Guilherme Ataídes, responsável pela elaboração do levantamento de 2009, contou detalhes importantes do processo de registro. Por ser funcionário da prefeitura na época, em um cargo efetivo, e por compor uma equipe enxuta, integrante do então setor denominado de Supervisão do Patrimônio Cultural e Natural de Ouro Preto, ele se tornou responsável pelo levantamento, juntamente com a assessora de patrimônio da época, a arquiteta Cristina Caído, especialista em patrimônio. O principal objetivo do levantamento foi a demanda da prefeitura, em buscar recursos para restaurá-la, o que só seria possível com o projeto. Não havia condições de contratação ou licitação de um escritório e foi por isso que o setor assumiu a responsabilidade, com uma equipe de apenas dois arquitetos e um historiador.

Guilherme descreve a relevância da capela como ponto inicial e de formação da cidade de Ouro Preto, além da importância arquitetônica e histórica. Nesse sentido e mediante o estado de conservação, entende que, não por acaso, ela tenha sido escolhida para ser restaurada. Para realizar o levantamento, o trabalho foi, segundo o arquiteto, “totalmente artesanal”, devido à tecnologia da época e a disponibilidade de recursos na prefeitura. Primeiramente, a partir da planta existente e desenhos de Paulo Santos (1951), foi feito um croqui, que impresso em maior escala, serviu de base para o trabalho em campo, que também contou com o levantamento fotográfico sistemático da estrutura e seus detalhes. Foram feitos uma série de desenhos a mão, e após isso, seguiu-se para o levantamento tradicional de triangulação e tomada cumulativa de medidas. Diversos desafios surgiram ao longo das etapas e soluções criativas tiveram que ser encontradas, por exemplo: na ausência de escadas, o uso de bambus para esticar a trena e obter medidas de alturas; e a tomada de fotos ortogonais para desenhar por cima, também de detalhes altos que não eram possíveis de alcançar, entre outros.

O programa Autodesk AutoCad foi uma importante ferramenta de trabalho, que possibilitou o desenvolvimento de desenhos técnicos expressivos, com distinção de penas e profundidades, o que para Guilherme é importante como tratamento

estético e compreensão da composição volumétrica. Como resultado desse levantamento, ele destaca o fato desse produto, agora obtido e disponível, subsidiar o desenvolvimento de um projeto de restauração. Ele reitera a importância de se obter um levantamento completo para a documentação e registro, com plantas, cortes, fachadas e detalhes em escala, permitindo, com maior precisão, a elaboração de um estudo, projeto ou ações de manutenção preventiva.

Para Guilherme, autores clássicos como Paulo Santos e Sylvio Vasconcelos foram pioneiros no levantamento e documentação de técnicas e bens patrimoniais como a Capela de São João. E um bom levantamento/registro contribui significativamente para a preservação, visto que, se essas informações não existem, elas não serão ensinadas, perpetuadas e, conseqüentemente, se perderão para as futuras gerações. Ainda acrescenta que, o acesso a esses conhecimentos e a preservação dessa informação, é útil não somente para um restauro, como em uma situação extrema, numa possibilidade de perda completa do bem. Na necessidade de reconstrução, há a possibilidade de reprodução, baseadas no projeto existente. Tendo-se então um ganho na memória, história, preservação e documentação.

O arquiteto entrevistado não trabalha mais na prefeitura de Ouro Preto e também não chegou a trabalhar profissionalmente com o BIM, mas leu textos e artigos sobre o assunto. Ele opina, vendo o que pode ser realizado e alcançado por essas ferramentas em edificações novas, que há um grande potencial para a área do patrimônio. Cita, sobretudo, a área de precificação da obra, uma parte delicada, e que o BIM auxilia com precisão, contribuindo para algo que não pode ser tratado com subjetividade, em se tratando de recursos públicos.

Guilherme destaca que, além do ganho com um desenho que possui medidas precisas, a vantagem da tecnologia também está na possibilidade de estabelecer o que pode ser feito de acordo com a verba disponibilizada. O BIM agrega informações, seja na realização de pequenas ou grandes intervenções, como pintura, troca de telhados, instalação de ar-condicionado, etc. A tecnologia permite antecipar eventos, seja de manutenção e preservação, que são menos onerosos, ou mesmo em situações mais drásticas de perda que necessitem de reconstrução. A oportunidade de manipular um modelo 3D, que condiz com o pré-obra, a obra e o pós-obra, é uma grande oportunidade, alavancada ainda, por um controle simultâneo com diversos profissionais, para minimizar erros e incompatibilidades. Ainda conforme o arquiteto Guilherme Ataídes, quando o projeto é feito de forma

mais rápida, precisa e qualificada, dura para sempre, e o principal ganho para o patrimônio com a adoção dessas novas tecnologias e metodologias, é sobretudo, a preservação digital.

4.4. LEVANTAMENTO E COLETA DE DADOS

Após a análise do levantamento existente e disponibilizado, partiu-se para o planejamento de campo, visando a aplicação do método da fotogrametria, por meio de tomada de fotos terrestres da capela, para a produção da nuvem de pontos e, conseqüentemente, da modelagem 3D. Uma primeira visita foi feita ao Morro São João, na primeira etapa deste trabalho, em 2024. Na ocasião, foi possível não somente analisar a capela e visitar seu interior, como também planejar as atividades e levantar os equipamentos necessários na aquisição de dados. Esses, estão listados no quadro abaixo (Quadro 01), com sua descrição e a funcionalidade para as etapas do trabalho.

Quadro 01 - Descrição dos equipamentos utilizados nas etapas do trabalho.

ETAPA DE UTILIZAÇÃO	DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO	FUNCIONALIDADE
Aquisição de fotos	Câmera do Samsung Galaxy S23 Ultra (6.3mm) 4000x3000pix	Fotografias terrestres
Aquisição de dados geométricos	Nível a laser e trena manual	Posicionar marcadores e tomar medidas de referência
Processamento	Computador no formato <i>desktop</i> com as seguintes configurações: Processador AMD Ryzen 7 5700X, SSD 1TB, Memória RAM DDR4 32GB e Placa de Vídeo NVIDIA GeForce RTX 3060 12GB	Processamento das fotos e dados e modelagem geométrica

Fonte: Elaboração própria.

Recomenda-se que se espere um dia nublado para a tomada das fotografias, a fim de obtê-las sem a interferência da luminosidade solar e suas sombras. No

entanto, embora a condição climática não estivesse favorecida no dia do levantamento, optou-se por efetuar as tomadas fotográficas e avaliar possíveis comprometimentos. Essa decisão decorreu em função da disponibilidade de acesso ao local e cronograma estabelecido para o trabalho.

Para ser possível a realização da prática fotogramétrica, um estudo dos programas por meio de tutoriais e testes teve que ser realizado antes da ida a campo. Portanto, a aquisição das fotos foi feita no dia 12 de junho de 2025, por volta das 11h05 da manhã e terminou às 12h25, com duração de 01h e 20min. Durante o processo de tomada das fotografias, que percorreu toda a edificação de forma contínua, adotou-se o método de sobreposição manual e experimental, na qual a cada passo lateral dado⁶, duas a quatro fotografias eram tiradas em diferentes alturas, inclinando-se o celular (Figura 20). Essa metodologia surgiu a partir das orientações de tutoriais da plataforma YouTube, como os do canal *GL.3D*⁷, que abordam técnicas e instruções relacionadas a fotogrametria e modelagem geométrica.

Figura 20 - Conjuntos de fotos demonstrando o método da tomada de fotos em sobreposição manual.



Fonte: Elaboração própria.

⁶ Um passo lateral pode ser medido como a distância entre os pés ao se mover lateralmente, e em média, pode variar entre 15 e 20 cm.

⁷ Disponível em: <<https://www.youtube.com/@gl.3d>>. Acesso em: 08 maio 2025.

Além disso, após essa primeira varredura para tomadas fotográficas, outra se seguiu, agora mais próxima do objeto de estudo, para a captação de maiores detalhes. Ao final, foram captadas 3263 imagens em formato .jpg (4000x3000 *pixels*) com aproximadamente 5 MB de tamanho cada uma, totalizando 16,1 GB. Vale ressaltar que, a quantidade de imagens pode variar, dependendo da abordagem e equipamentos empregados. No caso desse levantamento, devido às limitações de recurso, como o uso de um celular ao invés de uma câmera fotográfica, foi feito um número maior de registros a fim de se compensar, os detalhes que poderiam ser perdidos.

Durante a visita de campo, como dito anteriormente, contei com o auxílio do grupo de pesquisa (LAPPAH), coordenado pela professora Fernanda. Com o apoio deles, usei um nível a laser para posicionar marcadores em duas fachadas (frontal e lateral esquerda) e com uma trena metálica retirei medidas entre os eixos horizontais e verticais dos marcadores (Figura 21). Elas foram usadas como referência e auxiliaram no processo de escalar o modelo 3D, por meio do processamento das imagens no software escolhido: o Agisoft Metashape.

Figura 21 - Marcadores posicionados com nível a laser nas fachadas frontal e lateral esquerda, para a obtenção das medidas de referência.



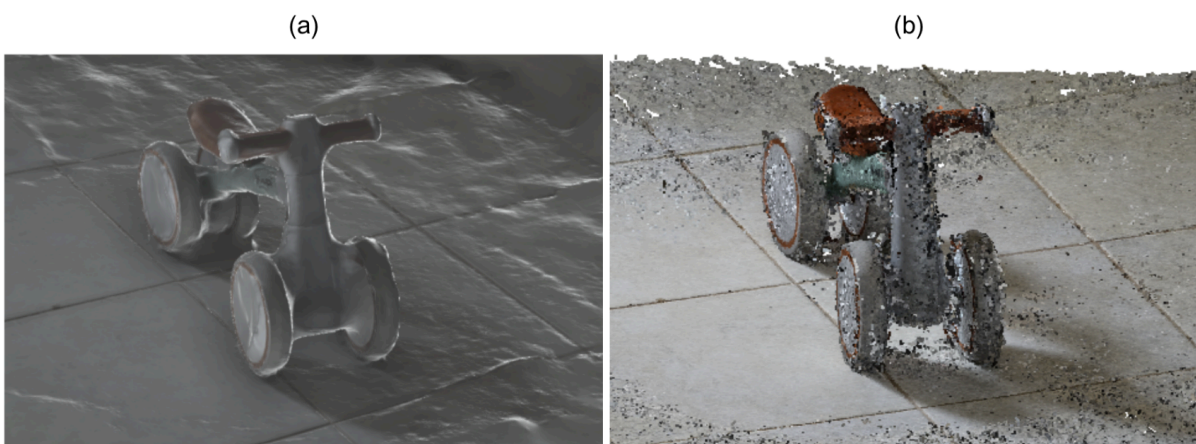
Fonte: Acervo da autora (junho/2025).

4.4.1. APLICAÇÃO DA FOTOGRAMETRIA

Como descrito anteriormente, o processo da fotogrametria consiste em uma técnica que permite com que, através de imagens, extraiam-se informações como, dimensões, formas, etc. de um determinado objeto no espaço. Ela possui suas vantagens e desvantagens, além de classificações, como terrestre ou aérea. Além disso, para o procedimento ocorrer de forma correta e precisa, o conhecimento das ferramentas utilizadas e a consciência sobre o grau de precisão pretendido devem ser levados em consideração.

Após a etapa de levantamento de dados (fotografias e medidas), dois softwares foram analisados para o processamento das fotos e obtenção da nuvem de pontos, são eles: Autodesk Recap e Agisoft Metashape Professional⁸ (Figura 22).

Figura 22 - Testes realizados ainda na fase de teste e aprendizagem dos programas. (a) Nuvem de pontos gerada no programa Recap com a limitação de 100 fotografias e (b) Nuvem de pontos gerada no Agisoft em qualidade média.



Fonte: Elaboração própria.

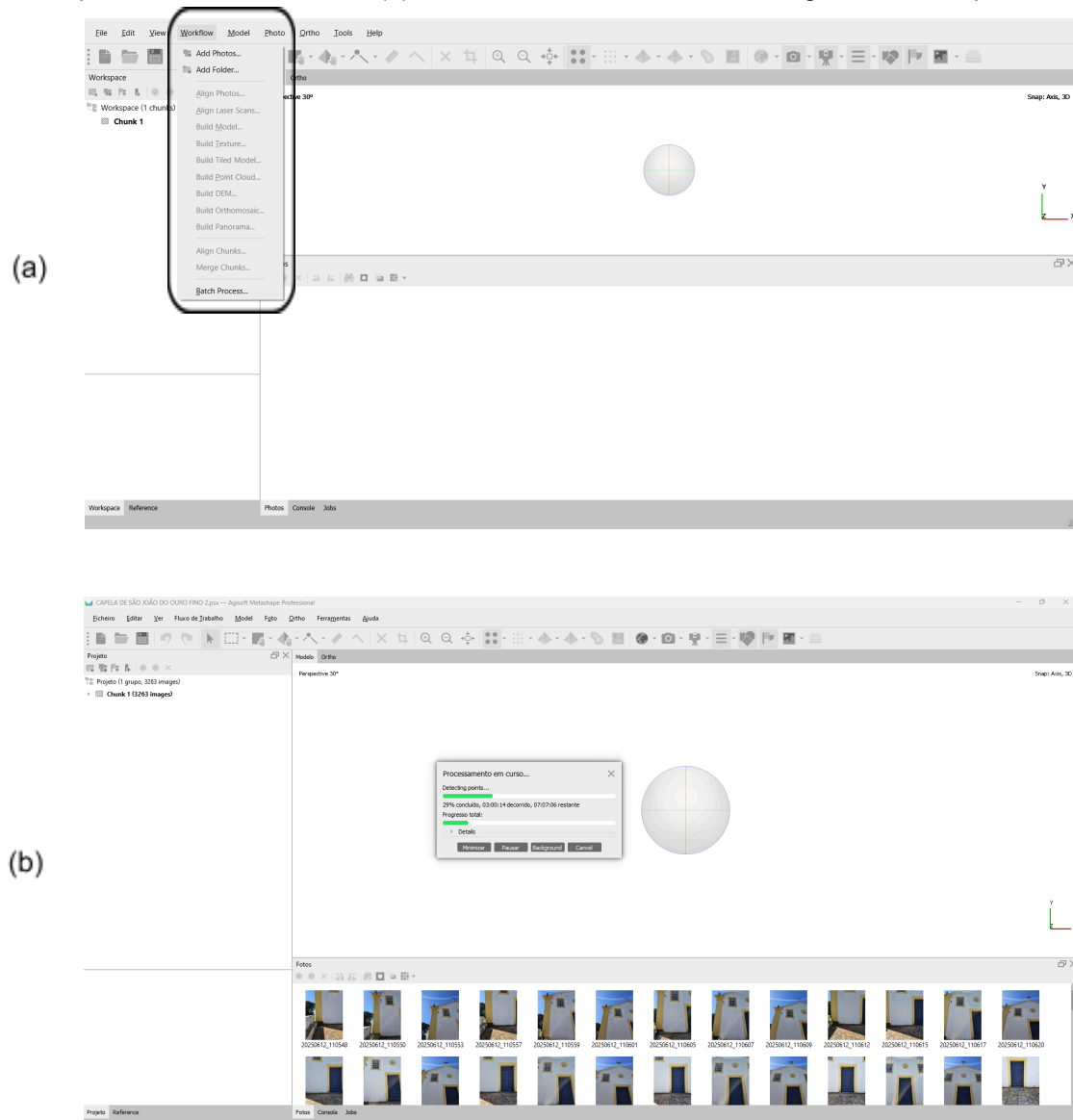
Ainda no momento de testes, antes dos trabalhos de campo para tomadas fotográficas da Capela, o Agisoft foi escolhido para processamento. A opção se deve à facilidade de interface, com tutoriais disponíveis pela internet, além da precisão e capacidade no processamento de imagens e produtos, somados à possibilidade de escalar e fazer medições do objeto. Outro fator de empecilho para o uso do Autodesk Recap, foi a limitações de 100 fotografias por processamento, pelo menos

⁸ O programa tem um custo de aquisição que varia de acordo com o tipo de licença escolhida e para esse trabalho, utilizou-se a versão de teste de 30 dias.

em sua versão para estudantes. No entanto, o Recap foi de grande importância para a compatibilização da nuvem de pontos produzida pelo Agisoft com a ferramenta BIM escolhida para o processo de modelagem, o Autodesk Revit.

Para começar o processo no software Agisoft, adicionaram-se as fotos ao Fluxo de Trabalho (*WorkFlow*) e após a inserção, seguiram-se as etapas que aparecem na mesma aba: Alinhar Fotos (*Align Photos*)> Construir Modelo (*Build Model*)> Construir Textura (*Build Texture*)> Construir Modelo em Mosaico (*Build Tiled Model*)> Construir Nuvem de Pontos (*Build Point Cloud*)> Construir Modelo Digital de Elevação (*Build DEM*)> Construir Ortomosaico (*Build Orthomosaic*) (Figura 23 a).

Figura 23 - (a) Captura de tela do programa Agisoft Metal Shape e suas ferramentas, com destaque para o Fluxo de Trabalho; (b) Processo de alinhamento das imagens, em alta qualidade.



Fonte: Elaboração própria.

Para o seguinte trabalho, as etapas de alinhar fotos, construir modelo e nuvem de pontos são as mais importantes e representam o fluxo de trabalho adotado. Nelas, a escolha da qualidade do processo pode ser feita, sendo, como já dito anteriormente, o que vai ditar a qualidade e o tempo de processamento do modelo geométrico (Figura 23 b).

Para a geração dos modelos, foram realizados no software vários processamentos testes com as imagens. As configurações inseridas no programa ao longo das etapas, influenciaram na qualidade e no tempo dos resultados. Fizeram-se tentativas, com configurações baixas, médias e altas (Quadro 02), sendo a última a mais demorada, mas também a que melhor trabalhou com as mais de 3 (três) mil imagens. Em função disso, para o prosseguimento da geração dos modelos geométricos, a qualidade alta sempre foi adotada, independentemente do tempo de processamento.

Quadro 02 - Comparação do tempo de processamento de cada tipo de configuração.

MODELO	Configuração utilizada no processamento	Quantidade de foto (FU: Fotos usadas; e FA: Fotos alinhadas)	Número de pontos (TP: Tie Points; e PC: Point Clouds)	Tempo de processamento (TP: Tie Points; e PC: Point Clouds)
Capela	Qualidade Baixa	FU: 3263 FA: 2895	TP: 451.950 PC: 19.672.139	TP: 2 h 29 min PC: 34 min
	Qualidade Média	FU: 3263 FA: 3263	TP: 2.458.425 PC: 86.821.606	TP: 8 h e 38 min PC: 3 h 02 min
	Qualidade Alta	FU: 3263 FA: 3263	TP: 12.047.162 PC: 344.041.257	TP: 23 h 58 min PC: 9 h 37 min

Fonte: Elaboração própria.

A escolha da qualidade alta como configuração se deu também pelo fato de que ao gerar modelos em configurações mais baixas, o programa apresentou

algumas inconsistências no alinhamento das fotos (FU e FA) e, conseqüentemente, na produção da nuvem de pontos (TP e PC). Isso não ocorreu na qualidade média e alta, podendo ser uma falha devido às fotos tiradas e escolha das mesmas para o processamento na qualidade baixa. A quantidade de pontos gerados, cresceu em concordância com o aumento da qualidade do processamento, tendo-se uma diferença de até 4 (quatro) vezes.

Para escalar o modelo gerado, por meio das fotos tiradas, usam-se os marcadores fornecidos pelo programa (Figura 24), que podem ser interligados e gerar uma linha de escala (*scale bar*). Essa linha permite inserir informações acerca das medidas aferidas em levantamento *in loco*.

Figura 24 - Marcadores do programa posicionados na fachada frontal, alinhados aos marcadores utilizados no levantamento fotográfico.



Fonte: Elaboração própria.

Ainda com esses marcadores é possível trabalhar com eixos verticais ou horizontais para a geração de ortomosaicos⁹ (Figura 25), os quais podem ser levados para programas CAD e auxiliar no desenvolvimento de desenhos técnicos.

⁹ “[...] ortomosaico georreferenciado é a reprodução fotográfica de uma superfície elaborada através da sobreposição e complementação de diversas imagens. Essa técnica produz uma representação de determinada área com proporção idêntica à real, sem deformações, tal qual um plano cartográfico.” CAMPOS, Andrei. **O que é e como gerar um ortomosaico georreferenciado**. Maply, 09 mar. 2022. Disponível em: <<https://www.maply.io/post/o-que-e-e-como-gerar-um-ortomosaico-georreferenciado>>. Acesso em: 24 ago. 2025.

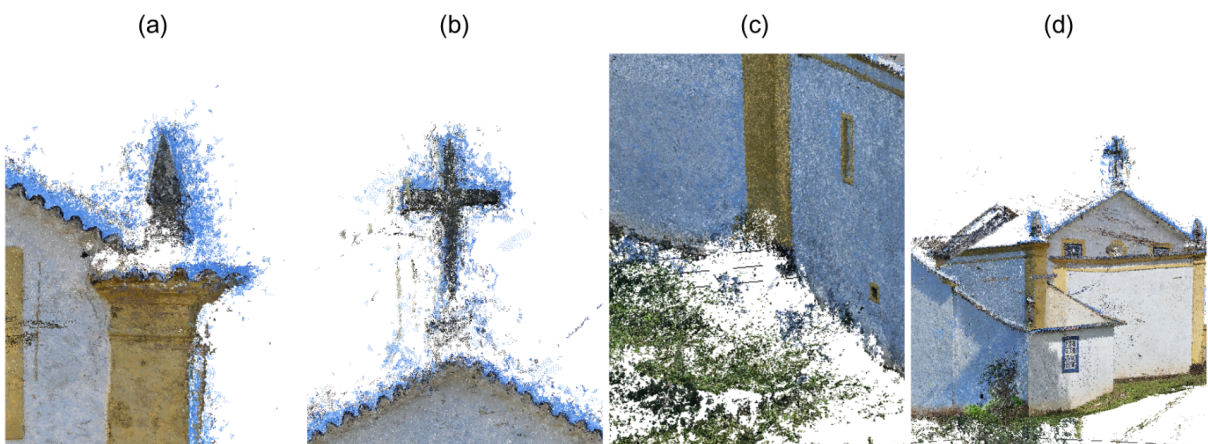
Figura 25 - Ortomosaico gerado a partir do processamento das fotos da fachada frontal.



Fonte: Elaboração própria.

As lacunas percebidas na ortofoto gerada são consequências do levantamento terrestre realizado e suas limitações na captura de detalhes mais altos. Apesar de apresentar dados que serão de grande importância para a modelagem da edificação, a nuvem de pontos e seus produtos possuem falhas (Figura 26) que podem trazer futuras dificuldades.

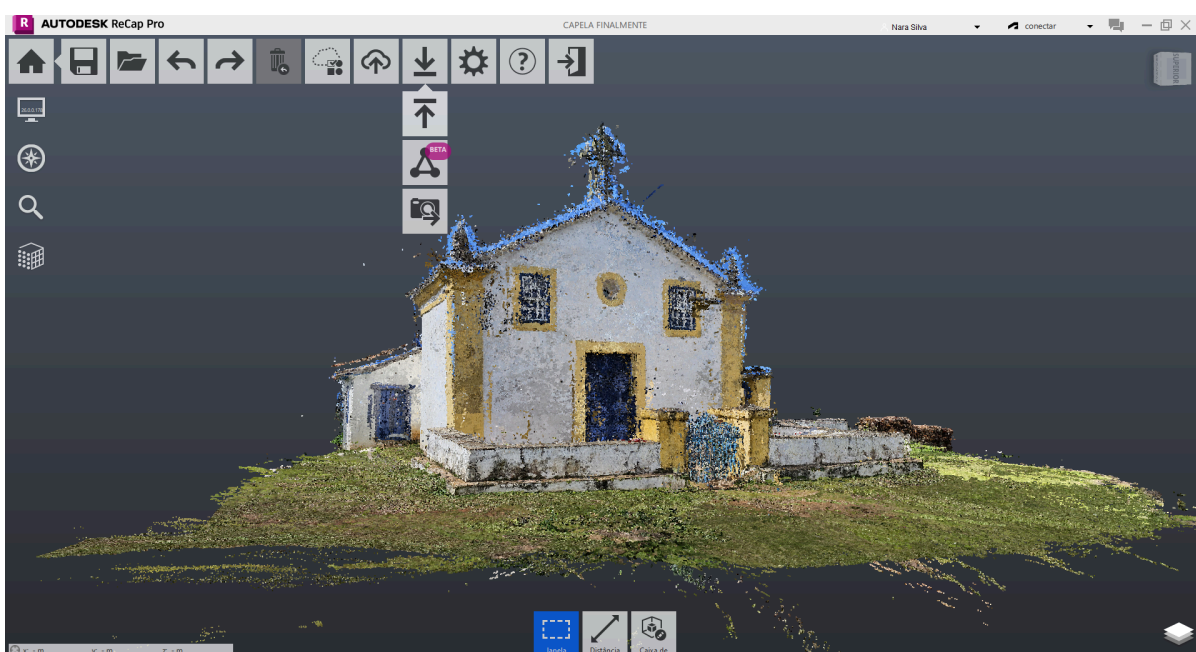
Figura 26 - Limitações encontradas ao analisar o modelo de nuvem de ponto gerado. (a) e (b) Falta de pontos no elemento dos pináculos e da cruz; (c) Falha nos pontos do piso da fachada da lateral direita e (d) Falta de pontos para a composição dos telhados.



Fonte: Elaboração própria.

A nuvem de pontos produzida pelo programa Agisoft não é compatível com o programa de modelagem escolhido, o Revit. Portanto, após sua geração, foi necessário exportá-la, primeiramente, em um formato compatível conhecido como ASPRS LAS (.las), para o programa ReCap da Autodesk, da mesma empresa do Revit, para compatibilizá-la. No programa Recap ainda, foram feitos alguns ajustes, como orientação do modelo e conferência da escala, e por fim foi exportado um RCP unificado (.rcp) (Figura 27) inserido no Autodesk Revit 2025.

Figura 27 - Processo de exportação da Nuvem de Pontos do Recap para Revit 2025.



Fonte: Elaboração própria.

4.4.2. ESCOLHA DA FERRAMENTA BIM

No aprendizado da disciplina de Modelação de Informação de Edifícios Históricos (MIEH) cursada durante o intercâmbio na Universidade de Lisboa, na qual desenvolvemos o trabalho publicado da modelagem das capelas do Convento de Arrábida, foi possível, antes de começar o processo, assistir e aprender técnicas de modelação, por meio de vídeo aulas ofertadas pelo professor Jesse Rafeiro e disponíveis no site *Investigation in (cultural) Patrimony: Tangible and Intangible* (IPTI). O curso, pago, foi inteira e gratuitamente disponibilizado para os alunos matriculados (Figura 28).

Figura 28 - Curso de HBIM - Básico disponibilizado para o treinamento em Portugal.



HBIM – Básico

Jesse Rafeiro

€150

Fonte: IPTI, 2025. Disponível em: <<https://ipti.pt/training/>>. Acesso em: 15 jun. 2025.

Por se tratar de um campo recente e, portanto, ainda sem normas pré-definidas, o treinamento HBIM buscou sensibilizar os alunos, das diversas técnicas de modelação possíveis, em viabilidade para serem replicadas em outras condições. Os tutoriais englobam a modelagem de paredes, portas, janelas, coberturas e pavimentos, a partir da nuvem de pontos, bem como a visualização, comparação e correção de resultados.

O programa utilizado no treinamento foi o Autodesk Revit e por isso, durante o processo de modelagem das capelas, o mesmo continuou sendo adotado. Devido a isso, o programa foi escolhido também para o desenvolvimento da prática de modelagem realizada neste trabalho. Além disso, a escolha da ferramenta se justifica por sua capacidade de integrar os dados obtidos no levantamento, com o uso da técnica de fotogrametria. Ele permite não apenas a criação de um modelo tridimensional paramétrico, que representa os aspectos formais e construtivos do bem, mas também serve como base informativa para a lógica do HBIM. A sua compatibilidade com a nuvem de pontos gerada, facilitou o processo de sua escolha e o curso disponível permitiu a aplicabilidade do mesmo na modelagem da Capela de São João (Figura 29).

Figura 29 - Nuvem de pontos gerada na qualidade alta, inserida no programa Autodesk Revit 2025.



Fonte: Elaboração própria.

4.5. PROCESSO DE MODELAGEM DO BEM PATRIMONIAL

Os elementos utilizados na modelação da Capela de São João são os dados da nuvem de pontos gerada no Agisoft, fotos e dimensões levantadas manualmente durante a visita no local. Após gerada, a nuvem de pontos é inserida no Revit, e os modelos são gerados trançando-se os elementos e extrudando-os¹⁰ até corresponderem adequadamente ao componente.

Alguns casos exigiram a consulta de fontes secundárias, como as fotografias e dimensões tiradas, para complementar as ambiguidades observadas na nuvem de pontos. Trabalhar com ela, seja no caso das capelas do convento ou na Capela de São João, objeto deste trabalho, significou lidar com as limitações da tecnologia, especialmente quando se trata de elementos com detalhes complexos, como portas e janelas. Toda a compreensão da geometria e do tipo de material apresenta desafios e para solucioná-los todos os dados obtidos são cruciais.

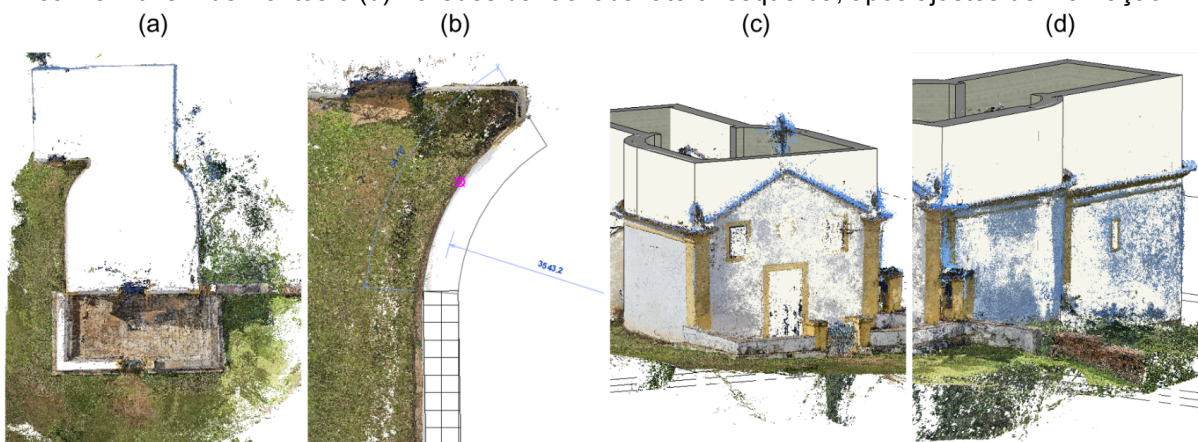
O seguinte processo busca investigar a utilização do programa BIM para a criação do modelo 3D da Capela de São João e seus elementos arquitetônicos. Os componentes mostrados a seguir demonstram o resultado das abordagens de

¹⁰ A ferramenta permite criar um sólido 3D a partir de um desenho 2D que foi traçado a partir do modelo, fazendo uma espécie de “empurro” para criar o objeto.

modelagem adotadas e seus desafios, além de seguirem uma ordem de fluxo de trabalho, que vão das paredes aos materiais aplicados.

Para começar a modelagem, as paredes da capela foram as primeiras a serem criadas. Por meio do plano de piso do programa, pode-se averiguar as linhas de limite das paredes da nuvem de pontos e utilizando o comando de *Walls* (Paredes) elas foram desenhadas e conectadas (Figura 30 a-b). Após esse procedimento, ao fazer uma verificação do modelo criado com a nuvem de pontos, pode-se perceber que algumas seções das paredes não são retas, mas levemente inclinadas em seu eixo. Devido a isso, no menu “Properties (Propriedades)” dessas paredes, buscou-se a opção *Cross-Section* (Seção transversal) que permitiu deixá-las inclinadas seguindo a deformação apresentada na nuvem de pontos (Figura 30 c-d).

Figura 30 - Processo de modelagem das paredes da Capela de São João. (a) Plano de Piso da Nuvem de Pontos; (b) Ferramenta “Raio inicial-final do arco” de desenho utilizada para as paredes curvas; (c) Paredes modeladas da capela, demonstrando a necessidade de conferência de acordo com a Nuvem de Pontos e (d) Paredes da fachada lateral esquerda, após ajustes de inclinação.



Fonte: Elaboração própria.

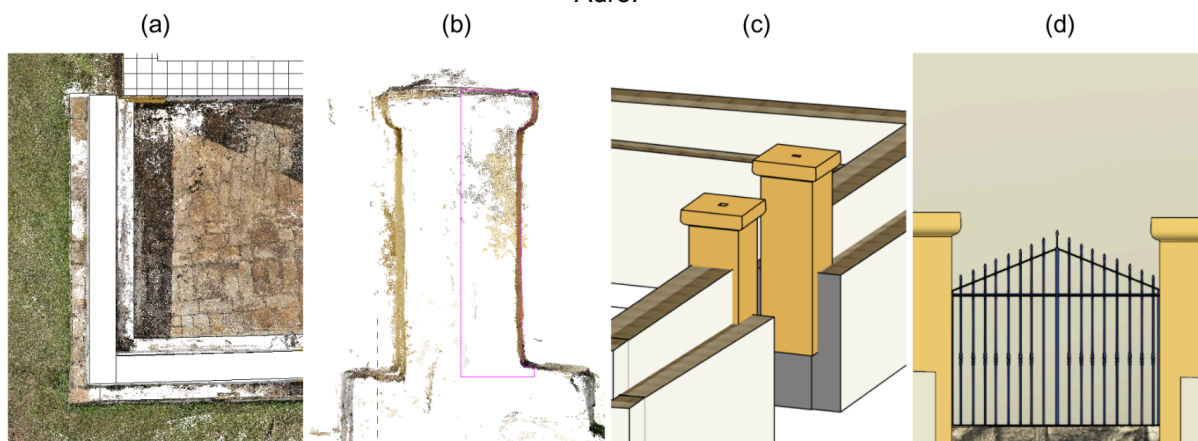
A modelagem da mureta de pedra do adro seguiu o mesmo padrão da criação das paredes da capela (Figura 31 a). A diferença se deu pela possibilidade de verificação da largura do mesmo, com a ferramenta de régua do programa. Como consequência, a medida pôde ser implementada no comando de *Walls* (Paredes) do Revit e após isso, verificou-se a altura a partir da nuvem de pontos.

O pilar em pedra argamassada que dá entrada ao adro foi modelado usando a ferramenta *Sweep* (Varredura) no *Model In-Place*. Para isso, primeiramente foi necessário realizar o desenho 3D do seu perfil (Figura 31 b) e então traçar a

trajetória de ambos de acordo com a planta baixa. Devido aos erros que ocorrem na ferramenta *Sweep* (Varredura) quando há um encontro da geometria em sua parte interna, adotou-se um pequeno afastamento no perfil dos pilares, que apesar de não comprometer sua forma completa, acabou criando um pequeno vazio em seu centro.

O portão foi modelado a partir de parte da nuvem de pontos, que apesar de não estar completa, apresentava detalhes suficientes. Também foram observadas fotos do levantamento, para se evitar qualquer engano que poderia ocorrer devido a ausências de alguns pontos (Figura 31 d).

Figura 31 - Processo de modelagem dos elementos do adro. (a) Muretas modeladas, após a medição das larguras e conferidas de acordo com a nuvem de pontos; (b) Desenho do perfil dos pilares em pedra argamassa com a ferramenta *Sweep* (Varredura); (c) Pilares de pedra e muretas modeladas e com texturas genéricas aplicadas e (d) Portão principal modelado e encaixado entre os pilares do Adro.

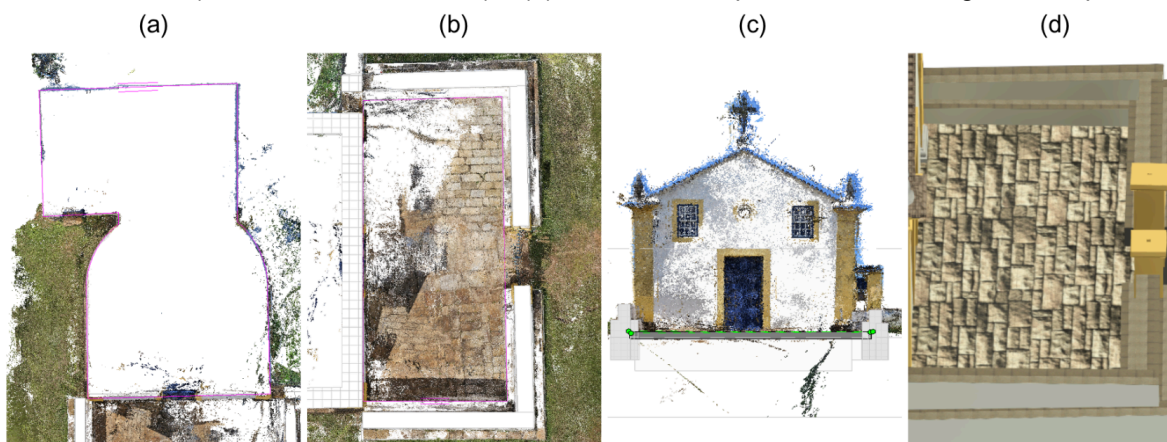


Fonte: Elaboração própria.

Os chãos da capela foram criados de maneira mais simples usando a própria ferramenta de *Floor* (Piso), presente no programa (Figura 32 a-b). No entanto, a parte do adro precisou de mais cuidado devido a sua inclinação em alguns pontos, devido a isso, a geometria teve que ser ajustada de acordo com essas irregularidades observadas na nuvem de pontos.

Para isso, a ferramenta *Modify Sub Element* (Modificar Subelementos) foi usada e com base nas elevações e cortes o chão foi sendo ajustado, de maneira que houvesse compatibilidade entre ele e a nuvem de pontos (Figura 32 c). Para finalizar, uma textura genérica foi aplicada ao piso após a sua modelagem (Figura 32 d).

Figura 32 - Processo de modelagem dos pisos. (a) Desenho do piso da capela a partir dos limites da nuvem de pontos; (b) Desenho do piso do adro no plano de piso do programa; (c) Ajustes feitos na inclinação do piso do adro a partir de um corte paralelo à fachada frontal, com a ferramenta *Modify Sub Element* (modificar subelementos) e (d) Modelo 3D do piso com a textura genérica aplicada.



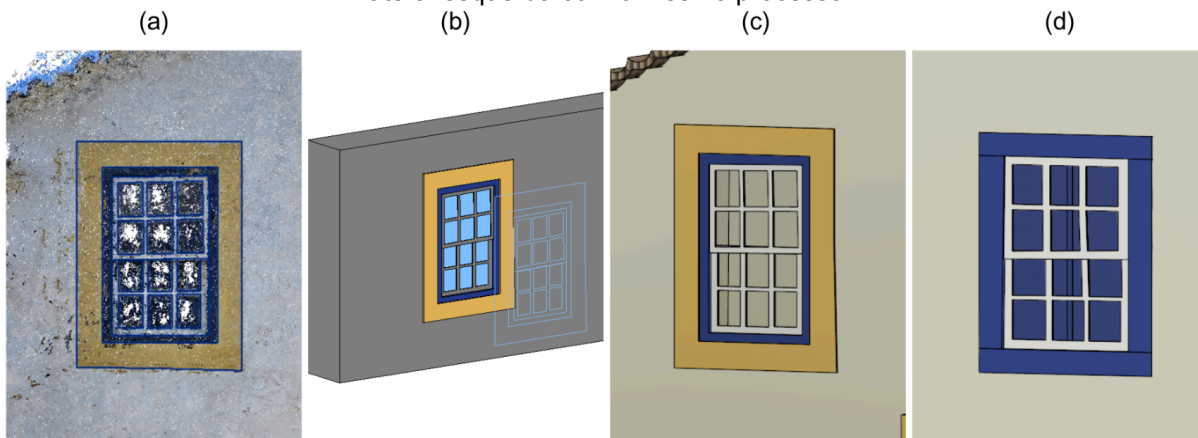
Fonte: Elaboração própria.

Todas as janelas da capela, as duas da fachada frontal e a da lateral esquerda, foram modeladas usando-se as famílias carregáveis do programa. Essa decisão foi tomada devido ao alto nível de detalhes desses elementos e a escolha por salvar individualmente o modelo das esquadrias e ter controle sobre cada um deles. A outra opção seria modelar usando o *Model In-Place*, no entanto, ele não foi adotado nessa etapa devido a essa preocupação de se ter esses modelos gerados, guardados separadamente do projeto.

O processo de modelagem das janelas começa com o rastreamento meticuloso dos detalhes com a ferramenta *Detail Line* (linha de detalhe), em um corte gerado automaticamente pelo software, paralelamente colocado a elas (Figura 33 a). Após o desenho traçado, ele é salvo como um arquivo CAD e importado para uma família genérica do Revit, chamada *Metric Generic Model Wall Based*. Este recurso permite modelar e editar, em um espaço de trabalho reservado, o desenho em CAD traçado e, além disso, simula uma eventual colocação do componente na parede do modelo da capela (Figura 33 b).

Dentro desse novo arquivo, as janelas podem ser modeladas usando as ferramentas *Void* (Vazio), para criar o vazio do encaixe da janela na parede e *Extrusion* (Extrusão) para a criação do quadro (azul), caixilhos (branco) e vidro. Após a geração dos modelos separadamente, eles são carregados no arquivo original da capela com a nuvem de pontos para serem verificados e ajustados, buscando-se o refinamento do trabalho (Figura 33 c-d).

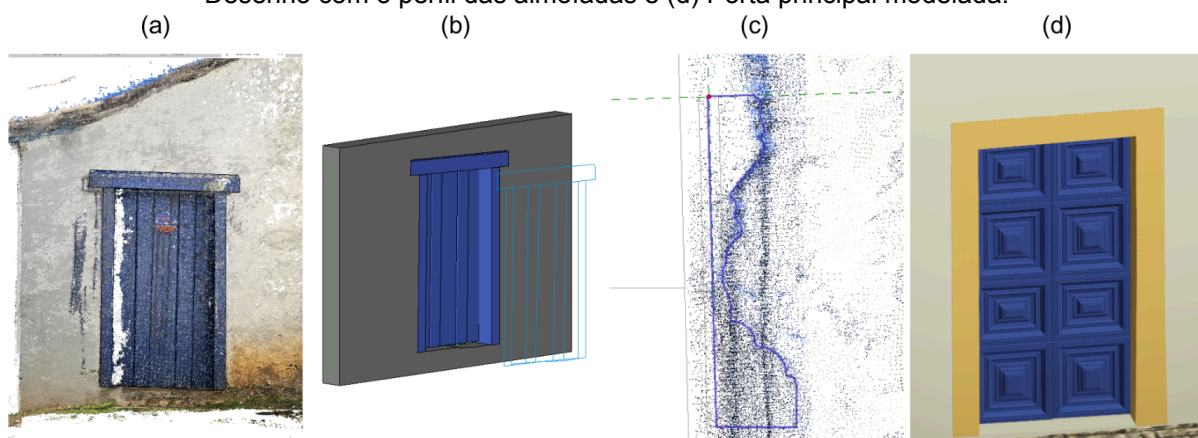
Figura 33 - Processo de modelagem das janelas. (a) Desenho com a ferramenta *Detail Line* (linha de detalhe) para ser exportado em formato CAD; (b) Espaço de modelagem da família *Metric Generic Model Wall Based* com o desenho CAD importado e a modelagem da janela nele baseado; (c) Janela esquerda da fachada frontal modelada e verificada com a nuvem de pontos e (d) Janela da fachada lateral esquerda com o mesmo processo.



Fonte: Elaboração própria.

Para a modelagem das portas, segue-se o mesmo processo das janelas. Foi usado uma família carregável *Metric Generic Model Wall Based* e o processo de rastreamento em CAD dos detalhes (Figura 34 a). A ferramenta *Void* (Vazio) criou o vazio para o encaixe, enquanto o *Extrusion* (Extrusão) criou os detalhes do batente e alizar (Figura 34 b). Um método de criação que se difere entre as duas portas modeladas é a utilização da ferramenta *Sweep Blend* (Mescla por Varredura) para criar o encaixe dos painéis de madeira do alizar da porta lateral e o uso do *Sweep* (Varredura) para criar as almofadas da porta principal (Figura 34 c-d).

Figura 34 - Processo de modelagem das portas. (a) Desenho com a ferramenta *Detail Line* (linha de detalhe) para ser exportado em formato CAD; (b) Espaço de modelagem da família *Metric Generic Model Wall Based* com o desenho CAD importado e a modelagem da porta nele baseado; (c) Desenho com o perfil das almofadas e (d) Porta principal modelada.

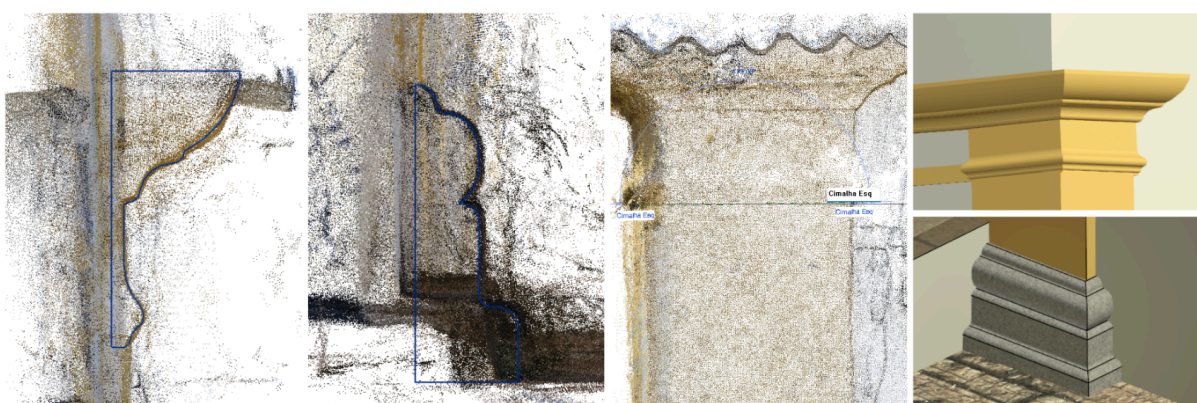


Fonte: Elaboração própria.

A metodologia utilizada na criação dos detalhes da fachada é uma das mais complexas neste trabalho de modelagem. Além da preocupação com os elementos presentes, tem-se a dificuldade de traçar algumas das partes que são comuns a mais de uma das fachadas, como os cunhais e as cimalthas. Nessa etapa, foi necessário unir tanto componentes criados em *Family* quanto em *Model In-Place*.

Para a modelagem dos socos de pedra e das cimalthas, foi necessário primeiro criar um corte que passasse exatamente sobre seus perfis, após isso eles foram traçados (Figura 35 a-b) e salvos em formato CAD e inseridos em uma família carregável chamada de *Profile* (Perfil). No espaço do *Model In-Place*, para a correta colocação dos elementos na fachada, foi necessário primeiro definir um plano de trabalho (Figura 35 c) que correspondesse ao local exato em que ele estava na fachada, nomeado de forma correspondente. Utilizando a ferramenta *Sweep* (Varredura) e com o perfil já traçado, os elementos foram criados e conferidos conforme a nuvem de pontos (Figura 35 d).

Figura 35 - Processo de modelagem das cimalthas e dos socos de pedra. (a) e (b) Perfil traçado e salvo em formato CAD da cimaltha e do socio de pedra, respectivamente; (c) Plano de trabalho da cimaltha esquerda e (d) Modelos 3D da cimaltha e do socio de pedra, verificados na nuvem de pontos.



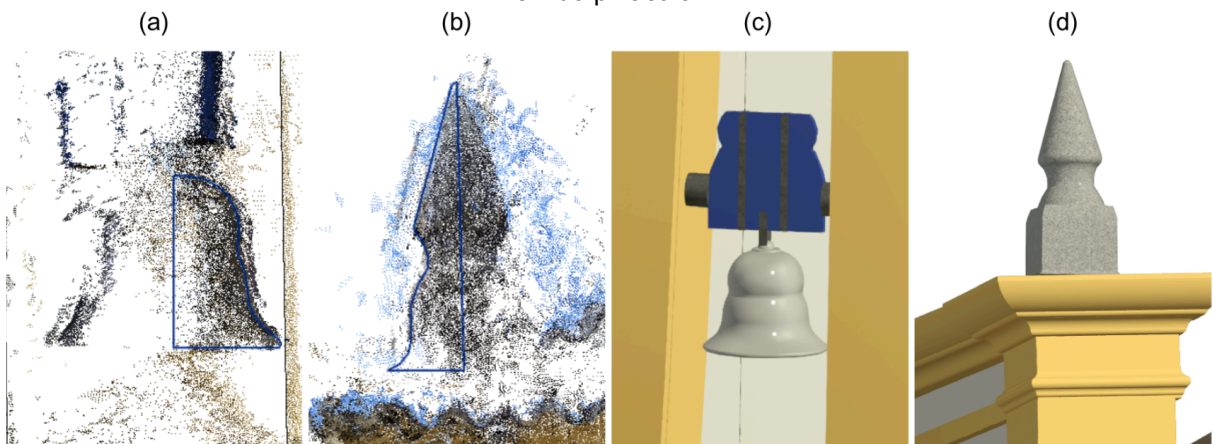
Fonte: Elaboração própria.

A criação dos modelos do pináculo e do sino do campanário foi feita similarmente. O traço do perfil de ambos foi desenhado (Figura 36 a-b) e salvo em formato CAD, dessa vez, no entanto, a ferramenta *Revolver* (Revolver) foi escolhida. Nela, é possível criar as formas tridimensionais a partir da rotação do perfil ao redor de um determinado eixo.

Para os demais detalhes do sino, a ferramenta de extrusão conseguiu suprir as necessidades (Figura 36 c). No entanto, ao averiguar o modelo 3D do pináculo na

nuvem de pontos, percebeu-se que alguns detalhes não correspondiam à realidade, principalmente devido à natureza quadrada de sua base, que ao utilizar a ferramenta *revolver* (revolver), foi perdida. Para corrigir isso, a ferramenta *Sweep* (Varredura) teve que ser adotada e apesar de apresentar erros durante o processo, após a correção e simplificação do perfil traçado, o modelo ficou satisfatório (Figura 36 d).

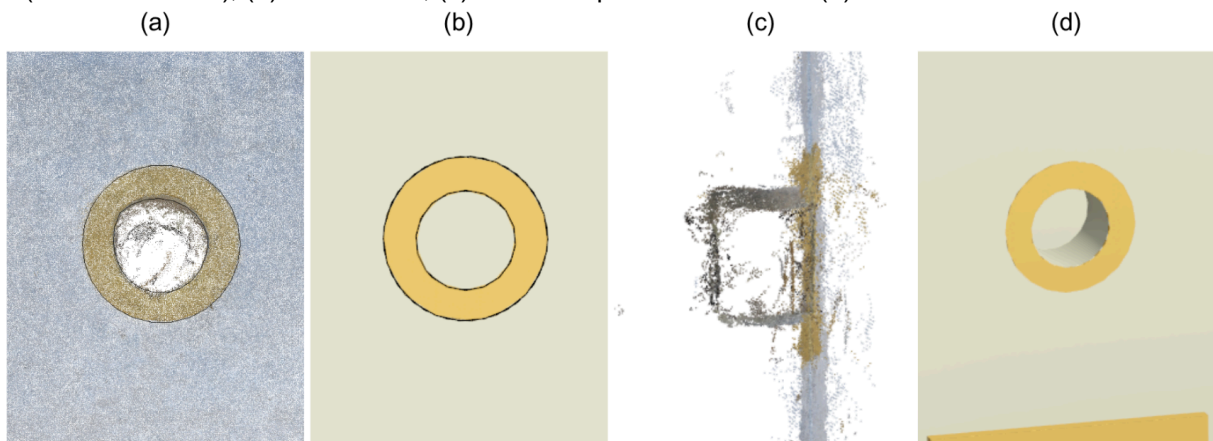
Figura 36 - Processo de modelagem do sino do campanário e do pináculo. (a) e (b) Perfil traçado e salvo em formato CAD do sino e do pináculo, respectivamente; (c) Modelo 3D do sino e (d) Modelo 3D do pináculo.



Fonte: Elaboração própria.

Outro detalhe importante dessa frente é o óculo central, modelado no *Model In-Place* usando a ferramenta *Extrusion* (Extrusão) para encaixar e criar a moldura (Figura 37 a-b). Através da nuvem de pontos foi possível averiguar a profundidade da abertura, então foi utilizado o *Void* (Vazio) para criar a abertura apresentada na nuvem de pontos (Figura 37 c-d).

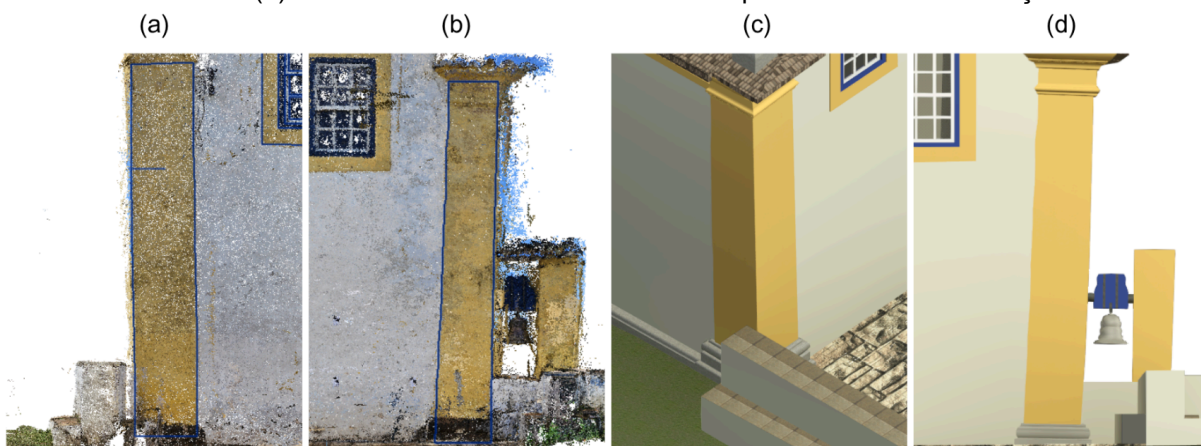
Figura 37 - Processo de modelagem do óculo central. (a) Desenho com a ferramenta *Detail Line* (linha de detalhe); (b) Moldura 3D; (c) Planta de piso da abertura e (d) Modelo 3D do óculo central.



Fonte: Elaboração própria.

Para a modelagem dos cunhais, o perfil de CAD também foi traçado (Figura 38 a-b), no entanto, um cuidado maior foi tomado, para que houvesse uma correspondência do mesmo nas fachadas laterais (Figura 38 c). O resultado dos cunhais é uma das surpresas no processo de modelagem da capela, pois pela observação em campo, não se percebeu sua inclinação (Figura 38 d). A partir do traço CAD e da modelagem feita, foi possível averiguar a peculiaridade do mesmo, que então se tornou outro destaque dessa fachada frontal.

Figura 38 - Processo de modelagem dos cunhais. (a) e (b) Desenho com a ferramenta *Detail Line* (linha de detalhe) do cunhal esquerdo e direito, respectivamente; (c) Cunhal em correspondência nas fachadas (d) Modelo 3D do cunhal direito com sua peculiaridade de inclinação.

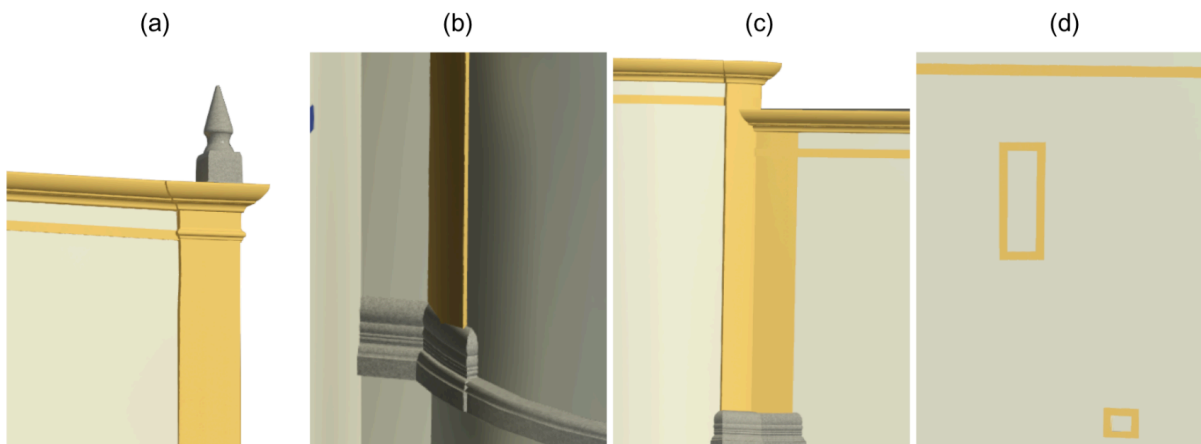


Fonte: Elaboração própria.

Para continuar os detalhes das fachadas laterais, como o cordão argamassado (amarelo), o soco de pedra entalhado e o embasamento de pedra rebocado (Figura 39 a-b-c), o traço dos perfis também foi feito. Para que a continuidade fosse precisa e o encaixe acompanhasse as peculiaridades da fachada, ou seja, as variações horizontais dos detalhes ao longo dela, um plano de trabalho alinhado a cada um deles foi adotado. A criação de trechos também foi necessária devido a este fator, e isso pode-se verificar na correspondência dos elementos, ao que é apresentado na nuvem de pontos.

Outro detalhe que é simples e está presente na fachada lateral direita da capela é o vão fechado e a abertura sob o presbitério, ambos com a moldura argamassada (Figura 39 d). Para modelá-los, no *Model In-Place*, seu desenho também foi traçado e as ferramentas *Void* (vazio) e *Extrusion* (extrusão) foram usadas.

Figura 39 - Processo de modelagem dos demais elementos das fachadas laterais. (a) Cordão e cimalha; (b) Soco de pedra e embasamento; (c) Detalhes da fachada direta (cunhal, cimalha, cordão e soco de pedra) e (d) Detalhe de vão fechado e abertura sob presbitério emoldurados.



Fonte: Elaboração própria.

Devido à natureza da tomada de fotos, que ocorreu apenas de forma terrestre, os detalhes do telhado são limitados. É possível distinguir os beirais dele, no entanto, seu formato completo e suas variações ao longo de sua inclinação não são verificáveis. Por isso, os esforços de modelagem foram concentrados para que fosse respeitada a natureza curva dele no encontro da nave com a capela-mor e uma forma básica foi modelada na parte posterior.

Figura 40 - Processo de modelagem dos telhados. (a) Ferramenta de desenho de telhado por extrusão; (b) Perfil de telhado, usada na ferramenta *Sweep* (varredura); (c) Telhado inclinado visto a partir da fachada lateral esquerda (d) Modelo de cobertura da capela finalizado.



Fonte: Elaboração própria.

Para a modelagem do telhado posterior, foi usado a ferramenta de telhado por extrusão (Figura 40 a), aproveitando-se do perfil correspondente do mesmo na nuvem de pontos. Já o telhado ao lado, teve que ser modelado usando a ferramenta

de varredura, visto que, era possível distinguir seu perfil, mas por possuir variações de inclinação ao longo de seu comprimento, era necessário que fosse possível incliná-lo (Figura 40 b-c). Para o telhado principal, o uso das ferramentas de varredura, tanto a *Sweep* (Varredura), quanto a *Sweep Blend* (Varredura por Mescla) foram essenciais, com elas, foi possível traçar o perfil e criar a variação curva do telhado que acompanha o formato das paredes (Figura 40 d).

Durante a criação do modelo 3D, cores foram adotadas, tanto para os detalhes em amarelo ocre, quanto para os em azul colonial. Texturas genéricas, que acompanham a base de dados do programa e são pré-carregadas, foram utilizadas em vários detalhes da capela, no telhado, no piso, nos socos de pedra, na cruz, no sino e na pintura das paredes (Figura 41).

Figura 41 - Modelo 3D.



Fonte: Elaboração própria.

5. DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS

Todos os processos apresentados no capítulo anterior foram apreendidos ao longo do treinamento e modelagem realizada na mobilidade acadêmica e vídeo-aulas disponibilizadas no YouTube. Por isso, como dito anteriormente, por

tratar-se de uma área ainda recente, a modelagem BIM apresentada, não representa uma regra ou norma a ser seguida e a metodologia para a obtenção da nuvem de pontos descrita apresenta suas limitações. Algumas das soluções adotadas, assim como as dificuldades enfrentadas, também representam obstáculos do aprendizado até o momento.

Comparando a experiência da mobilidade acadêmica com a modelagem 3D, utilizando uma nuvem de pontos produzida através do uso do scanner a laser, e a desenvolvida para este trabalho, produzida através da fotogrametria, pode-se inferir paralelos e distinguir os processos. Além disso, é possível averiguar as potencialidades de ambas as ferramentas no processo de construção de um modelo BIM e as diferenças para um levantamento tradicional, sendo possível discutir em quais aspectos o uso da tecnologia pode beneficiar a preservação de bens do patrimônio cultural edificado.

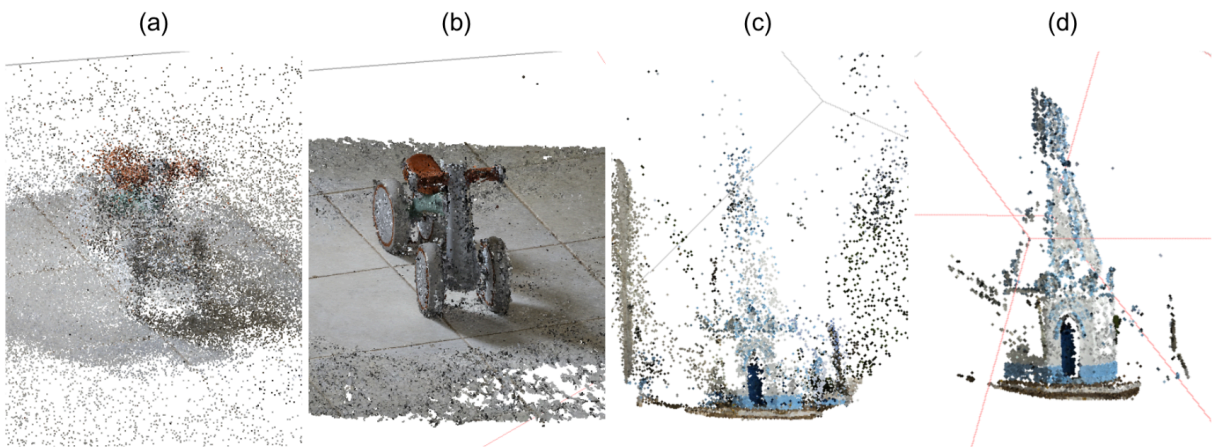
5.1. APLICAÇÃO DA FOTOGRAMETRIA NA CAPELA DE SÃO JOÃO

Para ser possível realizar um levantamento correto e preciso da capela, diversos testes foram realizados antes. Além do treinamento para a tomada fotográfica, também foi necessário estabelecer domínio sobre o programa de fotogrametria escolhido.

Na tentativa de obter-se um produto utilizável, na prática de modelagem, foram feitas fotografias de objetos de pequeno e grande porte. A tomada fotográfica de um carrinho foi feita manualmente, girando a câmera em volta do objeto, em diferentes alturas. No total, 256 fotos conseguiram construir, satisfatoriamente, o modelo de nuvem de pontos do mesmo (Figura 42 a-b). No entanto, ao realizar um novo registro, desta vez em uma capela pequena, com quase o mesmo número de fotografias, não se conseguiram resultados adequados, ao apresentar muitas lacunas na nuvem de pontos, necessários para uma completa modelagem 3D (Figura 42 c-d).

A partir dessa prática, concluiu-se que para a obtenção de uma nuvem de pontos da Capela de São João, inúmeras fotos seriam necessárias. Além disso, a ordem em que seriam tiradas e a distância de certos elementos auxiliariam na construção de um modelo, com melhor e maior detalhamento.

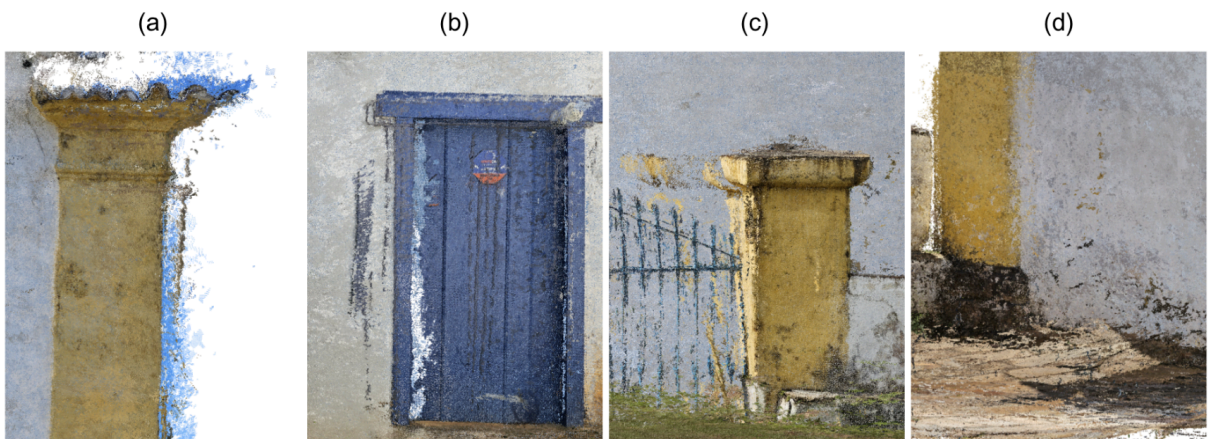
Figura 42 - Nuvem de pontos obtidas no treinamento do programa Agisoft. (a) Nuvem de pontos esparsa de um carrinho; (b) Nuvem de pontos completa do objeto; (c) Nuvem de pontos esparsa de uma capela e (d) Nuvem de pontos da capela com lacunas ainda significativas.



Fonte: Elaboração própria.

No entanto, no caso da Capela de São João, o grande número de fotos e a preocupação do registro com detalhes, trouxe consequências para a nuvem de pontos. Em alguns elementos, ocorreu uma duplicidade na malha de pontos (Figura 43) que não puderam ser corrigidos, por não se saber, ao certo, quais fotografias acarretaram o problema. A boa notícia está no fato de que essas duplicidades não interferiram na prática de modelagem, por serem facilmente identificáveis e ignoráveis. Sendo, aqui, apenas um erro apresentado e que poderia ser corrigido caso houvesse tempo para refazer o processo com um número menor de fotografias.

Figura 43 - Erros de duplicidade de pontos. (a) Cunhal direito; (b) Porta lateral; (c) Pilar direito do adro e (d) Piso do adro.



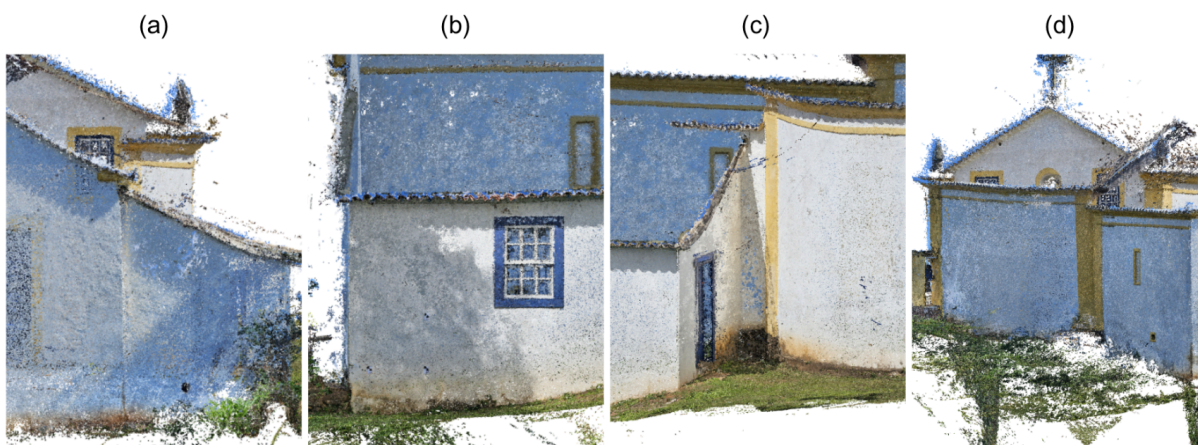
Fonte: Elaboração própria.

Nesta busca pela melhor nuvem de pontos possível, outros obstáculos foram encontrados, mas que, no entanto, por motivos de força maior, seja logístico, climático ou econômico, não puderam ser corrigidos e trouxeram uma dinâmica diferente ao processo.

Ao se tratar de um levantamento de fotografias para o processo de fotogrametria, como dito anteriormente, o ideal é a realização da prática em um dia nublado, na qual a luz do sol, inibida pelas nuvens, não cause sombras nas fachadas. Visto que, por criarem sinais escuros na mesma, podem atrapalhar a visualização de elementos, em ortofotos, por exemplo. Por residir em uma cidade distante de Ouro Preto, a tomada fotográfica teve que ser única, realizada em um dia programado, que fosse possível trabalhar com toda edificação sem interrupções ou interferências.

Após a tomada de fotos e processamento das mesmas no programa, obteve-se a nuvem de pontos utilizada no processo de modelagem no Revit, apresentado anteriormente. Devido à característica 3D da nuvem de pontos, necessária para a modelagem no BIM, pôde-se constatar que não houve limitações decorrentes da tomada de foto realizada com aparição de sombras em alguns pontos das fachadas (Figura 44).

Figura 44 - Detalhes com sombra na nuvem de pontos. (a) Fachada posterior com sombras da vegetação do local; (b) e (c) Fachada lateral esquerda com sombra de árvore e da própria edificação, respectivamente e (d) Fachada lateral direita toda sombreada.

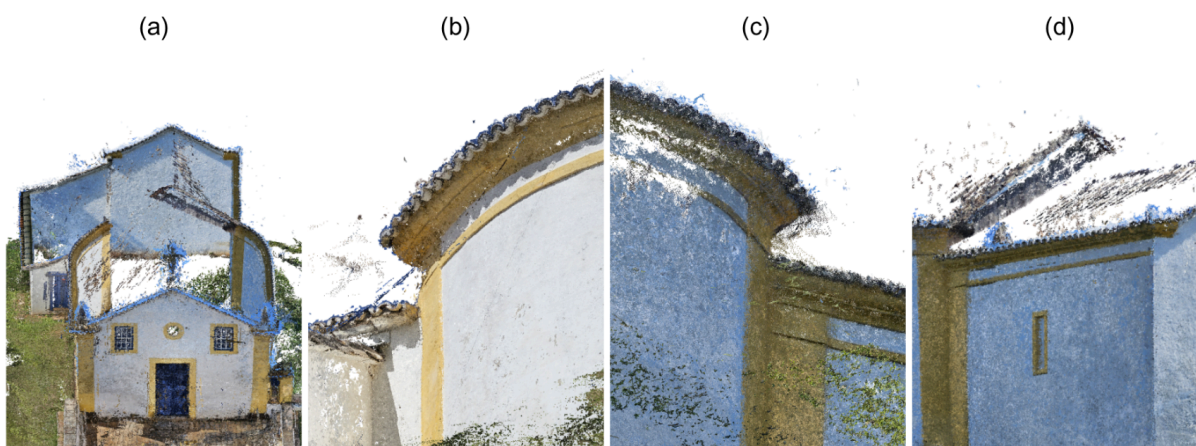


Fonte: Elaboração própria.

Uma dificuldade que não pôde ser contornada, pelo fator econômico, foi a restrição de tomadas fotográficas terrestres. Isso poderia ser corrigido com o uso de

um drone, no entanto, era inviável a compra ou aluguel do mesmo. A consequência foi a ausência de pontos para a formação de um telhado completo (Figura 45 a). A modelagem, então, deu-se por pequenas informações que puderam ser analisadas e verificadas através da nuvem de pontos obtida. Tivemos, por exemplo, os beirais nas fachadas que auxiliaram na forma adotada, além da malha de pontos da empena da nave, junto à capela-mor, que informaram sobre a inclinação e altura do término do telhado principal (Figura 45 b-c-d).

Figura 45 - Detalhes aproveitados do telhado. (a) Vista área geral mostrando a ausência dos telhados; (b) Final do beiral da fachada esquerda; (c) Final do beiral da fachada direita e (d) Nuvem de pontos do encontro da empena da nave com a capela-mor.



Fonte: Elaboração própria.

O aprendizado da fotogrametria e a prática da obtenção da nuvem de pontos foram surpresas positivas de todo o processo. Ao idealizar o tema deste trabalho, não havia experiência prévia com a fotogrametria e por isso, o resultado da nuvem de pontos excedeu as expectativas.

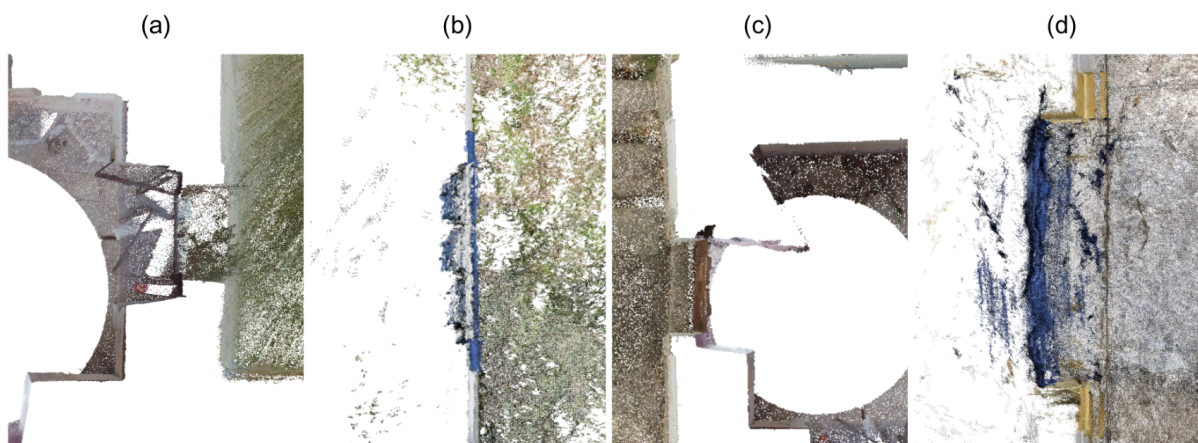
5.2. APLICAÇÃO DO BIM: ENTRE A FOTOGRAMETRIA E O SCANNER A LASER

O aprendizado da mobilidade acadêmica foi essencial, tanto para a escolha da temática deste trabalho e monografia, quanto para sua execução. Por se tratar de uma metodologia atual e de alto custo, o escaneamento da capela, com um scanner a laser 3D, seria impossível e, portanto, foi indispensável a exploração de outros métodos.

Consequentemente, foi proposto o uso da fotogrametria para a sequência prática do processo de modelagem BIM e após a capacitação feita no programa Agisoft Metashape, obteve-se, mesmo com as limitações apresentadas anteriormente, uma nuvem de pontos satisfatória, que pôde ser aplicada na modelagem BIM. A metodologia de modelagem com aplicação do Revit, aprendida em Lisboa, com a utilização da nuvem de pontos por scanner a laser, pôde ser repetida com algumas variações na nuvem de pontos obtidas pela fotogrametria. No entanto, algumas diferenças puderam ser observadas entre as nuvens de pontos e a prática de modelagem das mesmas.

Na nuvem de pontos obtida por scanner a laser (Figura 46 a-c), um processo no qual não tive participação e apenas recebi o produto final, tem-se um maior número de detalhes no que diz respeito à profundidade de vãos como portas e janelas. Além de ser possível a verificação de larguras e espessuras das mesmas em uma planta baixa. No entanto, o mesmo não acontece com a nuvem de pontos obtida por fotogrametria neste trabalho (Figura 46 b-d). Entretanto, o processo da fotogrametria não contemplou o interior da Capela de São João e, portanto, não se pôde averiguar a aplicabilidade da mesma em obter o mesmo nível de produto do escaneamento a laser.

Figura 46 - (a) Nuvem de pontos de uma janela (scanner a laser); (b) Nuvem de pontos de uma janela (fotogrametria); (c) Nuvem de pontos de uma porta (scanner a laser) e (d) Nuvem de pontos de uma porta (fotogrametria)



Fonte: Elaboração própria.

Apesar de impactarem na profundidade de alguns elementos, que são conectados através de interior e exterior, como as janelas e portas, outros elementos

como cimalkas e socos de pedra, os quais se necessitava de um perfil para serem modelados, se mostraram satisfatórios o suficiente na nuvem de pontos por fotogrametria. Sendo possível, assim, sua modelagem através da metodologia apresentada.

5.3. BIM NA MODELAGEM DO PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO

O levantamento existente apresentado anteriormente, feito por métodos tradicionais, em meados de 2009 e 2010, deu um passo importante, na prática de restauro e conservação da capela, visto que, para angariar verba para isso, era necessário que houvesse esse registro. Ele possui importantes informações sobre a constituição da capela e é, portanto, uma importante documentação da mesma.

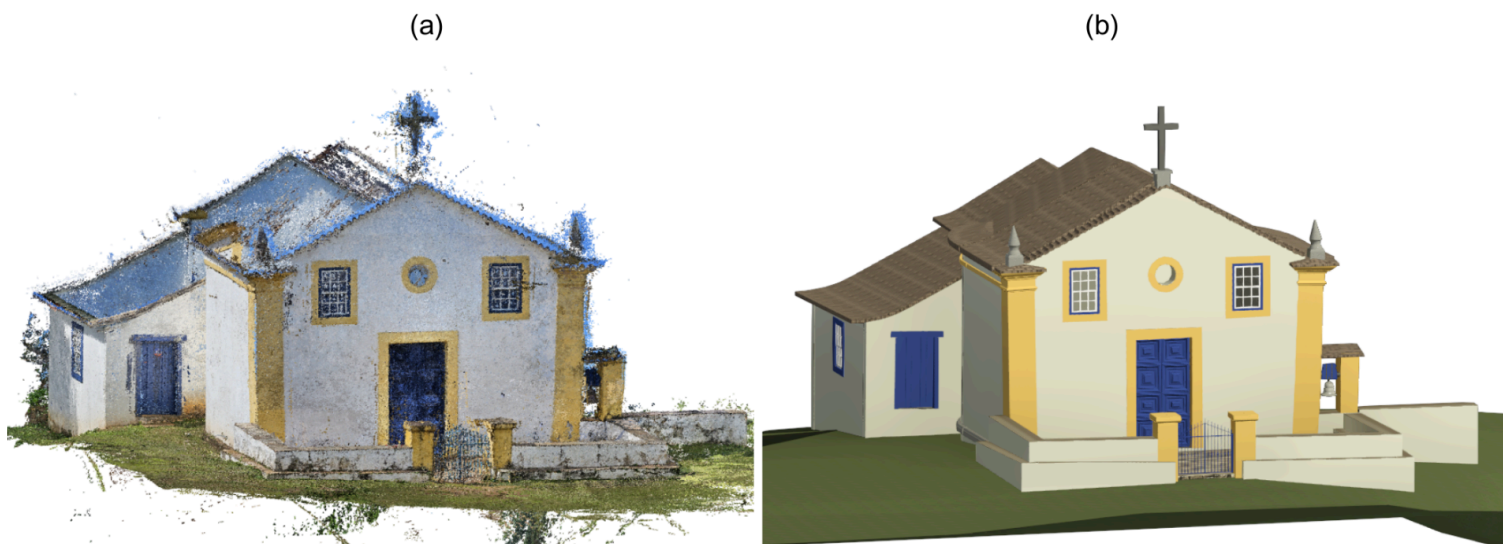
No entanto, a prática realizada pelo arquiteto Guilherme, evidenciou uma série de limitações inerentes a esse método. Segundo ele, o processo foi “bem artesanal e, conseqüentemente, muito demorado”, exigindo medições manuais extensas, triangulações contínuas e constantes e sucessivos ajustes de croqui. Ele destaca, ainda, as dificuldades diante da necessidade de registrar elementos curvos e detalhes ornamentais, cuja complexidade demandava tempo e eram mais suscetíveis a erros de precisão.

Nesse contexto, a adição de tecnologias digitais como a nuvem de pontos e a modelagem BIM apresentam-se como uma alternativa eficaz para minimizar as limitações demonstradas. A fotogrametria, permitiu registrar com precisão a geometria quase completa da edificação (Figura 47 a), incluindo os elementos curvos e ornamentais, detalhes de difícil mensuração por técnicas tradicionais. Além disso, reduziu significativamente o tempo de coleta em campo, fornecendo meios para uma maior fidedignidade e uma base para análises posteriores.

A prática de modelagem constituída nesse trabalho e o modelo BIM construído (Figura 47 b), mesmo com suas limitações, auxiliam nesse processo de documentação e registro do bem patrimonial que é a Capela de São João Batista do Ouro Fino. Em seu estado mais completo, esse modelo 3D é um arquivo vivo, podendo ser atualizado de acordo com novas inspeções ou modificações. Com uma nova e mais completa nuvem de pontos, é possível continuar a modelagem dos elementos não inclusos por esse estudo e assim deixar o modelo cada vez mais completo. As informações nele contidas, podem ser usadas por pesquisadores,

estudantes e profissionais para o estudo de técnicas construtivas, estilos arquitetônicos e materiais, além de evitar manuseios diretos, respeitando a integridade física do bem.

Figura 47 - (a) Nuvem de pontos e (b) Modelo 3D.



Fonte: Elaboração própria.

Aliado a isso, em casos de compatibilização, esses modelos podem auxiliar na verificação de novas instalações, seja elétrica, hidráulica ou estrutural e garantir que essas intervenções respeitem as normativas de preservação. Nessa mesma linha, o modelo pode servir de teste para acessibilidade, podendo simular soluções de otimização na adaptação de usos contemporâneos. Em alguns casos, eles podem ainda ser usados em visitas virtuais. Visto que, algumas edificações possuem barreiras arquitetônicas, como escadas, que são inacessíveis a idosos ou pessoas com deficiências que limitam movimentos. Os modelos virtuais, então, podem incluir e abranger essas situações.

Ao lidar com a ferramenta BIM na área de novas construções, é reconhecida sua capacidade de criação e possibilidade de, a partir dela, ser possível criar um modelo digital, unindo planejamento, operação, manutenção e registro. No entanto, no âmbito da preservação, apesar de todas as potencialidades destacadas anteriormente, têm-se limitações que ainda são difíceis de se transpor.

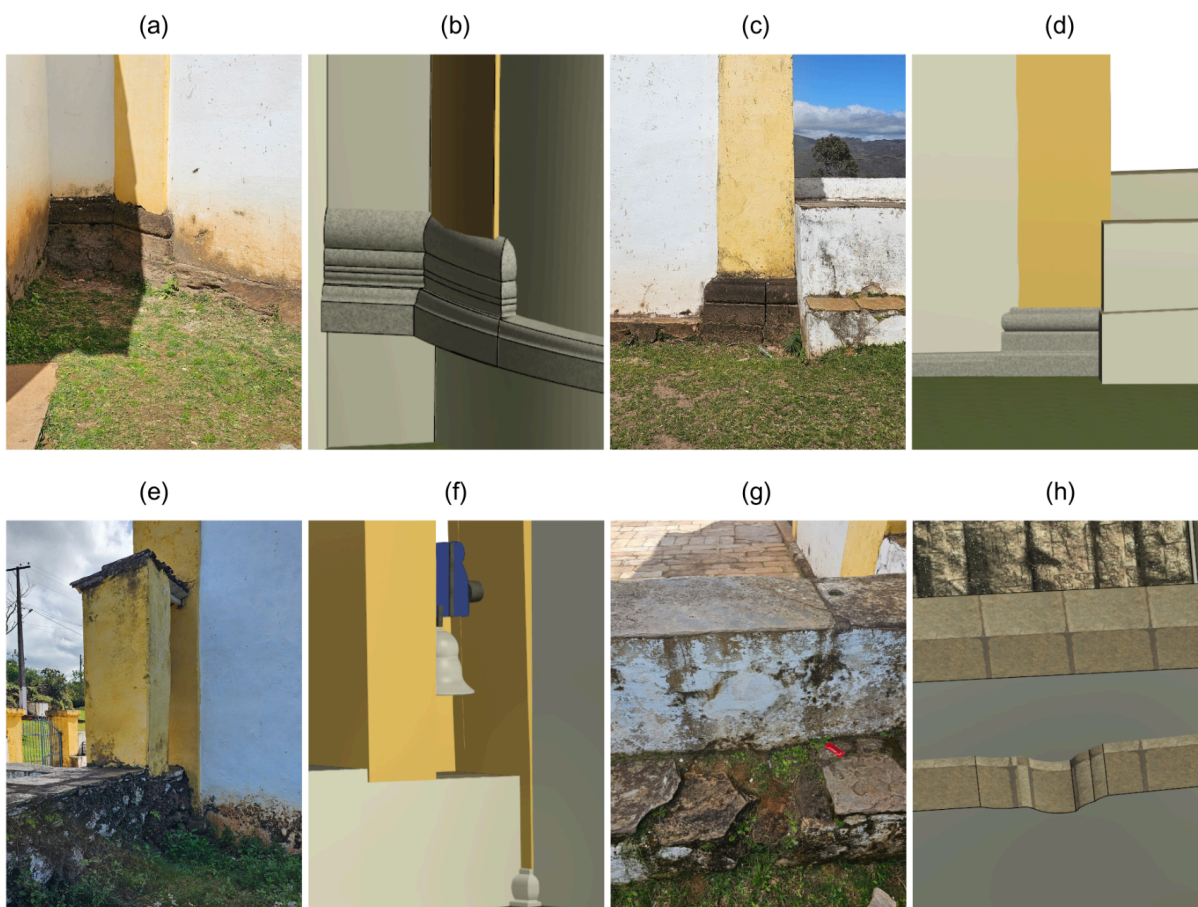
Durante a prática de modelagem realizada, tanto nesse trabalho quanto no intercâmbio, pode-se notar a dificuldade da ferramenta BIM em representar fielmente as peculiaridades presentes em edificações do patrimônio cultural, visto a natureza

genérica de seus componentes em desconformidade com a irregularidade apresentada em elementos em processo de degradação (Figura 48 a-c-e).

A capela possui detalhes que apesar de terem sido gerados em sua forma perfeita no modelo 3D (Figura 48 b-d-f), contrariam as anomalias apresentadas na edificação, por meio de desgastes em sua temporalidade. Ainda assim, é possível, em alguns casos, a modelagem de elementos deteriorados, no entanto, com certas limitações de geometria presentes no programa adotado (Figura 48 g-h).

Por outro lado, a nuvem de pontos pode ser trabalhada com texturas que facilitam, em desenhos técnicos executados por meio de ortofotos, o mapeamento de danos para diagnóstico.

Figura 48 - Comparação entre os elementos reais e a modelagem 3D. (a) Foto do soco de pedra da fachada lateral esquerda; (b) Modelo 3D; (c) Foto do soco de pedra da fachada esquerda; (d) Modelo 3D; (e) Foto da parte posterior do campanário; (f) Modelo 3D; (g) Foto da calçada exterior do adro e (h) Modelo 3D



Fonte: Elaboração própria.

Assim como na modelagem realizada anteriormente, o foco aqui fixou-se em uma geometria verificável e seus acabamentos visíveis, deixando em aberto detalhes que não eram precisos, como telhados e aqueles que não puderam ser obtidos, como a parte interna. Apesar das variáveis que a modelagem trouxe para os elementos com suas singularidades, e das dificuldades de se superar os obstáculos causados pela natureza da ferramenta BIM, o modelo 3D gerado é um importante registro do bem, sendo uma fonte de documentação digital, que pode ser complementada com o tempo e com as novas tecnologias que vão surgindo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a preservação de um bem do patrimônio cultural edificado são utilizados diversos instrumentos como documentação, inventário, tombamento, entre outros. No entanto, essa documentação existente, nem sempre consegue trazer, na sua totalidade, as informações precisas do bem. São diversas as camadas e teorias de restauração que permeiam a discussão da preservação do patrimônio. O surgimento de novas vertentes e o amadurecimento do campo trazem novos caminhos para demandas contemporâneas mais plurais e inclusivas, além de contribuir com o dinamismo do patrimônio.

Os diversos métodos de cadastramento já estabelecidos, auxiliam na demanda por um levantamento minucioso e preciso. Com a ajuda do levantamento tradicional, fotogrametria, scanner a laser, entre outros, essa documentação cadastral pode tornar-se cada vez mais completa e eficiente. Essas abordagens, apesar de apresentarem diferenças significativas, ao serem comparadas, evidenciam o avanço e o ganho na documentação arquitetônica com a utilização do método digital, especialmente pela precisão e rapidez na coleta de dados. Mas também comprovam, a importância das técnicas tradicionais em contextos de limitação tecnológica e nos quais o contato direto com o objeto é necessário (Quadro 03).

Quadro 03 - Comparação das metodologias.

ASPECTOS	MÉTODO TRADICIONAL (Levantamento Manual)	MÉTODO DIGITAL (Fotogrametria e Scanner a Laser)
Metodologia	São usadas medições diretas, com ferramentas como trena e níveis. Além de precisar de técnicas de triangulação e anotações	São utilizadas fotografias, que são processadas por softwares especializados na produção da nuvem de pontos e demais produtos
Precisão	Podem apresentar pequenos erros cumulativos devido à interferência humana ou do local	Tem alta precisão milimétrica, com reduzidos erros por interferência humana

Tempo	Demorado, podendo aumentar a partir da complexidade do trabalho, como edificações com muitos detalhes ou obstáculos	Rápida coleta dos dados, mas com alto consumo de tempo no processamento digital
Custo	Inicial: baixo, devido aos equipamentos serem simples Final: alto, devido ao tempo e a mão de obra especializada	Inicial: alto investimento em equipamentos e softwares Final: baixo a longo prazo pela maior eficiência
Produto	Desenhos 2D e <i>croquis</i> , que necessitam de digitalização	Modelos tridimensionais (3D), ortofotos e representações digitais precisas
Limitações	Limitações no registro de detalhes e irregularidades geométricas	Exige infraestrutura tecnológica e gera arquivos de grande tamanho

Fonte: Elaboração própria.

Portanto, a partir dessa análise é importante reiterar que o método tradicional não deve ser abandonado, mas sim incorporado com as tecnologias, auxiliando e complementando o cadastramento. Em uma situação, na qual o emprego de técnicas de alto custo não são possíveis, adotar soluções de fácil acesso são indispensáveis, pois todos os esforços são válidos, na prática da preservação dos bens do patrimônio cultural edificado.

Apesar das limitações apresentadas ao longo deste trabalho, com a nuvem de pontos obtida, o resultado alcançado com a fotogrametria foi uma surpresa positiva de todo o processo. A possibilidade de reproduzir, em sua maioria, a metodologia de modelagem, de uma nuvem de pontos feita por scanner a laser 3D, demonstra um resultado promissor. O processo de levantamento estabelecido e as técnicas aplicadas, consolidaram uma dinâmica prática para a construção de modelos 3Ds, comprovando não somente a eficácia de um método já existente, como apresentando uma abordagem mais acessível e eficiente, que complementa, sem substituir, os métodos tradicionais.

O HBIM cresce cada vez mais como uma ferramenta potente no campo da preservação, embora enfrente barreiras, como a falta de tutoriais eficazes e a dificuldade de integração com as peculiaridades do patrimônio cultural. A metodologia apresentada neste trabalho, busca evidenciar os desafios enfrentados pelos profissionais da área e soluções adotadas para resolvê-los. Além disso, demonstra como o campo ainda é repleto de desafios metodológicos a serem

resolvidos, como integração de dados, a padronização dos processos e a capacitação técnica necessária. Apesar disso, verificou-se que o emprego do HBIM, apesar de suas limitações, é uma ferramenta favorável à prática da preservação dos bens do patrimônio cultural edificado e deve crescer paralelamente ao desenvolvimento das plataformas BIM.

REFERÊNCIAS

BAETA, Rodrigo Espinha. *O Barroco, a Arquitetura e a Cidade nos séculos XVII e XVIII*. Salvador: EDUFBA, 2010.

BRASIL. [Constituição (1988)]. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidente da República, [2016]. Disponível em: <https://www.stf.jus.br/arquivo/cms/legislacaoConstituicao/anexo/CF.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2024.

_____. *Decreto-Lei n.º 25, de 30 de novembro de 1937*. Brasília: Presidência da República dos Estados Unidos do Brasil, [1937]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0025.htm. Acesso em: 24 ago. 2024.

CARVALHO, Taisa Soares de; AMARAL, Luís Cesar Peruci do. *Os inventários como instrumentos de preservação: da identificação ao reconhecimento*. 9º Seminário Docomomo Brasil. 2011.

CHOAY, Françoise. *A Alegoria do Patrimônio*. Lisboa: Edições 70, 2014.

_____. *O Patrimônio em Questão: Antologia para um Combate*. Belo Horizonte: Editora: Fino Traço, 2011.

FONSECA, Maria Cecília Londres. *O Patrimônio em processo – Trajetória da política federal de preservação no Brasil*. Rio de Janeiro: Editora UFRJ; MinC- IPHAN, 1997.

_____. *Para além da 'pedra e cal': por uma concepção ampla de patrimônio*. In.: Tempo Brasileiro: Patrimônio Imaterial, Out-Dez, n.º 147. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2003.

GROETELAARS, Nathalie Johanna. *Criação de Modelos BIM a partir de "nuvens de pontos": estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica*. 2015.

372fl. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia, PPG-AU, Salvador, 2015.

_____. *Um estudo da fotogrametria digital na documentação de formas arquitetônicas e urbanas*. 2004. 257fl. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia, PPG-AU, Salvador, 2004.

HEIDTMANN JUNIOR, Douglas Emerson Deicke; BROERING, K. ;MONKS, M. ; LINHARES, G. *ESTUDO DA FOTOGRAMETRIA DIGITAL NA DOCUMENTAÇÃO DO PATRIMÔNIO EDIFICADO DE LAGUNA*. In: ArquiMemória 5: Encontro Internacional sobre Preservação do Patrimônio Edificado, 2017, Salvador. Anais Arquimemória 5, 2017.

HENNING, P. . *A preservação do patrimônio entre a teoria e a prática: conflitos contemporâneos na sociedade da imagem*. In: SNH2015 - XXVIII Simpósio Nacional de História, 2015, Florianópolis. Anais eletrônicos - SNH2015 - XXVIII Simpósio Nacional de História ANPUH, 2015. p. 01-15.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (IPHAN). *“Memorial de Restauo”*, 2016. In: Processo número: 01514.001620/2013-61, 2013. Escritório Técnico de Ouro Preto (IPHAN-MG). Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1564>. Acesso em: 29 ago. 2024.

KÜHL, Beatriz Mugayar. *O tratamento das superfícies arquitetônicas como problema teórico da restauração*. In: Anais do Museu Paulista. São Paulo. N. Sér. V. 12. P. 309- 330. Jan/dez 2004.

_____. *Viollet-Le-Duc e o Verbete Restauração*. In: VIOLLET-LE-DUC, Eugène Emmanuel. 2000. Restauração. Artes & Ofícios. Cotia: Ateliê Editorial.

_____. *Os Restauradores e o Pensamento de Camillo Boito sobre a restauração*. In: BOITO, Camillo. 2002. *Os Restauradores*. Artes & Ofícios. Cotia: Ateliê Editorial.

KÜHL, Beatriz Mugayar et al. *Seminário de estudos sobre restauração arquitetônica: "Temas recentes no restauro na Itália"*, FAU - Maranhão. Pós : Revista do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, v. 17, n. p. 210-216, jun. 2010, 2010. Tradução. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v0i27p208-268>. Acesso em: 24 ago. 2024.

LE GOFF, Jacques, 1924, *História e memória* / Jacques Le Goff; tradução Bernardo Leitão ... [et al.] -- Campinas, SP Editora da UNICAMP, 1990.

LIMA JÚNIOR, Augusto de. *A capitania de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia; São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1978. 140p.

NOLLA, Iêda Maria. *O HBIM na gestão de bens culturais*, 2023, Tese (Doutorado Arquitetura - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

TOLENTINO, Mônica Martins Andrade. *A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do patrimônio arquitetônico*. 2018. 330 f., il. Tese de Doutorado (Faculdade de Arquitetura) - Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2018.

OLIVEIRA, Mário Mendonça de. *A documentação como ferramenta de preservação da memória*. Cadernos Técnicos 7. Brasília: IPHAN; Programa Monumenta, 2008. 144 p.

PEREIRA FILHO, Hilário Figueiredo. Documentação. In: REZENDE, Maria Beatriz; GRIECO, Bettina; TEIXEIRA, Luciano; THOMPSON, Analucia (Orgs.). *Dicionário IPHAN de Patrimônio Cultural*. 1. ed. Rio de Janeiro, Brasília: IPHAN/DAF/Copedoc, 2015. (verbete). ISBN 978-85-7334-279-6

PIMENTEL, Thaís Souza; BUENO, Fernanda Alves De Brito; MATTOS, Yara. ENTRE MEMÓRIAS E VIVÊNCIAS: *Um Mapeamento Afetivo das Referências Culturais do Morro São João em Ouro Preto/MG*. In: Anais do 5º Simpósio Científico ICOMOS Brasil e 2º Simpósio Científico ICOMOS/LAC. Anais. Belo Horizonte (MG) UFMG, 2022. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/>. Acesso em: 24 ago. 2024.

SANTOS, Paulo Ferreira. *Arquitetura religiosa em Ouro Preto*. Rio de Janeiro: Kosmos, 1951. 193p.

SOUZA, Nara Silva; DI FRANCESCO, Valeria; DE WANDA, Nikedila; RAFEIRO Jesse; TOMÉ, Ana. *Digital documentation and dissemination of the Via Crucis of the Convent of Nossa Senhora da Arrábida, Portugal*. Em: Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage. 2025; Vol. 37.

TINOCO, Jorge Eduardo Lucena. *Mapa de Danos – Recomendações Básicas*. Textos para Discussão – série 2: Gestão de Restauro, v. 43. Olinda: Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada (CECI), 2009.

VASCONCELOS, Diogo de. *História Antiga de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 1974, v. 2. 287p.

APÊNDICE A

ENTREVISTA COM O RESPONSÁVEL PELO LEVANTAMENTO REALIZADO EM 2009/2010 (ARQUITETO GUILHERME ATAÍDES)¹¹

Realizada em 16 de julho de 2025

SEÇÃO 1: CONTEXTO E PROJETO

1. COMO VOCÊ FOI ESCOLHIDO PARA REALIZAR O LEVANTAMENTO DA CAPELA?

Não foi nenhuma escolha. Eu era funcionário da prefeitura, em cargo efetivo e a nossa equipe é uma equipe enxuta; a prefeitura sempre foi. E lá nós estávamos dividimos entre regulação urbana, ou seja, quem analisa o próprio projeto, quem ficava na parte de fiscalização de posturas, e eu, na época que lidei com esse projeto, era do setor que não sei se ainda existe mais, que chamava Supervisão de Proteção do Patrimônio Cultural e Natural de Ouro Preto, algo assim. Essa supervisão tinha eu, mais um arquiteto e um historiador e era encarregada de trabalhar com toda a parte de proteção do patrimônio, em termos de legislação e principalmente na parte de inventário e tombamento. O transporte era inventário e tombamento, principalmente por causa do ICMS cultural. E considerando o acervo de Ouro Preto, mas o nosso foco era sobretudo o acervo dos distritos, dos 12 distritos de Ouro Preto que são pouco conhecidos, era imenso.

Relativamente aos projetos de restauro, a prefeitura historicamente e por prudência sempre contratou, ela sempre licitou e contratou, porque são projetos grandes, complexos, o sistema de documentação muito extenso, envolve muito detalhe, a prefeitura não dá conta de fazer esse tipo de projeto. E hoje, menos ainda, não só pelo número de profissionais, mas pelas tecnologias. E nem sempre os arquitetos que entram na prefeitura têm intimidade com a parte de patrimônio histórico. Eu sempre tive contato e intimidade com esse assunto, sempre gostei, sempre me interessei por autodidatismo, sempre pesquisei e fui atrás de informação. E, na época, a assessora de patrimônio da Secretaria, que era a Cristina Cairo, era especialista em patrimônio. Então, ela dava toda a supervisão e suporte técnico para a gente fazer esse tipo de trabalho. E no próprio inventário e tombamento também.

2. QUAL FOI O OBJETIVO PRINCIPAL DO LEVANTAMENTO?

O projeto da capela em si, foi uma demanda particular do prefeito na época, que tinha interesse em buscar recursos para restaurar. Obviamente, para buscar recursos tem que ter o projeto. E não tinha, na época, pelo menos, condições ainda de contratar esse projeto, de licitar a contratação dele, tinha outras prioridades. Então, meio que em paralelo, o meu setor assumiu esse projeto e foi fazendo na

¹¹ Para apoio na organização do material da entrevista, foi utilizada a plataforma Evernote, que serviu como ferramenta para a transcrição. Considerando que a entrevista foi extensa, a utilização do recurso contribuiu de maneira significativa para a economia de tempo, além de possibilitar maior clareza e sistematização das informações coletadas.

medida do possível, tanto que ele não terminou, a gente chegou nele, pelo menos no nível de diagnóstico. A gente fez o levantamento cadastral e fez o diagnóstico.

E essa capela sempre foi muito querida por ser a primeira. Segundo o ponto de formação inicial da cidade, ela tem toda uma característica específica ali dentro das capelas do muro, que ela tem aquela baía de curva. Tem toda uma questão histórica relacionada a ela, então não foi escolhida assim à toa, e ela precisa realmente de restauro. Tanto que, na época, ainda a porta principal chegou a ser trocada, porque precisava muito, com apoio financeiro de Ricardo Pereira, que é um empresário de Rio Preto, ele é dono da pousada Mondego. A porta foi trocada e a porta antiga está lá dentro, exposta.

SEÇÃO 2: PROCESSO DE LEVANTAMENTO

1. QUAL FOI A METODOLOGIA UTILIZADA PARA O LEVANTAMENTO (EX: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO, FOTOGRAMETRIA, LASER SCANNING)? E COMO VOCÊ LIDOU COM POSSÍVEIS OBSTÁCULOS OU LIMITAÇÕES TÉCNICAS? E QUAIS FORAM OS PRINCIPAIS DESAFIOS ENFRENTADOS DURANTE O LEVANTAMENTO?

Totalmente artesanal. Essa tecnologia que a gente conhece hoje, na época, não era tão difundida e menos ainda acessível. Ainda mais sendo feito pela prefeitura. Foi feito um levantamento de toda a área da capela, inclusive a casa lateral e aquele terreno ao fundo, que é dela, onde tem as ruínas também, constatado no levantamento. Todo o terreno da capela e ela, isso, sim, foi contratado, porque a topografia a gente não tinha como fazer. O levantamento arquitetônico em si foi feito pela gente.

Então, a gente pegou — eu peguei — a planta da igreja que já tinha, um croqui da planta que foi feito pelo Paulo Santos. Eu peguei esse desenho, essa planta e a fachada, imprimi em um tamanho maior e fui até lá. No primeiro momento, pegamos os croquis que a gente tinha disponíveis. Só tinha esse, a gente nunca teve conhecimento de alguém que tivesse levantado essa capela anteriormente, nem em curso, porque eventualmente acontecia do IFMG, em curso de restauro, os alunos fazerem levantamentos.

Eu fui lá no campo e fiz um amplo levantamento fotográfico sistematizado, ou seja, pegava, por exemplo... Vou pegar o frontispício, que é a fachada principal. Eu tinha uma foto da fachada toda, depois eu começava tirando fotos de detalhe a detalhe, do piso para cima. Todo o nível de detalhamento que eu ia precisar para, na hora de sentar e desenhar a planta, entender como era esse bocel aqui dessa escada. Da foto eu ia para o detalhe, para eu entender o croqui que eu tinha feito do detalhe daquele bocel. Porque o croqui que a gente faz para levantar é muito rudimentar, às vezes vem um pouco sem escala. O desenho ali não é objetivo, não é para ficar bonito. E, com base nas plantas e nos desenhos que eu tinha em mão, comecei a desenhar em confronto com a realidade. Fazia um croqui da planta, ampliava um canto da planta, fazia um croqui maior. Isso manualmente, sem escala e desenho livre. Eu fiz uma série de desenhos à mão, estando lá em campo. Depois que fiz todos esses desenhos, inclusive fachada e corte, aí é trena. Eu e mais uma pessoa, porque tem que segurar do outro lado. Ficávamos medindo, anotando, medindo, anotando, medindo, anotando. A gente faz triangulação, porque não tem esquadro, então você tem que ficar levantando os diagonais e contínuas. Por exemplo, boneca 10 até o fim da porta, 90 até a porta da outra parede. Eu vou

esticando a trena e vou anotando a medida acumulada, que é justamente para não dar erro. E, à medida que se ia fazendo esse levantamento, se precisar — ah, esse detalhe aqui não vai caber eu colocar as medidas aqui — pegava na hora, sentava, desenhava aquilo ali olhando, ampliava, fazia um detalhe grandão, fazia um círculo, colocava ali uma observação: “ver folha 2”. Aí, na folha 2, eu fazia aquele desenho ampliado, descrevia o que era e a gente colocava as medidas ali, de pedacinho por pedacinho. Onde a gente conseguia, pelo uso da escada, tinha que usar bambu, prender a trena na ponta do bambu, esticar o bambu lá em cima, deixar a trena ficar embaixo. Onde a gente não alcançava detalhes, por exemplo, que a gente não conseguia chegar em cima para desenhar e levantar, eu fazia uma foto o máximo ortogonal possível e desenhava em cima da foto no AutoCAD, e dava escala nela, porque algumas das medidas dentro daqueles pedaços eu tinha. Bom, “bateu”, quando eu falo assim, é bem próximo da realidade, porque obviamente que exato não vai bater, mas é uma diferença de meio centímetro. Dependendo da parte que você está levantando, isso não representa muita coisa. A parte curva ali, então, ela é chatíssima, porque a gente tinha que sinalizar, por exemplo, um mastro num ponto, medir a posição daquele mastro certinho, triangular a posição dele. E, a partir daquele mastro, a gente ficava treinando, ia tirando os raios que a gente tinha, de 10 em 10 centímetros, para poder fazer aquela curvatura.

E assim eram as angulações, as prumadas de parede, porque as paredes nem todas são no prumo, né? Então, a gente tinha o prumo lá para poder medir os ângulos de tombamento para frente ou para trás. Então, foi bem artesanal e, consequentemente, muito demorado. Por exemplo, a tesoura do telhado, que a gente não tem acesso. A gente pegou levantamentos similares, igrejas similares ali que já tinham sido restauradas, a técnica que já é conhecida. A gente sabe que ali foi caibro armado. Então, a gente desenhou baseado nisso, e numa medida de seção hipotética, porque se fosse o caso de restaurar o madeiramento, a indicação que se teria ali, obviamente, seria respeitar as mesmas seções das peças e trocar somente aquelas que tivessem danificadas. E respeitar o mesmo espaçamento das peças. A gente fez um estudo ali, fez uma prospecção, tinha ali um colar, vê fotos antigas onde a gente vê algum pedaço que estava sem reboco, sem um emboço. Eu tenho que ir atrás de uma extensa bibliografia, que é justamente para levantar fotos antigas, deixar eu ver se tem levantamento, quais têm, para comparar entre eles, para ver. Lá, por exemplo, em fotos antigas que eu coloquei no próprio levantamento, mostraram que o forro, por exemplo, não era de uma tábuas. Ele era um forro de taquara. Então a taquara fazia um desenho, que dava uns desenhos de losangos assim. A gente mantém o forro de madeira que está mesmo, por questões de manutenção, já está consolidado. A gente tenta recompor, reproduzir, para tentar remeter aquela imagem original com um povo taquaral, com bambu.

Mas a parte que eu consegui fazer foi realmente levantar todo o levantamento histórico arquitetônico, catalogar, registrar, descrever, porque muita coisa também a gente não consegue desenhar, vai na descrição arquitetônica, documental, que é em apoio ao projeto.

2. SE NÃO HOUVE O USO DESSA TECNOLOGIAS, A INCORPORAÇÃO DE UMA NOVA TECNOLOGIA PODERIA TER AJUDADO NESSE LEVANTAMENTO EM ALGUM MOMENTO? HÁ ALGO QUE VOCÊ FARIA DIFERENTE SE TIVESSE A OPORTUNIDADE DE REFAZER O LEVANTAMENTO?

Eu usaria drone, com certeza. Porque o drone, não só dentro como fora, ele facilita muito para inspeção. E, obviamente, para fotografia. Você chega com ele em lugares que você não consegue. Por cima de uma cornija, de uma cimalha. Às vezes, não tem uma escada para chegar ali, ou nem é seguro, já que você não tem EPI para isso, você vai com o drone, um scanner a laser.

Com um recurso infinito, eu usaria todos os recursos disponíveis para fazer o escaneamento ali, com certeza. Mas não é um recurso barato, então acho que dentro da realidade de hoje, trabalhando dentro da prefeitura com as limitações, ainda não é possível, tanto pelo custo, quanto pela capacitação dos profissionais.

3. QUAIS FORAM AS PRINCIPAIS FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS UTILIZADAS? (AUTOCAD OU SIMILAR)

A base foi os croquis e o AutoCAD. E quando eu vou usar essas fotografias, vem a habilidade do desenhista, em não só desenhar bem e direito, como fazer o tratamento estético do desenho. Eu dei profundidade no desenho, usando as espessuras de linha, as cores, para poder mostrar a profundidade, mostrar o efeito de frente e fundo — isso não é só beleza do desenho, isso também ajuda a entender a volumetria num desenho que é 2D.

4. HÁ VÁRIOS DETALHES IMPORTANTES NO LEVANTAMENTO E DESCRIÇÕES ARQUITETÔNICAS BEM FEITAS. FOI UM TRABALHO INTERDISCIPLINAR?

Sim. Foi a junção de interesse e conhecimento. Eu já sabia onde buscar informação qualificada, que tipo de informação buscar e como ela poderia me ajudar no levantamento e no desenho.

SEÇÃO 3: RESULTADOS E LIÇÕES APRENDIDAS

1. QUAIS FORAM OS PRINCIPAIS RESULTADOS DO LEVANTAMENTO?

Bom, até onde a gente conseguiu chegar com ele foi, pelo menos, já ter feito um levantamento desse bem. Então, já se torna conhecido em mais detalhes. E o que facilita agora avançar com o projeto de restauro, uma manutenção.

Para todos os efeitos, a gente tem ali uma documentação daquele patrimônio. Ele já não é mais um bem restrito a uma descrição textual. A gente consegue enxergar em desenho preciso como é aquele patrimônio, quais as características dele, como a gente pode estudá-lo, associá-lo com outros no mesmo período, fazer o recorte arquitetônico, fazer esse estudo de arquitetura e história.

2. QUAIS FORAM AS PRINCIPAIS LIÇÕES APRENDIDAS DURANTE O LEVANTAMENTO?

Primeiro, a gente ganha um refino na hora de fazer um próximo. Se eu tivesse que fazer um próximo, eu já teria ali o que eu errei e acertei na hora de fazer aquele. Onde eu poderia economizar tempo? Enfim, como eu me prepararia para fazer um novo levantamento.

Outra lição, que também acho que foi aprendida, é a necessidade de uma equipe. Isso não é trabalho de uma pessoa só e nem mesmo de duas. Para um

órgão público, ele precisa contratar um escritório com experiência e expertise, não porque a prefeitura não saiba fazer, mas ela não vai ter tempo e quantidade de pessoal para fazer isso. E o escritório, quando ele vai fazer, ele tem que demonstrar que ele tem experiência naquilo, então, ele já está todo estruturado para fazer aquele tipo de projeto. As dificuldades que a gente eventualmente passou ali por causa de tempo, ferramenta, etc., eles não teriam. Ou teriam muito menos. Então, é um tipo de obra que precisa realmente ser contratada com um escritório para ter efetividade.

3. COMO VOCÊ ACHA QUE O LEVANTAMENTO CONTRIBUIU PARA A PRESERVAÇÃO E VALORIZAÇÃO DA CAPELA?

E a parte de documentação, registro e documentação. Agora que a gente tem o levantamento dela completo, não é só mais uma planta, esboço, uma fachada. A gente tem uma planta, corte, fachadas, detalhes em escala, reais. Então isso te permite tirar conclusões precisas sobre aquela obra. Na hora de fazer um estudo, na hora de fazer um projeto, na hora de fazer algum tipo de manutenção preventiva, você já tem um elemento confiável. Eu tenho um projeto aqui, vou sentar, fazer o orçamento. Sobretudo importante agora quando a gente precisa falar de custo para poder fazer algum tipo de obra. A gente não tem mais uma igreja que é conhecida na foto ou na descrição. A gente tem uma igreja que está levantada, é um passo muito melhor do que ficar ali na inferência.

4. PARA VOCÊ QUAL É A IMPORTÂNCIA DE UM BOM LEVANTAMENTO/REGISTRO CADASTRAL E COMO ELE CONTRIBUI PARA A PRESERVAÇÃO?

Se não fosse um Paulo Santos, um Sylvio de Vasconcellos e alguns outros arquitetos pioneiros levantando e documentando esse tipo de obra, das técnicas construídas, as informações vão se perdendo. Se você não tem o estudo, não tem o levantamento, como é que você vai ensinar? Como é que você vai aprender para perpetuar isso, para continuar mantendo? É necessário preservar isso para gerações futuras. Tem situações que realmente pode ser necessário você fazer um reforço com estrutura metálica, por conta da segurança estrutural e uma série de questões ou reformar algo que infelizmente foi perdido. Por exemplo, o telhado da Notre Dame foi todo refeito com madeira de carvalho. Selecionaram as árvores, foram à floresta, selecionaram as árvores para poder ter o exato comprimento das madeiras, para não ter nenhum tipo de emenda, para fazer o recorte delas exatamente como foi feito na época em que elas foram cortadas. Ou seja, o carvalho é novo? É, mas a técnica é a mesma. Se você não tem isso documentado, tudo vai se perdendo.

5. QUAL A IMPORTÂNCIA, NA SUA OPINIÃO, DE UM LEVANTAMENTO/CADASTRAMENTO BEM FEITO PARA UM PROJETO DE RESTAURO?

Então é esse acesso, esse conhecimento em detalhes, esse acesso à informação, essa preservação da informação. Ele é útil não só para um restauro adequado a qualquer tempo, como numa situação pior como essa. Teve um incêndio, destruiu a casa, “vamos reconstruir?”, “vamos”. Está aqui, eu tenho todo o projeto, e dá para reproduzir tudo, inclusive a pintura.

Então a gente tem um ganho nessa memória, história, preservação e documentação.

6. VOCÊ JÁ TEVE ALGUMA EXPERIÊNCIA COM O BIM APLICADO AO PATRIMÔNIO, QUAL SUA OPINIÃO SOBRE ESSAS NOVAS FERRAMENTAS?

Não. Eu, profissionalmente, não. Eu vi textos, artigos e algumas coisas, mas eu não tenho experiência com isso, não. Mas vendo o que eu vejo ele fazer com as edificações novas, imagina. Sobre tudo para fazer precificação, que é a parte mais delicada e que o BIM ajuda muito. Na hora que a gente vai para um orçamento, em que a gente está envolvendo recursos públicos, você não pode tratar isso com subjetividade. Você tem o desenho para você extrair essa informação “vai ser trabalhoso? Vai”. O BIM te daria isso direto, se você tiver feito a modelagem de forma correta.

Mas agora, pelo menos, você tem ali o desenho, você consegue tirar as medidas corretas e estabelecer unidades de medida... para cada tipo de serviço que você precisa fazer não vai ficar mais naquilo, aí chegou uma verba, o fundo está disponibilizando tantos mil reais. O que dá para fazer? Você acha que dá para arrumar o telhado?

Fora que você vai agregando informações ali. Por exemplo, eu fiz uma pintura, e vou lá e agrego essa informação no modelo. Ou troquei o telhado, fiz uma instalação de ar-condicionado, você agrega essa informação no modelo. De tal forma que você consegue reduzir, inclusive, os custos de manutenção. Você consegue se antecipar a algum evento. Se você não conhece, você não se antecipa. Esse telhado aqui foi trocado, tem X anos. Estimativa de manutenção de tanto tempo. Teve chuvas, notamos lá sinais de filtração, acho que está na hora de fazer uma operação preventiva. As operações preventivas são evidentemente muito menos onerosas do que se tivesse que esperar cair e ter que restaurar.

Algo óbvio é o ganho de tempo e precisão. É você ter a oportunidade de manipular um projeto em 3D. Porque quando a gente fala da metodologia BIM, a gente não tá falando só do projeto, estamos falando do pré, do obra e do pós-obra. Você tem a oportunidade de manipular um desenho simultâneo com vários outros profissionais, sem precisar de um profissional ficar te esperando para concluir a arquitetura para ele fazer o estrutural, por exemplo. Ou, mais do que isso, aquelas incompatibilidades que a gente está acostumado a ter de um projeto com o outro, inexistem. Ou, pelo menos, não deveriam existir com as novas metodologias.

Então, a gente teria um projeto, que obviamente, é muito oneroso. Mas é um projeto mais rápido, mais preciso, mais qualificado e mais importante teríamos isso para sempre, citando um exemplo contemporâneo que eu vi e achei impressionante. A Notre Dame de Paris, jamais seria restaurada em quatro anos e pouco, se não tivesse todo o levantamento dela digitalizado, ela jamais seria recomposta do jeito como foi sem ter ela num ambiente virtual, você manipulando ela como se estivesse brincando com uma maquete. E isso eu li que, em determinados momentos, você tinha 200 profissionais de diversas áreas. Como eles conseguiram fazer? Quando que eles conseguiriam fazer aquela consolidação em madeira, para segurar a estrutura remanescente, se não tivesse um modelo? É isso que foi a sorte, eles terem um modelo digital antes da tragédia. Então, se não tivesse isso, a gente não teria aquele nível de restauro como teve, no tempo que teve. Então hoje, na

verdade, o principal ganho para o patrimônio em questão dessa nova metodologia é, sobretudo isso, você ter uma preservação digital.