



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
MINAS GERAIS – CAMPUS OURO PRETO

PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO
CULTURAL

**APLICAÇÃO DA FOTOGRAMETRIA DIGITAL E DSM NO LEVANTAMENTO DA
IGREJA NOSSA SENHORA DO ROSÁRIO DOS HOMENS PRETOS DE
DIAMANTINA**

Patrícia Carolina Guimarães dos Reis

Ouro Preto

2025

PATRÍCIA CAROLINA GUIMARÃES DOS REIS

**APLICAÇÃO DA FOTOGRAMETRIA DIGITAL E DSM NO LEVANTAMENTO DA
IGREJA NOSSA SENHORA DO ROSÁRIO DOS HOMENS PRETOS DE
DIAMANTINA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso De Pós-Graduação em Gestão e Conservação do Patrimônio Cultural do Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* Ouro Preto para obtenção do título de especialista em Gestão e Conservação do Patrimônio Cultural.

Orientadora: Prof.^a Ms. Ana Paula de Moraes.

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Mônica Martins Andrade Tolentino

Ouro Preto

2025

R375a Reis, Patrícia Carolina Guimarães dos.
Aplicação da fotogrametria digital e DSM no levantamento da Igreja
Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos de Diamantina
[manuscrito] / Patrícia Carolina Guimarães dos Reis. – 2025.
61 f. : il.

Orientadora: Ana Paula de Moraes.
Coorientadora: Mônica Martins Andrade Tolentino
Trabalho de Conclusão de Curso (especialização) – Instituto Federal
de Minas Gerais. *Campus* Ouro Preto, 2025.

1. Fotogrametria. 2. Levantamentos arquitetônicos. 3. Patrimônio
Cultural. I. Moraes, Ana Paula de. II. Tolentino, Mônica Martins Andrade.
III. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 726.54:528.7

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



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Ouro Preto
Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação
Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Gestão e Conservação do Patrimônio Cultural
Rua Pandiá Calógeras - Bairro Bauxita - CEP 35400-000 - Ouro Preto - MG
- www.ifmg.edu.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

PATRÍCIA CAROLINA GUIMARÃES DO REIS

**APLICAÇÃO DA FOTOGRAMETRIA DIGITAL E DSM NO LEVANTAMENTO DA IGREJA
NOSSA SENHORA DO ROSÁRIO DOS HOMENS PRETOS DE DIAMANTINA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de ESPECIALIZAÇÃO em Gestão e Conservação do Patrimônio Cultural, ofertado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Ouro Preto, como parte dos requisitos para a obtenção do título de ESPECIALISTA Gestão e Conservação do Patrimônio Cultural.

Aprovado(a) em 28 de março de 2025, pela Banca Examinadora:

Prof. Me(a) Ana Paula de Moraes - IFMG *Campus* Ouro Preto - Orientador(a)
Prof. Dr(a). Mônica Martins Andrade Tolentino - UFVJM - Coorientadora
Prof. Me Guilherme de Oliveira Walter - IFMG *Campus* Ouro Preto - titular
Prof. Dr Getúlio Alves de Souza Matos - UFOP - titular

Ouro Preto, 02 de abril de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Paula de Moraes, Professora**, em 02/04/2025, às 18:32, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Getúlio Alves de Souza Matos, Usuário Externo**, em 03/04/2025, às 16:12, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme de Oliveira Walter, Técnico de Laboratório**, em 03/04/2025, às 19:16, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **MÔNICA MARTINS ANDRADE TOLENTINO, Usuário Externo**, em 10/04/2025, às 12:07, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2253909** e o código CRC **C7590E6E**.

23213.000712/2025-95

2253909v1

RESUMO

A memória de um povo se conserva em seu patrimônio artístico e cultural. Aplicado às edificações históricas, as práticas a fim de garantir sua preservação demandam o devido cuidado com o registro adequado destes bens. O cadastramento das edificações históricas deve conter além de um levantamento iconográfico minucioso, a identificação visual dos danos recorrentes apontadas em um mapa de danos, que deve ser realizado periodicamente a fim de verificar a progressão das patologias. A eficácia das ferramentas de captura, processamento e análise de fotográficas vêm acompanhando o avanço científico e tecnológico contemporâneo, permitindo a melhor identificação visual do estado de conservação de uma edificação de forma a auxiliar projetos de intervenção voltados à sua preservação. Neste trabalho aplicamos a técnica *Dense Stereo Matching* (DSM) combinada à Fotogrametria Digital para a elaboração de um modelo tridimensional e um mapa de danos da fachada noroeste da Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos em Diamantina, Minas Gerais, uma das primeiras igrejas construídas na região, que conserva em si a memória do movimento artístico, cultural e social do Brasil do século XVIII. O mapa de danos gerado auxiliará na elaboração de futuros projetos de conservação e restauro da edificação, enquanto a demonstração da metodologia auxiliará no cadastramento visual de diferentes edificações históricas.

ABSTRACT

The memory of a people is preserved in its artistic and cultural heritage. When applied to historical buildings, preservation practices require proper care in the adequate documentation of these heritages. The registration of historic buildings should include, in addition to a detailed iconographic survey, the visual identification of recurring damages, indicated on a damage map, which must be periodically updated to monitor the progression of pathologies. The effectiveness of photographic capture, processing, and analysis tools has kept pace with contemporary scientific and technological advancements, enabling better visual identification of a building's state of conservation to support intervention projects aimed at its preservation. In this work, we applied the Dense Stereo Matching (DSM) technique combined with Digital Photogrammetry to create a three-dimensional model and a damage map of the northwest facade of the church Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos in Diamantina, Minas Gerais, one of the first churches built in the region, which preserves the memory of the artistic, cultural, and social movement of 18th-century Brazil. The generated damage map will assist in the development of future conservation and restoration projects for the building, while the demonstration of the methodology will aid in the visual registration of different historical buildings.

Lista de Figuras:

FIGURA 1 - Contexto geográfico da Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos.

FIGURA 2 - Planta da Igreja do Rosário

FIGURA 3 - Fachada Noroeste.

FIGURA 4 - Fachada Sudoeste.

FIGURA 5 - Fachada Nordeste.

FIGURA 6 - Fachada Sudeste.

FIGURA 7 - Operação do VANT.

FIGURA 8 - Inserção das imagens

FIGURA 9 - Exemplificação do sucesso no carregamento das imagens.

FIGURA 10 - Comando *Align Photos*.

FIGURA 11 - Configurações do comando *Align Photos*.

FIGURA 12 - Resultado do alinhamento das imagens: Nuvem de pontos esparsa.

FIGURA 13 - Delimitação da área de processamento

FIGURA 14 - Comando *Buid Model*.

FIGURA 15 - Configuração do comando *Buid Model*.

FIGURA 16 - Processamento do *Depth Map*.

FIGURA 17 - Modelo com *Depth Map* completo.

FIGURA 18 - Comando *Build Texture*.

FIGURA 19 - Configurações do comando *Build texture*.

FIGURA 20 - Modelo tridimensional com textura adicionada.

FIGURA 21 - Comando *Tiled Model*.

FIGURA 22 - Configurações do comando *Tiled Model*.

FIGURA 23 - Processamento do comando *Build Tiled Model*.

FIGURA 24 - *Tiled model* concluído.

FIGURA 25 - Comando *Build Point Cloud*.

FIGURA 26 - Configuração nuvem de pontos densa.

FIGURA 27 - Nuvem de pontos densa concluída.

FIGURA 28 - Inserção de marcadores

FIGURA 29 - Marcadores Inseridos

FIGURA 30 - Inserção de escala

FIGURA 31 - Inserção de medidas tomadas *in loco*.

FIGURA 32 - Comando *Build DEM*.

FIGURA 33 - Parâmetros do comando *Build DEM*.

FIGURA 34 - Modelo de elevação.

FIGURA 35 - Comando *Build Orthomosaic*.

FIGURA 36 - Configurações do comando *Build Orthomosaic*.

FIGURA 37 - Conclusão do processamento *Build orthomosaic*.

FIGURA 38 - Exportação do ortomosaico.

FIGURA 39 - Exportação do ortomosaico.

FIGURA 40 - Edições no Photoshop: Uso da ferramenta *pen* recortar a ortofoto.

FIGURA 41 - Resultado final da ortofoto editada. Fachada Noroeste. Sem escala.

FIGURA 42 - Resultado final da ortofoto editada. Fachada Sudeste. Sem escala.

FIGURA 43 - Resultado final da ortofoto editada. Fachada Sudoeste. Sem escala.

FIGURA 44 - Resultado final da ortofoto editada. Fachada Nordeste. Sem escala.

FIGURA 45 - Resultado final da ortofoto editada. Cobertura. Sem escala.

FIGURA 46 - Alinhamento das imagens

FIGURA 47 - Nuvem de pontos esparsa. Visualização fachada frontal e Sudoeste.

FIGURA 48 - Nuvem de pontos esparsa. Visualização fachada Sudeste.

FIGURA 49 - Nuvem de pontos esparsa. Visualização fachada Sudeste e Nordeste.

FIGURA 50 - Delimitação da área de interesse.

FIGURA 51 - Parâmetros do comando Build Model

FIGURA 52 - *Depth Map*: Fachadas Noroeste e Sudeste.

FIGURA 53 - *Depth Map*: Fachadas Sudoeste e Nordeste.

FIGURA 54 - Nuvem de pontos densa. Fachadas Noroeste e Sudeste.

FIGURA 55 - Nuvem de pontos densa. Fachadas Sudoeste e Nordeste.

FIGURA 56 - Modelo tridimensional final. Fachadas Noroeste e Sudeste.

FIGURA 57 - Modelo tridimensional final. Fachadas Sudoeste e Nordeste.

FIGURA 58 - Ortofoto (esquerda) e desenho técnico (direita) da fachada noroeste.

Lista de siglas:

DEM - Digital Elevation Model.

DSM - *Dense Stereo Matching*;

IPHAN - Instituto do Patimônio Historico e Artístico Nacional;

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura;

VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado.

Sumário

Sumário

1. Introdução.....	9
2. Contexto histórico e arquitetônico de Diamantina	11
3. Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos	12
4. Tecnologia construtiva da Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos	15
5. Histórico de intervenções da Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos.....	17
6. Cadastramento de bens históricos.....	19
8. Fotogrametria Digital.....	21
9. Levantamento fotogramétrico	23
10. Geração das ortofotos	24
11. Modelo Tridimensional completo.....	49
12. Mapa de danos da fachada noroeste da Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos	56
13. Conclusão.....	59
14. Referências.....	60

1. Introdução

O cadastramento do bem cultural edificado é a principal ferramenta para a preservação de sua memória. Estes registros tratam-se de informações sobre o histórico da edificação, informações técnicas sobre sua materialidade e também levantamento de sua iconografia. Um registro do bem edificado, contém informações imprescindíveis para elaboração de projetos de Conservação e Restauro. (OLIVEIRA, 2008, p.13).

O levantamento iconográfico de uma edificação pode ser realizado através de desenhos, fotografias e vídeos. A fotografia se destaca por sua relativa facilidade e precisão de representação da realidade, e praticidade de divulgação. Dentre as formas de se representar fotograficamente um bem material, tem sido amplamente difundidas e aprimoradas as técnicas digitais, acompanhando o recente avanço tecnológico.

A fotogrametria é uma técnica amplamente utilizada que tem como referência a tomada fotográfica e tomada de algumas medidas *in loco*, a fim de se obter uma imagem corrigida geometricamente, sem distorções de perspectiva e com informações das dimensões reais do que se deseja registrar.

O avanço tecnológico tem permitido a difusão da fotogrametria, no âmbito do levantamento fotográfico e posterior processamento computacional. A utilização de câmeras acopladas a Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) permite a tomada de fotografias de alta resolução em locais de difícil acesso, com maior viabilidade e praticidade. A qualidade das imagens é importante para o registro do patrimônio cultural por representar detalhadamente seu estado de conservação. Dentre as formas de processamento do levantamento fotogramétrico se destaca a técnica DSM (*Dense Stereo Matching*), uma automatização computacional que propicia alta performance à técnica fotogramétrica, possibilitando maior eficácia para a obtenção do levantamento iconográfico e auxílio no mapeamento de danos.

Deve compor o cadastramento do patrimônio histórico, o mapa de danos, que consiste em um registro gráfico que documenta suas patologias e estado de conservação do bem edificado. Um mapa de danos é representado tradicionalmente em plantas de elevação com informação sobre as patologias identificadas e é acrescido de fotografias representativas destes danos. A ortofoto, um dos produtos da fotogrametria, apresenta vantagens sobre o desenho técnico da elevação no mapeamento de danos, pois ao mesmo tempo em que apresenta uma imagem bidimensional sem distorções da perspectiva, contém a representação fotográfica das patologias, facilitando a compreensão da proporção dos danos existentes.

Este trabalho trata da apresentação da experimentação do uso de novas tecnologias para a preservação do patrimônio cultural. Com esta finalidade, foi tomado como estudo de caso a Igreja do Rosário dos Homens Pretos, localizada na cidade de Diamantina em Minas Gerais. O objetivo deste trabalho é utilizar ortofoto obtidas através de levantamento fotogramétrico e processamento DSM como base para a representação do mapa de danos da fachada noroeste.

A Igreja do Rosário dos Homens Pretos é uma das primeiras igrejas da cidade de Diamantina e já passou por algumas intervenções de conservação e restauro. Atualmente demanda novas intervenções e as informações presentes nos arquivos dos órgãos de patrimônio são insuficientes. Pretende-se, portanto, contribuir com o cadastramento adequado do bem. Sobre o método a ser utilizado para a obtenção do mapeamento de danos, pretende-se contribuir academicamente com a demonstração da técnica.

2. Contexto histórico e arquitetônico de Diamantina

Durante o período colonial, a corrida do ouro no território brasileiro proporcionou a fundação de diversas vilas e povoados que eventualmente se tornaram municípios espalhados por todo o estado de Minas Gerais. Os metais e pedras preciosas atraíram exploradores, garimpeiros e comerciantes em direção à Serra do Espinhaço, devido à sua geografia acidentada propícia à abundância de recursos minerais.

No Vale do Jequitinhonha, seio da Serra do Espinhaço foi formado o antigo Arraial do Tijuco em 1713 em torno desta exploração aurífera. Sua forma urbana foi consolidada a partir da descoberta dos diamantes no início do século XVIII. Diante à relevância econômica em virtude da mineração dos diamantes, o Arraial do Tijuco tornou-se sede paroquial em 1819 pela coroa portuguesa, emancipado em 1831, e em 1838 elevado à condição de Cidade passando a se chamar Diamantina (FONSECA,2011, p117).

Acompanhando o crescimento populacional, durante os séculos XVIII e XIX a cidade de Diamantina foi edificada com diversos edifícios, casas, casarões e igrejas no estilo barroco acompanhando o estilo artístico predominante no Brasil colonial da época. A cidade conserva ainda, em seu centro histórico, a malha urbana da época de sua fundação, com poucas alterações, com características arquitetônicas únicas, adaptadas ao relevo e disponibilidade de materiais da região. Seu conjunto urbano foi tombado pelo IPHAN em 1938 e listado como patrimônio junto à UNESCO em 1999. Dentre as diversas edificações de valor histórico e cultural, está a Igreja Nossa Senhora do Rosário.

Na Figura 1, pode-se observar uma contextualização geográfica da edificação. A figura marcada pela letra A corresponde ao perímetro municipal da cidade Diamantina no Estado de Minas Gerais. A figura marcada pela letra B trata-se da localização do perímetro urbano da cidade de Diamantina na delimitação municipal. A Figura marcada pela letra C é o Mapa da Lei de uso e Ocupação do Solo do município em que o centro histórico é marcado pela cor cinza. A figura marcada pela letra D corresponde ao Largo do Rosário, onde se localiza a Igreja do Rosário dos Homens Pretos, no centro histórico da cidade de Diamantina.

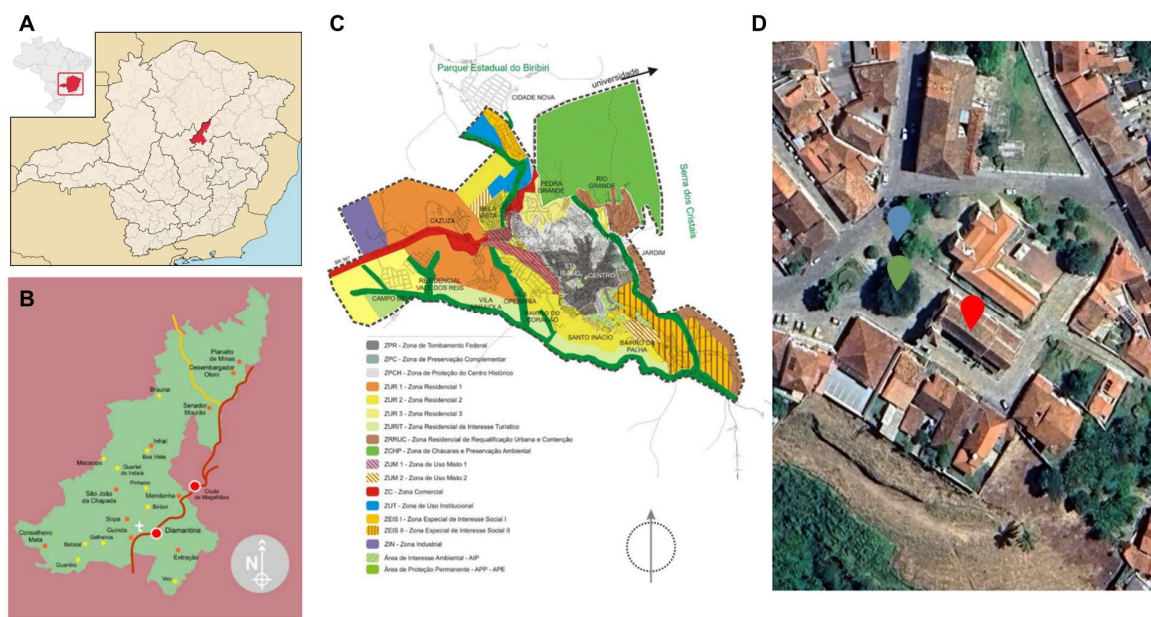


FIGURA 1 – Contexto geográfico da Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos. A) Localização do município de Diamantina em Minas Gerais. B) Delimitação municipal de Diamantina. C) Mapa de LUOS de Diamantina. Centro histórico na cor cinza. D) Largo do Rosário. Marcador vermelho: Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos; Marcador Azul: Chafariz; Marcador Verde: Cruzeiro-Gameleira.

3. Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos

A primitiva capela de Nossa Senhora do Rosário dos Pretos do Arraial do Tijuco é uma das igrejas mais antigas de Diamantina. Era, no tempo da escravidão, uma das igrejas dos pretos escravos. Se apresenta de forma isolada, num amplo adro aberto, ao mesmo nível da rua, o que favoreceu a utilização de seu espaço público e religioso para o desenvolvimento cultural. Um exemplo é a Festa do Rosário comemorada no mês de outubro, tradição mantida até os dias de hoje pela Irmandade do Rosário.

Segundo descrição realizada pelo IPHAN em 1998, a igreja apresenta planta arquitetônica típica luso-brasileira, com divisão tradicional em coro, nave, capela-mor e sacristias laterais, porém com a particularidade da torre lateral única, do lado da epístola. A fachada é retangular central, subdividida em corpo da igreja, área lateral da torre de um lado, e anexo de outro, solução sem precedentes em Minas Gerais, segundo o autor da análise (FIGURA 2). Seu interior apresenta a mesma solução difundida em Minas Gerais nos séculos XVIII e XIX, obedecendo ao tratamento formal do rococó, enquanto seu tratamento artístico e ornamentação enriquecem a decoração, conforme os preceitos do barroco (IPHAN, 1998).

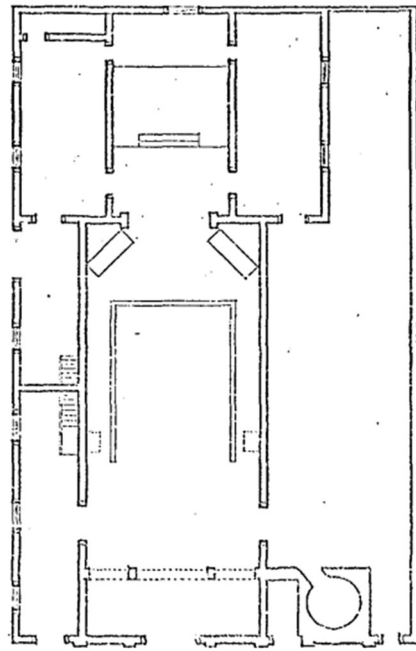


FIGURA 2 - Planta da Igreja do Rosário

Fonte: AVILLA, p.73 , 1979.

As fachadas são apresentadas nas imagens abaixo. (FIGURA 3,4,5 e 6).



FIGURA 3 – Fachada noroeste da Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos.
Fonte: Autor, 2024.



FIGURA 4 – Fachada sudoeste.
Fonte: Autor, 2024.



FIGURA 5 – Fachada nordeste.
Fonte: Autor, 2024.



FIGURA 6 – Fachada sudeste.
Fonte: Autor: 2024.

Aires da Mata Machado Filho transcreveu em seu livro “Arraial do Tijuco – Cidade Diamantina” (p. 144, 1935) o chamado “inventário de ornamentos” (1733) que estabelece as condições para construção do templo, entre as quais se recomendava a adoção como modelo construtivo a Igreja de Nossa Senhora do Carmo e São Francisco de Assis da cidade de Diamantina.

4. Tecnologia construtiva da Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos

A Igreja em estudo é localizada na Praça D. Joaquim, antigo Largo do Rosário. Integram seu conjunto o adro revestido de pedra, um chafariz, alguns casarões do século XIX e o Teatro Santa Izabel, antiga cadeia pública. O monumento é tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), conforme a inscrição nº 334. Livro de Belas Artes, fls. 70, datado de 6 de dezembro de 1949.

Foi erguida em 1731 e a princípio seria uma simples ermida e acredita-se que tenha se conservado assim até que em 1771 começaram as “obras de corpo” da Igreja, executadas pelo Mestre Manuel Gonçalves. As obras incluíam a construção do frontispício, nave, coro e acréscimo da sacristia, mas a capela mor da antiga ermida foi mantida. (AVILLA *et al.* 1979,p. 489).

Sua planta é dividida em nave, capela-mor e sacristias laterais, divisão bem definida em sua fachada noroeste (principal fachada da edificação) pelos esteios que afloram na parede, ritmando verticalmente a construção. Na fachada frontal, a torre lateral, coberta com telhado de quatro águas, está separada ao corpo central por um elemento de ligação. Do lado oposto, o bloco de dois pavimentos em anexo, dividido em quatro salas, ocupa toda a extensão da nave. A diferença de estruturação dos vãos na fachada indica que a construção tardia deste bloco. Na fachada principal pode ser observada a divisão destas três áreas. Na área principal, correspondente ao corpo da igreja, está a porta principal almofadada e duas portas-sacadas acima e coroada por um frontão curvo de madeira.

“O sistema construtivo empregado é o de alvenaria de adobes recoberto por reboco e caiação branca, que contrasta com as cores vivas recobrimo cunhais, esteios, enquadramentos dos vãos de madeira e outros elementos deste material, incluindo portas e janelas. A torre é coberta por telhadinho de quatro águas, complemento normal das construções religiosas estruturadas em madeira e barro. Na sua grampa figura uma esfera armilar encimada por água bicéfala.” (AVILLA *et al.* 1979,p. 490).

O aspecto artístico interno incorpora pinturas do guarda-mor José Soares de Araújo, nos trabalhos de douramento do retábulo e de pintura da capela-mor, realizados entre os anos de 1779 e 1782. A pintura do Forro da Sacristia foi realizada em 1801 (AVILLA *et al.* 1979).

Na área externa da igreja está o Chafariz e o Cruzeiro-Gameleira, um cruzeiro chamado de “martírios” despedaçado por uma Gameleira cuja semente foi semeada nas frestas de sua madeira. Apesar da importância artística da área externa esse trabalho contempla a edificação como objeto de estudo a fim de experimentação da técnica proposta.

5. Histórico de intervenções da Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos

De acordo com um relatório de visita pastoral à Diamantina, de dom Frei José da Santíssima Trindade, bispo de Mariana, entre os anos de 1821 e 1826, a igreja se encontrava em obras à ocasião, com objetivo de melhoria geral do templo. O documento entretanto, não especifica os trabalhos de reforma realizados (AVILLA *et al.* 1979).

A igreja passou por intervenções de restauração pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) em dois momentos principais: 1960 e 2009. Em 1960 houve intervenções de estabilização estrutural, reconstrução da cobertura da torre e reboco da parede da sacristia, reconstituição das molduras dos cunhais, reparo nos pisos e esquadrias, pintura e caiação.

Em 2009, passou por uma nova intervenção de restauração que compreendeu em sua primeira fase restauração das fachadas, piso interno, estabilização dos esteios e revisão da cobertura. Em uma segunda fase do processo de intervenção, foram restaurados os elementos artísticos e integrados (AVILLA *et al.* 1979).

Segundo fontes primárias obtidas em pesquisa no escritório técnico do IPHAN em Diamantina, no dia 23 de agosto de 2022, foram realizadas as seguintes intervenções na Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos (TABELA 1):

Intervenção	Ano
Ampliação e modificação do corpo da igreja.	1772
Execução do douramento do estábulo da capela mor.	1782
Obras na igreja visando à melhoria do templo	1821
Limpeza e conserto de assoalho, forro, escadas, altares, esteio, paredes, telhado, clara-boias, portas e janelas; oleação, embetumação, caiação, embocação e rebocamento; restauro do lavatório.	1949
Estabilização da estrutura e reconstrução da cobertura da torre; rebocamento das paredes das sacristias e reconstituição das molduras dos cunhais; reparos no piso e janelas; serviços gerais de pintura e caiação.	1960
Recuperação do assoalho e laterais da nave, capela mor e sacristia direita.	2003
Solicitação para o fechamento por grade no Adro e parte lateral esquerda do templo e recolocação do portão de acesso ao lado esquerdo do templo.	2007
Proposta de higienização do Chafariz do Rosário.	2007
Restauração das fachadas contemplando a revisão e pintura do reboco externo, substituição e restauração de parte do assoalho interno e consolidação estrutural.	2008
Proposta de recuperação do piso em campas da capela-mor e nave central, restauração completa de todos os elementos artísticos e instalação de subcoberturas em todo o telhado.	2009
Pintura corretiva do templo.	2015

TABELA 1 – Histórico de Intervenções na Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos.

Fonte: Arquivos do IPHAN

O valor histórico, artístico e afetivo da Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos justifica sua contínua conservação, tomando ciência das inéditas ou recorrentes patologias provenientes de interferências antropomórficas, intempéries ou causas intrínsecas de sua tecnologia e materiais construtivos. O zelo apropriado ao bem histórico não segue um protocolo pré-definido, pois este adequar-se-á a particularidade contextual e da própria edificação. Sem se desvencilhar ao categórico estado da arte, mas aproveitando do contínuo desenvolvimento científico-tecnológico em busca da melhor saúde do bem e preservação de suas memórias.

Uma vez reconhecida a importância histórica e artística deste bem imóvel e a necessidade de sua proteção, devem ser verificadas as suas condições de conservação a fim de que este testemunho histórico permaneça vivo para gerações futuras.

Em consulta aos dados do escritório técnico do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN, foi concluído que a documentação existente nos arquivos é insuficiente. Não há um cadastramento adequado que possa ser tomado como uma boa referência para intervenções de Conservação e Restauro. Portanto, o levantamento fotogramétrico pode auxiliar a complementar a base de dados da edificação. A partir do levantamento fotogramétrico foram geradas ortofotos que registram a imagem atual de cada fachada. Com base nas ortofoto, foram gerados os mapeamentos existentes nas fachadas da edificação de modo a registrar as suas condições atuais de conservação.

A escolha da edificação para realizar este estudo, se deu, portanto, devido à demanda de documentação que pudesse auxiliar em intervenções de conservação e restauro, bem como contribuir com a base de dados sobre a edificação nos órgãos de patrimônio.

Este trabalho tem como objetivo experimentar novas tecnologias para o cadastramento do patrimônio cultural. Para isto foi realizado um levantamento fotogramétrico para obtenção de ortofotos que foram utilizadas para a realização do mapeamento de danos da fachada noroeste da edificação.

6. Cadastramento de bens históricos

O cadastramento de um patrimônio cultural tem a função de ajudar no monitoramento de mudanças e deteriorações ao longo do tempo, fornecer referências visuais precisas para projetos de conservação e restauro e facilita a divulgação e valorização do bem.

Portanto, a representação cadastral possui valor documental, simbólico e afetivo e é ferramenta imprescindível para quaisquer intervenções de conservação e preservação da memória conforme ressalta Oliveira (2008, p. 13), no livro “A Documentação como Ferramenta de Preservação da Memória”

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).

Existem diferentes formas de se cadastrar um bem cultural. Segundo Oliveira, (2008, p. 29) uma construção pode ser representada iconograficamente de duas maneiras básicas: uma real e outra aparente. A representação real apresenta um desenho em escala com indicações de todas as cotas. Já a representação aparente, implica o emprego da perspectiva, tanto exata como de observação. Neste último grupo estão inseridas a fotografia, o cinema e o vídeo.

O registro iconográfico de um patrimônio cultural representa um dos instrumentos de maior importância para a preservação da memória. Através deste processo é possível preservar visualmente suas características, garantindo sua documentação e facilitando ações de conservação, pesquisa e divulgação.

7. Mapeamento de danos

O mapa de dano de uma edificação constitui um registro gráfico de suas patologias e alterações, incorporando seu estado de conservação, fruto de uma análise investigativa visando as melhores práticas intervencionistas à sua manutenção e recuperação (Vanini, 2023). É considerado uma etapa primordial no processo de preservação e recuperação de uma edificação e essencial para o planejamento de intervenções a fim de sua conservação e restauro (Tirello, 2012).

Não existe uma norma técnica a respeito da elaboração de um mapa de danos, mas um conjunto de boas práticas recomendadas para sua confecção. Entre estas compreendem o conhecimento rigoroso e minucioso da edificação e suas patologias, baseado em processos científicos e maneiras técnicas apropriadas de documentação e representação que deve ser continuamente atualizado (Tinoco, 2009).

A atividade de atualização do Mapa de Danos é importante na medida em que se verificar um lapso de tempo razoável entre sua elaboração e a realização dos serviços de intervenção. Como o mapa faz parte dos primeiros documentos técnicos do projeto de intervenção de restauro de uma edificação, retratando o seu estado de conservação numa determinada data e época, é necessário que, decorrido um intervalo longo entre sua produção e uso efetivo, todos os dados sejam revisados (Tinoco, 2009, p22.)

A representação gráfica, através de um mapa de danos, é uma comunicação visual relativa à análise textual acerca do estudo das medidas intervencionistas propostas a fim da conservação e restauração do património construído (Tinoco, 2009). Sua confiabilidade está intimamente ligada à qualidade de sua confecção, dependendo de análise minuciosa e detalhada do levantamento das manifestações patológicas de uma edificação.

A qualidade de uma representação gráfica é potencializada à partir da combinação de técnicas tradicionais com ferramentas digitais à par do avanço científico-tecnológico aplicado à arquitetura. Dentre as técnicas contemporâneas de representação de edificações, que foi utilizada neste trabalho, está a fotogrametria.

8. Fotogrametria Digital

A fotogrametria é uma técnica utilizada para obter informações precisas sobre as dimensões, formas e posições de objetos ou terrenos a partir de fotografias. Ela envolve o uso de imagens fotográficas tiradas de diferentes ângulos, que quando processadas e analisadas em conjunto, permitem a reconstrução tridimensional do objeto ou área em questão.

O processo de levantamento fotográfico compreende: A obtenção das fotografias (*in loco*) do objeto em estudo; o levantamento quantitativo das dimensões do objeto (*in loco*) a fim de determinação da escala do modelo do objeto à ser criado; a orientação interna para parametrização e calibração da câmera fotográfica; a orientação externa para determinação das coordenadas tridimensionais do objeto e posterior determinação da escala real do modelo, a partir da associação com as medidas levantadas; a geração do modelo geométrico, onde detalhes são incorporados; e finalmente a exportação dos produtos, que no escopo deste trabalho são as ortofotos, mapa de dano e modelo tridimensional completo (Tolentino, 2017).

Dentre as transformações das técnicas fotogramétricas acompanhando o desenvolvimento computacional, surgiu a técnica DSM (*Dense Stereo Matching*). Em suma, a técnica DSM consiste na obtenção de duas ou mais imagens do objeto, em posições diferentes, com distância conhecida e pré-definida por calibração.

Posteriormente, estas são agrupadas e todos os pixels (*dense*) correspondentes em cada imagem são identificados (*matching*). A partir da diferença posicional dos pixels de cada imagem é calculada a disparidade de suas correspondências. A partir da disparidade obtida é possível calcular a profundidade de cada pixel a partir da geometria espacial (*stereo*), a partir da razão entre o produto da distância da câmera e o objeto pela distância entre as fotografias; e a disparidade entre os pixels (Hullo, 2009). Neste caso a otimização se refere ao processamento automático das fotografias por *softwares* específicos, com menor participação do operador, o que levou à técnica DSM ser tratada separadamente à Fotogrametria Digital (Groetelaars, 2004).

Para a obtenção de uma correlação adequada através do DSM é necessário que o objeto em estudo seja fotografado por pelo menos 3 ângulos com diferença menor que 15 graus. Além disso, cuidados especiais na obtenção das fotografias são imprescindíveis, como boa visualização e resolução das imagens (Tolentino, 2017).

Para a obtenção das imagens utilizadas para a técnica fotogramétrica podem ser usadas diversas estratégias. Dentre elas está a fotogrametria digital com veículos aéreos não tripulados (VANT), que permite um maior alcance de varredura e confere maior segurança nos levantamentos, além de possibilitar registro fotográfico de maiores alturas, em áreas de difícil acesso, dispensando, por exemplo, o uso de andaimes para acessar áreas difíceis. Este método gera fotografias em alta resolução que auxiliam tanto na representação gráfica quanto na identificação e confirmação de manifestações patológicas de uma edificação.

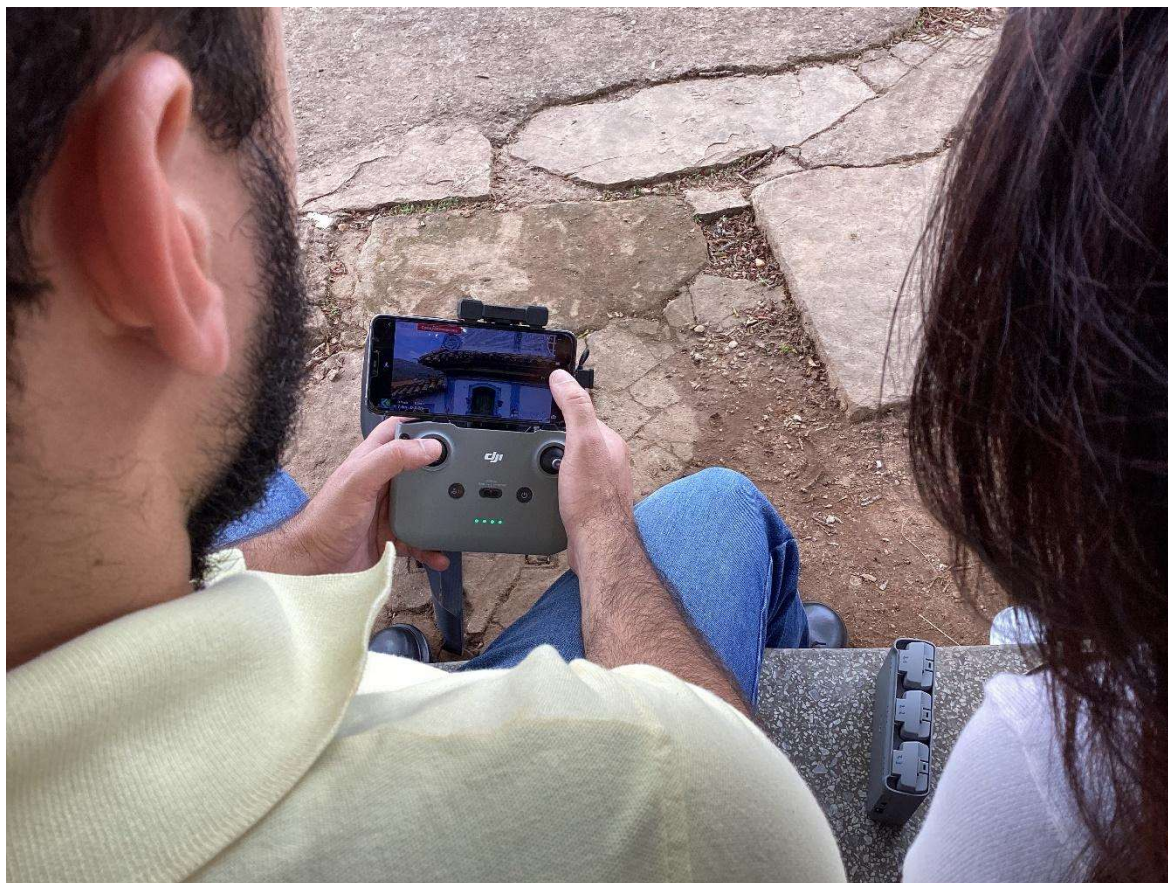


FIGURA 7 – Operação do VANT.
Fonte: Autor, 2024.

9. Levantamento fotogramétrico

Para o levantamento físico da edificação por meio de aplicação de Fotogrametria Digital com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) foram realizadas duas tomadas fotográficas em momentos distintos. O equipamento utilizado foi um drone DJI Mavic Mini 2 (SZ DJI Technology Co.) com câmera integrada, possuindo lente de 35mm, que gerou imagens em alta resolução (4000 x 2250 pixels).

Foram feitos dois levantamentos fotográficos distintos. O primeiro levantamento foi realizado no dia 08 de Outubro de 2023, dia em que é comemorado a festa de Nossa Senhora do Rosário em Diamantina em Minas Gerais. As fotos foram feitas às 12h, sol a pino, e o dia estava nublado, o que favoreceu a tomada fotográfica de modo que foram amenizadas interferências de sombras duras nas imagens. Nesta ocasião foram realizadas mais de 3.000 fotos compreendendo imagens de todas as fachadas e também da cobertura da edificação.

O segundo levantamento foi realizado no dia 14 de Outubro de 2024 utilizando o mesmo equipamento da tomada fotográfica inicial. As imagens foram realizadas às 13h. O dia estava nublado, porém a incidência solar gerava algumas sombras que poderiam interferir no processamento adequado das imagens. Foram realizadas 376 fotos compreendendo imagens de todas as fachadas e cobertura da edificação. As fotografias obtidas pelos dois levantamentos foram utilizadas para a geração das ortofotos e criação do modelo tridimensional completo da Igreja Nossa Senhora do Rosário (FIGURA 7).

10. Geração das ortofotos

A partir da técnica de Fotogrametria Digital com VANT é possível a criação de ortofotos, fotografias corrigidas geometricamente para que as distorções provenientes da perspectiva, relevo e inclinação da câmera sejam removidas. O objetivo da ortofotografia é criar uma imagem com escala uniforme, ou seja, cada ponto da imagem corresponde a uma posição real no terreno, como se fosse um mapa. Esta imagem é uma representação bidimensional mais fiel à realidade, o que auxilia no nível de detalhamento do desenho técnico, permitindo uma análise de danos mais próxima da realidade da edificação, apontando manifestações patológicas de maneira precisa e bem delimitada.

O processamento das imagens dos levantamentos fotogramétricos, utilizadas para geração das ortofotos foi realizado no software Metashape (Pro Agisoft Metashape 2.1.3; *Professional Edition*), em um computador privado (ASUSTek COMPUTER INC), com sistema operacional Windows 10 (Microsoft Corporation) e processador i7-6700 HQ (Intel Corporation), com uma placa gráfica Nvidia GeForce GTX, 970M (Nvidia Corporation).

Para o processamento adequado foi realizada uma seleção das imagens correspondentes a cada fachada. A partir desta seleção foram realizados cinco processamentos distintos, um para cada fachada e mais um para a cobertura. O objetivo destes processamentos foi de gerar ortofotos de cada uma das fachadas e portanto, utilizou-se um número menor de fotos para cada processamento.

Obteve-se sucesso na geração das ortofotos da fachada Sudoeste utilizando os dados da segunda tomada fotográfica. Entretanto, o processamento das imagens das outras fachadas, obtidas no segundo levantamento, apresentou diversas distorções e concluiu-se que a quantidade de imagens utilizadas para o processamento foi insuficiente. Recorreu-se, às imagens do primeiro levantamento fotogramétrico para o processamento das fachadas Nordeste, Sudoeste, Noroeste e cobertura. Para que fosse possível realizar o processamento foi feita uma nova seleção das imagens com o objetivo de reduzir a quantidade de dados a serem processados, a fim de se maximizar o processo de geração das ortofotos.

A apresentação do processamento das imagens para a obtenção das ortofotos é exemplificada a seguir com o processamento da fachada Noroeste, de acordo com as informações declaradas no manual do *software* Metashape, o mesmo processo foi aplicado para as demais fachadas e o telhado.

Inicialmente, inserem-se as imagens, devidamente selecionadas, realizadas em levantamento fotogramétrico no *software*. Para isto, utiliza-se o comando *Add Folders* através do comando *Workflow* na barra de Ferramentas, para o carregamento da pasta contendo as imagens (FIGURA – 8). Para geração das ortofotos da fachada noroeste foram inseridas 175 imagens.

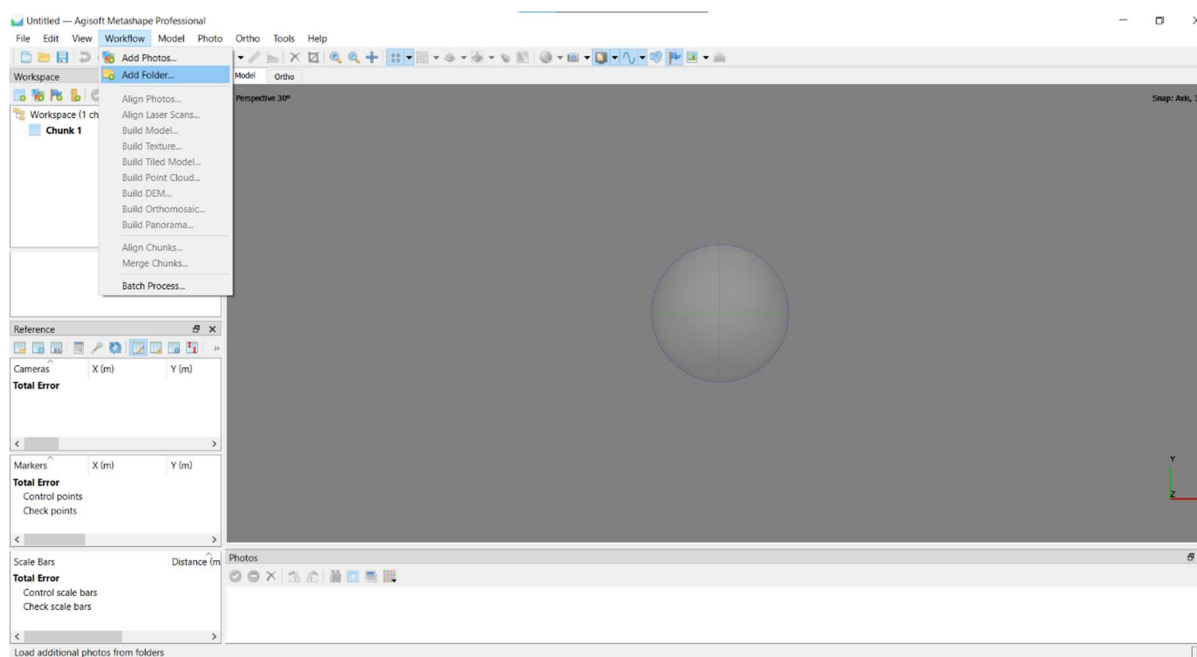


FIGURA 8 – Inserção das imagens.

Fonte: Autor, 2024.

Após inserção das imagens foi conferido se a leitura correta dos dados inseridos foi realizada. Caso haja um erro na leitura dos dados, abre-se uma caixa de diálogo informando sobre o erro. Quando o *software* obteve sucesso na leitura dos dados, as imagens apresentam um símbolo de positivo na cor verde. Na imagem abaixo estão exemplificadas algumas imagens que obtiveram êxito no carregamento (FIGURA 9).

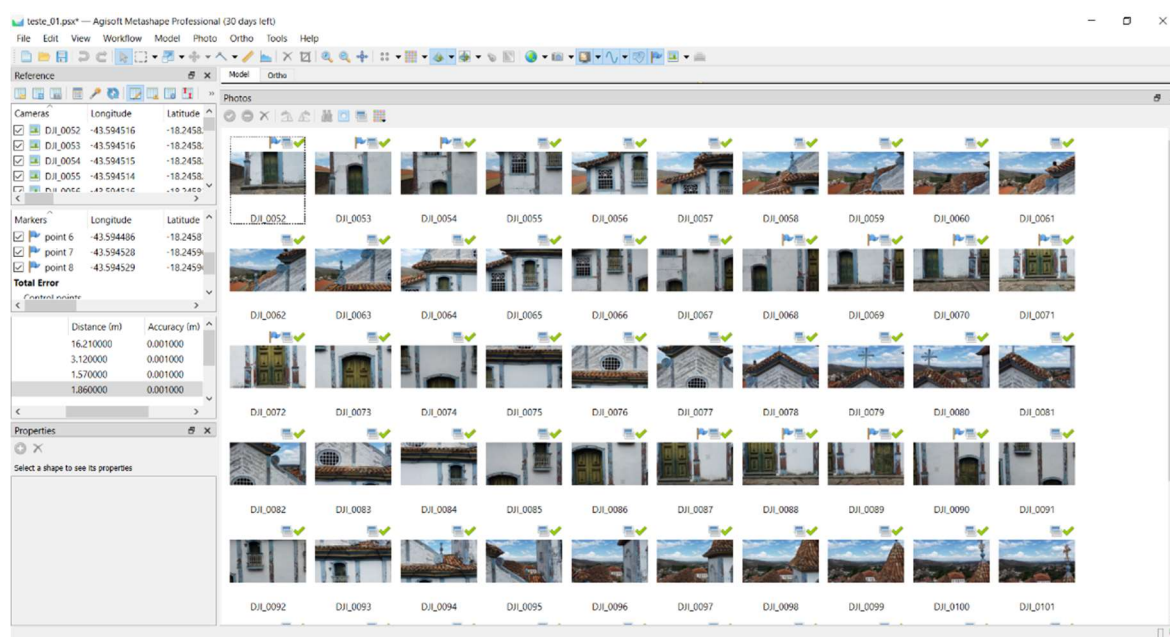


FIGURA 9 – Exemplificação do sucesso no carregamento das imagens.
Fonte: Autor, 2024.

No processamento, ativa-se o comando *Align Photos*, através do comando *Workflow* na barra de tarefas. O comando *Align Photos* gera o alinhamento das fotos carregadas a fim de se criar o modelo esparsa que representa a posição e orientação das imagens. Para isso o *software* identifica os *pixels* correspondentes das imagens carregadas, o que lhe permite calcular a posição tridimensional da câmera utilizada para obtenção da fotografia, e finalmente gerar a representação tridimensional do objeto à partir dos pontos em comum identificados, representada pela nuvem de pontos esparsa (FIGURA 10).

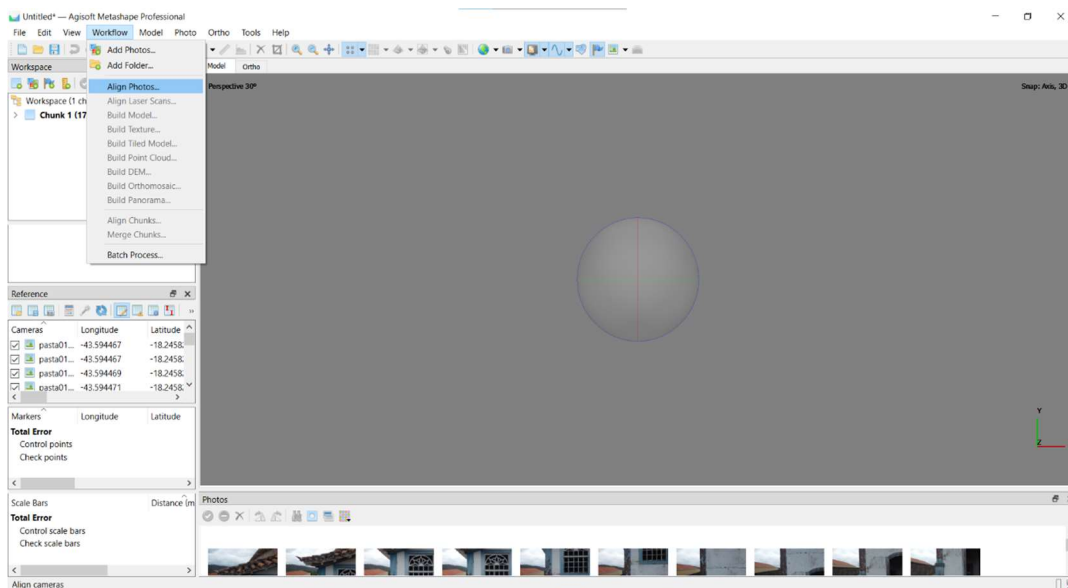


FIGURA 10 - Comando *Align Photos*.
 Fonte: Autor, 2024.

Para se obter um equilíbrio entre precisão e velocidade de processamento, foi selecionada a opção de alta (*High*) acuidade (*Accuracy*) na caixa de diálogo do comando *Align Photos*. A opção *Generic preselection* realiza um pareamento prévio de imagens semelhantes, com menor acurácia, a fim de se otimizar o processo evitando posterior despendimento de tempo pelo *software* ao tentar parear imagens defeituosas. O comando *Reference preselection* realiza o pareamento das imagens utilizando a distância da câmera de captura como referência, para isto a opção *Source* na caixa de diálogo deve ser selecionada. As duas opções foram selecionadas a fim de se obter um melhor desempenho no processamento (FIGURA 11).

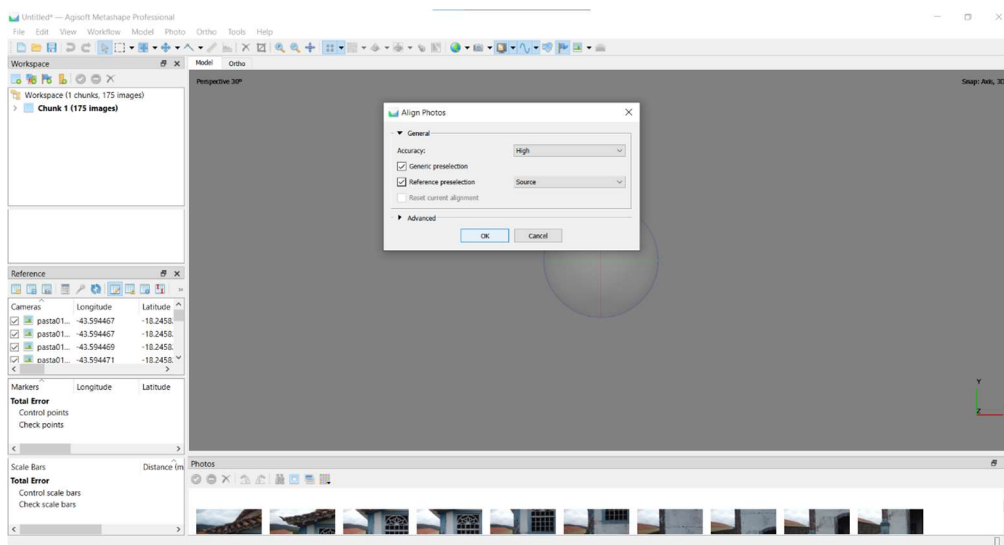


FIGURA 11 - Configurações do comando *Align Photos*.
 Fonte: Autor, 2024.

O resultado do alinhamento das imagens pela utilização do comando *Align Photos* é a nuvem de pontos esparsa, o conjunto de pontos em comum orientados num plano tridimensional, obtido pela comparação das imagens, que serve como base para as etapas subsequentes do processamento (FIGURA 12).

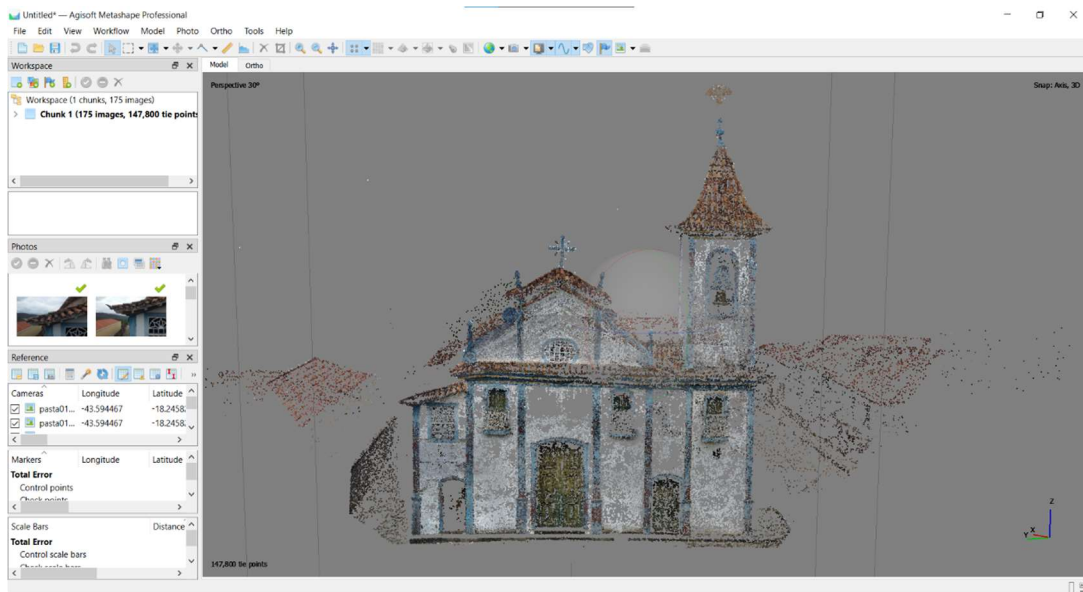


FIGURA 12 - Resultado do alinhamento das imagens: Nuvem de pontos esparsa.
Fonte: Autor, 2024.

Após criação da nuvem de pontos esparsa, foi delimitada a área de interesse para o processamento, corresponde a área da edificação da igreja, através da barra de tarefas (FIGURA 13).

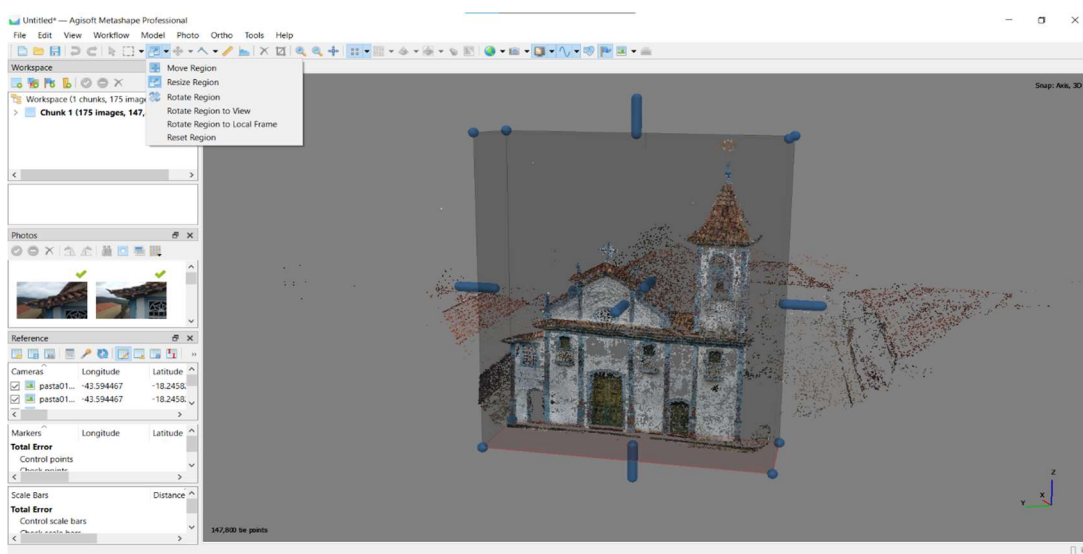


FIGURA 13 - Delimitação da área de processamento.
Fonte: Autor, 2024.

Após a delimitação da área, foi ativado o comando *Build Model*, através da opção *Workflow*, na barra de tarefas, que cria o modelo poligonal através da nuvem de pontos esparsa gerada anteriormente (FIGURA 14).

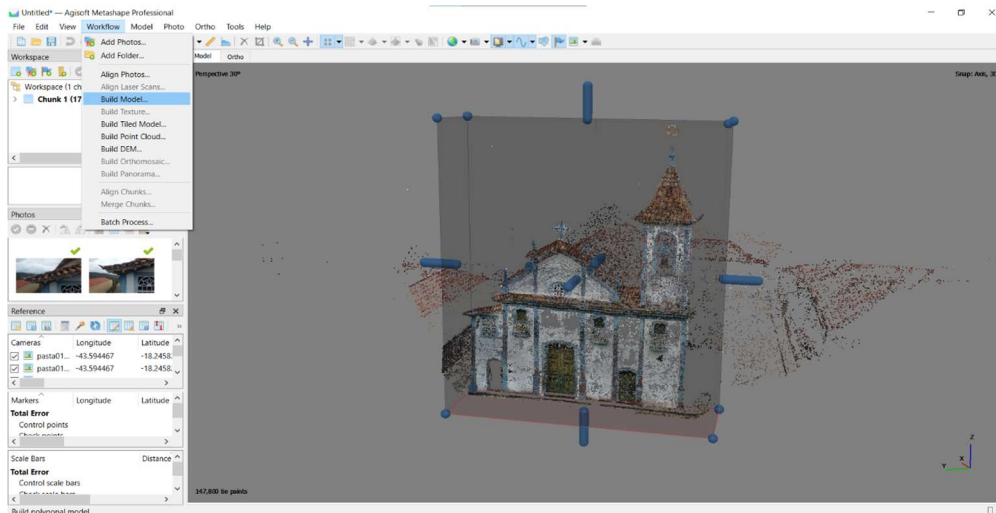


FIGURA 14 - Comando *Buid Model*.
Fonte: Autor, 2024.

Após a seleção do comando *Build Model*, uma caixa de diálogo é aberta, onde os parâmetros da reconstrução do modelo são selecionados. Na barra de seleção dos dados de origem (*Source data*) foi selecionada a opção de mapa de profundidade (*Depth maps*). Esta opção permite a utilização de todas as informações provenientes das imagens carregadas. Foi selecionada a opção de alta qualidade (*High*) e detalhamento (*Face count*) (FIGURA 15).

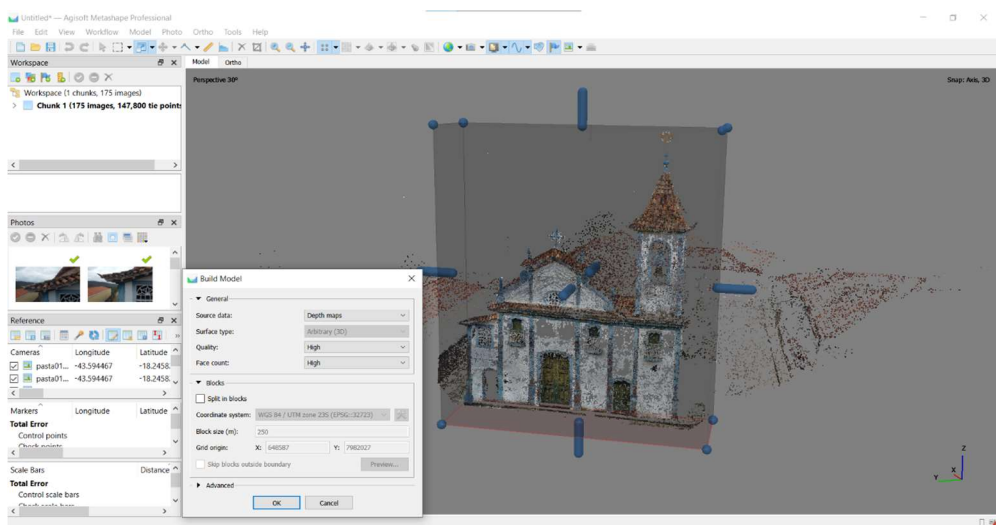


FIGURA 15 - Configuração do comando *Buid Model*.
Fonte: Autor, 2024.

A criação do mapa de profundidade (*Depth Map*) se dá através da criação de uma imagem em tons de cinza onde cada pixel representa a profundidade, distância entre a câmera e superfície objeto, onde tons mais claros apresentam maior proximidade, enquanto tons mais cinzas representam maior distância entre a câmera e o objeto (FIGURA 16).

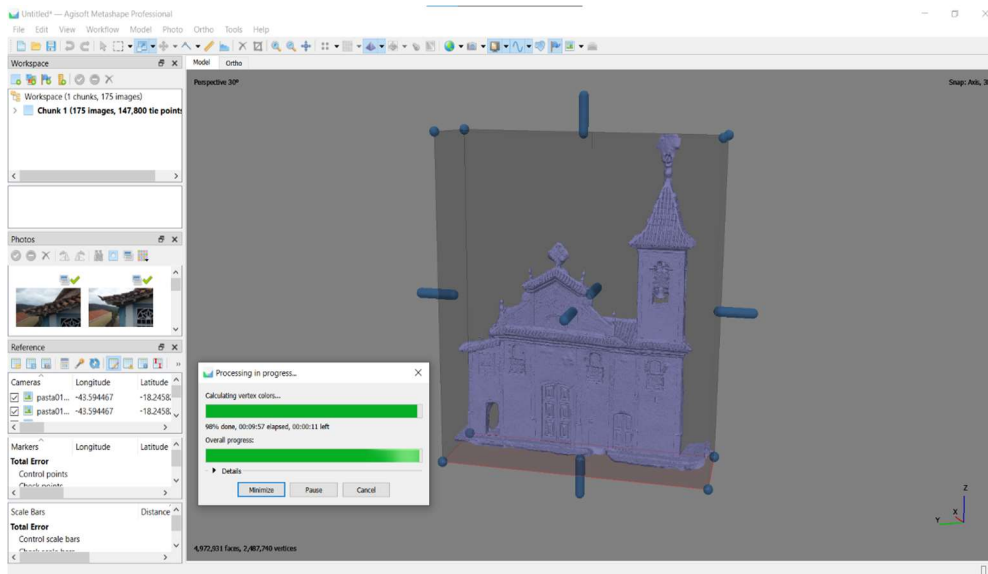


FIGURA 16 - Processamento do *Depth Map*.
Fonte: Autor, 2024.

O processamento *Depth Map* resultou em um modelo com melhor definição da profundidade (FIGURA 17).

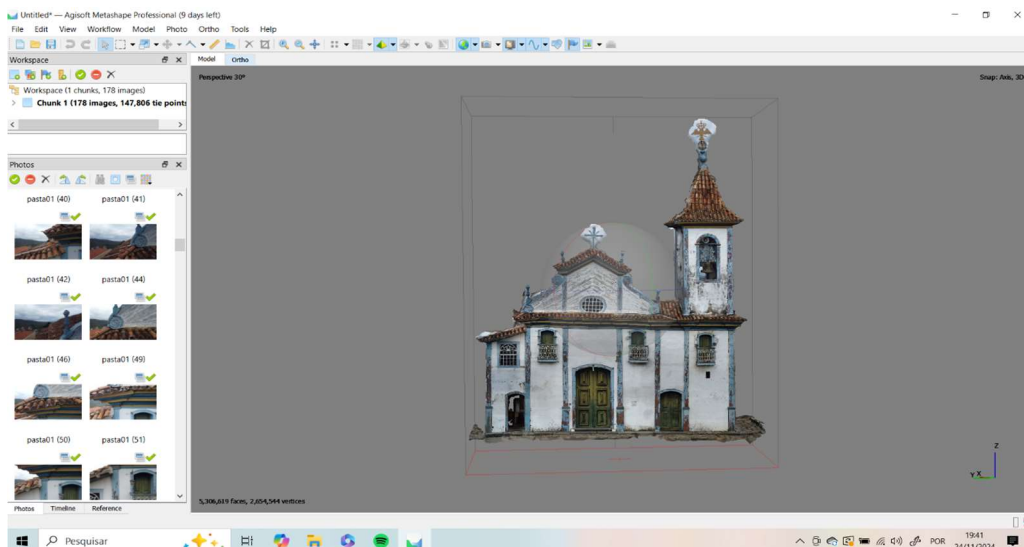


FIGURA 17 – Modelo com *Depth Map* completo.
Fonte: Autor, 2024.

Após concluído o processamento do mapa de profundidade foi adicionado ao modelo a textura da edificação, para posterior geração das Ortofotos. Para isto utiliza-se o comando *Build Texture* através da opção *Workflow* na barra de tarefas (FIGURA 18).

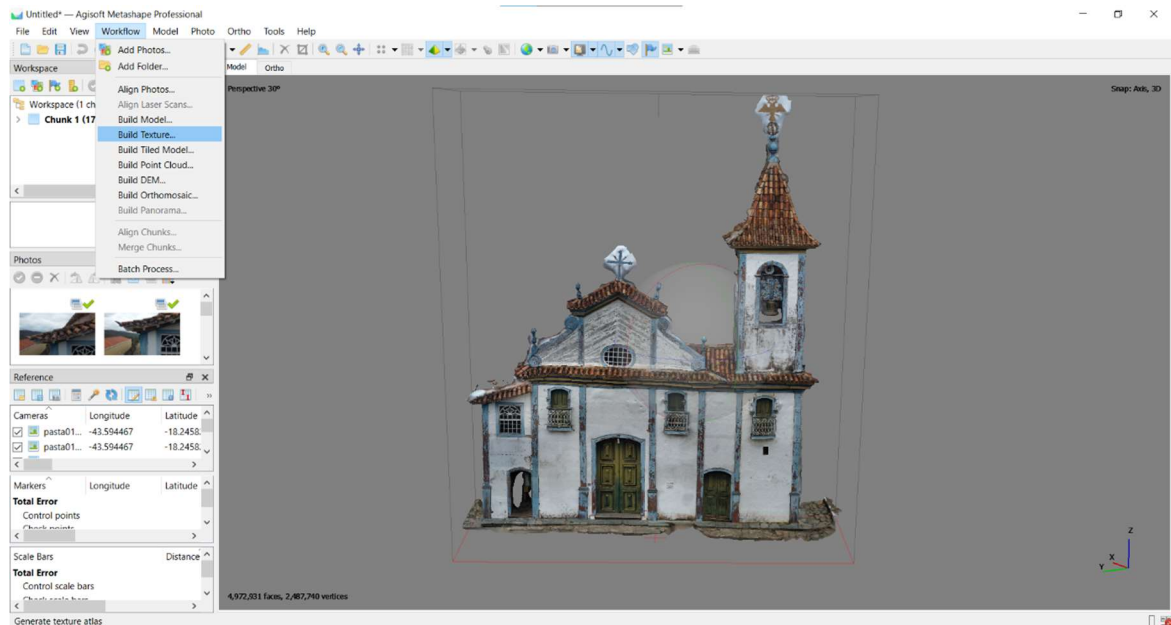


FIGURA 18 - Comando *Build Texture*.
Fonte: Autor, 2024.

O comando *Build Texture* permite a seleção de parâmetros para geração de diversos tipos diferentes de modelos. O tipo de textura (*Texture type*) selecionado foi *Diffuse map*, textura básica que reproduz a cor da superfície do modelo, sem incorporação de luminosidade ou sombreamento. A origem dos dados (*Source data*) foi a partir das imagens fotográficas (*Images*). Foi selecionada a opção genérica (*Generic*) quanto ao modo de mapeamento (*Mapping mode*), onde o programa cria uma textura uniforme. O campo de mesclagem (*Blending mode*) permite a seleção de como as cores dos *pixels* das diferentes imagens são combinados a fim de se criar a textura final. Foi selecionada a opção de mosaico (*Mosaic*) que prioriza a qualidade e nitidez das fotos individuais. O valor do tamanho da textura (*Texture size*) utilizado foi o pré-definido pelo *software*, no valor de 8192 (FIGURA 19).

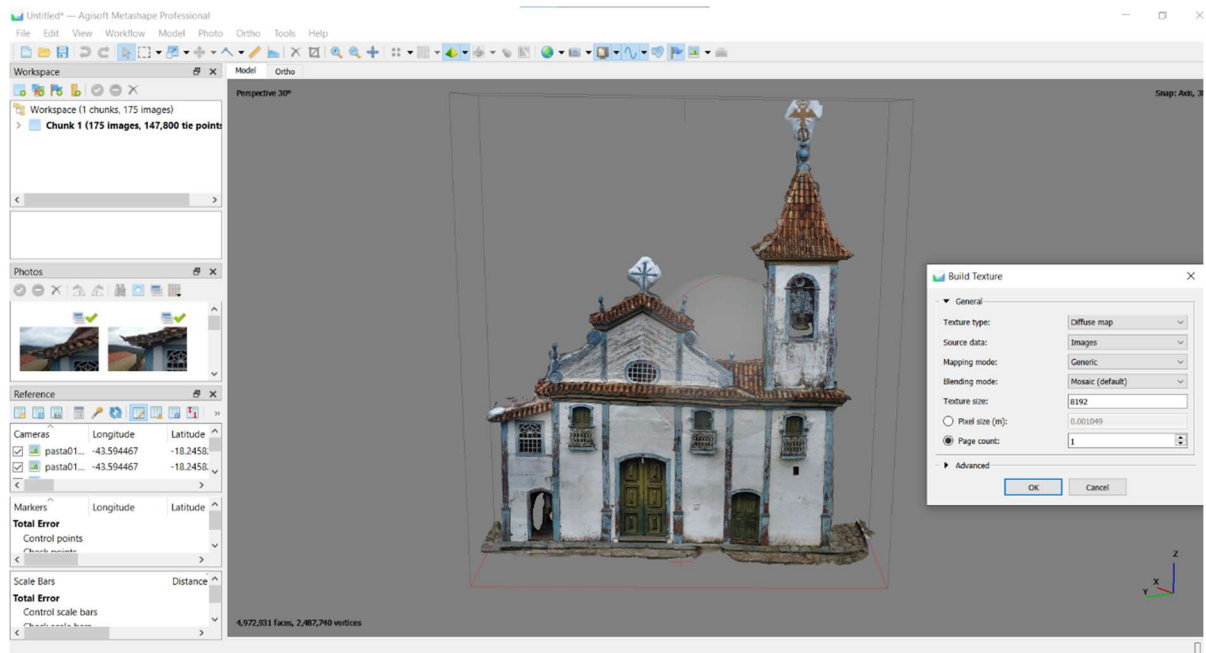


FIGURA 19 - Configurações do comando *Build texture*.
Fonte: Autor, 2024.

O resultado da utilização do comando *Build texture* gerou o modelo tridimensional da fachada com texturas reais adicionadas (FIGURA 20).

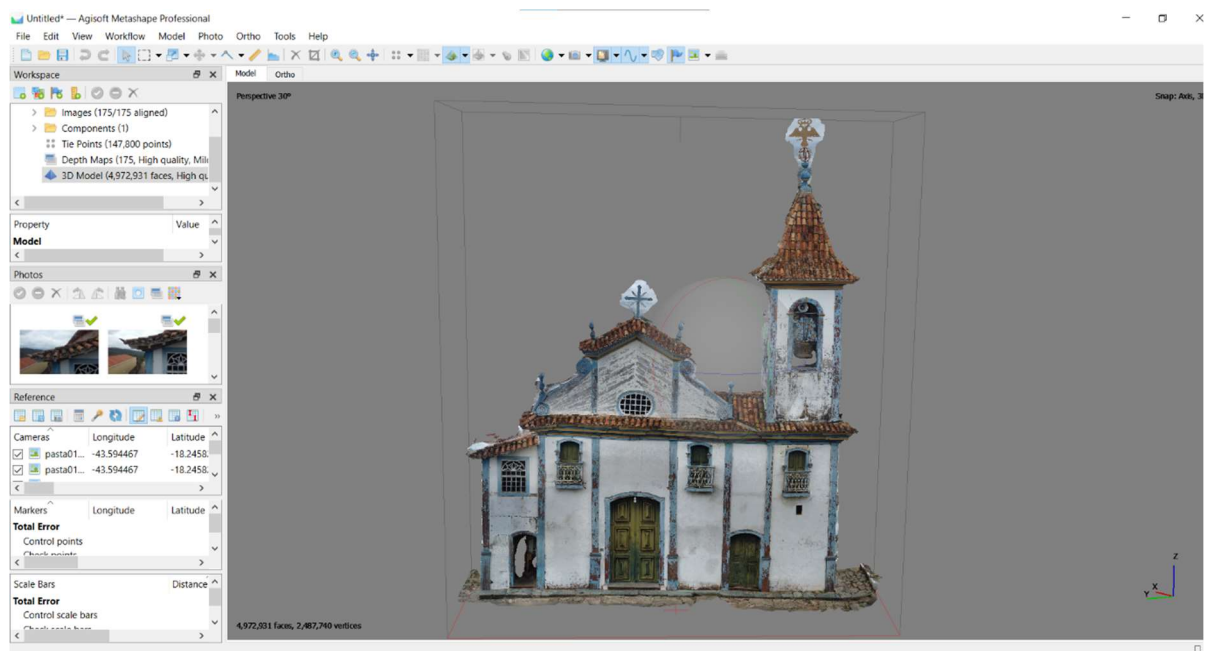


FIGURA 20 – Modelo tridimensional com textura adicionada.
Fonte: Autor, 2024.

O próximo passo foi a representação hierárquica do modelo subdividido em partes menores na forma de blocos (*tiles*). Essa abordagem é útil para o processamento de

modelos tridimensionais de grandes e complexas dimensões, preservando a resolução das imagens e textura do modelo. Para isto foi utilizado o comando *Build Tiled Model* através da opção *Workflow* na barra de ferramentas (FIGURA 21).

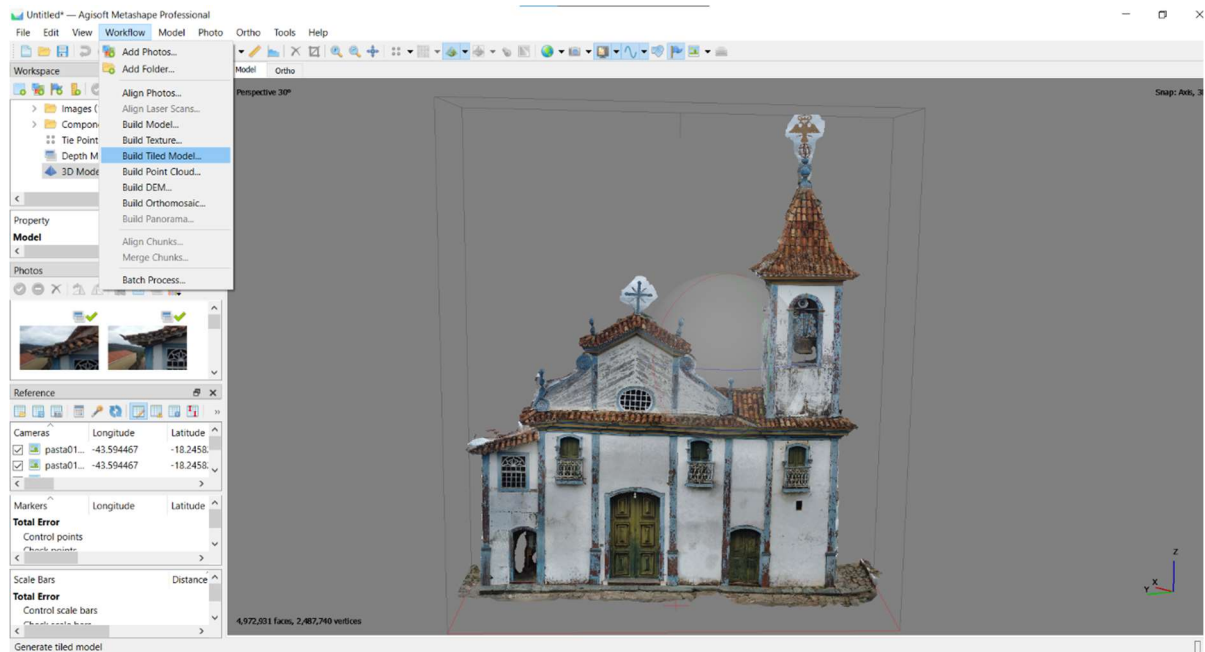


FIGURA 21 - Comando *Tiled Model*.
Fonte: Autor, 2024.

Ao selecionar o comando *Build Tiled Model*, uma caixa de diálogo é apresentada, para seleção dos parâmetros. No campo origem dos dados (*Source data*), foi selecionada a opção *Depth maps*, recomendada para grandes projetos. Foi selecionada a qualidade alta (*High*). O tamanho do pixel (*Pixel size*) foi sugerido automaticamente pelo *software*, estimado pela resolução das imagens utilizadas, no valor de 0,001049 m. O valor do tamanho do bloco (*Tile size*) utilizado foi de 256 *pixels*. Foi selecionada a opção de alta (*high*) contagem de polígonos por *Megapixel* (*Face count per Mpx*) a fim de manter o maior nível de detalhamento (FIGURAS 22 e 23).

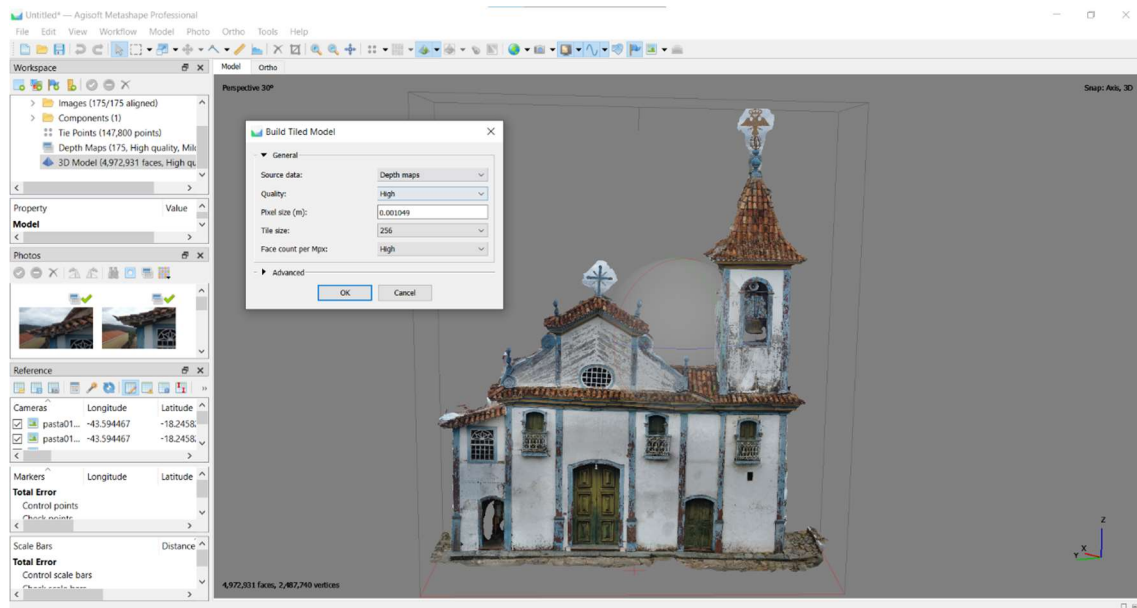


FIGURA 22 - Configurações do comando *Tiled Model*.
Fonte: Autor, 2024.

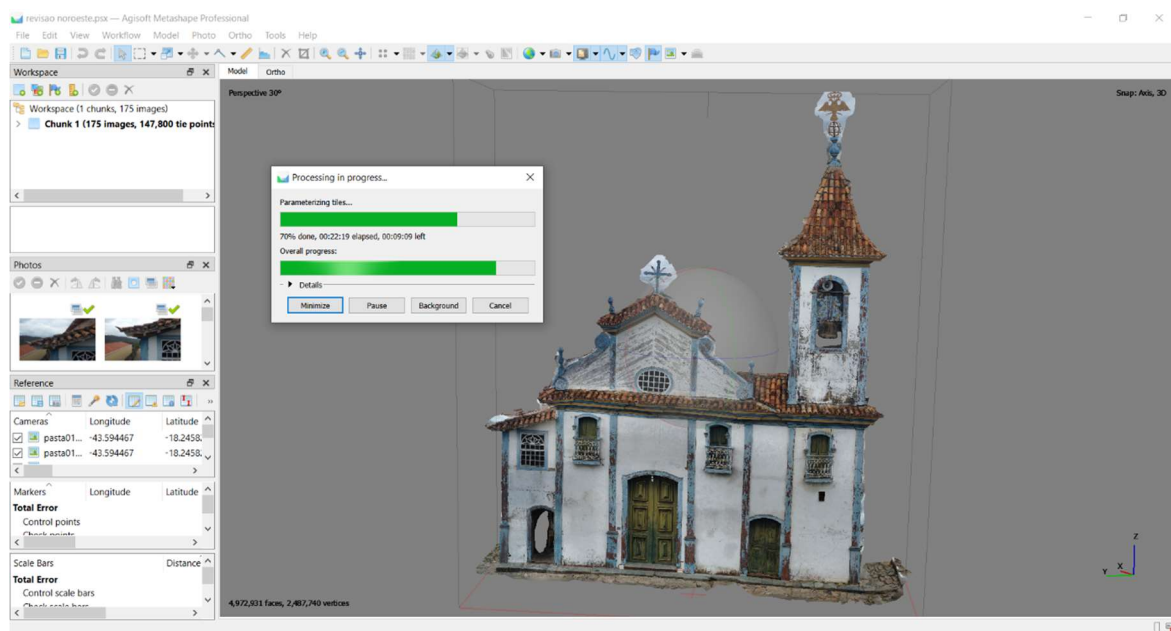


FIGURA 23 - Processamento do comando *Build Tiled Model*.
Fonte: Autor, 2024.

A utilização do comando *Build Tiled Model* gerou o modelo em blocos que foi utilizado para geração da nuvem de pontos densa (FIGURA 24).

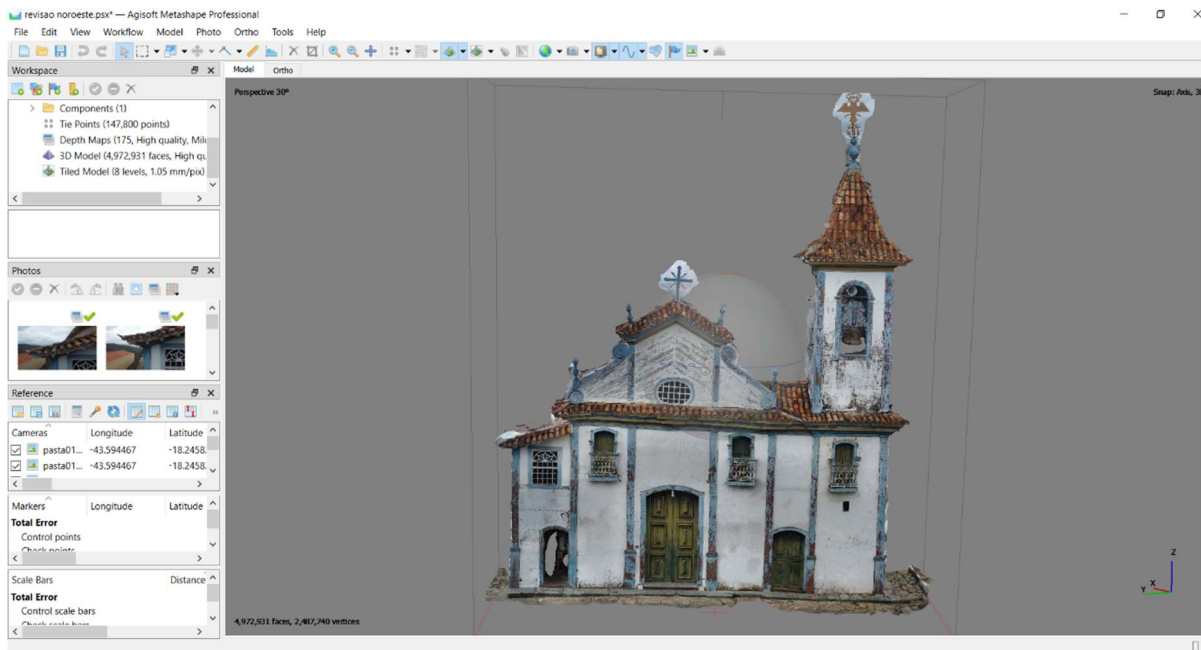


FIGURA 24 - Tiled model concluído.
Fonte: Autor, 2024.

Para a geração de nuvem de pontos densa foi utilizado o comando *Build Point Cloud* através da opção *Workflow* na barra de ferramentas (FIGURA 25).

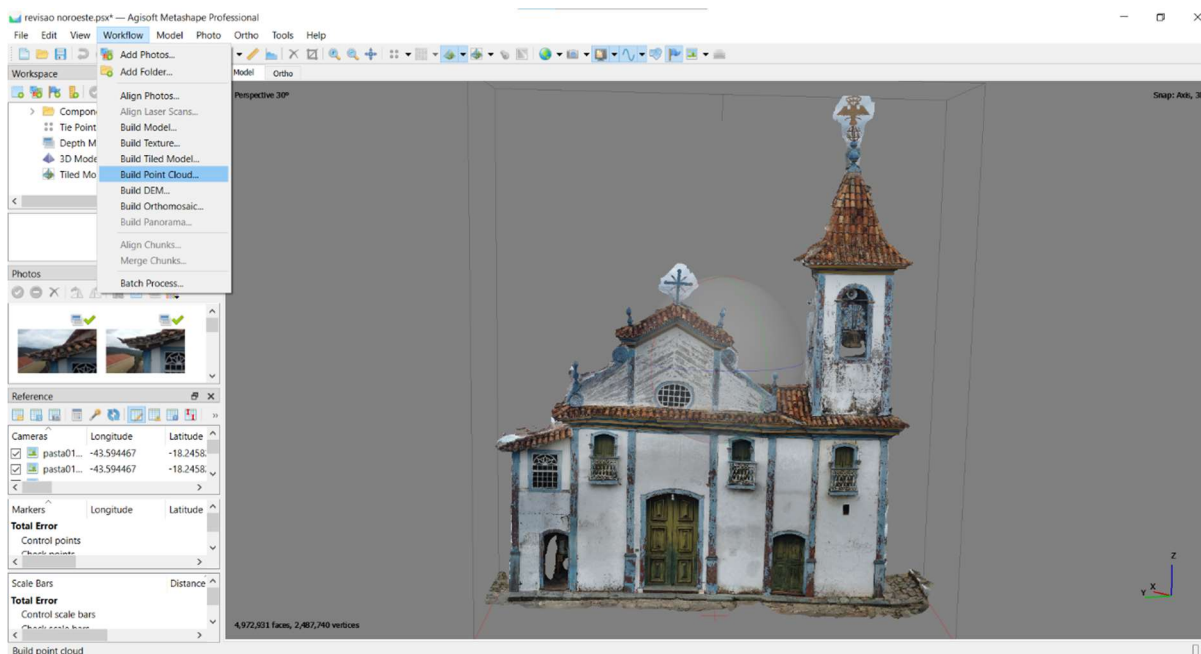


FIGURA 25 - Comando *Build Point Cloud*.
Fonte: Autor, 2024.

Ao selecionar o comando *Build Point Cloud* é apresentada uma caixa de diálogo onde os parâmetros podem ser selecionados. A origem dos dados (*Source data*) selecionada foi o *Depth maps*, e a qualidade selecionada foi a alta (*High*). Foi também

selecionada a opção de reutilização dos mapas de profundidade (*Reuse depth maps*), que propiciou a geração da nuvem de pontos densa (FIGURAS 26 e 27).

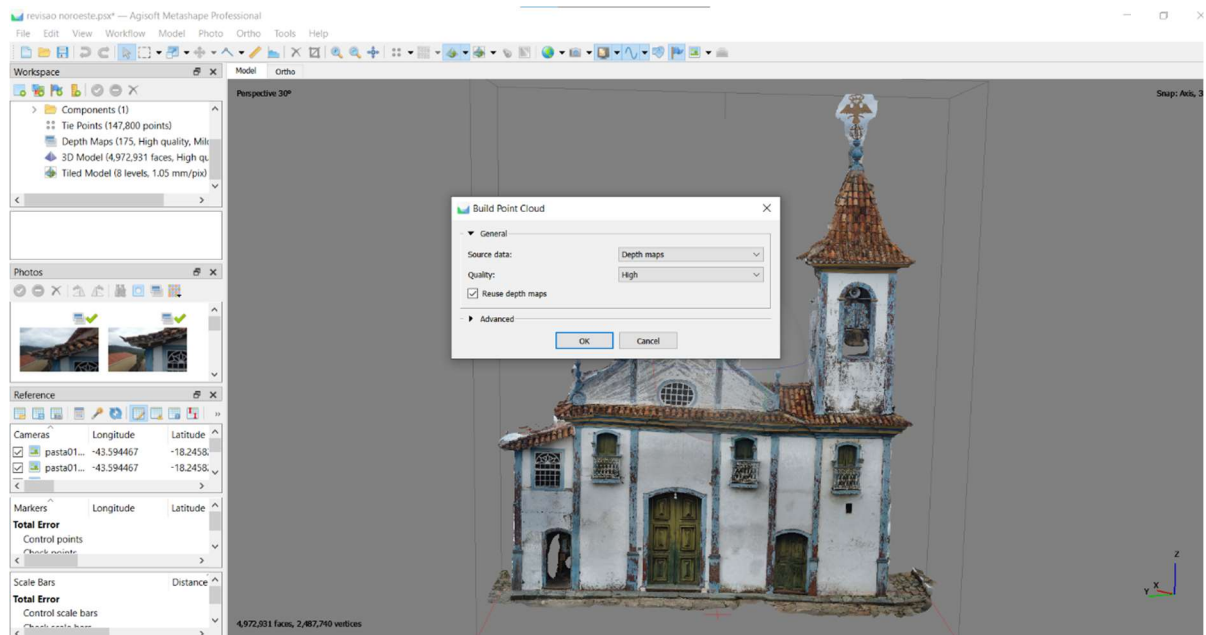


FIGURA 26 - Configuração nuvem de pontos densa.
Fonte: Autor, 2024.

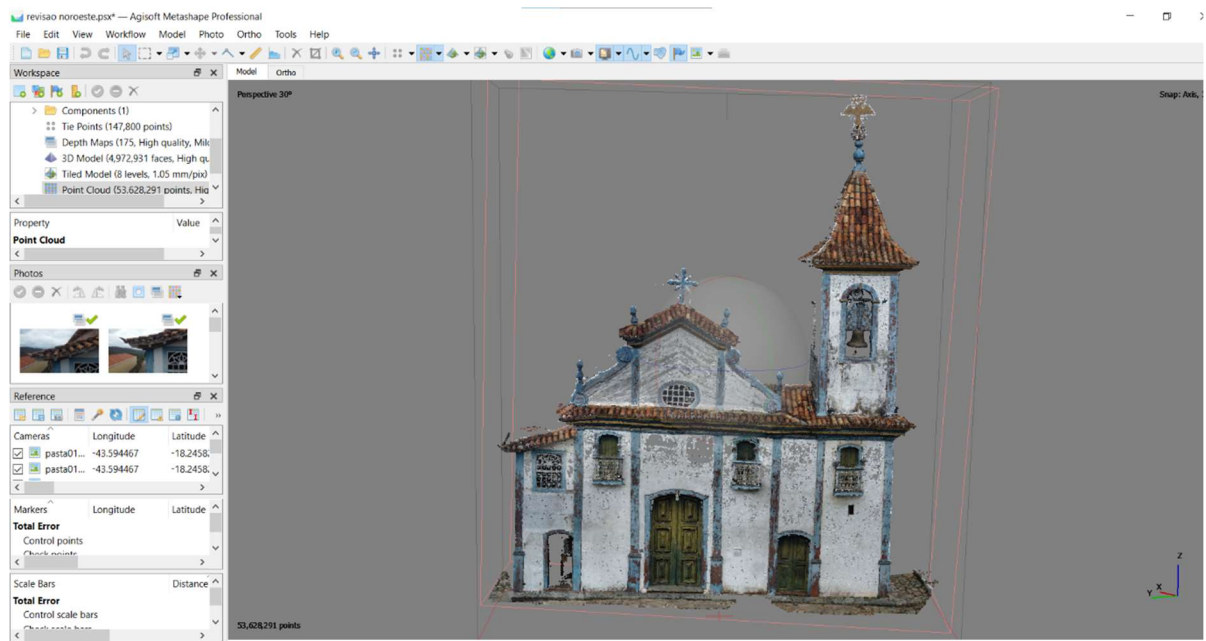


FIGURA 27 - Nuvem de pontos densa concluída.
Fonte: Autor, 2024.

Após a conclusão do processamento da nuvem de pontos densa foram inseridos os marcadores e ajustada a escala de acordo com as medidas horizontais e verticais tomadas *in loco* a fim de calibrar a precisão do modelo tridimensional. Para inserção

dos marcadores deve-se clicar com o botão direito sobre o local onde o marcador deve ser inserido e selecionar a opção *Add Marker* (FIGURAS 28 e 29).

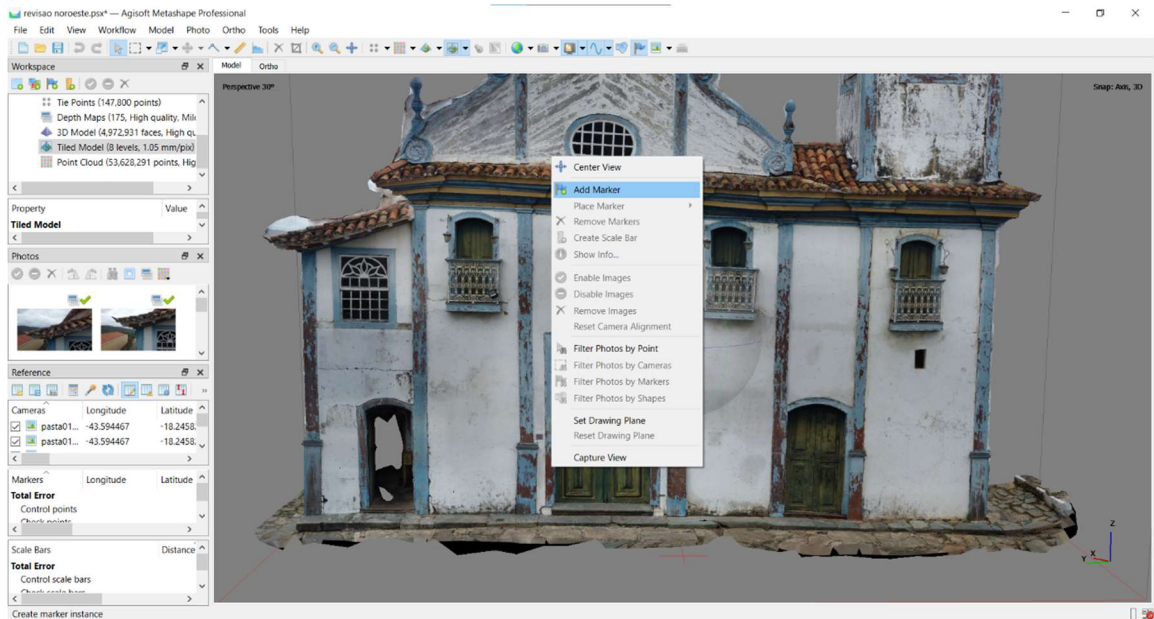


FIGURA 28 – Inserção de marcadores.
Fonte: Autor, 2024.

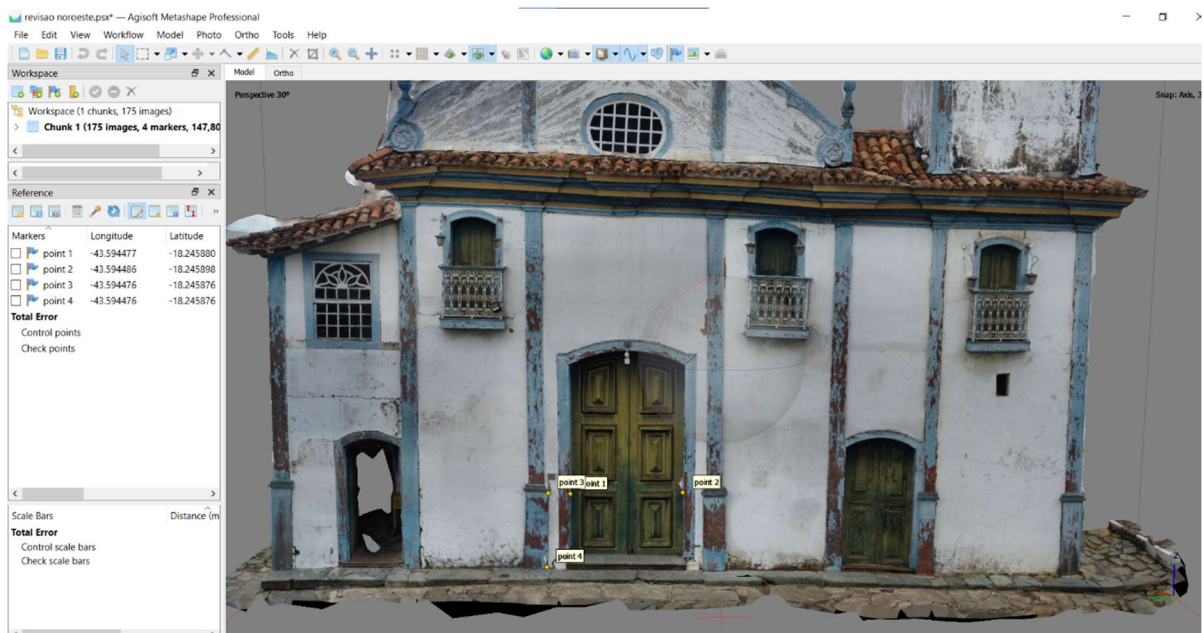


FIGURA 29 – Marcadores Inseridos
Fonte: Autor, 2024.

Em seguida foi ajustada a distância entre os pontos na escala correta de acordo com as medidas tomadas *in loco*. Para isto, os pontos foram selecionados, na barra lateral, e a distância entre eles foi ajustada para a escala correta, através da opção *Create Scale Bar* (FIGURA 30).

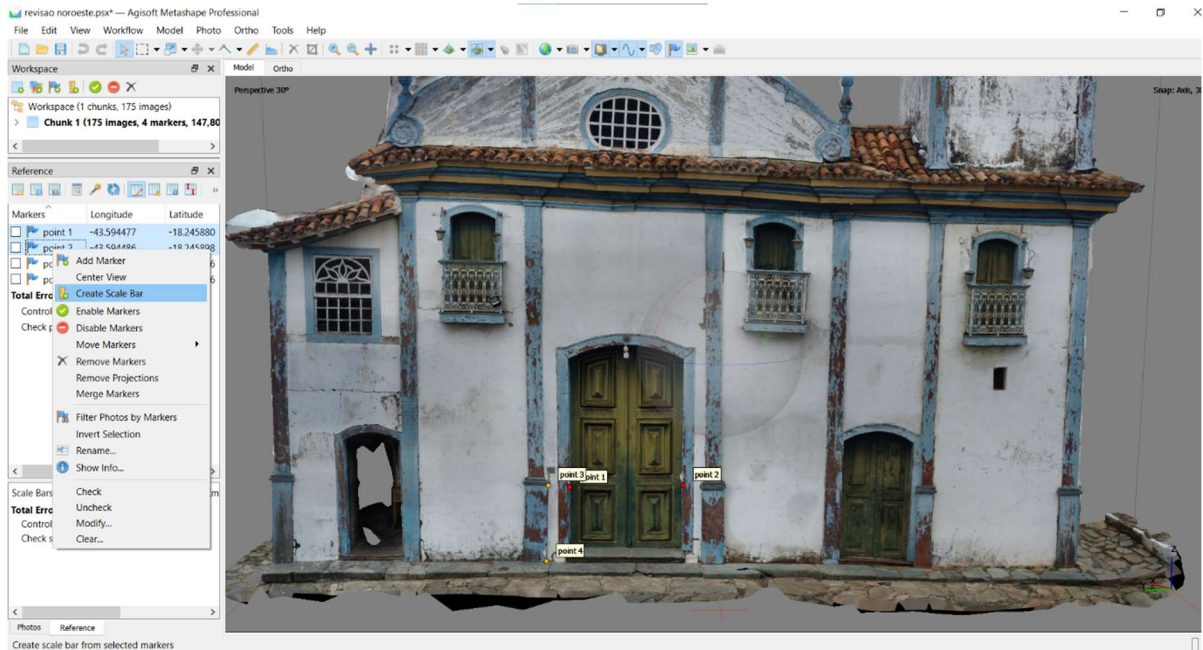


FIGURA 30 – Inserção de escala.
 Fonte: Autor, 2024.

Ao selecionar a opção *Create Scale Bar* o software disponibiliza o menu *Scale Bars*. Na opção *Distance* entre cada ponto foi inserida a medida correspondente. A margem de erro foi verificada e minimizada a partir do ajuste dos pontos nas fotos marcadas com a bandeira azul (FIGURA 31).

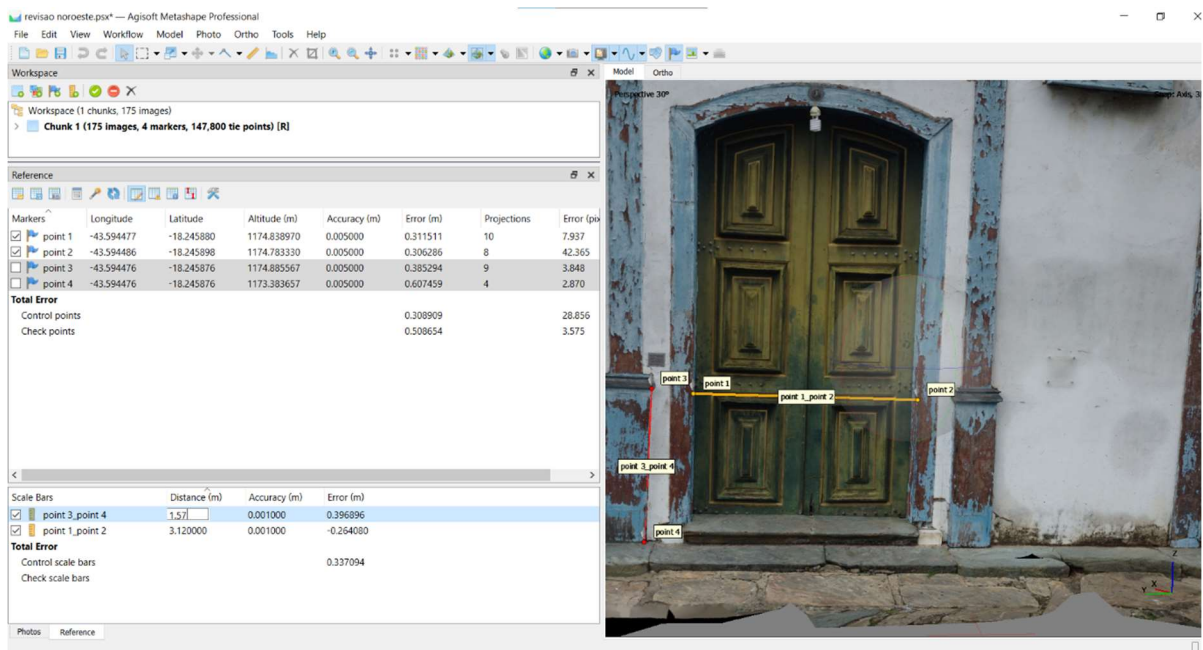


FIGURA 31 – Inserção de medidas tomadas *in loco*.
 Fonte: Autor, 2024.

Após marcação dos pontos e ajuste da escala, foi gerado o modelo de elevação digital (*Digital Elevation Model - DEM*), através do comando *Build DEM*, acessado pela opção *Workflow*, na barra de ferramentas (FIGURA 32).

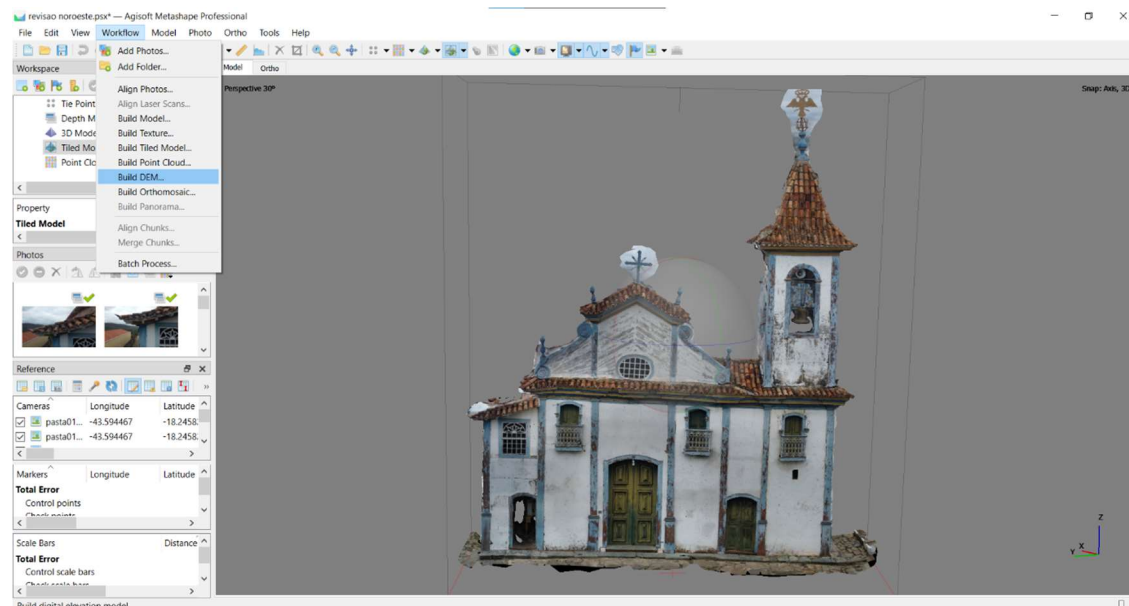


FIGURA 32 - Comando *Build DEM*.
Fonte: Autor, 2024.

Ao selecionar o comando *Build DEM* uma caixa de diálogo é exibida, onde os parâmetros do modelo de elevação são definidos. O tipo de projeção (*Projection type*) escolhido foi o planar (*Planar*), onde o *software* permite a projeção do modelo em um plano definido pelo usuário, determinado pelo conjunto de marcadores, esta a projeção ideal para geração de modelos de fachadas. Em seguida, o plano de projeção (*Projection plane*) e orientação da projeção é selecionado em função dos marcadores (*Markers*). Foi selecionado o eixo vertical (*Vertical axis*), seguindo a orientação: do ponto 4 ao ponto 3 (*Point 4 -> Point 3*). A origem dos dados (*Source data*) selecionada foi da nuvem de pontos (*Point cloud*) e a interpolação (*Interpolation*) foi habilitada (*Enabled*), desse modo o *software* calcula o modelo para todas as áreas visíveis do cenário. O valor de resolução (*Resolution*) utilizado foi de 0,00273287 m, e o tamanho total (*Total size*) foi de 7960 x 10449 *pixels*. Esse valores são calculados pelo *software* a partir da nuvem de pontos gerada previamente (FIGURA 33).

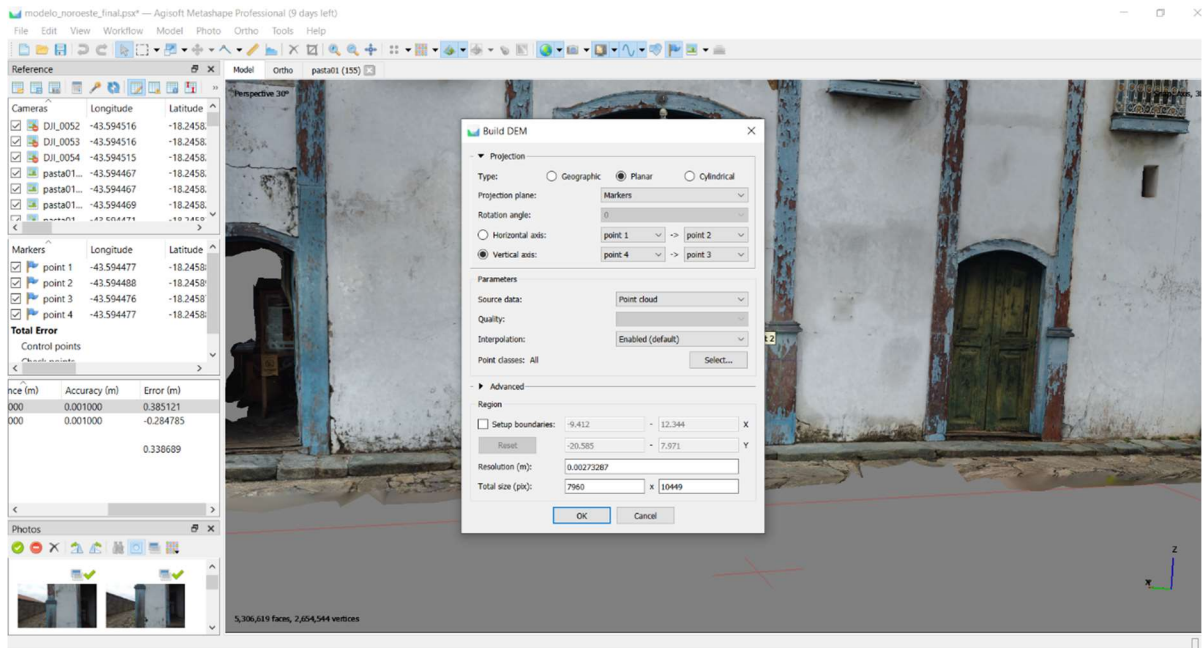


FIGURA 33 - Parâmetros do comando *Build DEM*.
Fonte: Autor, 2024.

O resultado do processamento do comando *Build DEM* gera o modelo de elevação representado por escala de cores. Onde as cores mais quentes representam menor profundidade e as cores mais frias, maior profundidade (FIGURA 34).

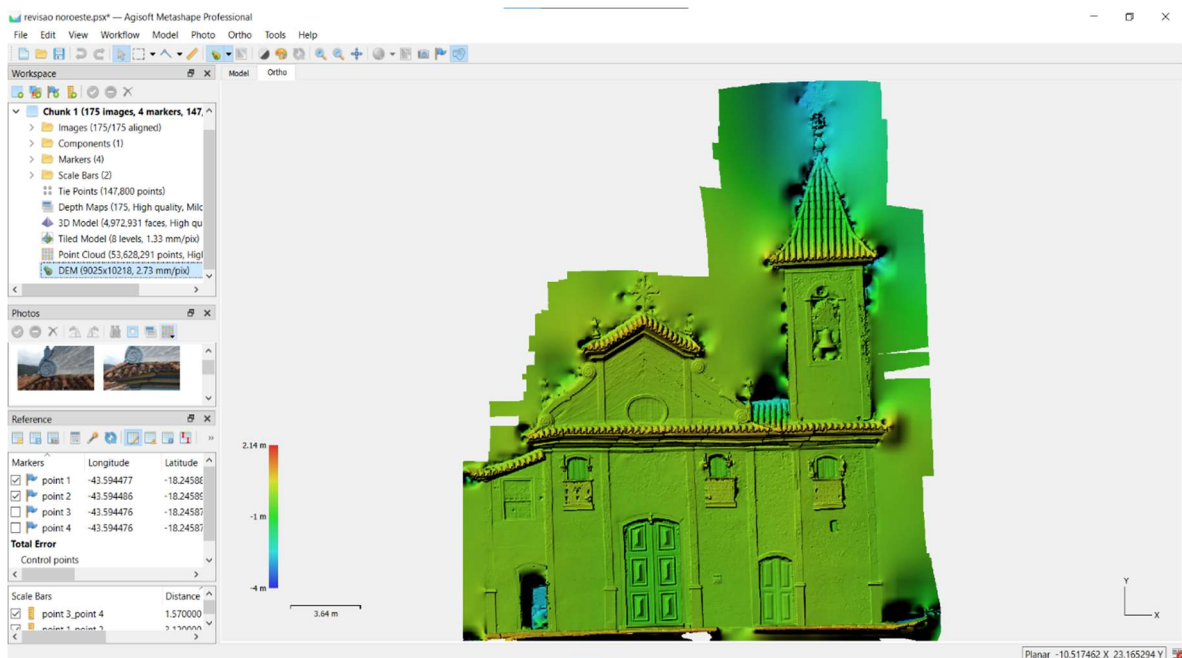


FIGURA 34 – Modelo de elevação.
Fonte: Autor, 2024.

Em seguida o modelo de elevação foi utilizado para a criação do ortomosaico, a imagem combinada pela fusão das imagens originais projetadas na superfície do

objeto, e corrigida para remover distorções causadas pela perspectiva. A criação do ortomosaico é feita através do comando *Build Orthomosaic* acessado pela opção *Workflow* na barra de ferramentas (FIGURA 35).

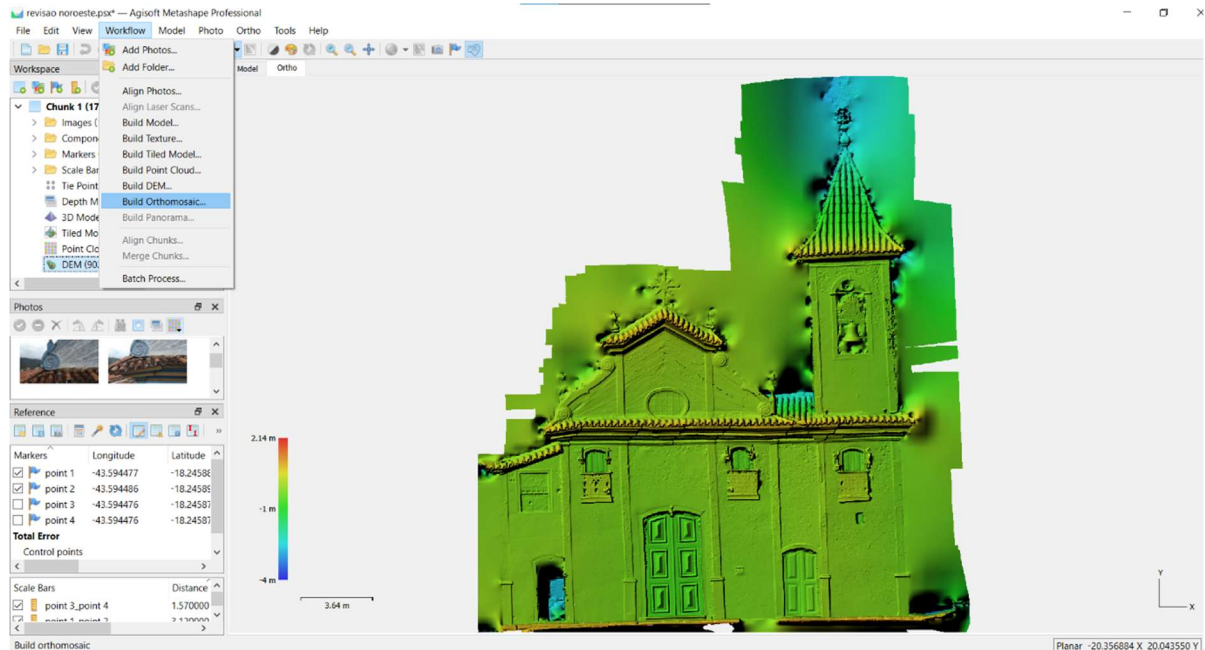


FIGURA 35 – Comando *Build Orthomosaic*.
Fonte: Autor, 2024.

Ao selecionar o comando *Build Orthomosaic*, o software exibe uma caixa de diálogo onde os parâmetros devem ser selecionados. A superfície (*Surface*) selecionada para criação do ortomosaico foi o modelo de elevação (*DEM*). O modo de mesclagem (*Blending mode*) foi o de mosaico (*Mosaic*). Foi selecionada a opção de habilitar o ajuste completo (*Enable hole fitting*), está é a opção padrão do software, que evita a geração de ruído. A dimensão foi definida pelo tamanho dos pixels, no valor de 0,00136321 m (FIGURA 36 e 37).

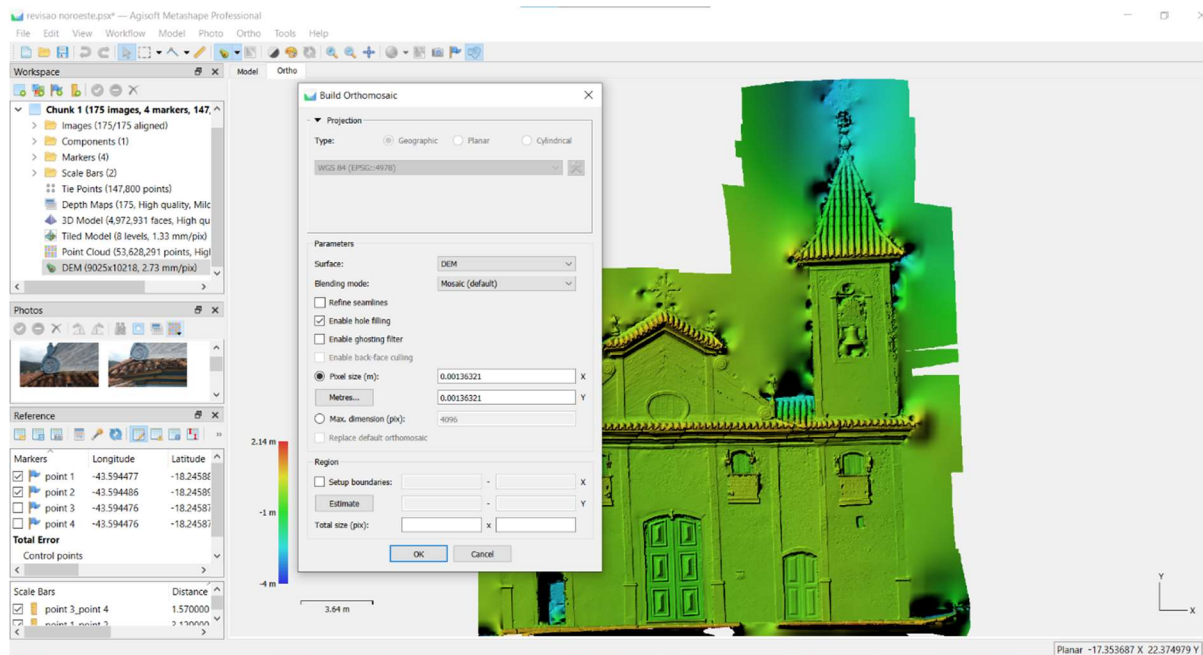


FIGURA 36 - Configurações do comando *Build Orthomosaic*.

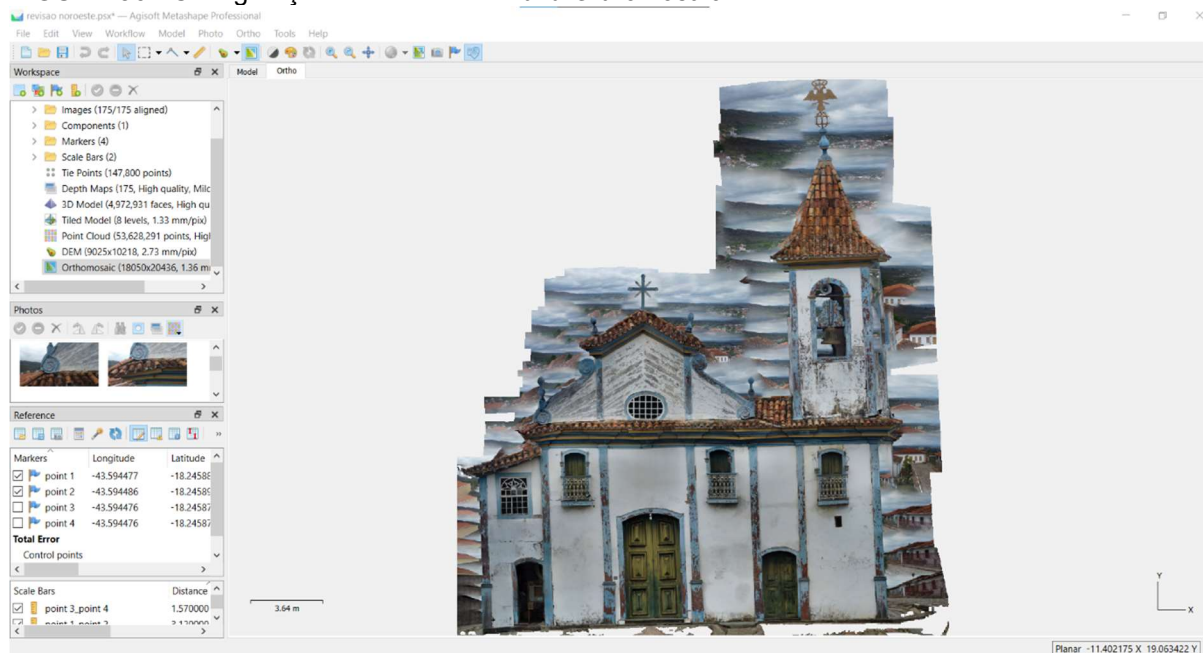


FIGURA 37 - Conclusão do processamento *Build orthomosaic*.
Fonte: Autor, 2024.

O ortomosaico foi exportado através do menu *Files*, opção *Export*, opção *Export Orthomosaic*, na barra de tarefas (FIGURA 38).

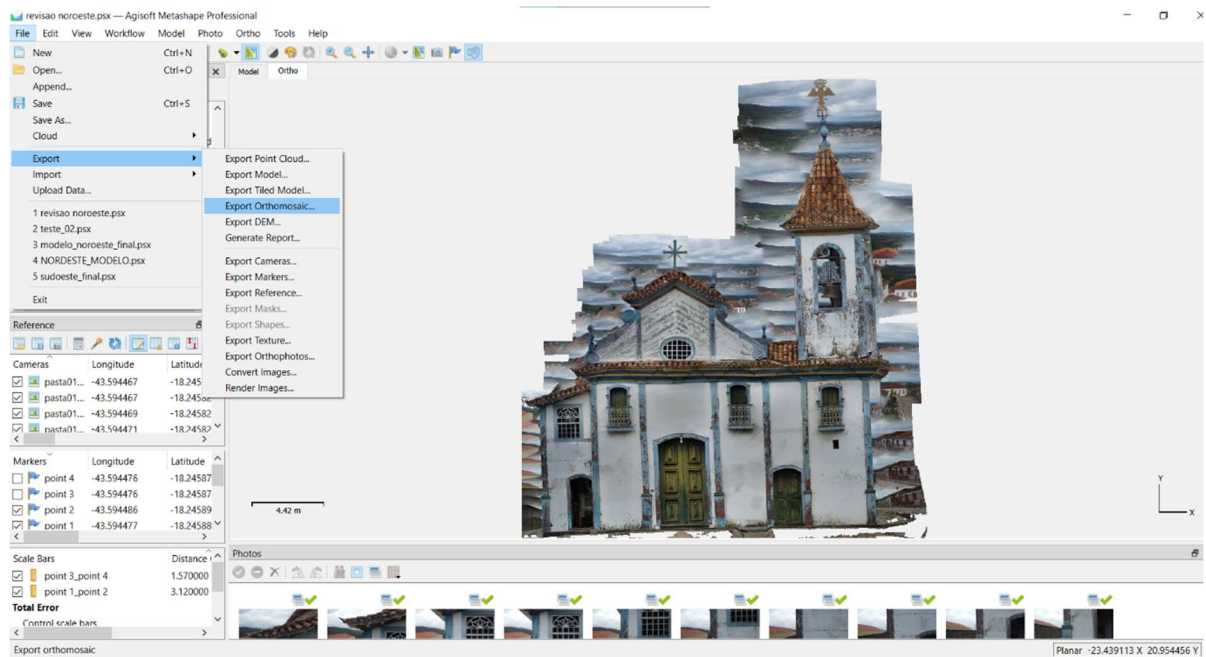


FIGURA 38 - Exportação do ortomosaico.

Foi escolhido o formato de arquivo 'TIFF' para preservação da qualidade da imagem, que posteriormente foi carregado em um software de edição de imagem (Adobe Photoshop v19.1.0). O tamanho dos *pixels* utilizado foi de 0.0013631 para os eixos X e Y, resultando em um tamanho total de 18050 x 20436 *pixels*. Foi escolhido o tipo de compressão TIFF (*TIFF compression*) LZW com qualidade JPEG (*JPEG quality*) no valor de 90 (FIGURA 39).

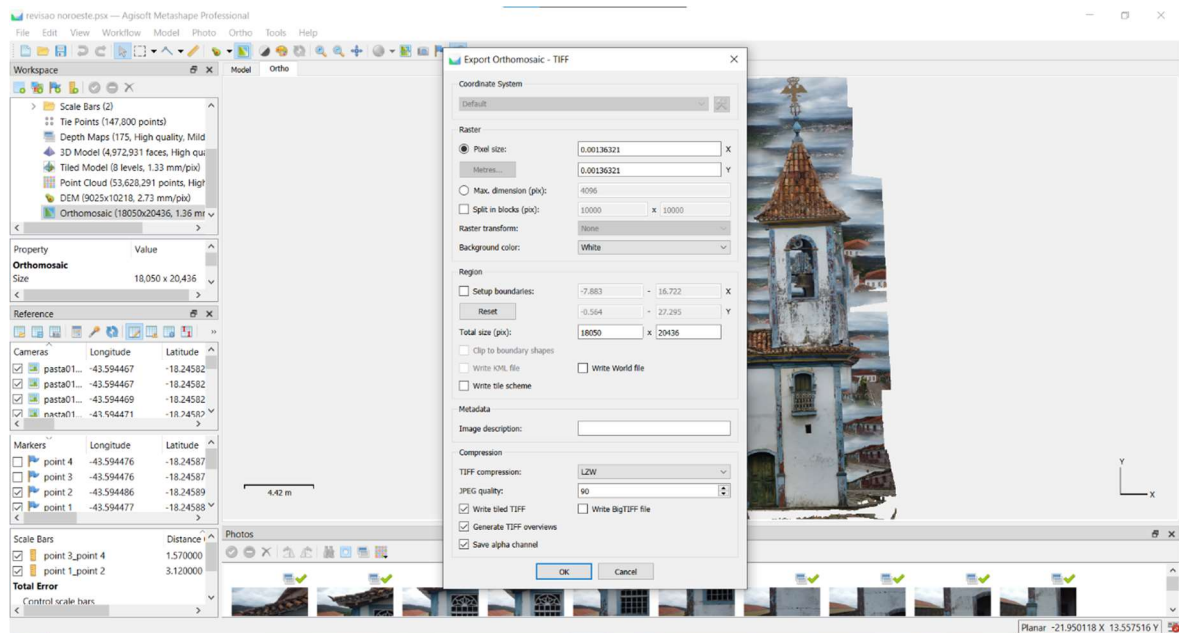


FIGURA 39 – Exportação do ortomosaico.

Depois de concluído o processamento a imagem foi editada no software Photoshop. Com a ferramenta *pen*, a ortofoto foi devidamente recortada para delimitação adequada da imagem à área de interesse referente à edificação. (FIGURA 40).

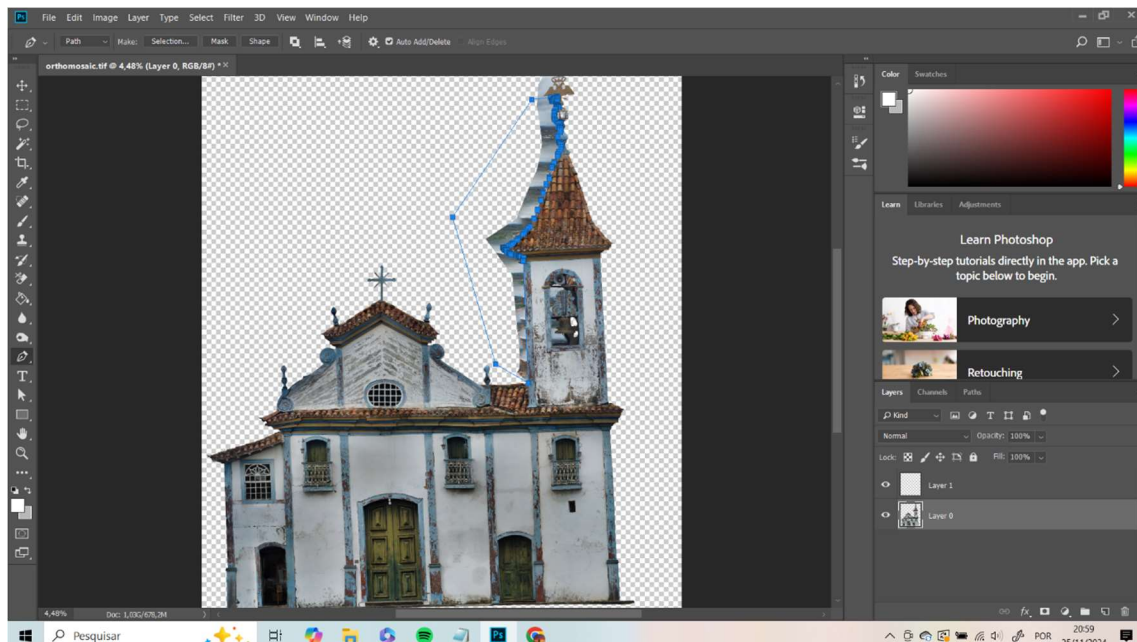


FIGURA 40 - Edições no Photoshop: Uso da ferramenta *pen* recortar a ortofoto.

Fonte: Autor, 2024.

Após edição, as ortofotos foram criadas (FIGURAS 41, 42, 43, 44, 45).



FIGURA 41 - Resultado final da ortofoto editada. Fachada Noroeste. Sem escala.
Fonte: Autor, 2024.



FIGURA 42 - Resultado final da ortofoto editada. Fachada Sudeste. Sem escala.
Fonte: Autor, 2025.



FIGURA 43 - Resultado final da ortofoto editada. Fachada Sudoeste. Sem escala.
Fonte: Autor, 2025.



FIGURA 44 - Resultado final da ortofoto editada. Fachada Nordeste. Sem escala.
Fonte: Autor, 2025.

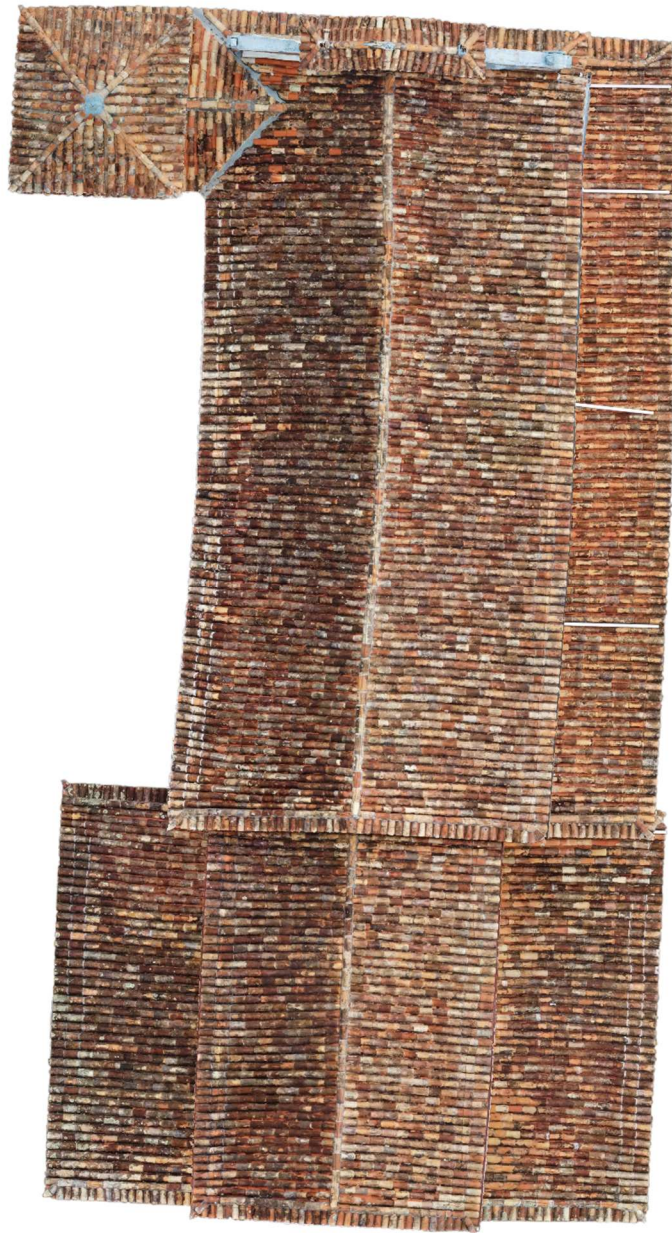


FIGURA 45 - Resultado final da ortofoto editada. Cobertura. Sem escala.
Fonte: Autor, 2025.

11. Modelo Tridimensional completo

Com o resultado positivo da criação das ortofotos, foi realizado um novo processamento com o objetivo de gerar um modelo tridimensional completo da edificação. O modelo tridimensional foi construído em um computador de alto desempenho pertencente ao Laboratório de Computação de Alto Desempenho do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. O computador dispõe de um sistema operacional Windows 11 (Microsoft Corporation) e processador i7-10700 (Intel Corporation).

O processo de criação do modelo tridimensional é similar ao da geração das ortofotos. O primeiro passo consiste em importar as imagens para o *software* através do comando *Workflow* na barra de ferramentas. Foram utilizadas para o processamento 2054 imagens obtidas no primeiro levantamento fotogramétrico. Após verificação da leitura correta das imagens pelo *software* as imagens são alinhadas pelo comando *Align Photos* (FIGURA 46).

O modelo tridimensional completo pode ser visualizado através do vídeo criado no *software* Metashape, disponível no link:

<https://drive.google.com/file/d/19VpID4Wt9HZLgzAmLeHVq7bxNRJnKQMJ/view>

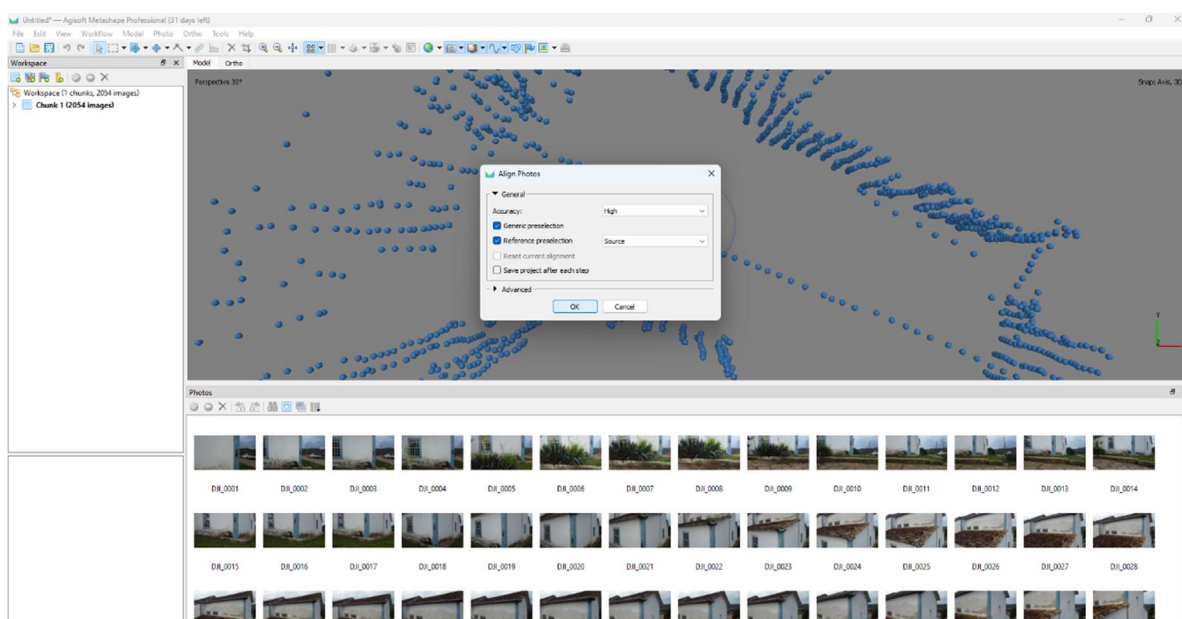


FIGURA 46 - Alinhamento das imagens
Fonte: Autor, 2025.

O resultado do alinhamento das imagens gerou a nuvem de pontos esparsa (FIGURAS 47, 48, 49).

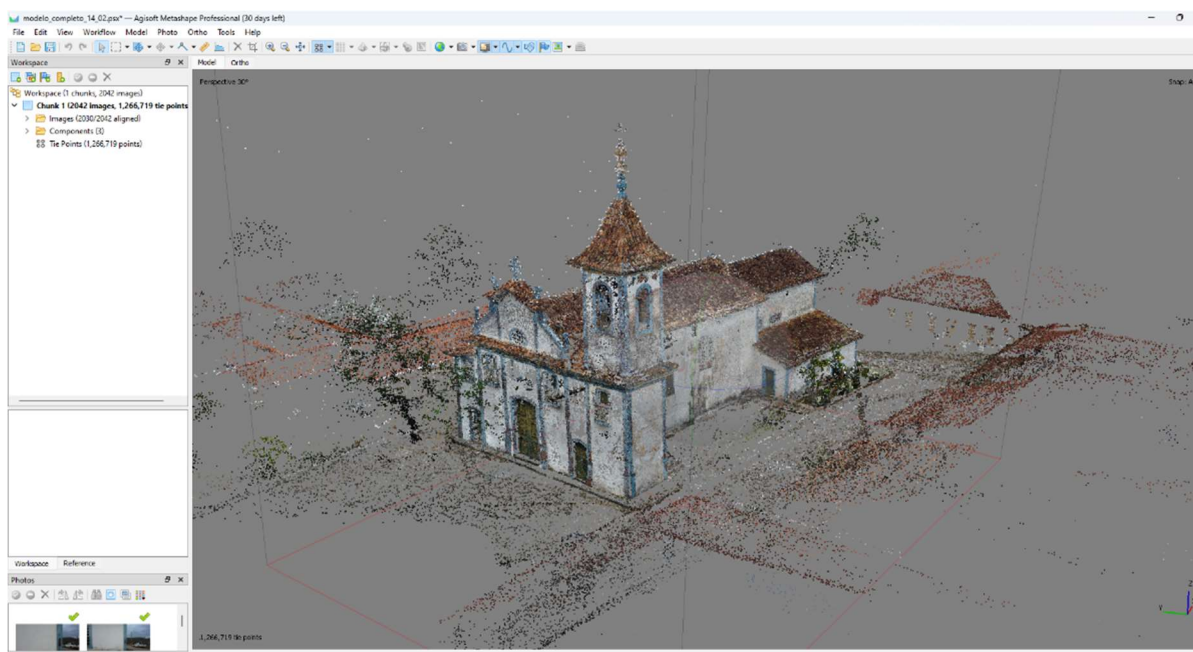


FIGURA 47 - Nuvem de pontos esparsa. Visualização fachada frontal e Sudoeste.
Fonte: Autor, 2025.

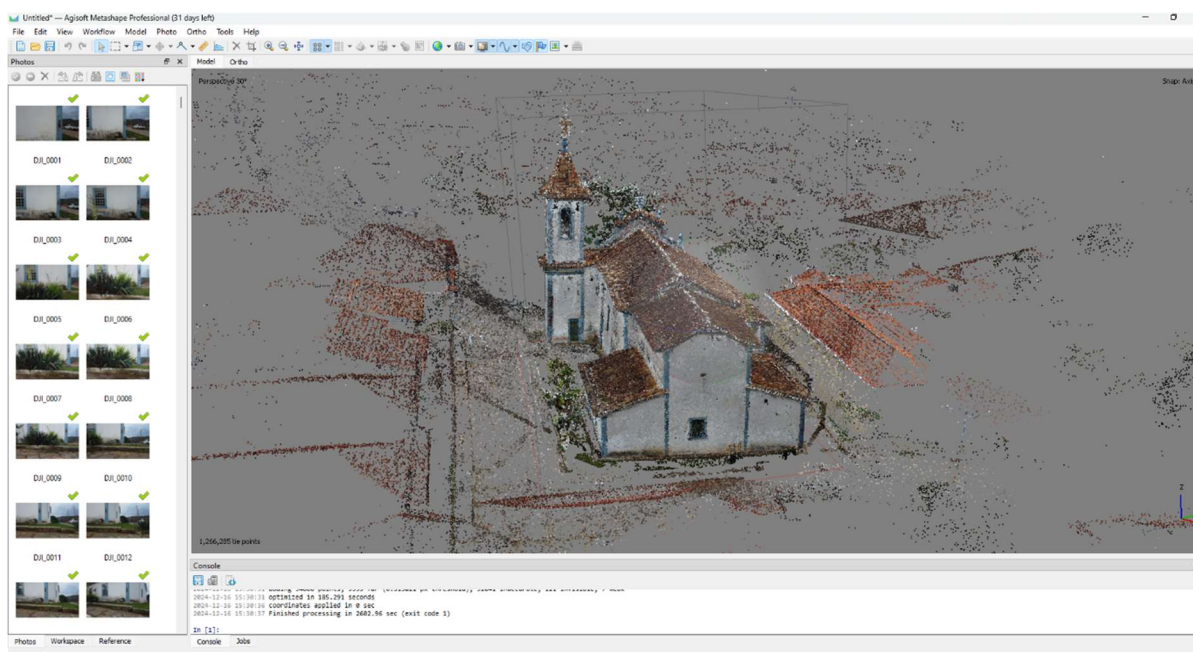


FIGURA 48 - Nuvem de pontos esparsa. Visualização fachada Sudeste.
Fonte: Autor, 2025.

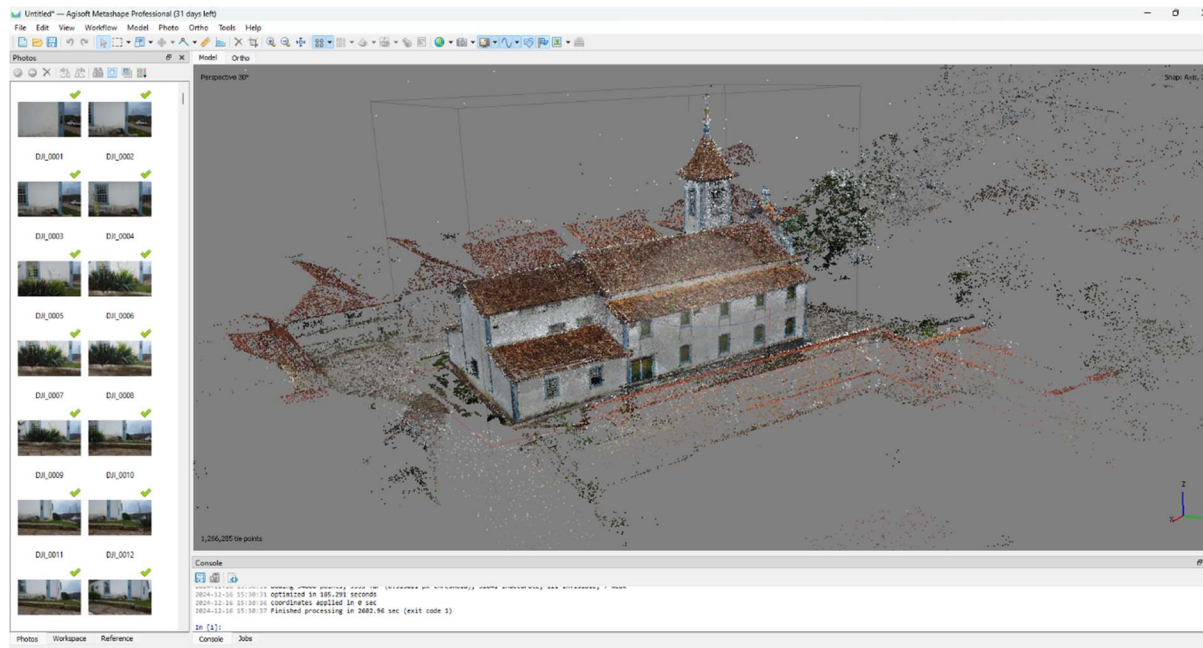


FIGURA 49 - Nuvem de pontos esparsa. Visualização fachada Sudeste e Nordeste.
Fonte: Autor, 2025.

Em seguida a área de interesse foi delimitada para geração do modelo tridimensional pelo comando *Build Model* (FIGURA 50).

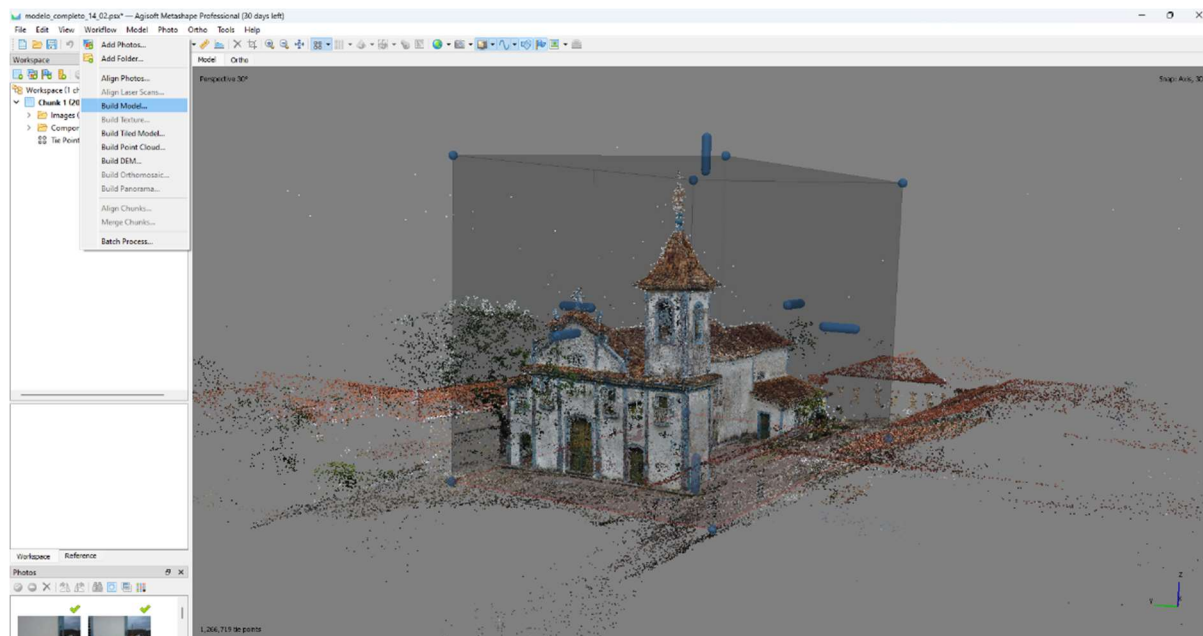


FIGURA 50 - Delimitação da área de interesse.
Fonte: Autor, 2025.

Na caixa de diálogo do comando *Build Model* os parâmetros selecionados da origem dos dados (*Source data*) foi *Depth maps*, com qualidade (*quality*) média (*Medium*)

para maior velocidade de processamento, e contagem de face (*Face count*) alta (*High*) (FIGURA 51).

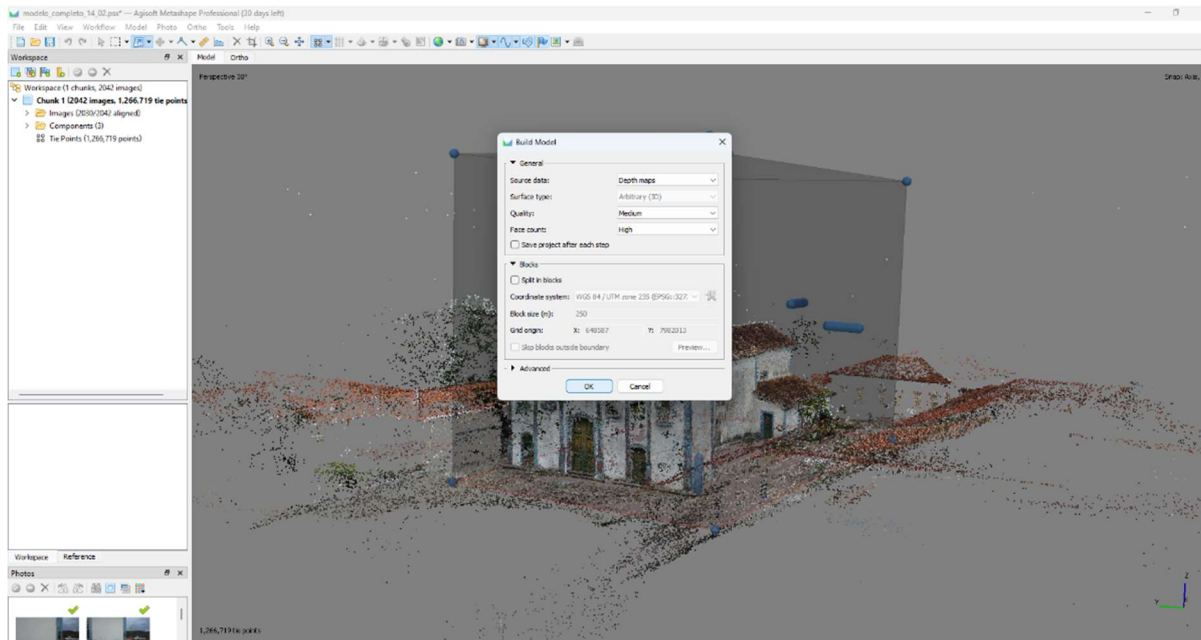


FIGURA 51 – Parâmetros do comando Build Model
Fonte: Autor, 2025.

O comando *Build Model* gerou o mapa de profundidade (*Depth Map*) (FIGURAS 52 e 53).

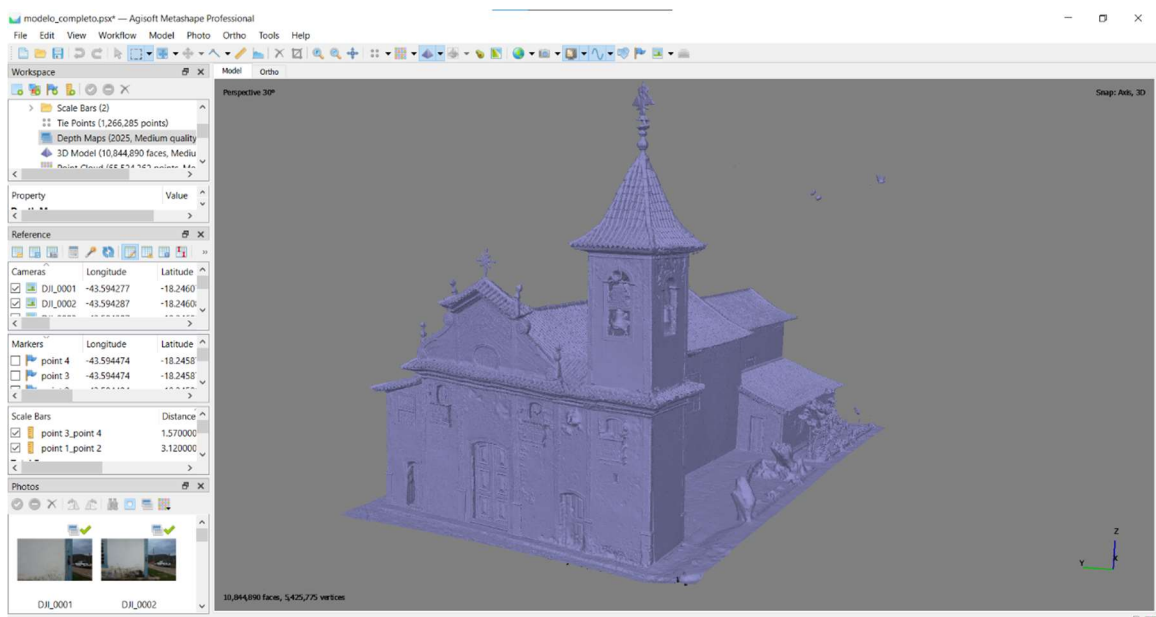


FIGURA 52 - *Depth Map*: Fachadas Noroeste e Sudeste.
Fonte: Autor, 2025.

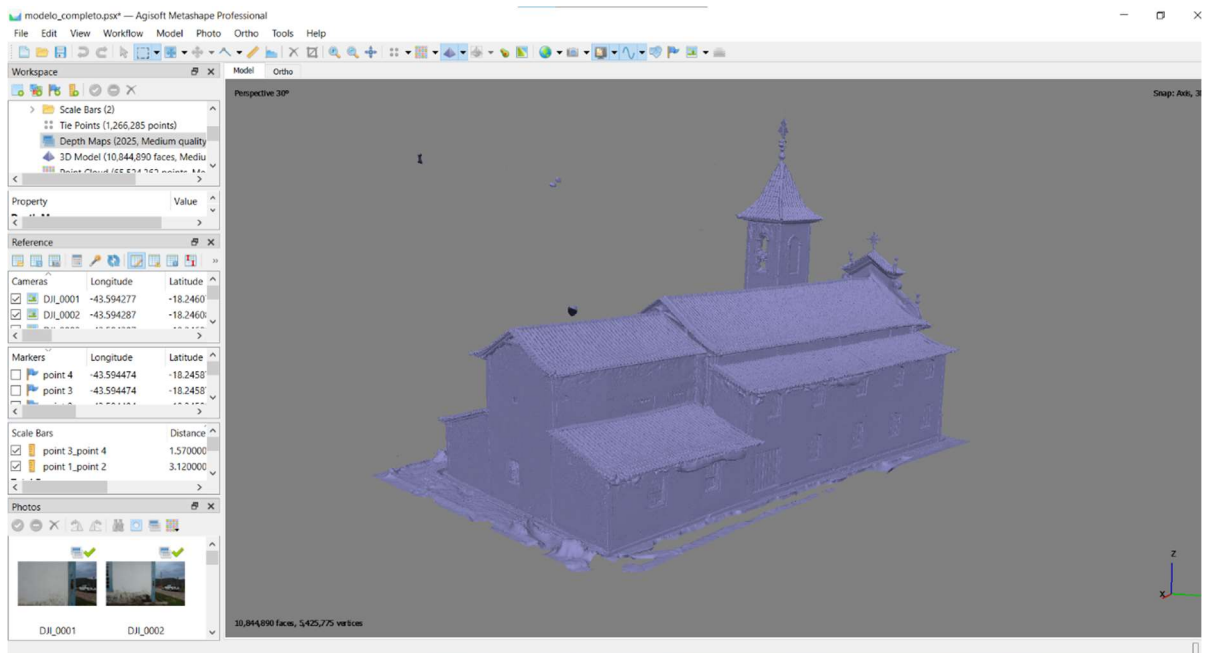


FIGURA 53 - *Depth Map*: Fachadas Sudoeste e Nordeste.
 Fonte: Autor, 2025.

Após a geração do mapa de profundidade foi gerada a nuvem de pontos densa, através do comando *Build Point Cloud* (FIGURAS 54 e 55).

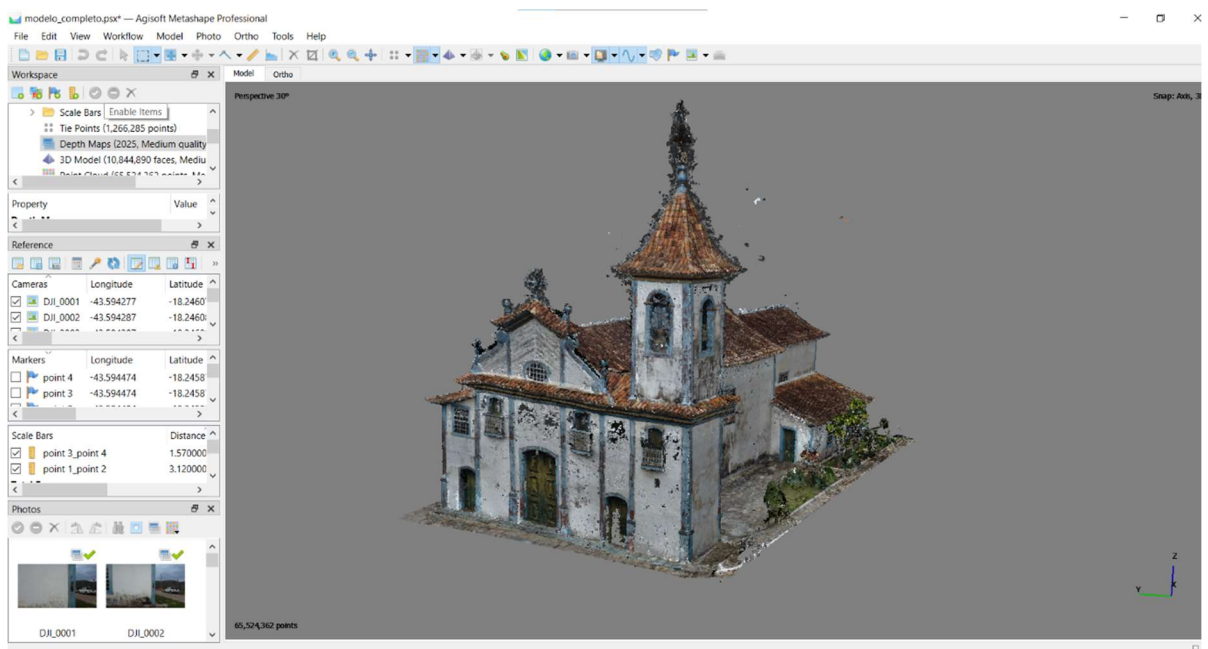


FIGURA 54 - Nuvem de pontos densa. Fachadas Noroeste e Sudeste.
 Fonte: Autor, 2025.

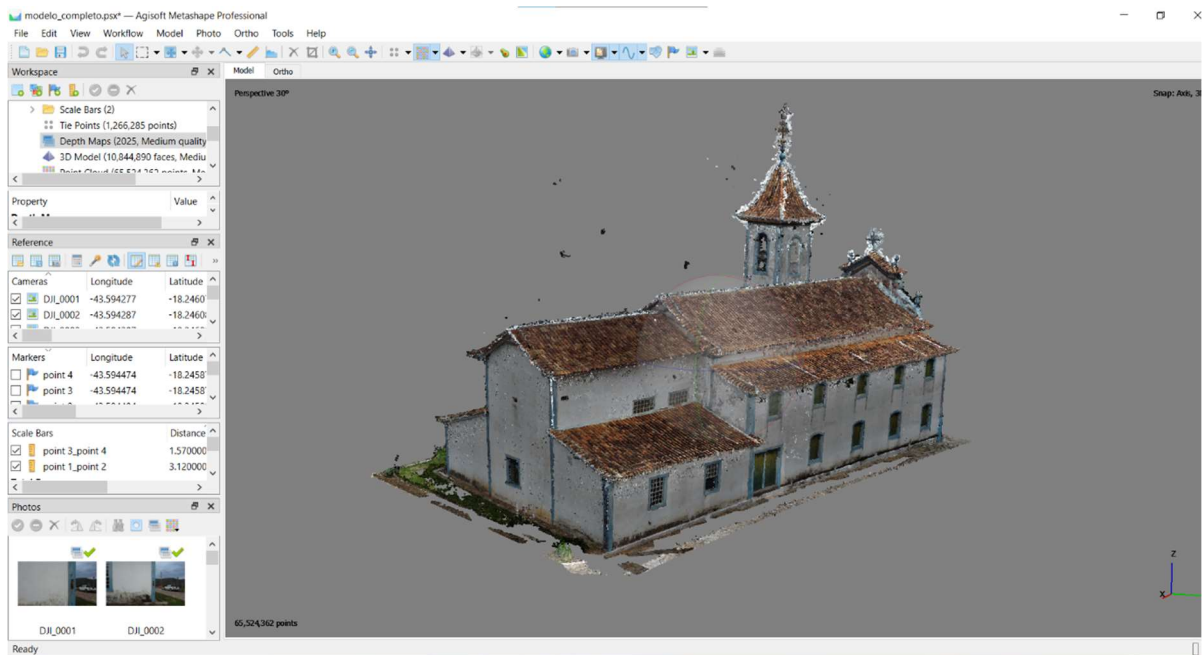


FIGURA 55 - Nuvem de pontos densa. Fachadas Sudoeste e Nordeste.
 Fonte: Autor, 2025.

Ao modelo tridimensional foi adicionada a textura, pelo comando *Build Texture*, resultando no modelo tridimensional final (FIGURAS 56, 57 e Vídeo em anexo).

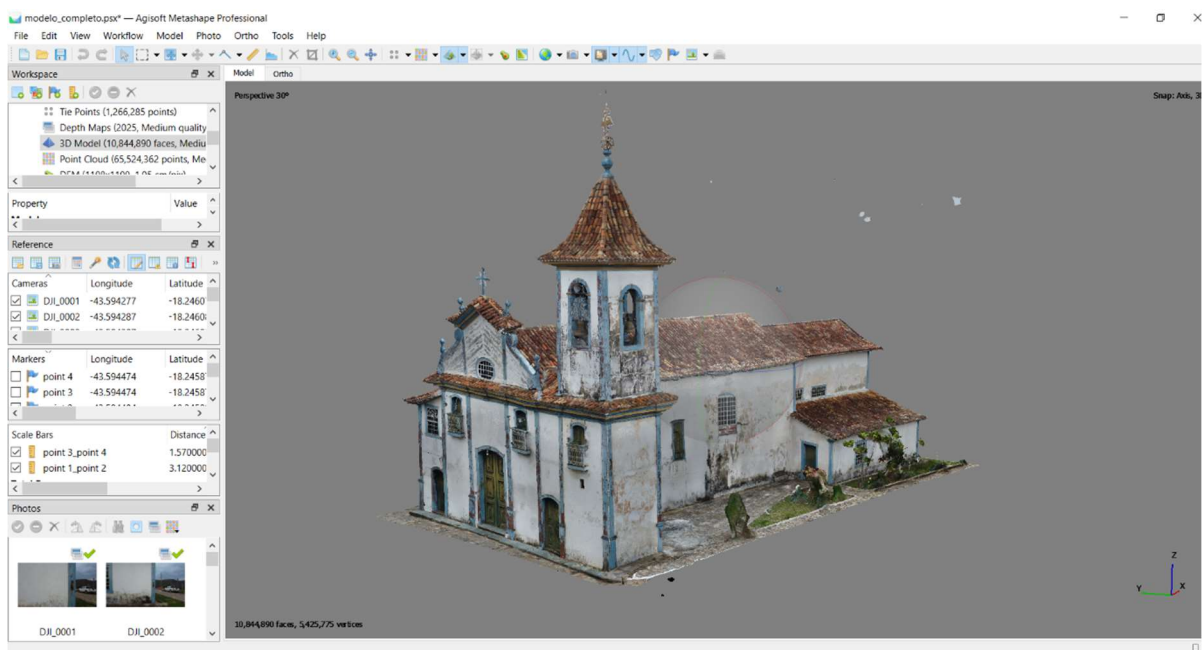


FIGURA 56 – Modelo tridimensional final. Fachadas Noroeste e Sudeste.
 Fonte: Autor, 2025.

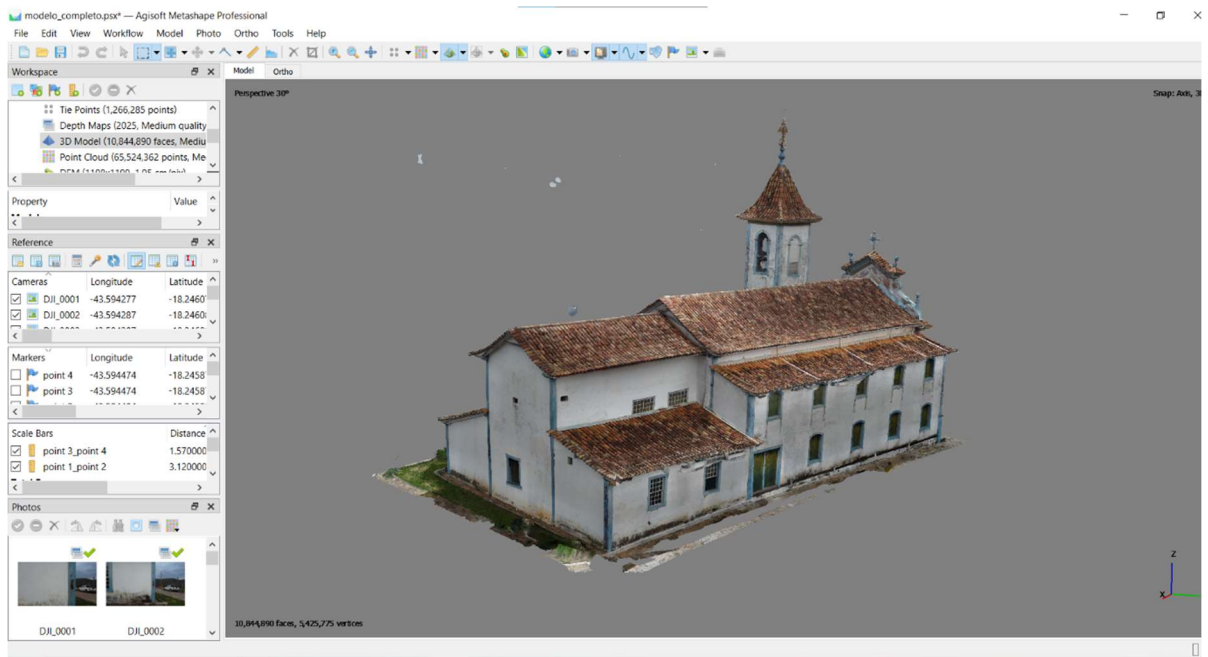


FIGURA 57 – Modelo tridimensional final. Fachadas Sudoeste e Nordeste.
Fonte: Autor, 2025.

12. Mapa de danos da fachada noroeste da Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos

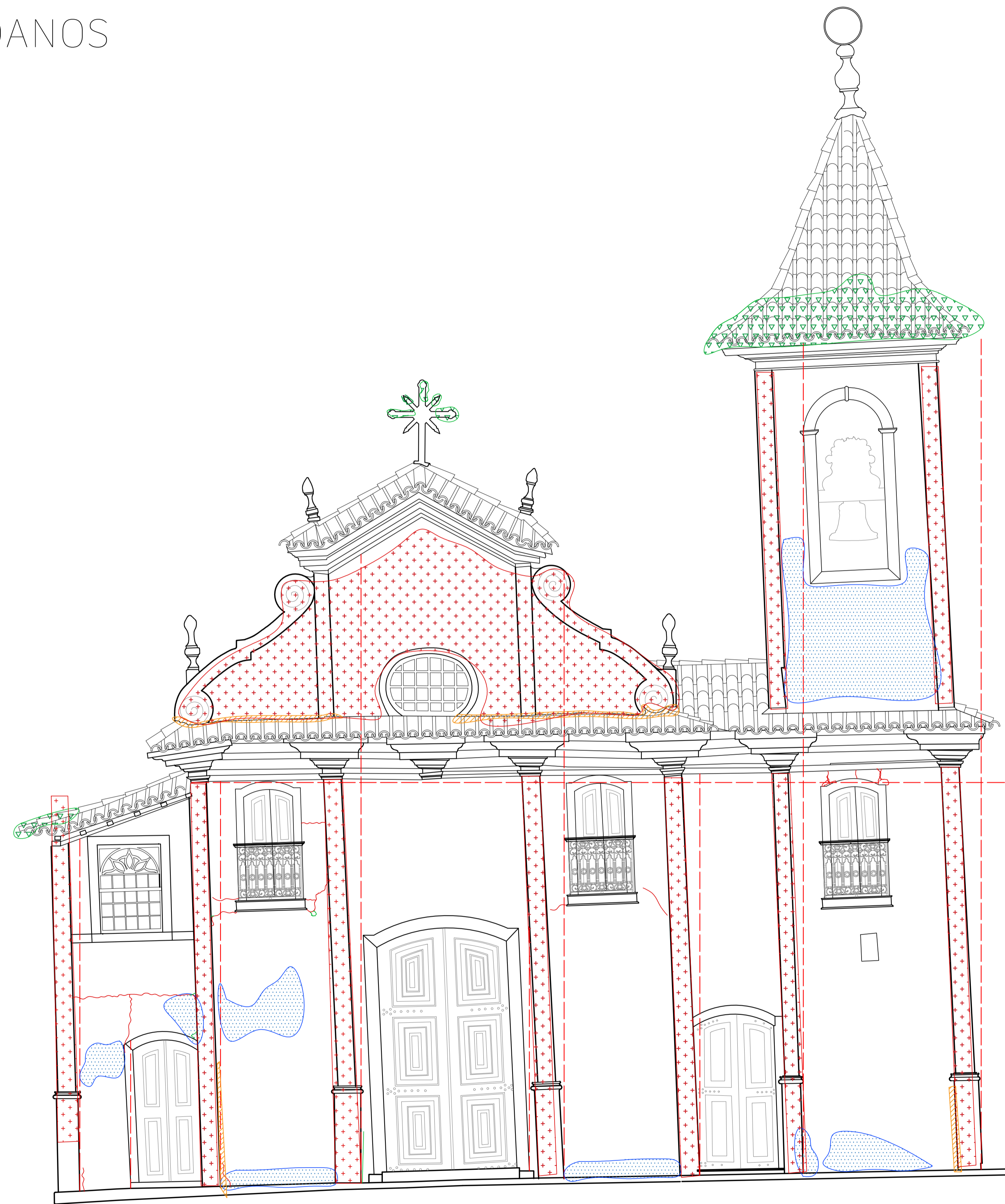
Para demonstrar a aplicação da técnica abordada neste trabalho, foi utilizada a ortofoto da fachada noroeste para criação de seu mapa de dano. Esta fachada foi escolhida por ser a que apresenta maiores detalhes e apresentar danos mais recorrentes. Para isto foi elaborado o desenho técnico da elevação da fachada no *software* AutoCAD (Autodesk AutoCAD 2023) (FIGURA 58).



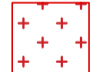






FIGURA 58 – Ortofoto (esquerda) e desenho técnico (direita) da fachada noroeste.
Fonte: Autor, 2025.

Sobre o desenho técnico foram marcadas as áreas onde há maior recorrência de danos aparentes como pode ser observado a seguir:

MAPA DE DANOS



LEGENDA:

- | | | | |
|---|---------------------|---|-------------------|
|  | DESGASTE DA PINTURA |  | DESAPRUMO |
|  | MANCHAS DE UMIDADE |  | DESALINHAMENTO |
|  | BIOFILME |  | TRINCA/ RACHADURA |
|  | FENDA | | |

A principal patologia identificada foi um desaprumo das paredes e esteios da edificação causada, provavelmente, por um recalque na fundação. No mapeamento dos danos foi traçada uma linha vertical tracejada na cor vermelha perpendicular ao piso. Esta linha evidencia a inclinação das paredes em relação ao eixo em que deveriam estar. Este dano é acompanhado pelo desalinhamento das cimalkas, dano representado pela linha horizontal tracejada na cor vermelha. A linha foi desenhada paralela ao piso e representa o alinhamento que os elementos em madeira deveriam estar. Pode-se notar também a abertura de fendas em alguns pontos. Este dano foi representado em hachura na cor laranja e tem relação com os danos citados anteriormente, pois com o desaprumo dos esteios e desalinhamento das cimalkas, observa-se aberturas em locais onde há união entre alvenaria e elementos estruturais. Outro dano recorrente é a presença de fissuras e rachaduras, principalmente nas extremidades das aberturas, o que também pode ser ocasionado devido ao recalque da fundação.

Foram identificados também danos independentes do sistema estrutural relativos à presença de umidade, que provoca manchas e presença de biofilme. Estes danos foram representados nas cores azul e verde, respectivamente.

Nos elementos em madeira pode ser observado que há desgastes na pintura, evidenciado nos esteios da edificação e frontão. Estes danos, provavelmente são relacionados a exposição da madeira à intempéries, o que provoca o seu ressecamento e, conseqüentemente, perdas na camada de pintura.

13. Conclusão

Neste trabalho foi realizado o registro iconográfico das fachadas e cobertura da Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos a partir da técnica de Fotogrametria Digital combinada à técnica DSM, utilizando fotografias obtidas por VANT. A técnica de Fotogrametria Digital permite a criação de ortofotos que possibilita uma análise minuciosa, de alta qualidade, com mínimas distorções na imagem causadas por diferenças de perspectivas. A técnica de DSM permite uma automação e otimização do processamento das imagens, propiciando maior eficácia e rapidez na elaboração de mapas de danos. A partir da utilização de VANT é possível a obtenção de fotografias de ângulos e posições de difícil acesso. A combinação destas técnicas permite o mapeamento de edificações, e identificação de suas patologias, com alta precisão e detalhamento, representando grande vantagem em relação às técnicas tradicionais.

O mapa de dano e o modelo tridimensional gerados neste trabalho auxiliarão na elaboração de futuros projetos de intervenção a fim da preservação deste bem de imensurável valor histórico, artístico e cultural da cidade de Diamantina. A demonstração da técnica desempenhada neste trabalho poderá ser reproduzida para diferentes casos de outras edificações históricas espalhadas pelo território nacional.

14. Referências

Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 2.1; 2024

FILHO, Aires da Mata Machado. Arraial do Tijuco Cidade de Diamantina. *Publicações do Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional*. 1944

ÁVILLA, Affonso *et al.* Atlas do Monumento Histórico e Artístico de Minas Gerais. Diamantina: Patrimônio Cultural. *Fundação João Pinheiro*. 1979

FONSECA, C.D. Arraiais e vilas d'el rei: espaço e poder nas Minas setecentistas [online]. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011. Humanitas series, 731 p. ISBN: 978-85-423-0307-0.

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

HULLO, J. F.; GRUSSENMEYER, P.; FARES, S. Photogrammetry and Dense Stereo Matching approach applied to the documentation of the cultural heritage site of Kilwa (Saudi Arabia). In: CIPA SYMPOSIUM, 22., 2009, Kyoto. Proceedings... Kyoto: CIPA, 2009.

IPHAN, Instituto Do Patrimônio Histórico E Artístico Nacional (16ª Subregional II /IPHAN - Diamantina). Igreja Nossa Senhora do Rosário, 1998.

SANTOS, Joaquim Felício dos. Memórias do Distrito Diamantino da Comarca do Serro Frio. *Editores Itatiaia*. 1976

TINOCO, J. E. L. Mapa de Danos. Recomendações básicas. Volume 43. CECI , Olinda, 2009.

TIRELLO, R. A.; Correa, R. H. Sistema normativo para mapas de danos de edifícios históricos aplicados à *Lidgerwood Manufacturing Company* de Campinas. VI Colóquio Latinoamericano sobre Recuperação e Preservação do Patrimônio Industrial. São Paulo: Centro Universitário Belas Artes de São Paulo, 2012. V. 1.

TOLENTINO, Mônica. A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do Patrimônio Arquitetônico. 2018.321f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2018.

Tolentino, Mônica; Groetellars, Natalie. Levantamento da Igreja de Nossa Senhora da Conceição do Boqueirão através das técnicas Fotogrametria Digital (*Stricto Senso*) e *Dense Stereo Matching (DSM)*. I Simpósio Científico ICOMOS Brasil. Belo Horizonte, 2017. ISBN: 978-85-5277-038-6

VANINI, G. N., & OLIVEIRA, F. L. de . (2023). Considerações sobre a aplicação da Fotogrametria Digital na concepção do Mapa de Danos de edificações históricas. *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 8(1). <https://doi.org/10.46421/sbqp.v8i.3693>