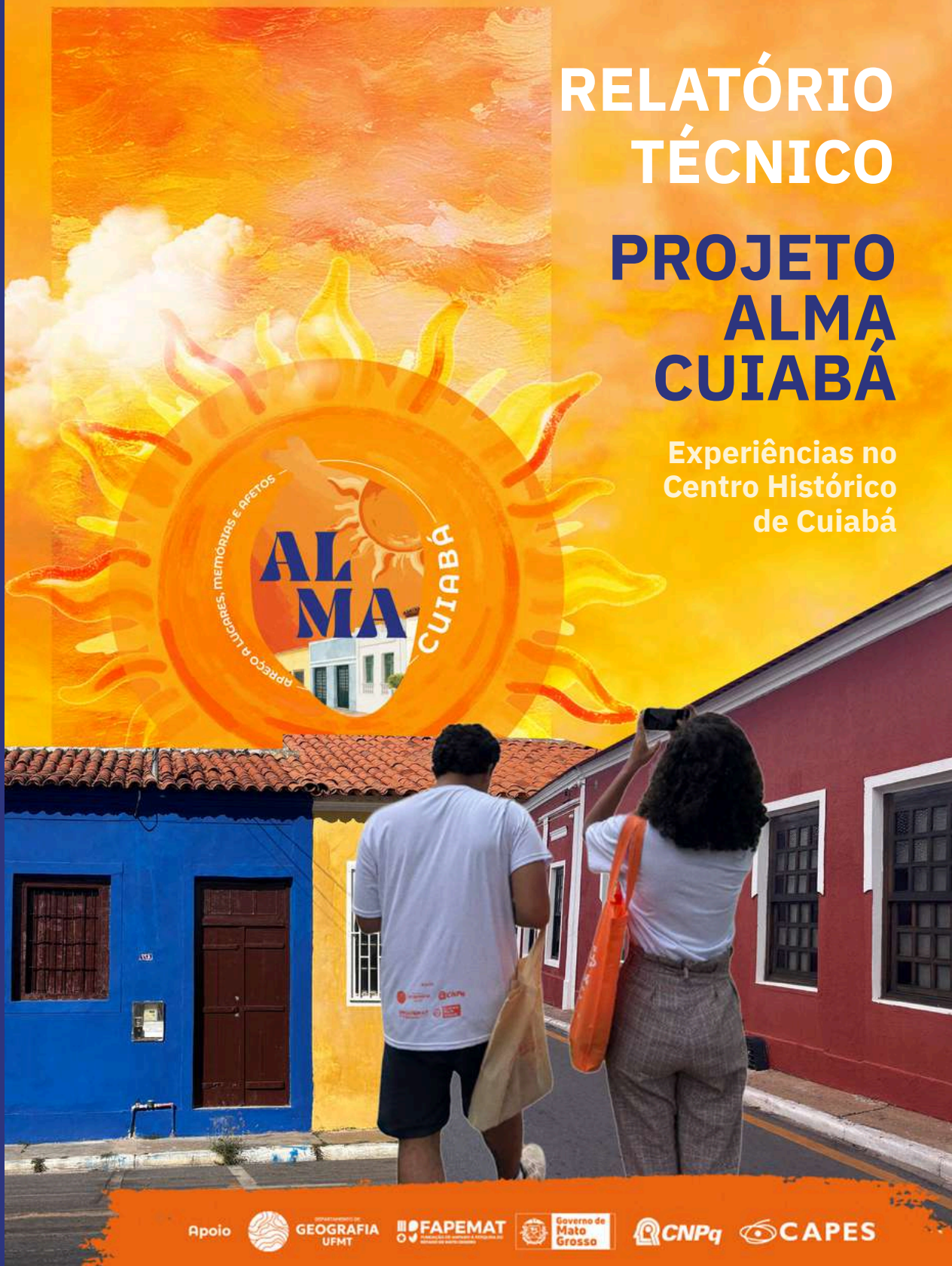
NÚCLEO DE GEOPROCESSAMENTO

RELATÓRIO TÉCNICO

PROJETO ALMA CUIABÁ

Experiências no Centro Histórico de Cuiabá



Apoio
GEOGRAFIA UFMT
FAPEMAT
Governo de Mato Grosso
CNPq
CAPES

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, HISTÓRIA E DOCUMENTAÇÃO
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

RELATÓRIO TÉCNICO DO NÚCLEO DE GEOPROCESSAMENTO

Edital FAPEMAT Nº 03/2025- Pesquisa Centro Histórico de Cuiabá

Projeto "Geografias do Cuidado e Cartografias Afetivas do Centro Histórico de Cuiabá - MT: Memória, Patrimônio e Conservação"

Diagnóstico cartográfico e documentação geoespacial do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP)

Cuiabá
2026

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação Geral

Prof.ª Dr.ª Marcia Alves Soares da Silva
Docente do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFMT

Núcleo de Geoprocessamento
Coordenação do Núcleo

Prof° Dr. Cleberson Ribeiro de Jesuz
Docente do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFMT

Pesquisadores

Kauã Almeida dos Anjos
Graduando em Licenciatura em Geografia – UFMT

Vanessa Campos da Silva
Graduanda em Licenciatura em Geografia – UFMT

Victor Hugo Gonçalves Lopes da Silva
Geógrafo; Mestrando em Geografia – Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFMT; Graduando em Licenciatura em Geografia – UFMT

Prof° Dr. Ibraim Fantin da Cruz
Docente do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFMT

Colaboradores

Renato Gatto de Morais
Geógrafo; Mestre em Recursos Hídricos; Doutorando em Geografia - UFMT

Prof° Dr. Vagner Paz Mengue
Docente do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFMT

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui da consolidação do aglomerado urbano de Cuiabá entre 1727 e 1751. Fonte: IPHAN Processo 1180-T-85.....21
Figura 2 - Localização do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP), Cuiabá–MT.....23
Figura 3 – Registro Panorâmico de parte do CAUP.....24
Figura 5 – Mosaico de usos no CAUP.....25
Figura 6 - Fluxo das fontes cartográficas e documentais utilizadas no levantamento cartográfico.....29
Figura 7 - Perímetro oficial do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP).....31
Figura 8 - Exemplos de inconsistências cartográficas identificadas entre as bases da Prefeitura Municipal de Cuiabá e do IPHAN.....33
Figura 9 - Integração entre cartografia histórica e bases vetoriais.....35
Figura 10 – Alinhamento em Campo 25/11/25.....39
Figura 11 – Percurso realizado durante o trabalho in-loco no CAUP 25/11/25.....40
Figura 12 – Registros In-Loco.....42
Figura 13 – Registros In-Loco.....43
Figura 14 – Carta Imagem – Síntese do perímetro e Registros.....44
Figura 15 – DJI Air 2S.....47
Figura 16 – Especificações DJI Air 2S.....48
Figura 17 – Operação DJI Air 2S.....49
Figura 18 – DJI Mavic 3T Enterprise.....50
Figura 19 – Especificações DJI Mavic 3T Enterprise.....51
Figura 20 – Atividade em campo DJI Mavic 3T Enterprise.....52
Figura 21 - Aeronave DJI Matrice 300 RTK.....54
Figura 22 – Sensor Zenmuse L1.....55
Figura 23 - DJI Matrice 300 e RTK.....57
Figura 24 – Configuração DroneLink – 1° Voo.....58
Figura 25 – Configuração DroneLink – 2° Voo.....59
Figura 26 – Configuração DroneLink – 3° Voo.....60
Figura 27 – Planejamento do voo RGB.....61
Figura 28 – Vôo Termográfico.....62
Figura 29 - Fluxo automatizado de processamento adotado no Agisoft Metashape.....66
Figura 30 - Distribuição espacial das câmeras após o alinhamento das fotografias.....67
Figura 31 – Mapas de sobreposição das imagens utilizadas no processamento.....68
Figura 32 - Nuvem de pontos esparsa gerada durante o alinhamento fotogramétrico.....69
Figura 33 – Nuvem de pontos densa por elevação.....69
Figura 34 – Nuvem de pontos densa RGB.....70
Figura 35 – Modelo tridimensional sólido gerado a partir da malha fotogramétrica.....71
Figura 36 – Modelo tridimensional representado por classes de elevação.....71

Figura 37 – Malha triangular (wireframe) do modelo tridimensional.....72
Figura 38 – Relatório de processamento da missão LiDAR MDT_CENTRO.....74
Figura 39 – Nuvem de pontos LiDAR colorizada em RGB.....74
Figura 40 – Nuvem de pontos LiDAR Elevação.....75
Figura 41 – Classificação da nuvem de pontos LiDAR..... 76
Figura 42 – Modelo Digital de Elevação derivado do levantamento LiDAR..... 76
Figura 43 – Modelo Digital de Terreno derivado dos dados LiDAR..... 77
Figura 44 – Relatório de processamento da missão oblíqua realizada no DJI Terra.....78
Figura 45 – Modelo tridimensional reconstruído a partir das imagens oblíquas.....79
Figura 46 – Organização das camadas e produtos cartográficos em ambiente SIG.....80
Figura 47 – Exemplo de sobreposição entre produtos gerados e bases cartográficas institucionais.....81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Bases de dados, equipamentos, softwares e ferramentas utilizados nas atividades do Núcleo de Georreferenciamento e Geotecnologias..... 27

LISTA DE SIGLAS

CAUP	Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico
FAPEMAT	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso
GNSS	Sistema Global de Navegação por Satélite
IPHAN	Instituto Patrimônio Histórico Artístico Nacional
LiDAR	Light Detection and Ranging
MDE/DEM	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital de Terreno
RPA	Aeronave Remotamente Pilotada
RTK	Real-Time Kinematic
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UFMT	Universidade Federal de Mato Grosso

Agradecimentos

A realização do projeto “Geografias do Cuidado e Cartografias Afetivas do Centro Histórico de Cuiabá - MT: Memória, Patrimônio e Conservação” foi possível a partir da participação e da colaboração de muitas pessoas, instituições e coletivos que, de diferentes formas, contribuíram para sua construção e desenvolvimento.

Agradecemos, especialmente, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), pelo financiamento que possibilitou a realização da pesquisa, a aquisição de equipamentos, o desenvolvimento das atividades de campo, a formação da equipe e a produção e circulação dos conhecimentos construídos ao longo do projeto.

Agradecemos à Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), especialmente ao Departamento de Geografia e Departamento de História, pelo apoio institucional e pelas condições que possibilitaram o desenvolvimento das atividades de pesquisa, ensino e extensão articuladas ao projeto.

Agradecemos também o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), cujos investimentos na formação e na pesquisa científica contribuíram para o desenvolvimento deste projeto.

Nosso agradecimento se estende a todos os docentes, pesquisadores, técnicos e estudantes que integraram a equipe, contribuindo com seus diferentes conhecimentos, experiências, perspectivas e formas de olhar para o Centro Histórico de Cuiabá. A diversidade de formações e trajetórias foi fundamental para a construção interdisciplinar da pesquisa e para a realização das atividades dos núcleos de Patrimônio, Arqueologia, Geografia Histórica e Geoprocessamento.

Agradecemos também às instituições, pesquisadores e parceiros que estabeleceram interlocuções com o projeto e contribuíram para o desenvolvimento das atividades, compartilhando conhecimentos, experiências, acervos, espaços e possibilidades de colaboração.

Um agradecimento especial é dirigido aos moradores, comerciantes, trabalhadores, frequentadores, artistas, grupos e coletivos culturais do Centro Histórico de Cuiabá que acolheram a equipe, compartilharam suas histórias, memórias, experiências e percepções e contribuíram para que a pesquisa pudesse conhecer o

território para além de seus registros documentais e materiais. As narrativas e experiências compartilhadas foram fundamentais para a construção das Cartografias Afetivas e para a compreensão das diferentes formas de cuidado, pertencimento, permanência e apropriação que constituem esse território.

Agradecemos ainda às escolas, professores, estudantes, instituições e comunidades que participaram das atividades de educação patrimonial, oficinas, caminhadas, encontros e demais ações abertas ao público. Esses momentos foram fundamentais para estabelecer uma relação de diálogo entre a universidade e a sociedade, permitindo que os conhecimentos produzidos pela pesquisa circulassem para além dos espaços acadêmicos.

Por fim, agradecemos a todas e todos que, mesmo não estando diretamente vinculados à equipe, contribuíram para que o projeto acontecesse. Cada encontro, caminhada, conversa, registro, descoberta e troca fez parte da construção desta pesquisa.

Este relatório é, portanto, também um registro de um trabalho coletivo. Para além de documentar resultados, ele reúne parte de uma experiência construída no encontro entre universidade, território e sociedade, reafirmando a perspectiva que orientou nossas ações: conhecer para cuidar.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO....12
2. INTRODUÇÃO....14
3. OBJETIVOS....17
3.1 Objetivo Geral....17
3.2 Objetivos Específicos....17
4. ÁREA DE ESTUDO....19
4.1 Centro Histórico de Cuiabá....19
4.2 Tombamento do CAUP....19
4.3 Caracterização espacial....24
5. BASES DE DADOS E MATERIAIS UTILIZADOS....27
6. METODOLOGIA....28
6.1 Procedimentos técnico-operacionais....28
6.1.1. Levantamento cartográfico....28
6.1.2. Georreferenciamento....36
6.1.3. Processamento em SIG....36
6.1.4. Trabalho de campo....38
6.1.5. Planejamento dos aerolevantamentos....45
6.2. Operações com RPAs....46
6.2.1 DJI Air 2S....46
6.2.2 DJI Mavic 3T Enterprise....49
6.2.3 DJI Matrice 300 RTK e Zenmuse L1....52
6.3 Aerolevantamentos com DJI Air 2S....57
6.4. Aerolevantamentos com DJI Mavic 3T Enterprise....60
6.5. Aerolevantamentos LiDAR com DJI Matrice 300 RTK....63
6.6. Processamento dos dados....64
6.6.1. Preparação e processamento automático dos dados....65
6.6.1.2. Alinhamento das fotografias....67
6.6.1.3. Reconstrução da nuvem de pontos densa....68
6.6.1.4. Geração dos modelos altimétricos e ortomosaicos....72
6.6.2 Processamento LiDAR no DJI Terra....72
6.6.2.1 Processamento da nuvem de pontos LiDAR....73
6.6.2.2. Reconstrução tridimensional a partir do voo oblíquo....77
6.6.3 Integração dos Dados e Análises Espaciais em Ambiente SIG....79
7. RESULTADOS....82
7.2. Compatibilização cartográfica....82
7.3. Inconsistências espaciais....83
7.4. Diagnóstico patrimonial....83
7.5. Produtos gerados....84

8. DISCUSSÃO TÉCNICA.....88
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 91
10. REFERÊNCIAS..... 93

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório técnico apresenta as atividades desenvolvidas pelo Núcleo de Georreferenciamento e Geotecnologias no âmbito do projeto “Geografias do Cuidado e Cartografias Afetivas do Centro Histórico de Cuiabá – MT: Memória, Patrimônio e Conservação”, para fins de popularização da ciência, intitulado como Projeto ALMA Cuiabá. Vinculado à Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), o projeto buscou desenvolver ações voltadas à compreensão, documentação e valorização do patrimônio histórico, cultural e paisagístico presente no Centro Histórico de Cuiabá.

A pesquisa possui caráter interdisciplinar, articulando contribuições da Geografia, Arquitetura e Urbanismo, História, Arqueologia e Geotecnologias, com enfoque na análise do Centro Histórico de Cuiabá, especialmente do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP), área tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e reconhecida como um dos principais conjuntos patrimoniais urbanos do estado de Mato Grosso.

Nesse contexto, o Núcleo de Georreferenciamento e Geotecnologias foi constituído com a finalidade de produzir, organizar e analisar informações espaciais relacionadas ao patrimônio urbano, contribuindo para a construção de bases cartográficas, levantamentos territoriais e produtos geoespaciais aplicados à documentação, interpretação e preservação do CAUP. As atividades desenvolvidas pelo núcleo envolveram a integração de dados cartográficos institucionais, georreferenciamento de documentos históricos, levantamentos de campo, planejamento e execução de aerolevantamentos com Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAs), processamento fotogramétrico, tratamento de dados LiDAR e elaboração de produtos cartográficos digitais.

A atuação do Núcleo fundamentou-se no entendimento de que as geotecnologias constituem importantes ferramentas para a análise e gestão do patrimônio cultural, permitindo integrar diferentes fontes de informação, documentar a paisagem urbana em múltiplas escalas e produzir dados capazes de subsidiar pesquisas, ações de preservação, governança e processos de tomada de decisão relacionados ao território.

Dessa forma, este relatório tem como objetivo registrar e apresentar os procedimentos técnicos desenvolvidos pelo Núcleo de Georreferenciamento e

Geotecnologias, bem como, os produtos gerados e os resultados obtidos durante a execução das atividades. O documento reúne informações referentes às etapas de levantamento cartográfico, validação em campo, aerolevantamentos, processamento de dados geoespaciais e análises espaciais realizadas no Centro Histórico de Cuiabá, no período de setembro de 2025 a julho de 2026, constituindo um registro técnico das contribuições do núcleo para o desenvolvimento do Projeto ALMA Cuiabá e para a construção de uma base geográfica aplicada ao patrimônio urbano da cidade.

2. INTRODUÇÃO

O Centro Histórico de Cuiabá constitui um dos mais importantes núcleos urbanos históricos do estado de Mato Grosso, concentrando elementos arquitetônicos, urbanísticos, paisagísticos e culturais que expressam diferentes momentos da formação territorial e da consolidação da capital mato-grossense. Meira (2018) descreve que sua configuração espacial resulta de processos históricos vinculados à ocupação colonial, às dinâmicas econômicas regionais e às transformações urbanas que moldaram a cidade desde o século XVIII.

Reconhecido pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) como Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP), o Centro Histórico de Cuiabá integra um conjunto urbano protegido pelo Processo de Tombamento nº 1180-T-85, cuja proteção foi formalizada inicialmente em 1987 e homologada definitivamente pela União Federal em 1992, com base no no Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937 O perímetro tombado abrange edificações, ruas, largos, traçados urbanos e paisagens que representam parte significativa da memória coletiva cuiabana e da identidade histórica da cidade. Nesse contexto, o tombamento federal não se restringe à preservação de edificações isoladas, mas compreende o conjunto urbano enquanto paisagem histórica, considerando as relações entre morfologia urbana, patrimônio edificado, ambiência e dinâmicas socioculturais presentes nesse espaço.

Apesar de sua relevância patrimonial, o Centro Histórico de Cuiabá enfrenta desafios relacionados à conservação de seus imóveis, às transformações da paisagem urbana e à ausência de compatibilização entre diferentes bases cartográficas institucionais utilizadas na gestão territorial e patrimonial da área tombada. Observa-se que parte das informações espaciais disponíveis apresenta divergências geométricas e topológicas, resultando em inconsistências relacionadas ao posicionamento de imóveis, delimitações espaciais e representação do perímetro tombado.

Nesse cenário, o uso das geotecnologias e dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) torna-se fundamental para a organização, análise e validação das informações espaciais associadas ao CAUP. Ferramentas de geoprocessamento possibilitam integrar diferentes bases vetoriais, realizar análises espaciais, identificar inconsistências cartográficas e estruturar bancos de dados geográficos voltados à preservação patrimonial e ao planejamento urbano.

Paralelamente às análises cartográficas, a incorporação de levantamentos de campo e produtos derivados de aerolevantamentos com Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAs) ampliam significativamente a capacidade de documentação e interpretação da paisagem urbana. A produção de ortomosaicos, modelos digitais de elevação, modelos digitais de terreno, nuvens de pontos densas e modelos tridimensionais permite maior detalhamento das características espaciais do conjunto tombado, contribuindo para diagnósticos técnicos relacionados ao estado de conservação, à ocupação urbana e às transformações observadas no patrimônio edificado.

Tais atividades foram desenvolvidas especialmente com as visitas em campo, que aconteceram em diferentes momentos de execução do projeto, reforçando a importância de análises in loco aliada com o uso de geotecnologias. Além disso, as atividades realizadas também tiveram um importante caráter formativo para os membros do projeto, que puderam conhecer diferentes geotecnologias empregadas para compreensão e gestão do território. Para tanto, também contamos com o apoio do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da UFMT para uso de equipamentos, reforçando a relevância de parcerias institucionais para a execução do projeto.

Dessa forma, o presente relatório técnico apresenta os procedimentos metodológicos, levantamentos cartográficos, análises espaciais e produtos geotecnológicos desenvolvidos no âmbito do Núcleo de Georreferenciamento e Geotecnologias do projeto. O documento busca contribuir para a documentação, interpretação e organização espacial do CAUP, subsidiando futuras ações de preservação patrimonial, planejamento urbano e consolidação de bases geográficas aplicadas à gestão do patrimônio cultural de Cuiabá.

Nesse sentido, as ações realizadas integram às demais atividades produzidas pelos outros núcleos do projeto, reforçando o entendimento do Centro Histórico não apenas como patrimônio material, mas também como espaço vivido, marcado por relações de memória, pertencimento, afetividade e produção de territorialidades urbanas. Tais atividades foram desenvolvidas especialmente durante as visitas de campo, realizadas em diferentes momentos da execução do projeto, reforçando a importância das análises in loco associadas ao emprego das geotecnologias. Além de contribuírem para a obtenção e validação das informações espaciais, essas atividades também assumiram caráter formativo para os integrantes do projeto, possibilitando o

contato com diferentes equipamentos, técnicas e geotecnologias aplicadas à compreensão e à gestão do território. Para sua realização, contou-se ainda com o apoio do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), especialmente por meio da disponibilização de equipamentos, evidenciando a importância da cooperação institucional para o desenvolvimento das ações do projeto.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Realizar o levantamento, organização e análise de dados cartográficos, geoespaciais e patrimoniais do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP), por meio da aplicação de geotecnologias, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), levantamentos de campo e aerolevantamentos com Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAs), visando contribuir para a documentação, interpretação espacial e preservação do Centro Histórico de Cuiabá – MT.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar inconsistências geométricas, topológicas e espaciais presentes nas bases de dados utilizadas na gestão patrimonial do CAUP;
- Organizar e compatibilizar bases cartográficas e vetoriais provenientes de diferentes instituições relacionadas ao Centro Histórico de Cuiabá;
- Realizar o georreferenciamento de documentos cartográficos e imagens históricas aplicadas à análise da evolução espacial do Centro Histórico;
- Desenvolver análises espaciais em ambiente SIG, utilizando ferramentas de geoprocessamento voltadas à interpretação do patrimônio urbano;
- Executar levantamentos de campo para validação espacial, registro fotográfico georreferenciado e observação das condições de conservação dos imóveis tombados;
- Produzir produtos cartográficos, incluindo ortomosaicos, modelos digitais de elevação, nuvens de pontos densas e modelos tridimensionais derivados de aerolevantamentos realizados com RPAs;
- Subsidiar ações de preservação patrimonial, planejamento urbano e gestão territorial do Centro Histórico de Cuiabá, contribuindo para o desenvolvimento e consolidação de metodologias baseadas em geotecnologias aplicadas à documentação, análise e gestão da paisagem urbana histórica.
- Estruturar e implementar uma base de dados georreferenciada integrada para a salvaguarda do patrimônio cultural, por meio do levantamento, organização e

análise de dados cartográficos, geoespaciais e patrimoniais do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP-MT). O projeto visa fornecer subsídios técnico-científicos de alta precisão para a documentação, a interpretação espacial e a gestão de políticas públicas de preservação do Centro Histórico

4. ÁREA DE ESTUDO

4.1 Centro Histórico de Cuiabá

O Centro Histórico de Cuiabá localiza-se na porção central da capital do estado de Mato Grosso, constituindo um dos principais núcleos de formação urbana da cidade e concentrando importantes referências históricas, culturais e patrimoniais associadas ao processo de ocupação do território cuiabano. Sua formação está diretamente relacionada ao período colonial e às dinâmicas decorrentes da mineração aurífera no século XVIII, responsáveis pela consolidação inicial do núcleo urbano às margens do Córrego da Prainha.

A configuração espacial do Centro Histórico evidencia a permanência de elementos urbanos tradicionais, como ruas estreitas, traçados irregulares, largos, igrejas e edificações históricas que refletem diferentes períodos da evolução urbana da cidade. Além do patrimônio edificado, a área também expressa relações entre paisagem, memória e práticas socioculturais, constituindo um espaço marcado por processos históricos de ocupação, circulação e produção de territorialidades urbanas.

Ao longo do tempo, o Centro Histórico passou por intensas transformações urbanas decorrentes da expansão da cidade, da verticalização e da modernização das estruturas urbanas, fatores que impactaram diretamente sua paisagem arquitetônica e suas dinâmicas espaciais. Apesar dessas transformações, o núcleo histórico ainda preserva parte significativa de sua estrutura urbana original, configurando-se como importante referência patrimonial e identitária para Cuiabá.

4.2 Tombamento do CAUP

O processo de formação do atual Centro Histórico de Cuiabá está diretamente relacionado aos primeiros núcleos de ocupação estabelecidos ao longo do século XVIII, estruturados em função das atividades mineradoras e das relações estabelecidas com os cursos d'água da região. Os registros históricos associados ao Processo de Tombamento nº 1180-T-85 evidenciam que a consolidação do aglomerado urbano ocorreu a partir da articulação entre os arraiais iniciais e os caminhos de circulação que conectavam as áreas de mineração às zonas de ocupação permanente. A **Figura 1** apresenta um croqui histórico representando a consolidação do aglomerado entre 1727 e 1751, destacando elementos que contribuíram para a formação da estrutura urbana que posteriormente daria origem ao atual Centro Histórico de Cuiabá.

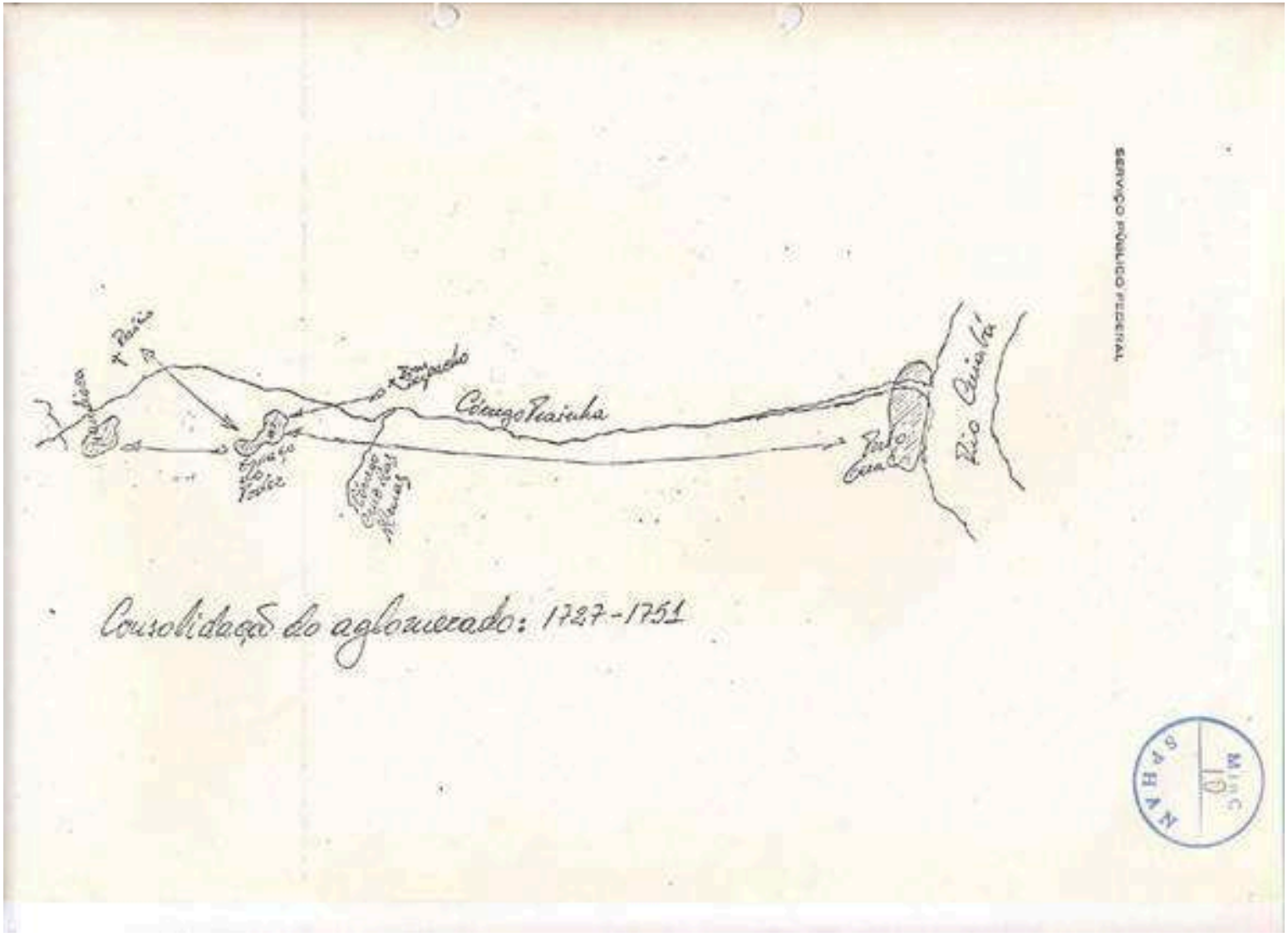


Figura 1 - Croqui da consolidação do aglomerado urbano de Cuiabá entre 1727 e 1751. Fonte: IPHAN Processo 1180-T-85.

Diferentemente dos processos de preservação voltados exclusivamente a edificações isoladas, o tombamento do CAUP considera o conjunto urbano enquanto paisagem histórica, abrangendo ruas, lotes, quadras, volumetrias, ambiências e relações espaciais que compõem o tecido urbano histórico da cidade. Dessa forma, o patrimônio é compreendido em sua dimensão integrada, envolvendo não apenas os imóveis individualmente reconhecidos, mas também as relações urbanas e paisagísticas existentes entre eles.

O perímetro tombado apresenta aproximadamente 13 hectares e reúne centenas de imóveis históricos, distribuídos em uma área caracterizada pela presença de edificações térreas e sobrados coloniais, equipamentos religiosos, espaços públicos e elementos urbanos associados à formação histórica de Cuiabá. A delimitação espacial do CAUP constitui importante instrumento de preservação patrimonial, embora apresente desafios relacionados à atualização cartográfica, compatibilização de bases espaciais e representação georreferenciada dos imóveis tombados.

A localização e a delimitação espacial do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá podem ser observadas na Figura 2, a qual apresenta a inserção do perímetro tombado em diferentes escalas geográficas, permitindo compreender sua posição no contexto municipal, estadual e nacional.

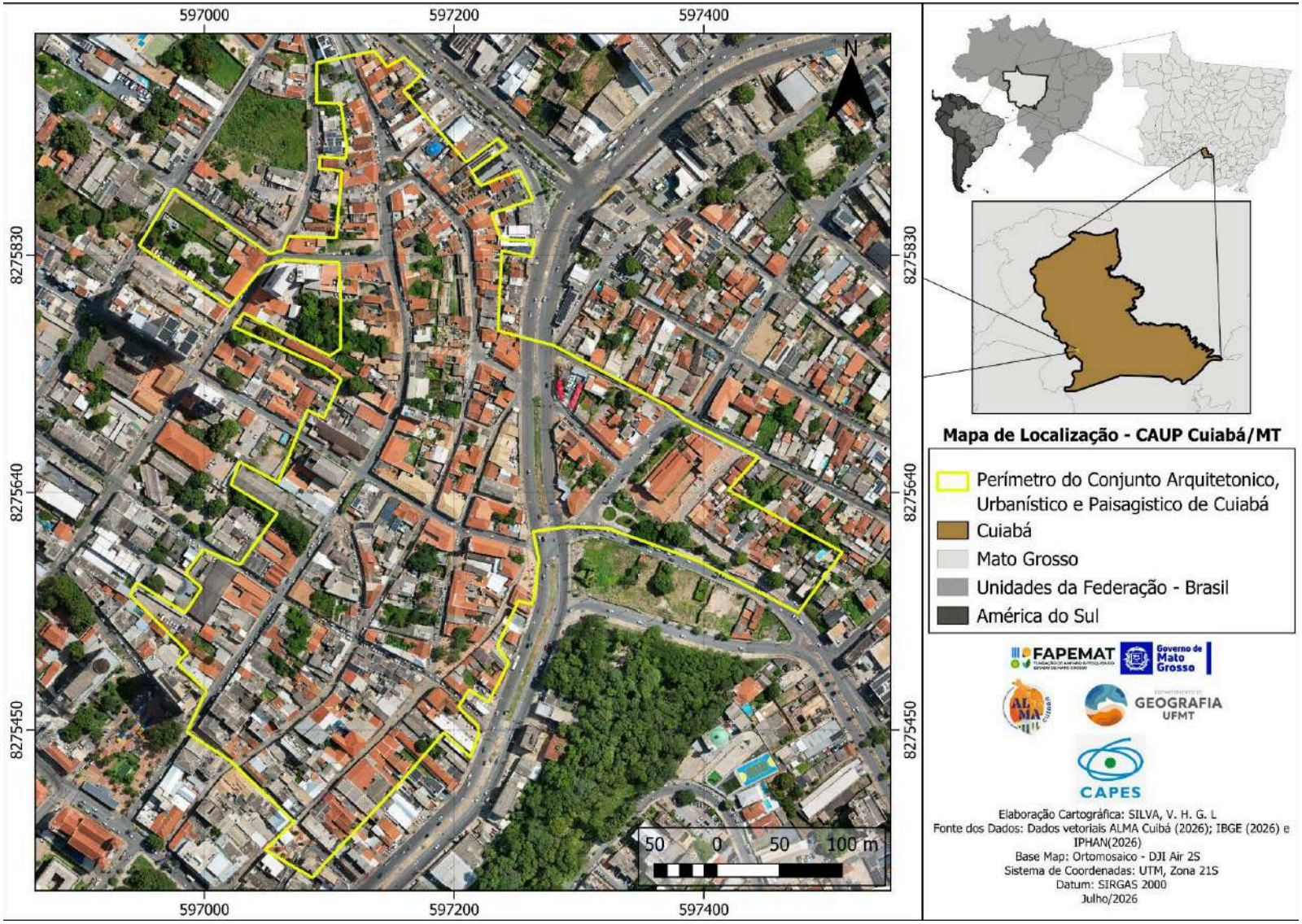


Figura 2 - Localização do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP), Cuiabá–MT.

4.3 Caracterização espacial

A área correspondente ao CAUP encontra-se inserida na região central de Cuiabá, em uma região marcada por forte diversidade de usos urbanos, concentração de atividades comerciais, serviços e circulação intensa de pessoas e veículos. Sua configuração espacial apresenta relações diretas com a topografia local, a hidrografia urbana e os antigos caminhos de circulação que estruturaram historicamente a cidade, conforme visto na figura abaixo.



Figura 3 – Registro Panorâmico de parte do CAUP.

Do ponto de vista geomorfológico, a área insere-se no contexto da Depressão Cuiabana, apresentando relevo predominantemente suave ondulado, associado à presença de cursos d'água e fundos de vale que influenciaram a expansão urbana histórica. Entre os elementos naturais de destaque encontra-se o antigo leito do Córrego da Prainha, cuja presença exerceu influência significativa na organização espacial e nas dinâmicas urbanas do Centro Histórico.

A paisagem urbana do CAUP caracteriza-se pela coexistência entre edificações históricas, áreas vegetadas, vias estruturantes e processos contemporâneos de verticalização observados no entorno imediato do conjunto tombado.



Figura 5 – Mosaico de usos no CAUP.

Essa relação entre permanências históricas e transformações urbanas evidencia a complexidade espacial da área, marcada pela sobreposição de diferentes temporalidades urbanas.

No âmbito deste relatório, a caracterização espacial do CAUP fundamenta-se na integração de dados vetoriais institucionais, análises em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), levantamentos de campo e produtos derivados de aerolevantamentos realizados com RPAs, possibilitando uma leitura espacial detalhada do patrimônio urbano e de suas dinâmicas territoriais.

5. BASES DE DADOS E MATERIAIS UTILIZADOS

O desenvolvimento das atividades do Núcleo de Georreferenciamento e Geotecnologias demandou a utilização integrada de bases cartográficas, equipamentos, plataformas e softwares especializados voltados à aquisição, processamento e análise de informações espaciais. Esses recursos possibilitaram a realização de levantamentos territoriais, georreferenciamento de documentos históricos, validação em campo, planejamento de aerolevantamentos, processamento fotogramétrico e tratamento de dados LiDAR aplicados ao Centro Histórico de Cuiabá.

O Quadro 1 apresenta uma síntese dos principais materiais, equipamentos e ferramentas empregados ao longo das atividades desenvolvidas. Os procedimentos metodológicos associados a cada recurso serão descritos detalhadamente nos capítulos subsequentes.

CATEGORIA	MATERIAL/FERRAMENTA	FINALIDADE
Base cartográfica	Prefeitura de Cuiabá	Lotes urbanos e cadastro territorial
Base cartográfica	IPHAN	Perímetro do CAUP e imóveis tombados
Software SIG	QGIS	Georreferenciamento e análises espaciais
Fotogrametria	Agisoft Metashape	Ortomosaico, DEM, MDT, nuvem densa e modelo 3D
Processamento LiDAR	DJI Terra	Classificação e processamento da nuvem LiDAR
Planejamento de voo	DroneLink	Elaboração dos planos de voo
Navegação em campo	Avenza Maps	Localização e validação em campo
RPA	DJI Air 2S	Aerolevantamento RGB
RPA	DJI Mavic 3T	Voo térmico e oblíquo
RPA	DJI Matrice + Zenmuse LiDAR	Levantamento LiDAR

Quadro 1 - Bases de dados, equipamentos, softwares e ferramentas utilizados nas atividades do Núcleo de Georreferenciamento e Geotecnologias.

6. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste relatório foi estruturada a partir da integração de diferentes procedimentos de aquisição, processamento e análise de dados geoespaciais aplicados ao patrimônio urbano. As etapas compreenderam a compatibilização de bases cartográficas, o georreferenciamento de documentos históricos, análises em ambiente SIG, validações em campo, planejamento e execução de aerolevantamentos com sensores RGB, térmicos e LiDAR, além do processamento fotogramétrico e da organização de um banco de dados geográficos voltado à documentação do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP).

6.1 Procedimentos técnico-operacionais

6.1.1. Levantamento cartográfico

A etapa de levantamento cartográfico consistiu na obtenção, organização, padronização e compatibilização de diferentes bases vetoriais e documentos cartográficos relacionados ao Centro Histórico de Cuiabá e ao Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP). Os dados foram reunidos a partir de diferentes fontes institucionais, permitindo a construção de uma base geoespacial integrada destinada à análise territorial e patrimonial da área de estudo.

As principais fontes de dados utilizadas durante esta etapa estão sintetizadas na Figura 5, que apresenta o fluxo de integração das informações cartográficas, documentais e geoespaciais empregadas na pesquisa.

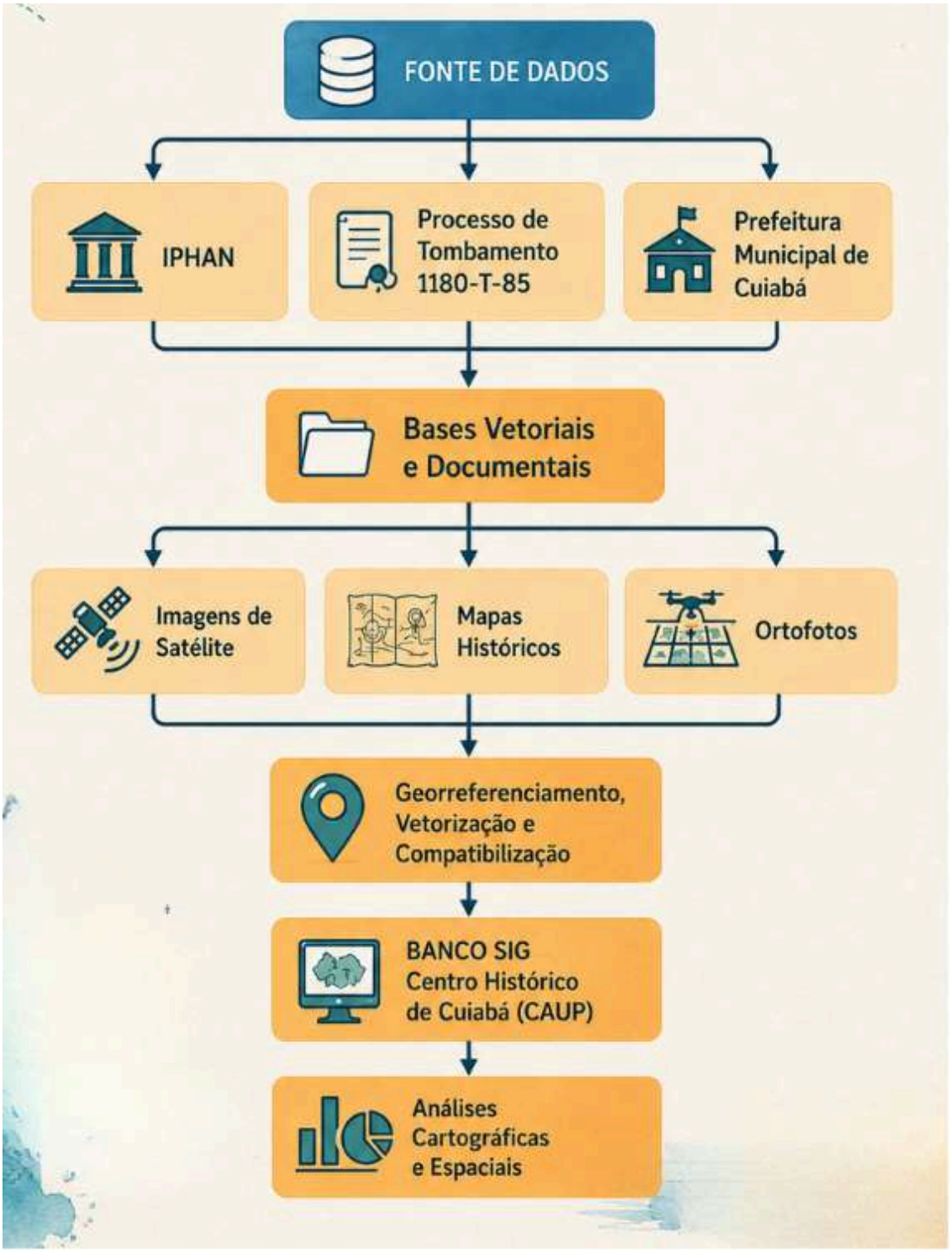


Figura 6 - Fluxo das fontes cartográficas e documentais utilizadas no levantamento cartográfico.

Foram utilizados arquivos vetoriais disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Cuiabá e pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), contemplando informações referentes aos lotes urbanos, quadras, sistema viário,

perímetro tombado e localização dos imóveis inventariados. Também foram consultados documentos técnicos vinculados ao Processo de Tombamento nº 1180-T-85, responsável pelo reconhecimento federal do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP).

A análise dessa documentação permitiu compreender os critérios utilizados para a delimitação da área protegida, bem como relacionar os registros históricos do processo de tombamento às bases cartográficas atualmente empregadas pelos órgãos responsáveis pela gestão patrimonial. A delimitação oficial do CAUP é apresentada na Figura 6.

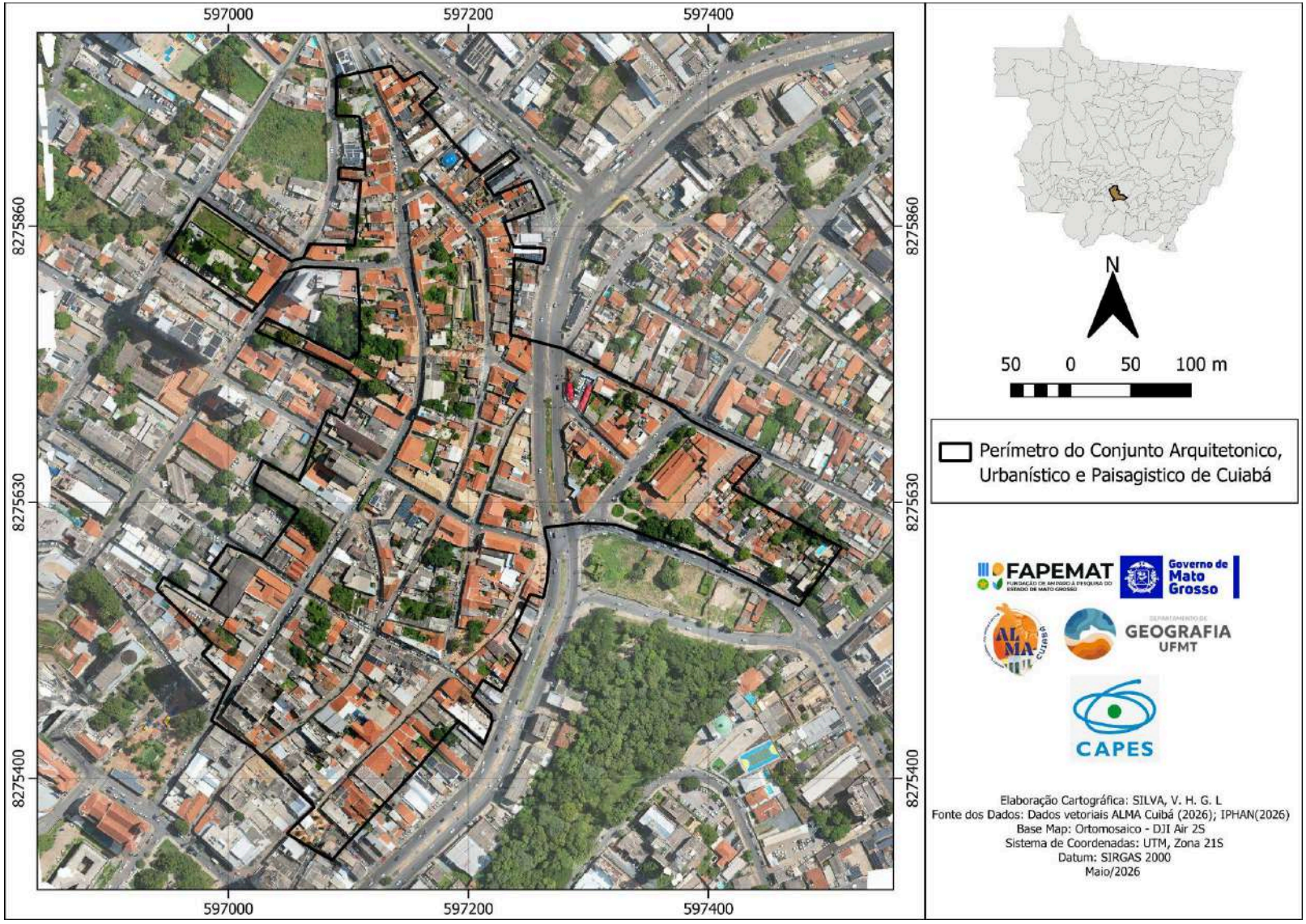


Figura 7 - Perímetro oficial do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP).

Após a definição da área de estudo, procedeu-se à organização e compatibilização das bases cartográficas produzidas pelos diferentes órgãos públicos envolvidos na gestão territorial e patrimonial. As informações foram integradas em ambiente do Sistema de Informação Geográfica (SIG), permitindo a padronização dos sistemas de referência, a realização de análises espaciais e a comparação entre os diferentes conjuntos de dados.

Observa-se que, cada instituição adota formas distintas de representação espacial. Enquanto, a Prefeitura estrutura sua base a partir dos lotes urbanos e da malha cadastral, o IPHAN utiliza predominantemente pontos vinculados aos imóveis inventariados e protegidos. A integração dessas informações possibilitou a construção de uma base unificada para apoio às etapas posteriores da pesquisa.

A sobreposição dos dados evidenciou diferenças de representação, posicionamento e cadastramento entre as bases institucionais. Durante as análises foram identificados imóveis representados em posições divergentes, registros duplicados, ausência de elementos constantes em uma base e inexistentes em outra, além de diferenças na associação entre imóveis protegidos e seus respectivos lotes. Tais inconsistências reforçam a necessidade de processos de compatibilização cartográfica e atualização cadastral para subsidiar ações de planejamento, gestão e preservação do patrimônio cultural.

A Figura 7 apresenta exemplos das principais inconsistências espaciais identificadas durante o processo de integração das bases.

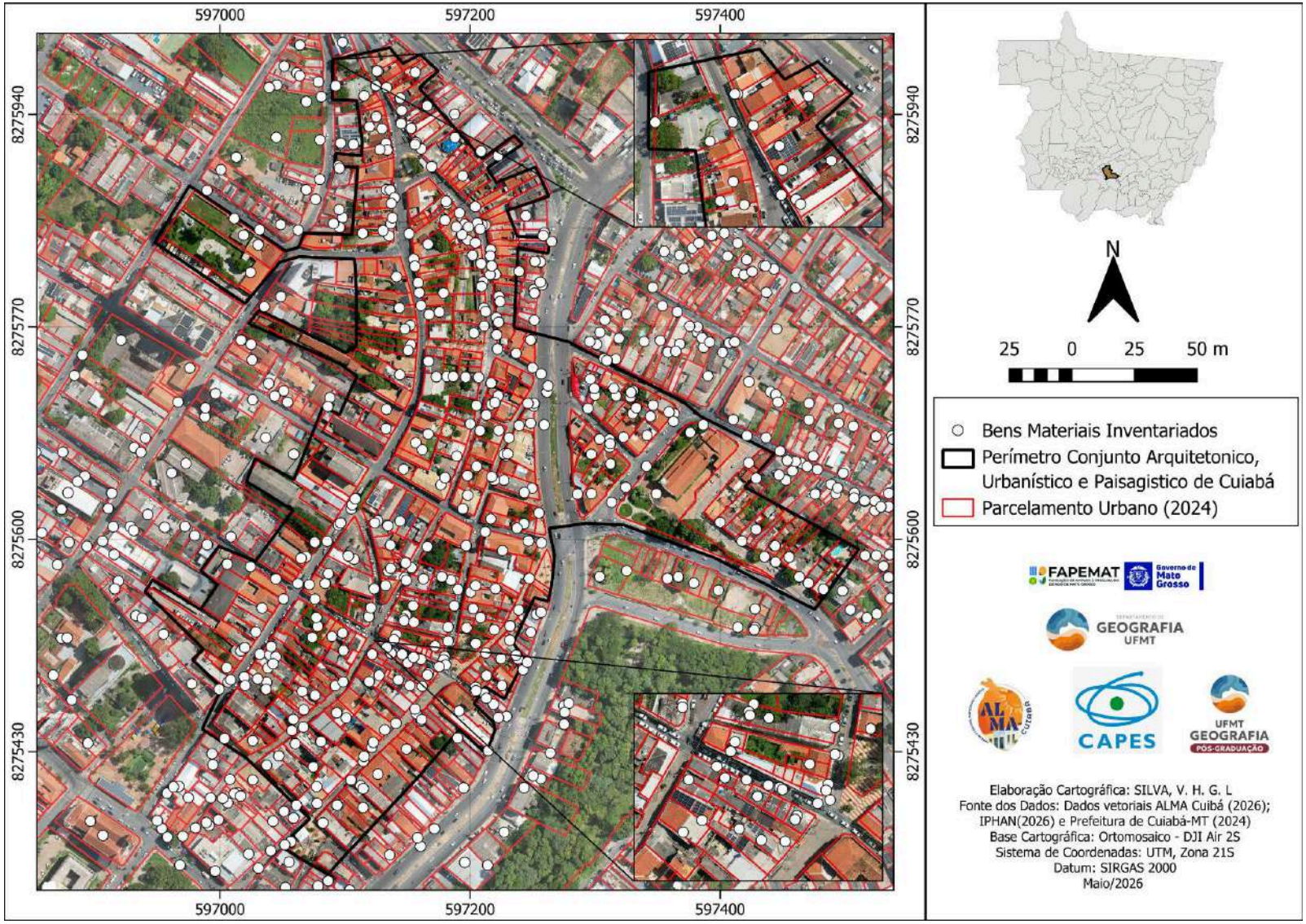


Figura 8 - Exemplos de inconsistências cartográficas identificadas entre as bases da Prefeitura Municipal de Cuiabá e do IPHAN.

Além das bases vetoriais contemporâneas, foram incorporados documentos cartográficos históricos, a integração entre esses documentos possibilitou estabelecer relações entre diferentes momentos da ocupação urbana do Centro Histórico de Cuiabá, permitindo compreender permanências, transformações e reconfigurações observadas na paisagem ao longo do tempo. Essa abordagem mostrou-se fundamental para a interpretação das dinâmicas territoriais e para a contextualização histórica das informações espaciais utilizadas na pesquisa.

A Figura 8 ilustra a integração entre cartografia histórica, bases vetoriais contemporâneas e produtos geoespaciais produzidos durante a pesquisa, revelando a complementaridade entre as diferentes fontes de informação utilizadas na análise territorial do CAUP.

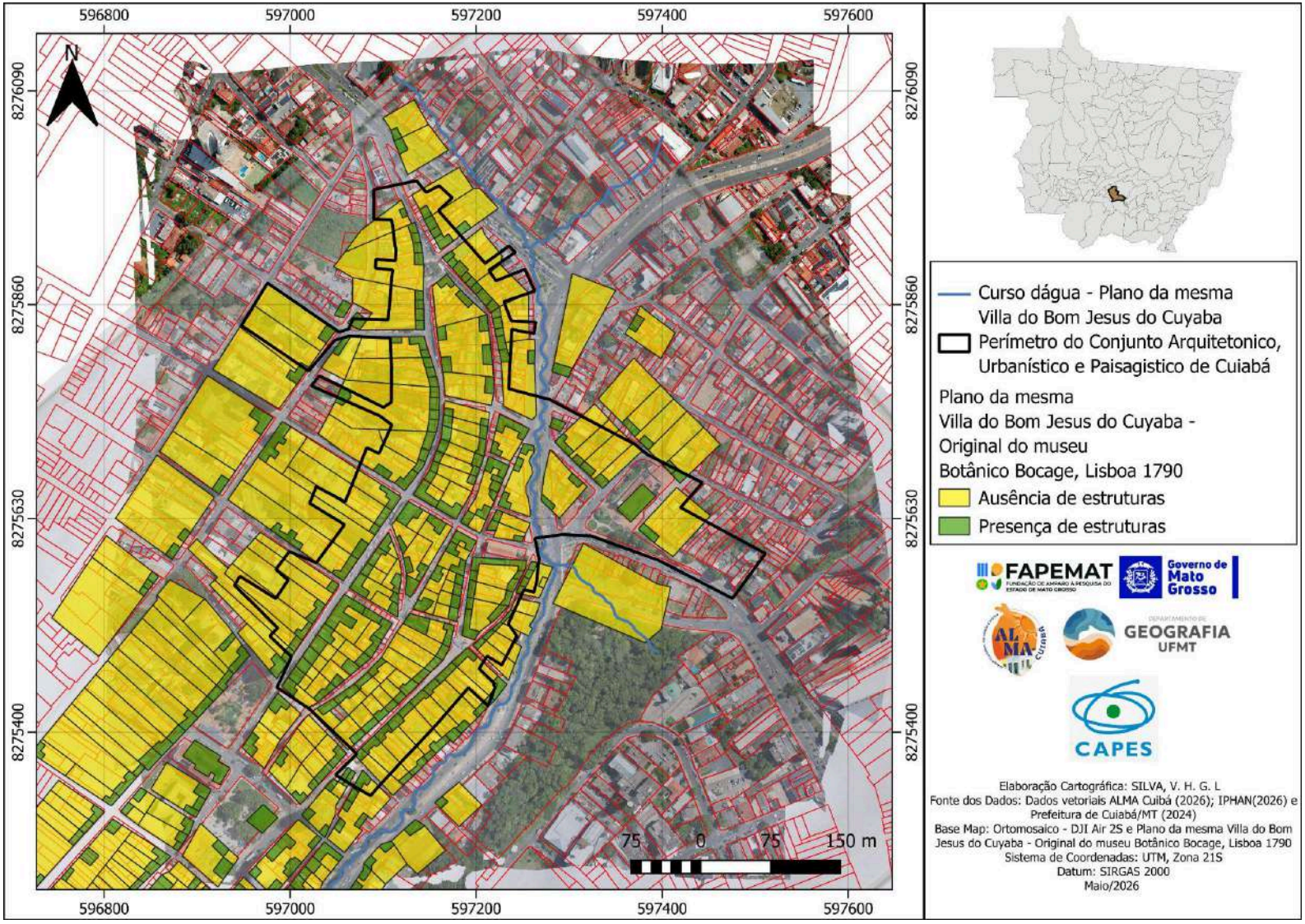


Figura 9 - Integração entre cartografia histórica e bases vetoriais.

A integração dessas diferentes fontes possibilitou não apenas a construção de uma base cartográfica de referência para o projeto, mas também a identificação de divergências geométricas, inconsistências espaciais e diferenças de representação entre os dados institucionais disponíveis. Dessa forma, o levantamento cartográfico constituiu uma etapa fundamental para subsidiar as análises territoriais, os trabalhos de campo, os levantamentos aerofotogramétricos e as interpretações patrimoniais desenvolvidas ao longo da pesquisa.

6.1.2. Georreferenciamento

Os procedimentos de georreferenciamento envolveram a adequação espacial de documentos cartográficos históricos e imagens raster ao sistema oficial de coordenadas utilizado no projeto, possibilitando sua integração às demais bases geográficas.

O processo foi realizado em ambiente SIG por meio da definição de pontos de controle distribuídos ao longo das áreas analisadas, utilizando elementos urbanos permanentes como referência espacial. Após a inserção dos pontos de controle, foram aplicados métodos de transformação espacial visando minimizar deslocamentos geométricos e garantir maior compatibilidade entre os documentos históricos e as bases cartográficas contemporâneas.

As bases foram organizadas no sistema de referência SIRGAS 2000 / UTM Zona 21 Sul, permitindo padronização cartográfica e compatibilidade espacial entre os diferentes conjuntos de dados utilizados nas análises.

6.1.3. Processamento em SIG

Os processamentos espaciais foram desenvolvidos em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando principalmente o software Quantum GIS (QGIS), plataforma livre e de código aberto amplamente empregada em estudos de geoprocessamento e análise espacial. As atividades de organização, integração, processamento, análise e representação das informações geoespaciais foram realizadas na versão QGIS 3.34 Prizren, adotada como ambiente principal para a produção cartográfica e execução das análises espaciais desenvolvidas ao longo da pesquisa.

A utilização do SIG permitiu reunir em uma única estrutura analítica diferentes bases cartográficas, documentos históricos georreferenciados, informações cadastrais e dados provenientes dos levantamentos de campo, possibilitando a construção de um banco de dados geográfico voltado ao estudo do patrimônio urbano de Cuiabá.

De acordo com Ferreira et al., (2010), o geoprocessamento reúne técnicas destinadas à organização, tratamento e análise de dados geográficos, possibilitando a produção de informações voltadas ao planejamento e à gestão territorial. Nesse processo, os Sistemas de Informação Geográfica desempenham papel fundamental ao integrar dados espaciais e atributos descritivos em um mesmo ambiente de análise, ampliando as possibilidades de consultas e interpretações sobre o território.

A partir dessa perspectiva, foram realizados procedimentos de padronização cartográfica, compatibilização dos sistemas de referência espacial, validação topológica e organização das tabelas de atributos das diferentes bases utilizadas. Posteriormente, foram executadas operações de recorte espacial (*clip*), sobreposição de camadas (overlay), consultas espaciais, criação de zonas de influência (*buffer*), extração de feições e cruzamentos entre dados vetoriais, permitindo a análise integrada dos elementos que compõem o Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP).

Essas operações possibilitaram identificar divergências espaciais, inconsistências geométricas e incompatibilidades entre as bases cartográficas produzidas por diferentes instituições. O cruzamento entre os dados disponibilizados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), os arquivos cadastrais da Prefeitura Municipal de Cuiabá e os registros obtidos em campo permitiu avaliar a correspondência espacial dos imóveis inventariados, contribuindo para a atualização e validação das informações relacionadas ao patrimônio edificado.

Ao discutir a aplicação do geoprocessamento na gestão do patrimônio histórico, Moura (2002) destaca que a construção de Sistemas de Informação Geográfica possibilita integrar diferentes fontes de informação em análises diagnósticas e prognósticas, favorecendo uma compreensão mais ampla da dinâmica urbana e das transformações da paisagem histórica. Segundo a autora, a utilização dessas tecnologias fortalece a articulação entre planejamento urbano e preservação patrimonial, permitindo que a gestão do patrimônio seja fundamentada em análises espaciais mais consistentes.

No contexto do patrimônio cultural, Novack, et al., (2019) ressaltam que, os Sistemas de Informação Geográfica possibilitam a criação de bancos de dados

georreferenciados capazes de reunir informações espaciais, históricas e cadastrais em um único ambiente de análise. Para os autores, essa integração contribui para o desenvolvimento de estudos, projetos de preservação e ações de gestão patrimonial, promovendo maior eficiência na organização e atualização das informações relacionadas aos bens culturais.

Os resultados obtidos por meio dos processamentos realizados subsidiaram a elaboração dos produtos cartográficos temáticos apresentados nesta pesquisa, permitindo representar espacialmente os limites do conjunto tombado, a distribuição dos imóveis patrimoniais e as relações espaciais identificadas entre os diferentes conjuntos de dados analisados. Dessa forma, o SIG constitui não apenas uma ferramenta operacional de processamento cartográfico, mas também um instrumento analítico fundamental para a compreensão da organização territorial e das dinâmicas de preservação do patrimônio histórico de Cuiabá.

6.1.4. Trabalho de campo

O trabalho de campo constituiu uma etapa fundamental para a validação das informações obtidas em gabinete e para a verificação das inconsistências identificadas durante a organização das bases cartográficas utilizadas na pesquisa. A necessidade do levantamento surgiu a partir da análise preliminar dos dados provenientes dos órgãos de preservação e das bases cartográficas disponibilizadas para o estudo, nas quais foram observadas divergências de localização, pontos duplicados, ausência de registros de determinados imóveis e inconsistências entre as informações cartográficas e a realidade espacial observada no CAUP.

Diante dessas limitações, o campo foi planejado com o objetivo de confirmar a localização dos imóveis de interesse, registrar suas características arquitetônicas atuais e verificar a correspondência entre os elementos representados nas bases cartográficas e as edificações efetivamente existentes no perímetro do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP).

Para auxiliar na navegação e localização dos imóveis previamente selecionados, foi utilizado o aplicativo **Avenza Maps**, no qual foram carregados mapas georreferenciados, onde foi possível acompanhar o deslocamento no perímetro, bem como identificar os lotes de interesse, conforme aponta a figura 10.



Figura 10 – Alinhamento em Campo 25/11/25.

Essa ferramenta permitiu acompanhar a posição da equipe em tempo real, identificar os imóveis considerados prioritários para análise e registrar observações diretamente associadas aos pontos previamente mapeados. A Figura 11 apresenta o percurso realizado durante as atividades de campo e os principais trechos percorridos para verificação das informações cartográficas.

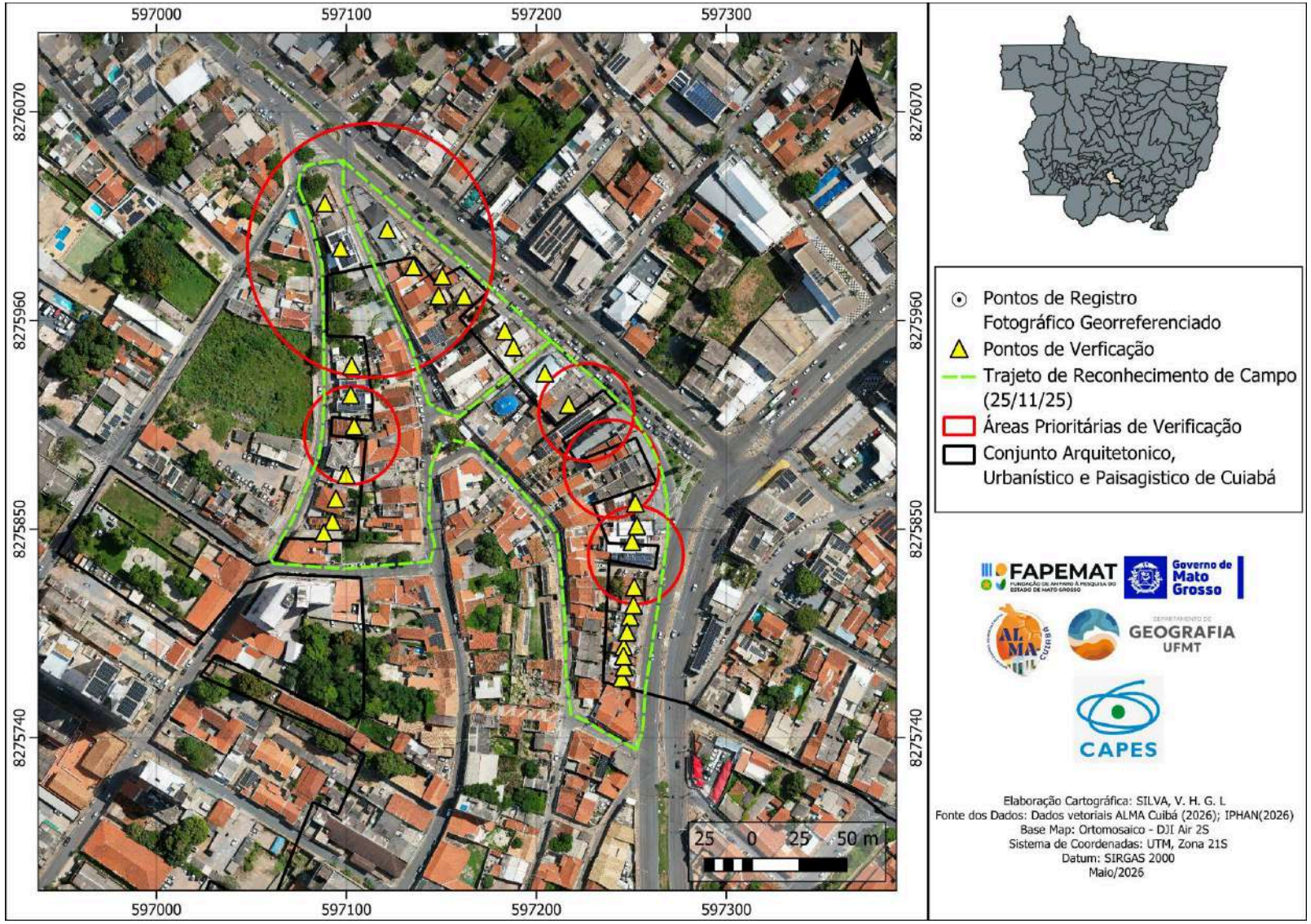


Figura 11 – Percurso realizado durante o trabalho in-loco no CAUP 25/11/25.

Paralelamente, os registros fotográficos foram realizados com o auxílio do aplicativo **TimeStamp Câmera,** permitindo a associação automática das imagens com informações de data, horário e coordenadas geográficas. Esse procedimento garante maior controle sobre a documentação produzida e facilitou a posterior integração dos registros ao Banco SIG da pesquisa.

Durante o levantamento foram observadas situações em que os imóveis representados nas bases institucionais não correspondiam exatamente à realidade encontrada em campo, assim como, casos de edificações sem registro cartográfico, imóveis associados a coordenadas incorretas e ocorrências de duplicidade de pontos. Essas verificações contribuíram para o refinamento das bases geográficas e para a construção de uma representação espacial mais consistente do patrimônio arquitetônico do Centro Histórico de Cuiabá.

Na Rua Barão de Melgaço foram identificados imóveis que apresentam alterações arquitetônicas significativas quando comparados aos registros históricos e às informações presentes nas bases institucionais. Entre as principais situações observadas destacam-se modificações em fachadas, substituição de elementos construtivos originais e adaptações decorrentes de novos usos comerciais.

As Figuras 12 apresentam exemplos de edificações registradas nesse trecho durante as atividades de campo, evidenciando processos de transformação que interferem diretamente na leitura da paisagem histórica e na preservação das características arquitetônicas do conjunto urbano

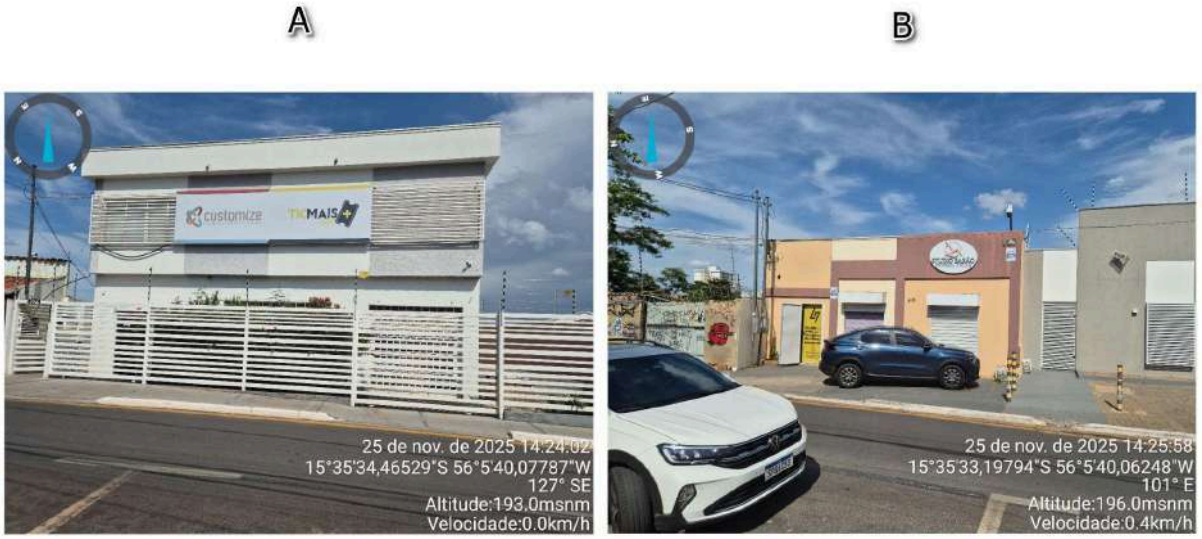


Figura 12 – Registros In-Loco.

Na Avenida Mato Grosso foram identificados pontos considerados críticos para a análise patrimonial, especialmente em áreas onde coexistem edificações históricas e construções submetidas a intervenções mais recentes. Nesse trecho, foram observadas alterações volumétricas, modificações em revestimentos e adaptações funcionais que impactam a integridade visual do conjunto urbano.

A Figura 13 ilustra algumas das situações registradas durante o levantamento, evidenciando transformações que poderão subsidiar análises posteriores sobre permanências, descaracterizações e processos de conservação do patrimônio arquitetônico, haja visto a presença de empreendimentos como autoescola.

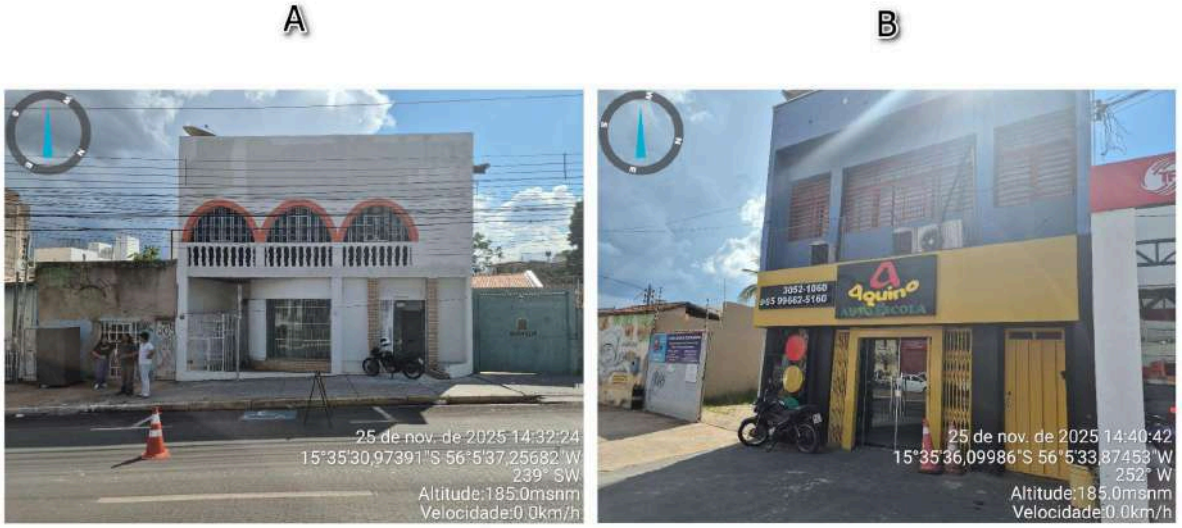


Figura 13 – Registros In-Loco.

As informações coletadas durante o trabalho de campo foram posteriormente incorporadas ao Banco SIG da pesquisa, permitindo relacionar os registros fotográficos georreferenciados, as observações realizadas em campo e as bases cartográficas previamente organizadas. Esse procedimento possibilitou corrigir inconsistências espaciais, complementar informações ausentes e fortalecer a confiabilidade das análises desenvolvidas sobre o patrimônio arquitetônico do Centro Histórico de Cuiabá. A figura 14, apresenta uma síntese da localização desses imóveis.

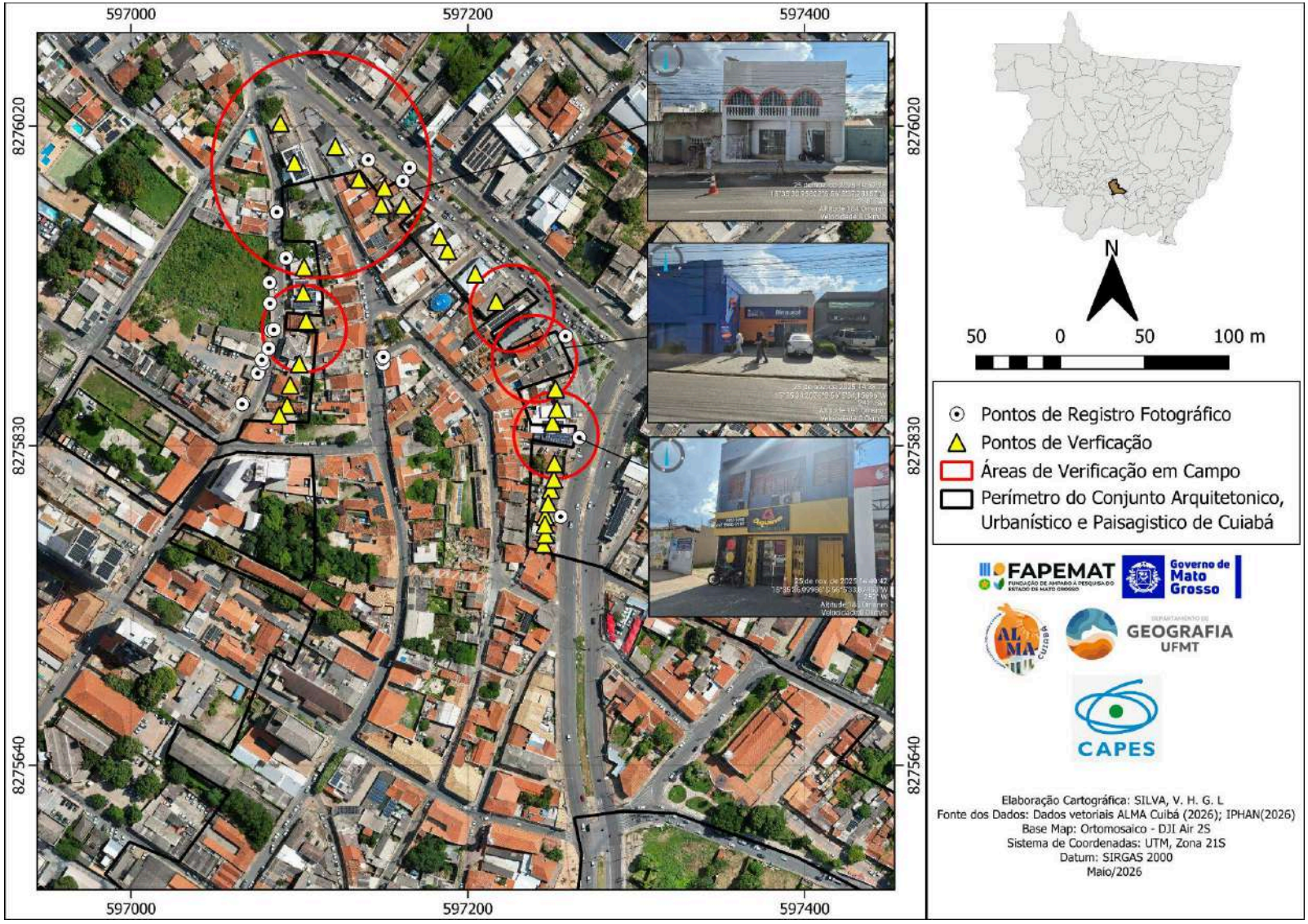


Figura 14 – Carta Imagem – Síntese do perímetro e Registros.

6.1.5. Planejamento dos aerolevantamentos

O planejamento dos aerolevantamentos constituiu uma etapa fundamental para a aquisição de dados espaciais destinados à documentação, análise e representação cartográfica do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP). Os voos foram concebidos considerando diferentes objetivos de levantamento, abrangendo missões fotogramétricas convencionais, imageamento termal, captura de imagens oblíquas e levantamentos com sensor LiDAR.

A definição das áreas de voo foi realizada a partir das bases cartográficas organizadas em ambiente SIG, incluindo o perímetro oficial do tombamento federal, os imóveis cadastrados, a malha urbana e as ortofotografias utilizadas no projeto. Com base nessas informações foram elaborados polígonos específicos para cada missão, permitindo adequar a cobertura aérea às necessidades de cada levantamento.

Para o planejamento operacional foi utilizada a plataforma **DroneLink**, responsável pela definição automática das rotas de voo, altitude da aeronave, velocidade de deslocamento, inclinação do sensor, percentuais de sobreposição entre imagens e direção dos tiros como é popularmente conhecida a orientação das linhas de voo. A utilização dessa ferramenta possibilitou maior controle sobre as missões, otimização do tempo de campo e padronização dos procedimentos de aquisição dos dados.

Além da delimitação direta das áreas de interesse, foram empregados buffers espaciais ao redor do perímetro do CAUP, visando ampliar a cobertura das imagens e minimizar possíveis perdas de informação nas bordas dos produtos fotogramétricos. Essa estratégia permitiu testar diferentes configurações de cobertura aérea e avaliar sua influência na qualidade dos produtos gerados.

Os parâmetros de voo foram definidos de acordo com os objetivos de cada missão, considerando fatores como resolução espacial desejada, autonomia da aeronave, densidade de imagens, capacidade de processamento e características do sensor embarcado. Em geral, buscou-se garantir elevados índices de sobreposição longitudinal e lateral, condição essencial para a reconstrução fotogramétrica e para a geração de modelos tridimensionais consistentes.

Os levantamentos contemplaram diferentes plataformas aéreas, incluindo o DJI Air 2S para obtenção de imagens RGB destinadas à geração de ortomosaicos e modelos fotogramétricos, o DJI Mavic 3T Enterprise para aquisição de imagens RGB, termográficas e oblíquas, e o DJI Matrice 300 RTK equipado com sensor LiDAR para obtenção de nuvens densas de pontos e modelagem tridimensional da paisagem urbana.

As Figuras abaixo apresentam os planejamentos das missões elaborados na plataforma DroneLink, evidenciando os polígonos de cobertura, buffers operacionais e rotas de voo definidas para cada levantamento realizado.

6.2. Operações com RPAs

As operações de campo foram realizadas por meio de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAs), empregadas para aquisição de imagens aéreas e dados tridimensionais destinados à documentação espacial do Centro Histórico de Cuiabá e do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP). As atividades envolveram diferentes plataformas aéreas, selecionadas de acordo com os objetivos específicos de cada levantamento, contemplando sensores RGB, termográficos e LiDAR.

As missões foram executadas a partir dos planejamentos previamente elaborados em ambiente SIG e na plataforma DroneLink, respeitando os parâmetros operacionais definidos para cada equipamento. Além da aquisição dos dados, as operações envolveram procedimentos de conferência dos sensores, monitoramento das condições ambientais, controle de sobreposição das imagens e verificação da cobertura das áreas de interesse.

A utilização de diferentes plataformas permitiu integrar múltiplas fontes de informação geoespacial, ampliando as possibilidades de documentação, modelagem tridimensional e análise do patrimônio urbano.

6.2.1 DJI Air 2S

O DJI Air 2S foi empregado nos levantamentos fotogramétricos iniciais do projeto, sendo responsável pela aquisição de imagens RGB destinadas à geração de ortomosaicos, modelos digitais e produtos cartográficos da área de estudo. A aeronave

destaca-se pela facilidade operacional, elevada qualidade de imagem e compatibilidade com aplicações de fotogrametria de pequena e média escala, a figura 15 apresenta a aeronave utilizada durante os aerolevantamentos executados no âmbito da pesquisa.



Figura 15 – DJI Air 2S.

O DJI Air 2S possui peso de decolagem aproximado de 595 gramas, autonomia de voo de até 31 minutos em condições ideais e sistema de posicionamento baseado nas constelações GNSS GPS, GLONASS e Galileo. Essas características proporcionam estabilidade operacional e permitem a execução de missões fotogramétricas com adequada cobertura espacial e controle de posicionamento.

O principal componente empregado nos levantamentos foi sua câmera RGB equipada com sensor CMOS de 1 polegada e resolução efetiva de 20 megapixels. O conjunto óptico apresenta distância focal equivalente a 22 mm, abertura f/2.8 e campo de visão de aproximadamente 88°, características que permitem a obtenção de imagens com elevado nível de detalhamento e qualidade adequada para aplicações fotogramétricas.

Para melhor compreensão dos componentes empregados durante as missões, a Figura 16 apresenta os principais elementos da aeronave utilizados na aquisição dos dados.



Figura 16 – Especificações DJI Air 2S.

Entre os componentes destacados encontram-se a câmera RGB responsável pela aquisição das imagens, o gimbal mecânico triaxial utilizado para estabilização do sensor, os sistemas de detecção de obstáculos e o conjunto de propulsão da aeronave. O gimbal possui controle de inclinação entre -90° e 0°, podendo alcançar até +24° em modo estendido, característica que contribui para a obtenção de imagens estáveis e geometricamente consistentes durante os voos.

As operações de campo envolveram procedimentos de preparação da aeronave, verificação dos sistemas embarcados, monitoramento das condições meteorológicas e acompanhamento das missões planejadas previamente em ambiente SIG e na plataforma DroneLink. A Figura 17 apresenta um dos momentos de operação da equipe durante a execução dos levantamentos.



Figura 17 – Operação DJI Air 2S.

Os trabalhos de campo permitiram acompanhar em tempo real a aquisição das imagens, verificar a cobertura das áreas de interesse e assegurar a qualidade dos dados coletados. A combinação entre planejamento prévio e monitoramento em campo foi fundamental para garantir a obtenção das informações utilizadas posteriormente nos processamentos fotogramétricos e na geração dos produtos cartográficos do projeto.

6.2.2 DJI Mavic 3T Enterprise

Com o objetivo de ampliar as possibilidades de aquisição de dados geoespaciais para o Centro Histórico de Cuiabá, foram realizadas operações utilizando a aeronave DJI Mavic 3T Enterprise. A plataforma foi empregada em levantamentos experimentais envolvendo imageamento RGB, termografia aérea e aquisição de imagens oblíquas,

permitindo avaliar diferentes abordagens de documentação aplicadas ao patrimônio urbano.

A Figura 18 apresenta a aeronave DJI Mavic 3T Enterprise utilizada durante as operações de campo realizadas no âmbito da pesquisa.



Figura 18 – DJI Mavic 3T Enterprise.

A DJI Mavic 3T Enterprise possui peso aproximado de 920 gramas, autonomia de voo de até 45 minutos em condições ideais e sistema de posicionamento baseado nas constelações GPS, Galileo, BeiDou e GLONASS. O equipamento pode ainda operar com correções RTK, possibilitando maior precisão no posicionamento das informações adquiridas em campo.

Um dos principais diferenciais da plataforma é seu conjunto multissensor embarcado. A aeronave integra três sistemas distintos de aquisição de dados: uma câmera grande-angular RGB, uma câmera teleobjetiva e uma câmera termográfica, permitindo registrar simultaneamente informações visuais e térmicas da paisagem urbana.

A Figura 19 apresenta os principais sensores embarcados na DJI Mavic 3T Enterprise.



Figura 19 – Especificações DJI Mavic 3T Enterprise.

A câmera RGB principal utiliza sensor CMOS de 1/2 polegada com resolução efetiva de 48 megapixels, distância focal equivalente a 24 mm e abertura f/2.8. O sistema permite a obtenção de imagens com dimensões máximas de 8000 × 6000 pixels, possibilitando elevado nível de detalhamento para aplicações de inspeção, documentação e fotogrametria aérea.

Complementando o sistema óptico, a aeronave possui uma câmera teleobjetiva equipada com sensor CMOS de 1/2 polegada e resolução de 12 megapixels. A lente apresenta distância focal equivalente a 162 mm, abertura f/4.4 e capacidade de zoom híbrido de até 56 vezes, permitindo inspeções visuais detalhadas de elementos arquitetônicos sem a necessidade de aproximação excessiva da aeronave.

O sensor termográfico constitui o principal diferencial tecnológico da plataforma. O equipamento utiliza tecnologia microbolométrica VOx não refrigerada, operando na faixa espectral do infravermelho termal entre 8 e 14 µm. A câmera térmica possui resolução de 640 × 512 pixels, frequência de aquisição de 30 Hz e sensibilidade térmica inferior a 50 mK, permitindo registrar pequenas variações de temperatura em superfícies urbanas e edificações.

Além da geração de imagens térmicas, o sistema permite medições de temperatura em pontos e áreas específicas, operando em faixas que variam de -20 °C a 150 °C em modo de alto ganho e de 0 °C a 500 °C em modo de baixo ganho. Essas

características possibilitam diferentes aplicações relacionadas à inspeção de edificações, análise de materiais construtivos e monitoramento de superfícies urbanas.

A plataforma também dispõe de sistema de estabilização mecânica triaxial, sensores omnidirecionais de detecção de obstáculos e transmissão digital DJI O3 Enterprise, recursos que contribuem para a segurança operacional e para a estabilidade na aquisição dos dados.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, a DJI Mavic 3T Enterprise foi utilizada principalmente para experimentações envolvendo termografia aérea e aquisição de imagens oblíquas, buscando avaliar o potencial dessas tecnologias para a documentação do patrimônio arquitetônico do Centro Histórico de Cuiabá. A Figura 20 apresenta uma das operações realizadas durante os trabalhos de campo.



Figura 20 – Atividade em campo DJI Mavic 3T Enterprise.

As atividades desenvolvidas permitiram compreender o comportamento dos sensores em ambiente urbano e explorar novas possibilidades de integração entre dados visuais e térmicos, contribuindo para futuras aplicações voltadas à conservação e documentação do patrimônio cultural.

6.2.3 DJI Matrice 300 RTK e Zenmuse L1

Complementando as etapas de levantamento cartográfico, trabalho de campo e aerolevantamentos fotogramétricos anteriormente realizados, foi executada uma campanha específica de aquisição de dados LiDAR no Centro Histórico de Cuiabá. A atividade contou com a participação da equipe de pesquisa vinculada ao Núcleo de Geoprocessamento do Projeto Alma Cuiabá, responsável pelo planejamento das missões, definição das áreas de interesse, acompanhamento das operações aéreas e validação dos produtos gerados. Os levantamentos foram desenvolvidos com o propósito de obter informações tridimensionais de alta precisão sobre a morfologia urbana, a volumetria das edificações e os elementos que compõem a paisagem do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP), ampliando o conjunto de dados espaciais disponíveis para análise e documentação patrimonial.

Com o objetivo de ampliar as possibilidades de aquisição de dados tridimensionais aplicados ao patrimônio cultural, foram realizados levantamentos utilizando a aeronave DJI Matrice 300 RTK equipada com o sensor LiDAR DJI Zenmuse L1. Essa configuração constitui uma das principais soluções de mapeamento aéreo atualmente disponíveis para aplicações de engenharia, cartografia, monitoramento ambiental e documentação patrimonial, permitindo a aquisição simultânea de nuvens de pontos tridimensionais e imagens RGB georreferenciadas.

A Figura 21 apresenta a plataforma DJI Matrice 300 RTK utilizada durante as atividades de campo realizadas no âmbito da pesquisa.



Figura 21 - Aeronave DJI Matrice 300 RTK.

O DJI Matrice 300 RTK é uma aeronave profissional de múltiplas aplicações desenvolvida para operações de inspeção, monitoramento e mapeamento de alta precisão. O equipamento possui peso aproximado de 6,3 kg com baterias instaladas, capacidade de carga útil de até 2,7 kg e peso máximo de decolagem de 9 kg. Sua autonomia pode atingir até 55 minutos de voo em condições ideais, permitindo a cobertura de extensas áreas em uma única missão.

O sistema de navegação utiliza as constelações GPS, GLONASS, Galileo e BeiDou, integradas ao posicionamento RTK, proporcionando precisão centimétrica durante a aquisição dos dados. Quando operando com solução RTK fixa, a precisão de posicionamento alcança aproximadamente 1 cm + 1 ppm na componente horizontal e 1,5 cm + 1 ppm na componente vertical.

A aeronave possui classificação de proteção IP45, permitindo operações em ambientes sujeitos à poeira e umidade, além de sensores omnidirecionais de detecção de

obstáculos distribuídos em múltiplas direções, contribuindo para a segurança dos voos em ambientes urbanos complexos.

O principal sensor empregado nos levantamentos foi o DJI Zenmuse L1, um sistema integrado que combina sensor LiDAR, unidade de medição inercial (IMU) de alta precisão e câmera RGB de mapeamento em uma única plataforma. O equipamento possui peso aproximado de 930 g e classificação de proteção IP54, sendo especialmente desenvolvido para aplicações de mapeamento aéreo de alta precisão.

A Figura 22 apresenta os principais componentes do sensor Zenmuse L1.



Figura 22 – Sensor Zenmuse L1.

O sensor Zenmuse L1 opera por meio da emissão e recepção de pulsos laser capazes de registrar múltiplos retornos sobre diferentes superfícies, permitindo a geração de nuvens de pontos tridimensionais densas e georreferenciadas. Essa

característica possibilita representar com elevado nível de detalhamento edificações, estruturas urbanas, vegetação e elementos do relevo, constituindo importante ferramenta para documentação, monitoramento e preservação do patrimônio cultural construído.

O sistema LiDAR possui alcance de até 450 metros em superfícies de alta refletividade e capacidade de registrar até 240.000 pontos por segundo em modo de retorno único e até 480.000 pontos por segundo em modo de retornos múltiplos. Associado à IMU embarcada e ao sistema RTK da aeronave, o sensor possibilita a obtenção de dados espaciais com elevada precisão geométrica, favorecendo aplicações que exigem detalhamento tridimensional e rigor posicional.

Além da aquisição dos dados LiDAR, o Zenmuse L1 incorpora uma câmera RGB de mapeamento equipada com sensor CMOS de 1 polegada e resolução efetiva de 20 megapixels. Essa integração permite a obtenção simultânea de informações geométricas e imagens fotográficas georreferenciadas, possibilitando a colorização da nuvem de pontos e ampliando as possibilidades de interpretação dos dados obtidos.

Durante as atividades de campo realizadas em 09 de maio de 2026, o conjunto DJI Matrice 300 RTK equipado com o sensor Zenmuse L1 foi empregado na aquisição de dados tridimensionais sobre o perímetro do Centro Histórico de Cuiabá. A operação contemplou inicialmente um levantamento LiDAR convencional destinado à obtenção de informações altimétricas e volumétricas da área de estudo. Em um segundo momento, foi executada uma missão complementar com aquisição oblíqua, concentrada em setores específicos do conjunto histórico, buscando ampliar o registro das fachadas e dos elementos arquitetônicos presentes nas principais vias de interesse patrimonial.



Figura 23 - DJI Matrice 300 e RTK.

Os dados coletados foram posteriormente processados em ambiente DJI Terra, resultando na geração de nuvens de pontos georreferenciadas, modelos digitais de superfície, modelos digitais de terreno e demais produtos derivados destinados às análises espaciais do CAUP. A integração dessas informações ao banco de dados geográficos da pesquisa amplia significativamente as possibilidades de documentação, monitoramento e análise da paisagem urbana do Centro Histórico de Cuiabá.

A utilização da tecnologia LiDAR permitiu registrar com elevado nível de detalhamento fachadas, coberturas, elementos construtivos e a volumetria urbana do conjunto histórico, produzindo uma base tridimensional que poderá subsidiar futuras ações de preservação, gestão patrimonial e estudos relacionados às transformações da paisagem urbana e arquitetônica da área tombada.

6.3 Aerolevantamentos com DJI Air 2S

Os primeiros aerolevantamentos realizados no âmbito da pesquisa utilizaram a aeronave DJI Air 2S, equipada com sensor RGB de alta resolução, tendo como principal

objetivo a obtenção de imagens destinadas à geração de ortomosaicos, modelos digitais e produtos cartográficos do Centro Histórico de Cuiabá.

O planejamento das missões foi desenvolvido na plataforma DroneLink, utilizando como referência o perímetro do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP) e áreas complementares de interesse para análise. Foram elaborados três planos de voo distintos, buscando avaliar diferentes configurações de cobertura e níveis de detalhamento espacial.

O primeiro voo contemplou uma área aproximada de 43,7 hectares, abrangendo o conjunto tombado e parte de seu entorno imediato. A missão foi configurada para altitude de 150 metros, velocidade máxima de 32 km/h, sobreposição frontal de 80% e lateral de 75%, resultando em uma estimativa de 240 fotografias, distância total de aproximadamente 8,7 quilômetros e tempo de voo de 22 minutos e 09 segundos.

A Figura 24 apresenta o planejamento da missão elaborado para a cobertura geral do CAUP.

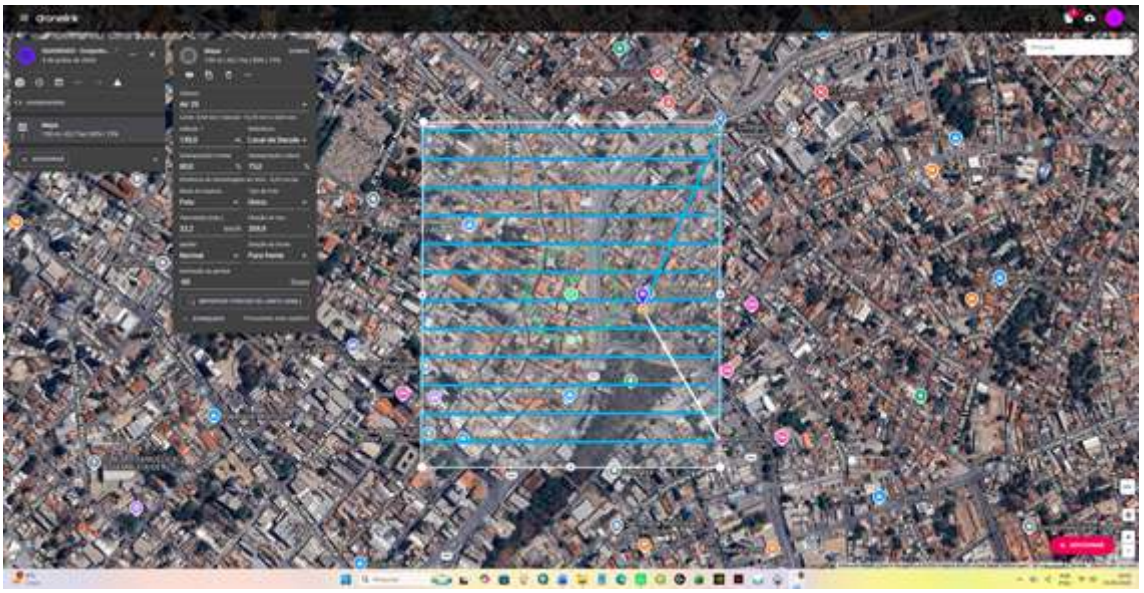


Figura 24 – Configuração DroneLink – 1° Voo.

Buscando otimizar a cobertura da área de interesse, foi elaborado um segundo plano de voo utilizando um buffer de 15 metros em torno do perímetro do tombamento. Essa configuração reduziu a área de cobertura para aproximadamente 18,7 hectares, mantendo a altitude de 150 metros e sobreposição frontal de 80% e lateral de 70%. A

missão apresentou estimativa de 112 fotografias, distância total de 5,1 quilômetros e duração aproximada de 15 minutos e 17 segundos.

A Figura 25 apresenta o planejamento do segundo aerolevantamento.

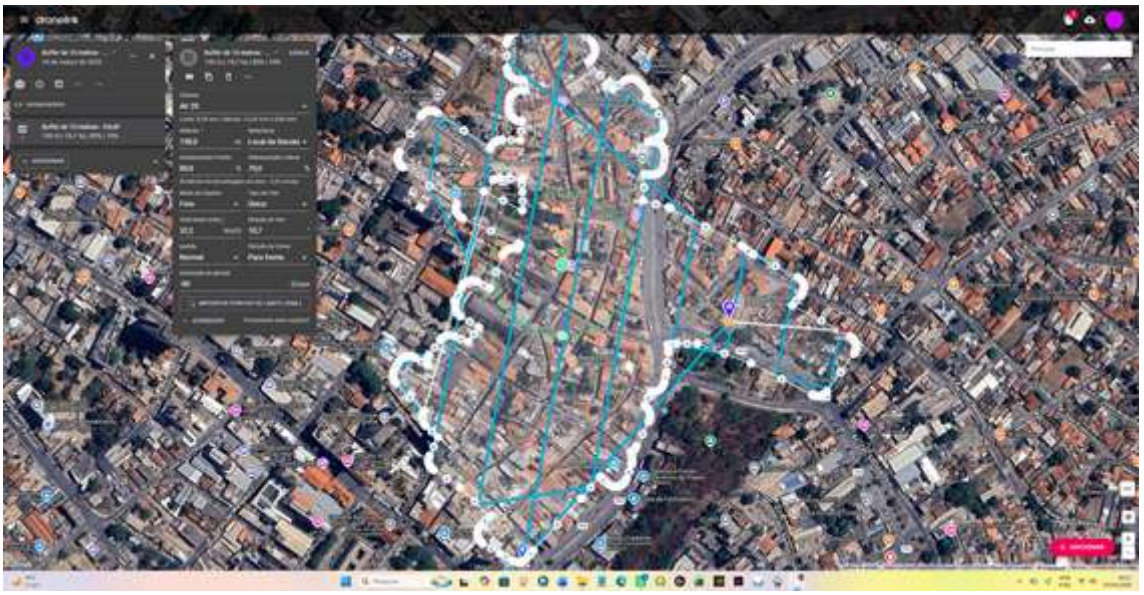


Figura 25 – Configuração DroneLink – 2° Voo.

Por fim, foi elaborado um terceiro plano de voo utilizando um buffer de 4 metros ao redor do perímetro do CAUP. Nessa missão a altitude foi reduzida para 120 metros, permitindo aumentar a resolução espacial estimada para aproximadamente 3,41 cm/pixel. A área coberta correspondeu a aproximadamente 14,9 hectares, com previsão de captura de 102 fotografias, distância de 4,6 quilômetros e tempo estimado de 14 minutos e 52 segundos.

A Figura 26 apresenta o planejamento do terceiro aerolevantamento.

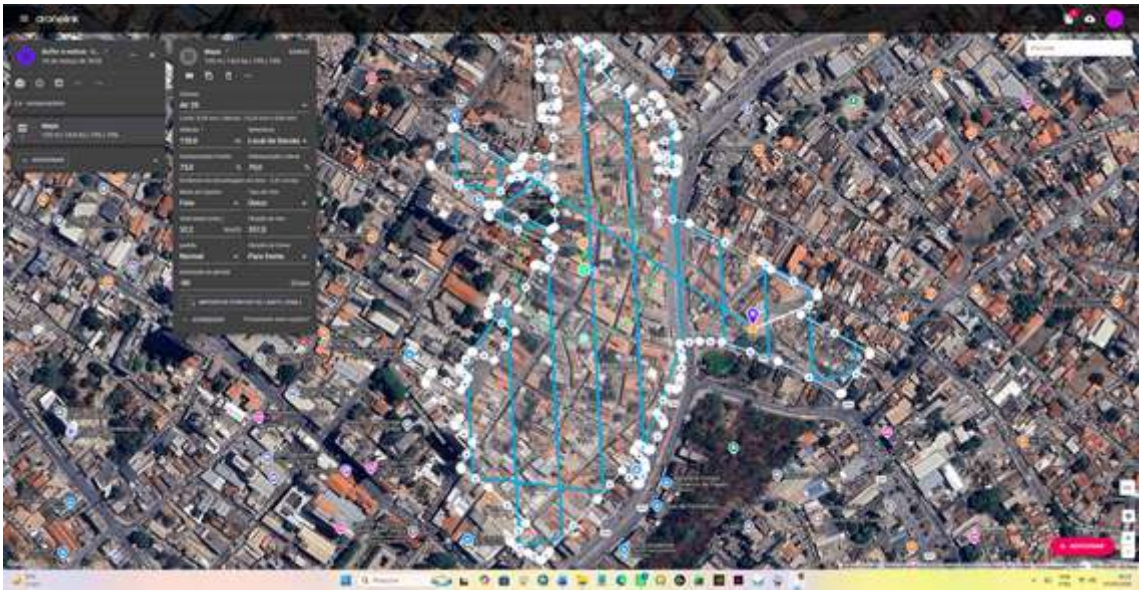


Figura 26 – Configuração DroneLink – 3° Voo.

A realização desses três planejamentos permitiu avaliar diferentes estratégias de cobertura aérea, fornecendo subsídios para a definição das missões executadas em campo e para a obtenção de produtos cartográficos compatíveis com os objetivos da pesquisa.

6.4. Aerolevantamentos com DJI Mavic 3T Enterprise

Com o objetivo de ampliar as possibilidades de aquisição de dados espaciais para o Centro Histórico de Cuiabá, foram planejadas missões utilizando a aeronave DJI Mavic 3T Enterprise, plataforma equipada com sensores RGB e termográfico integrados. Diferentemente dos levantamentos realizados com o DJI Air 2S, essas missões tiveram caráter exploratório e experimental, buscando avaliar o potencial de diferentes tipos de imageamentos aplicados à documentação do patrimônio urbano.

A primeira missão planejada com a DJI Mavic 3T Enterprise teve como objetivo a aquisição de imagens RGB destinadas à geração de ortomosaicos, modelos digitais de elevação e modelos tridimensionais da área de estudo. O levantamento foi configurado seguindo parâmetros fotogramétricos convencionais, com sobreposição longitudinal e lateral de 80%, buscando garantir adequada redundância entre as imagens e qualidade suficiente para os processamentos posteriores.

O planejamento resultou em uma cobertura aproximada de 81,6 hectares do Centro Histórico de Cuiabá, com altitude média de voo de 137 metros e resolução espacial estimada de 4,60 cm/pixel. Ao final da missão foram obtidas 615 imagens georreferenciadas, todas aproveitadas nas etapas subsequentes de processamento fotogramétrico. Essas características permitiram a obtenção de uma base cartográfica detalhada da área de estudo, servindo como referência para a geração dos produtos derivados e para comparação com os demais levantamentos realizados no âmbito da pesquisa.

A Figura 27 apresenta o planejamento do voo RGB realizado com a DJI Mavic 3T Enterprise.



Figura 27 – Planejamento do voo RGB.

Em um segundo momento foi planejada uma missão utilizando o sensor termográfico embarcado na aeronave. Diferentemente do levantamento RGB, essa operação concentrou-se em uma área mais restrita do Centro Histórico, sendo concebida como um voo experimental para avaliação preliminar da aplicabilidade da termografia aérea em estudos patrimoniais. O objetivo principal consistiu em compreender o comportamento do sensor, os procedimentos de aquisição e a qualidade das informações obtidas, criando uma base inicial para futuras aplicações relacionadas à identificação de

padrões térmicos em superfícies urbanas e edificações históricas, a figura abaixo, apresenta o perímetro de voo termográfico

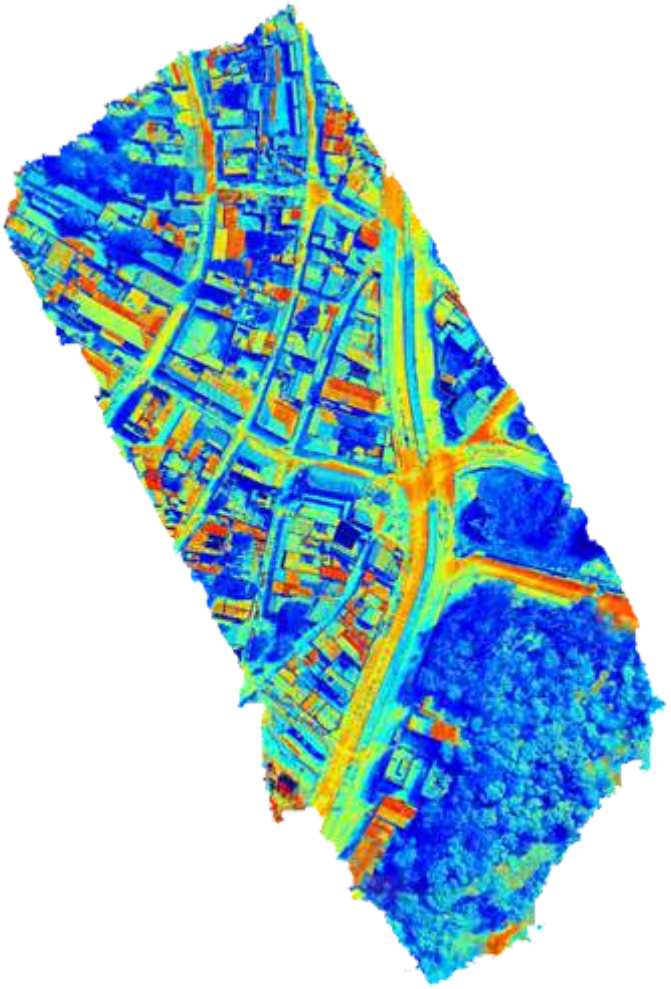


Figura 28 – Vôo Termográfico.

Por fim, foi planejada uma missão com aquisição de imagens oblíquas, caracterizada pela captura de fotografias em diferentes ângulos de visada. Nessa configuração, a aeronave registrou imagens a partir de múltiplas orientações da câmera, permitindo ampliar a documentação das fachadas, volumetrias e elementos arquitetônicos das edificações. Enquanto os voos nadirais privilegiam a representação da superfície horizontal, os voos oblíquos possibilitam maior detalhamento das porções verticais da paisagem urbana, contribuindo para processos de modelagem tridimensional e documentação arquitetônica.

Essa missão também teve caráter exploratório, sendo planejada com o intuito de avaliar o potencial da técnica para aplicações futuras relacionadas ao patrimônio cultural, especialmente na representação das fachadas e na geração de modelos tridimensionais mais completos das edificações presentes no conjunto tombado.

O conjunto dessas missões permitiu testar diferentes estratégias de aquisição de dados espaciais, integrando imagens RGB, termográficas e oblíquas em uma mesma plataforma aérea. Dessa forma, foram obtidas informações complementares que ampliam as possibilidades de análise e documentação do patrimônio arquitetônico e urbano do CAUP.

6.5. Aerolevantamentos LiDAR com DJI Matrice 300 RTK

Com forma de ampliar o detalhamento espacial das informações obtidas para o Centro Histórico de Cuiabá, foram planejadas missões utilizando a aeronave DJI Matrice 300 RTK equipada com o sensor LiDAR Zenmuse L1. A incorporação dessa tecnologia ao projeto teve como objetivo produzir dados tridimensionais de alta densidade, permitindo representar não apenas a superfície urbana, mas também a volumetria das edificações e a estrutura da paisagem construída.

O primeiro levantamento foi planejado para aquisição de dados LiDAR em configuração convencional, priorizando a cobertura integral da área de interesse. A missão foi concebida visando a geração de nuvem de pontos tridimensional, Modelo Digital de Elevação (MDE), Modelo Digital de Superfície (MDS) e, posteriormente, Modelo Digital de Terreno (MDT) obtido a partir da classificação dos pontos correspondentes ao terreno. Para essa operação foram adotados parâmetros compatíveis com levantamentos urbanos de alta resolução, incluindo altura média de voo próxima de 114 metros, velocidade média de aproximadamente 7,94 m/s, frequência de pulsos de 240 kHz e taxa de varredura de 720 kHz.

Em um segundo momento foi planejada uma missão complementar utilizando aquisição oblíqua associada ao sensor LiDAR. Diferentemente do levantamento convencional, essa operação concentrou-se em uma área mais restrita do Centro Histórico, abrangendo principalmente os principais eixos históricos e setores de maior interesse para a documentação arquitetônica. O objetivo dessa estratégia consistiu em ampliar a captura de informações das fachadas e reduzir possíveis zonas de sombra na

nuvem de pontos, contribuindo para a geração de modelos tridimensionais mais completos das edificações.

A missão oblíqua foi executada por meio de múltiplas passadas sobre a área de interesse, mantendo alturas próximas de 105 metros e velocidades variáveis conforme as características do trajeto planejado. A combinação entre dados LiDAR e aquisição oblíqua permitiu aumentar a quantidade de informações registradas nas superfícies verticais das edificações, aspecto particularmente importante para estudos relacionados ao patrimônio arquitetônico e à modelagem tridimensional urbana.

Os dois levantamentos foram concebidos de forma complementar. Enquanto o voo LiDAR convencional priorizou a obtenção de informações topográficas e a construção de modelos digitais do terreno e da superfície, o voo oblíquo buscou aprimorar a representação tridimensional das edificações e elementos arquitetônicos presentes no conjunto tombado, ampliando as possibilidades de análise espacial e documentação patrimonial.

6.6. Processamento dos dados

Os dados obtidos durante os levantamentos aéreos foram processados em diferentes ambientes computacionais, de acordo com as características dos sensores embarcados e dos produtos cartográficos pretendidos. Foram utilizados os softwares Agisoft Metashape Professional, DJI Terra e QGIS, cada um desempenhando funções específicas no fluxo metodológico adotado.

O Agisoft Metashape foi empregado principalmente para o processamento fotogramétrico das imagens RGB obtidas pelos drones DJI Air 2S, DJI Mavic 3T e DJI Matrice 300 RTK. Por meio desse software foram gerados produtos como nuvens de pontos densas, Modelos Digitais de Superfície (MDS), Modelos Digitais de Terreno (MDT), ortomosaicos e modelos tridimensionais.

Paralelamente, o DJI Terra foi utilizado para o processamento dos dados LiDAR adquiridos pelo sensor Zenmuse L1 embarcado no DJI Matrice 300 RTK, bem como para a avaliação dos produtos fotogramétricos gerados a partir das imagens RGB capturadas durante as missões realizadas com a mesma aeronave. A utilização de diferentes plataformas possibilitou a comparação dos resultados obtidos, permitindo avaliar as potencialidades e limitações de cada solução no contexto do mapeamento do patrimônio histórico e da modelagem tridimensional urbana.

Após o processamento inicial, todos os produtos gerados foram integrados em ambiente SIG utilizando o software QGIS, onde foram organizados em um banco de dados geográfico único, compatibilizados com as bases vetoriais do IPHAN, Prefeitura Municipal de Cuiabá e demais instituições participantes do projeto.

6.6.1. Preparação e processamento automático dos dados.

O aplicativo foi empregado para a geração de produtos fotogramétricos destinados à documentação espacial do Centro Histórico de Cuiabá, incluindo nuvens de pontos, modelos tridimensionais, Modelos Digitais de Elevação (MDE), Modelos Digitais de Terreno (MDT) e ortomosaicos georreferenciados.

Inicialmente, as fotografias foram importadas para o ambiente de processamento, organizadas em projetos independentes conforme cada missão de voo e referenciadas no sistema de coordenadas SIRGAS 2000 / UTM Zona 21 Sul (Código: 31981), garantindo compatibilidade espacial com as demais bases cartográficas utilizadas na pesquisa. Quando necessário, também foram aplicadas máscaras às imagens para eliminar elementos indesejados presentes nas bordas das fotografias, contribuindo para o aprimoramento do processamento fotogramétrico.

Com o objetivo de padronizar os procedimentos adotados nos diferentes levantamentos, foi utilizado o recurso de processamento automatizado (Batch Process) disponibilizado pelo Agisoft Metashape. Essa ferramenta permite a execução sequencial das principais etapas do fluxo fotogramétrico, reduzindo interferências operacionais e assegurando a aplicação dos mesmos parâmetros em todos os conjuntos de imagens analisados.

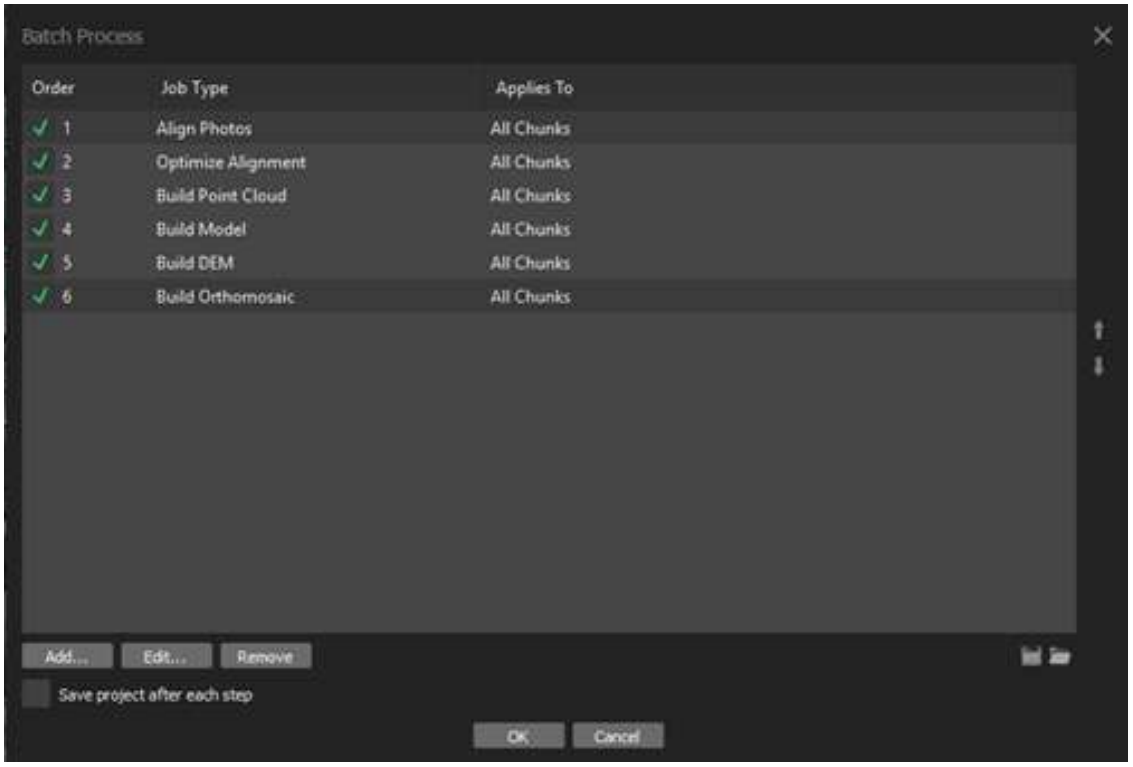


Figura 29 - Fluxo automatizado de processamento adotado no Agisoft Metashape.

Conforme apresentado na Figura acima, o processamento foi estruturado em seis etapas principais. A primeira corresponde ao alinhamento das fotografias (Align Photos), responsável pela identificação automática de pontos homólogos entre as imagens e pela determinação da posição relativa das câmeras. Em seguida foi executada a otimização do alinhamento (Optimize Alignment), procedimento destinado ao refinamento dos parâmetros internos e externos das câmeras, reduzindo erros de reconstrução espacial.

Na sequência foi realizada a geração da nuvem de pontos (Build Point Cloud), etapa que produz uma representação tridimensional inicial da área levantada a partir da correspondência entre pixels observados em múltiplas fotografias. Posteriormente foi executada a construção do modelo tridimensional (Build Model), responsável pela criação da malha poligonal que representa geometricamente as superfícies presentes na área de estudo.

As etapas finais compreenderam a geração do Modelo Digital de Elevação (Build DEM) e a produção do ortomosaico georreferenciado (Build Orthomosaic), produtos que serviram de base para as análises espaciais desenvolvidas ao longo da pesquisa. Todos os processamentos foram executados utilizando os parâmetros de

qualidade máxima (Highest), buscando maximizar o detalhamento geométrico e a precisão dos produtos gerados.

6.6.1.2. Alinhamento das fotografias.

Após a execução do fluxo automatizado, o primeiro produto obtido correspondeu ao alinhamento das imagens, permitindo a reconstrução da geometria do bloco fotogramétrico e a determinação das posições relativas das câmeras utilizadas durante os levantamentos.

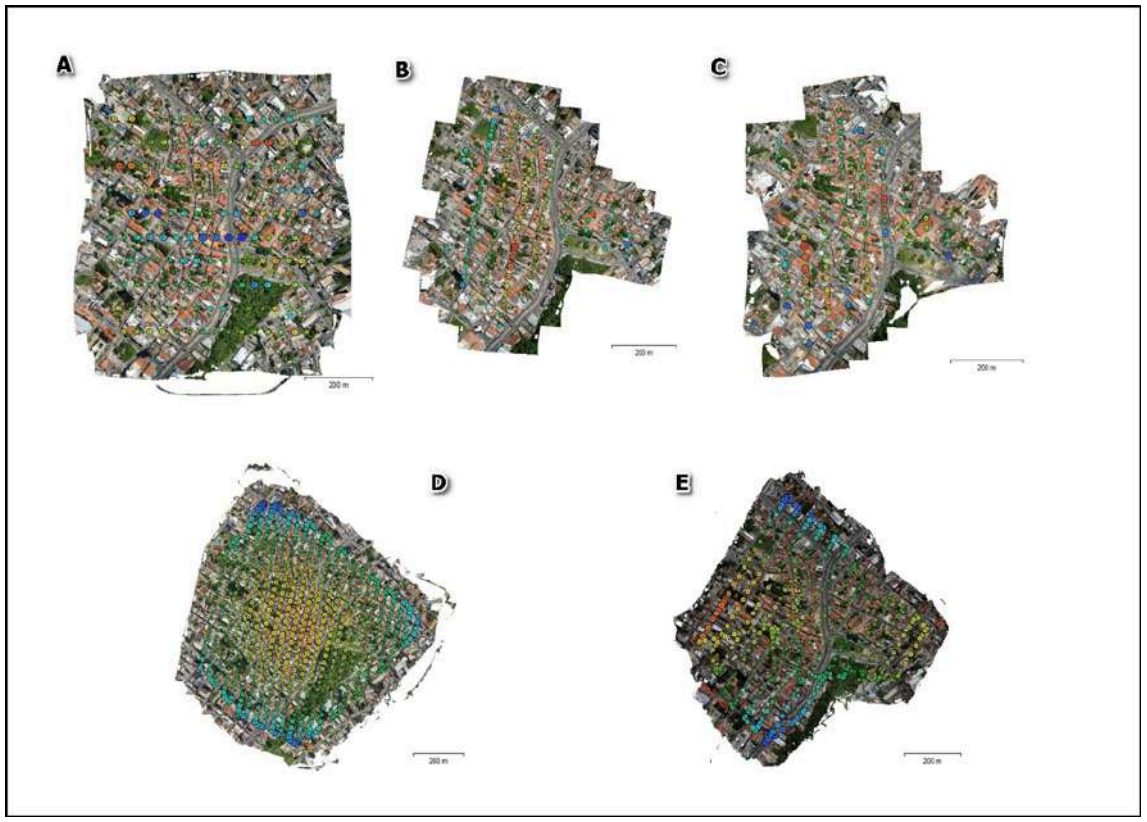


Figura 30 - Distribuição espacial das câmeras após o alinhamento das fotografias.

A Figura acima apresenta a localização das câmeras reconstruídas pelo software após o processo de alinhamento. Cada ponto representa uma fotografia utilizada na reconstrução fotogramétrica, evidenciando a cobertura integral da área de estudo e a adequada distribuição das tomadas aéreas ao longo das missões realizadas.

Complementarmente, foi realizada a avaliação da sobreposição entre as imagens capturadas, etapa fundamental para garantir a qualidade dos produtos gerados posteriormente.

6.6.1.3. Reconstrução da nuvem de pontos densa.

Observa-se na Figura 31 que a maior parte da área de estudo apresenta elevados níveis de sobreposição fotográfica, condição essencial para a reconstrução tridimensional e para a geração de ortomosaicos com menor ocorrência de falhas geométricas.

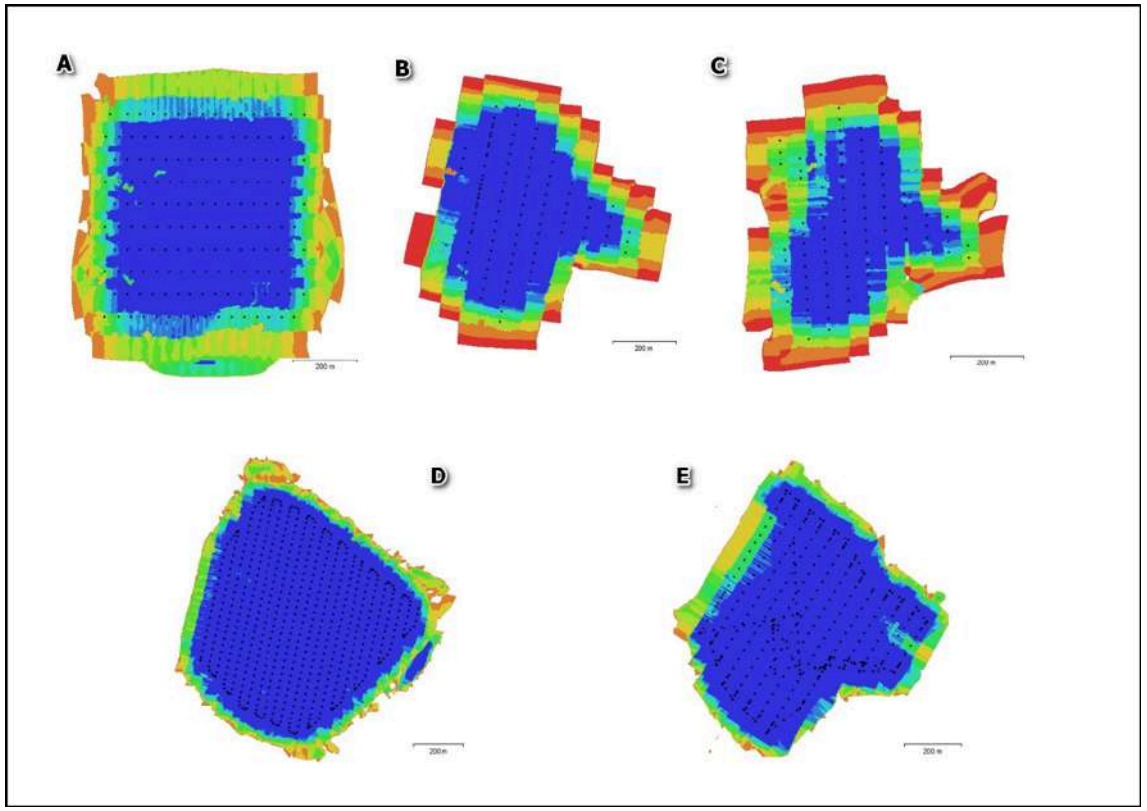


Figura 31 – Mapas de sobreposição das imagens utilizadas no processamento.

A partir do alinhamento das fotografias foi gerada a nuvem de pontos esparsa (Tie Points), composta pelos pontos homólogos identificados automaticamente pelo software.

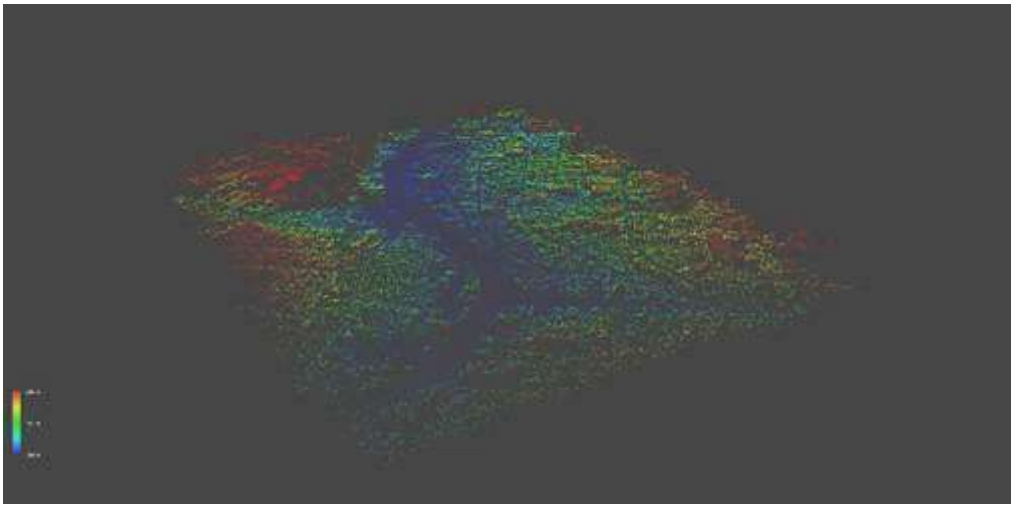


Figura 32 - Nuvem de pontos esparsa gerada durante o alinhamento fotogramétrico.

A nuvem de pontos esparsa constitui a base da reconstrução tridimensional, sendo utilizada para estimar a geometria do bloco fotogramétrico e refinar o posicionamento das imagens. Embora possua menor densidade de informações, essa etapa é fundamental para a qualidade das fases subsequentes do processamento.

Com a consolidação do alinhamento foi realizada a geração da nuvem de pontos densa, produto que representa tridimensionalmente a superfície observada com elevado nível de detalhamento.

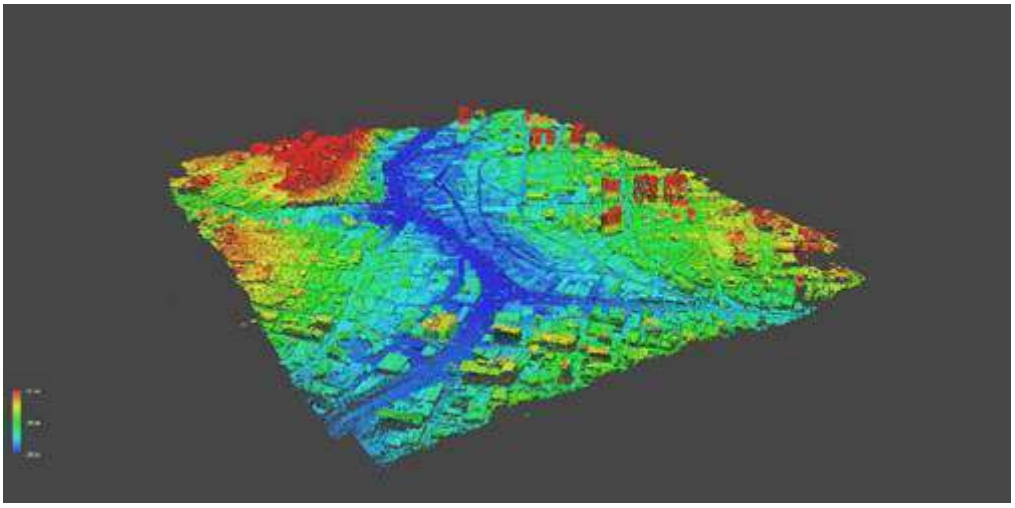


Figura 33 – Nuvem de pontos densa por elevação.

A representação por elevação permite visualizar as diferenças altimétricas existentes na área de estudo, destacando edificações, vegetação e demais elementos urbanos presentes no Centro Histórico de Cuiabá.



Figura 34 – Nuvem de pontos densa RGB.

Na Figura 34 observa-se a mesma nuvem de pontos representada pelas cores originais das fotografias, possibilitando melhor interpretação visual dos elementos urbanos e das características da paisagem registrada durante os levantamentos.

6.6.1.4. Construção dos modelos tridimensionais

A partir da nuvem de pontos densa foi gerada a malha tridimensional, utilizada para a construção dos modelos digitais e das representações tridimensionais da área estudada.

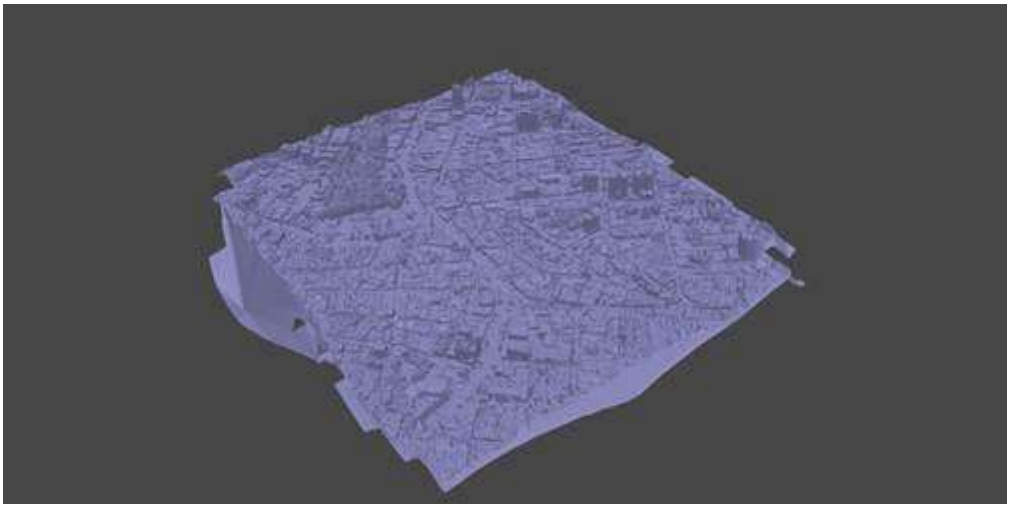


Figura 35 – Modelo tridimensional sólido gerado a partir da malha fotogramétrica.

Os modelos tridimensionais produzidos permitem a visualização volumétrica das edificações, do relevo urbano e dos demais elementos presentes na área de estudo, constituindo importante ferramenta para análises espaciais e para a documentação digital do patrimônio arquitetônico.

Além do modelo sólido, o Agisoft Metashape permite visualizar a estrutura geométrica da malha triangular utilizada na reconstrução tridimensional da superfície.

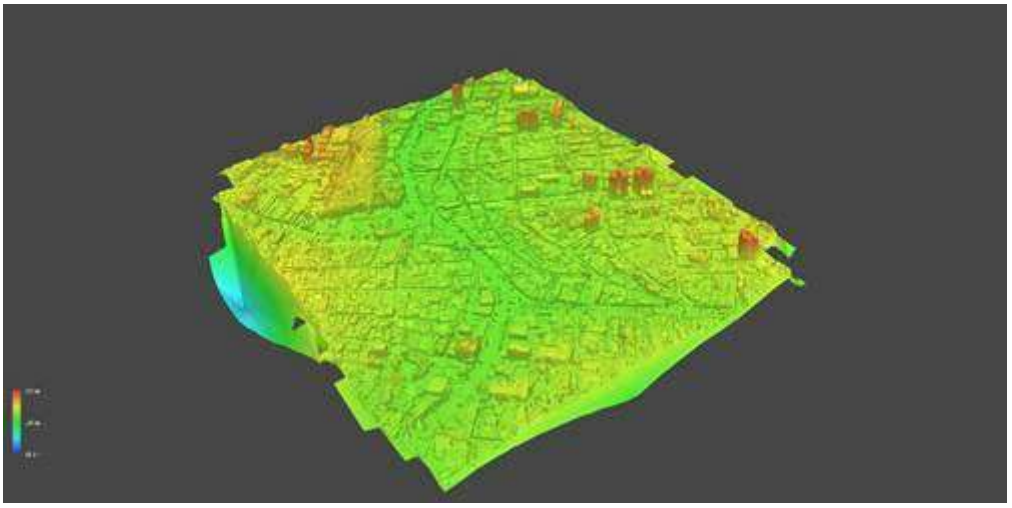


Figura 36 – Modelo tridimensional representado por classes de elevação.

A representação por elevação possibilita uma leitura mais detalhada das variações altimétricas da paisagem urbana, evidenciando áreas mais elevadas e setores

de menor altitude. Esse tipo de visualização auxilia na compreensão da morfologia urbana e na identificação de elementos que se destacam verticalmente no tecido urbano, como edificações de múltiplos pavimentos e formações vegetadas de maior porte.

Além do modelo sólido, o Agisoft Metashape permite visualizar a estrutura geométrica da malha triangular utilizada na reconstrução tridimensional da superfície.

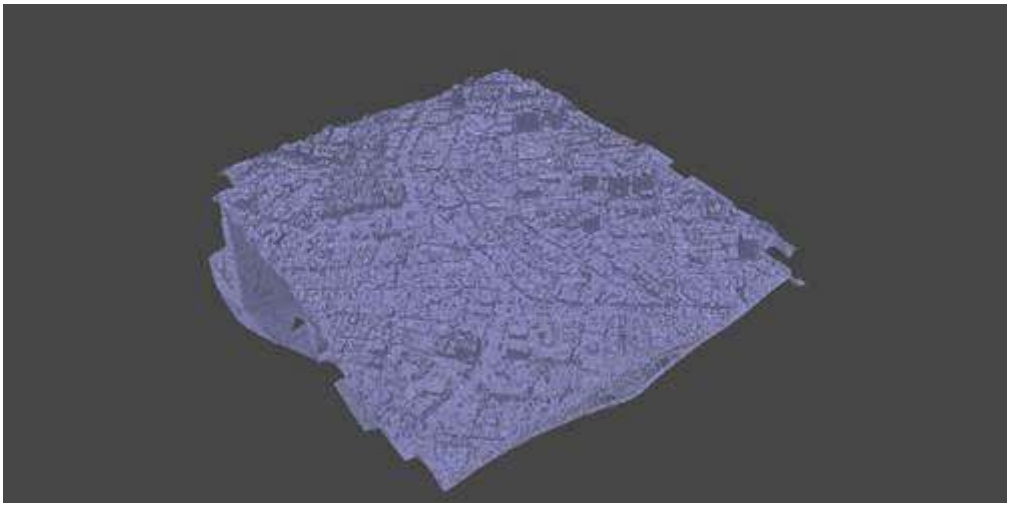


Figura 37 – Malha triangular (wireframe) do modelo tridimensional.

A visualização em wireframe permite observar a distribuição dos polígonos que compõem o modelo tridimensional, evidenciando o nível de detalhamento alcançado durante o processo de reconstrução da superfície.

6.6.1.4. Geração dos modelos altimétricos e ortomosaicos.

Por fim, foram gerados os Modelos Digitais de Elevação e os ortomosaicos georreferenciados, produtos que serviram de base para as etapas posteriores de integração e análise em ambiente SIG. Os resultados específicos obtidos em cada processamento serão apresentados e discutidos nas seções subsequentes deste relatório.

6.6.2 Processamento LiDAR no DJI Terra

Os dados obtidos por meio do sensor LiDAR DJI Zenmuse L1 foram processados utilizando o software DJI Terra, plataforma desenvolvida especificamente para o tratamento de nuvens de pontos, modelos tridimensionais e produtos cartográficos derivados de levantamentos realizados com sensores embarcados em aeronaves remotamente pilotadas. Diferentemente do processamento fotogramétrico realizado no Agisoft Metashape, o DJI Terra possibilitou o aproveitamento direto das informações adquiridas pelo sensor laser, integrando dados provenientes do sistema LiDAR, da Unidade de Medição Inercial (IMU) e do posicionamento GNSS/RTK embarcado na aeronave.

Os procedimentos executados envolveram a otimização da nuvem de pontos, classificação automática dos retornos, geração de Modelos Digitais de Elevação (MDE), Modelos Digitais de Terreno (MDT), curvas de nível e modelos tridimensionais. Adicionalmente, foram processadas as imagens obtidas durante o voo oblíquo realizado sobre setores específicos do Centro Histórico de Cuiabá, permitindo a reconstrução tridimensional detalhada das edificações e complementando os produtos derivados do levantamento LiDAR.

A utilização conjunta dos dados LiDAR e das imagens oblíquas possibilitou ampliar o nível de detalhamento geométrico dos produtos gerados, contribuindo para a documentação espacial do patrimônio histórico e para a construção de uma base tridimensional de alta resolução da área de estudo.

6.6.2.1 Processamento da nuvem de pontos LiDAR

O primeiro processamento realizado no DJI Terra correspondeu ao levantamento LiDAR executado sobre a área central do Centro Histórico de Cuiabá, tendo como principal objetivo a geração de produtos altimétricos destinados à modelagem da superfície e do terreno.

Após a importação dos dados, o software realizou automaticamente a integração entre os registros GNSS, informações da IMU e os retornos do sensor laser, produzindo uma nuvem de pontos georreferenciada. Em seguida foram executadas as etapas de otimização da nuvem de pontos, refinamento da precisão posicional, suavização dos dados e colorização dos pontos utilizando as informações provenientes da câmera RGB integrada ao sistema Zenmuse L1.



Figura 38 – Relatório de processamento da missão LiDAR MDT_CENTRO.

O levantamento apresentou tempo total de aquisição de aproximadamente 19 minutos e 41 segundos, com altura média de voo de 113,9 metros e velocidade média de 7,94 m/s. O processamento resultou em uma nuvem de pontos com densidade média de aproximadamente 257 pontos por metro quadrado, valor que evidencia o elevado nível de detalhamento obtido durante o levantamento.

Além da geração da nuvem de pontos, o fluxo de processamento contemplou a classificação automática dos pontos de terreno, permitindo a separação entre superfície e relevo natural. A partir dessa classificação foram gerados o Modelo Digital de Elevação (MDE), o Modelo Digital de Terreno (MDT) e as curvas de nível, produtos fundamentais para análises altimétricas e geomorfológicas da área estudada.

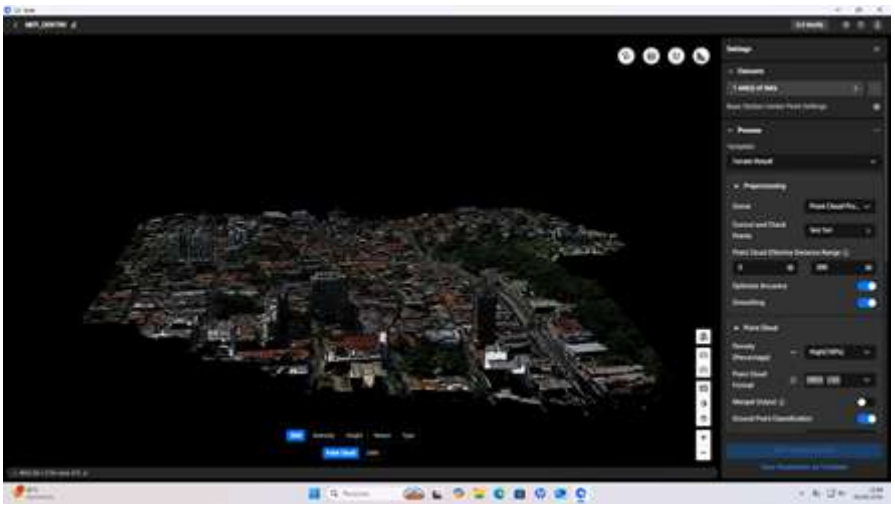


Figura 39 – Nuvem de pontos LiDAR colorizada em RGB.

A representação em RGB possibilita a visualização das características reais da paisagem urbana registrada durante o levantamento, permitindo identificar edificações históricas, áreas vegetadas e infraestrutura urbana.

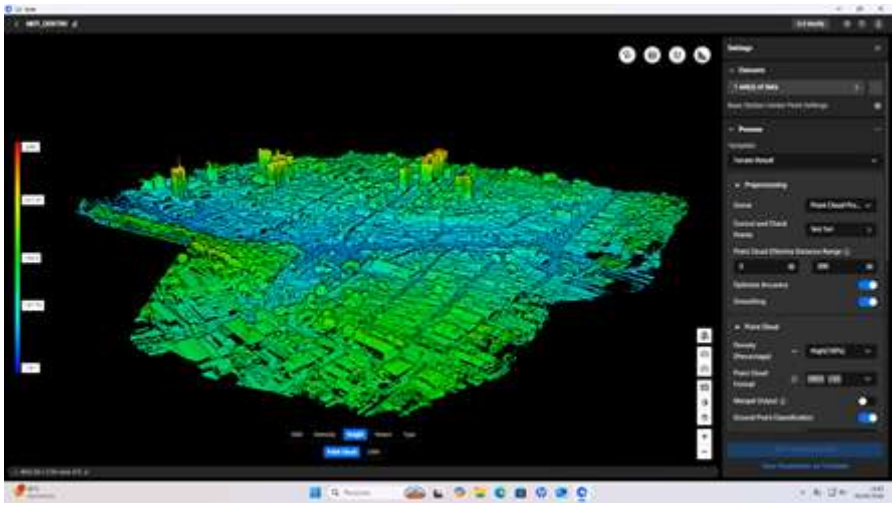


Figura 40 – Nuvem de pontos LiDAR Elevação.

A representação por elevação evidencia as variações altimétricas presentes na área de estudo, permitindo identificar diferenças de altura entre edificações, superfícies urbanas e elementos arbóreos.

Após a etapa de otimização, foi realizada a classificação automática da nuvem de pontos. Esse procedimento consiste na identificação dos diferentes tipos de retornos registrados pelo sensor LiDAR, permitindo distinguir elementos como terreno, edificações, vegetação e demais estruturas presentes na paisagem urbana.

A classificação constitui uma das principais vantagens da tecnologia LiDAR em relação aos métodos exclusivamente fotogramétricos, uma vez que possibilita a obtenção de modelos representativos tanto da superfície quanto do terreno.

A Figura 41 apresenta a visualização da nuvem de pontos classificada no DJI Terra.

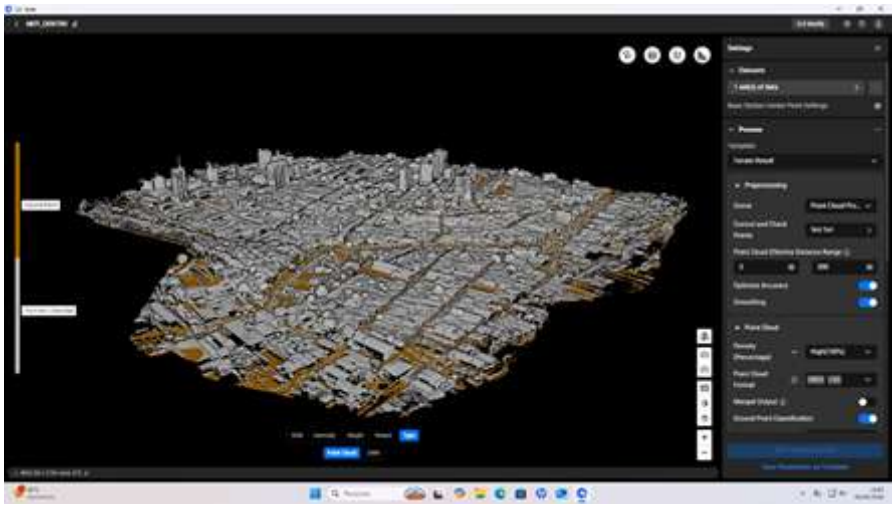


Figura 41 – Classificação da nuvem de pontos LiDAR.

Com base nos pontos classificados como terreno foram gerados os modelos altimétricos utilizados nas análises posteriores.

A Figura 42 apresenta o Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado a partir dos dados LiDAR.

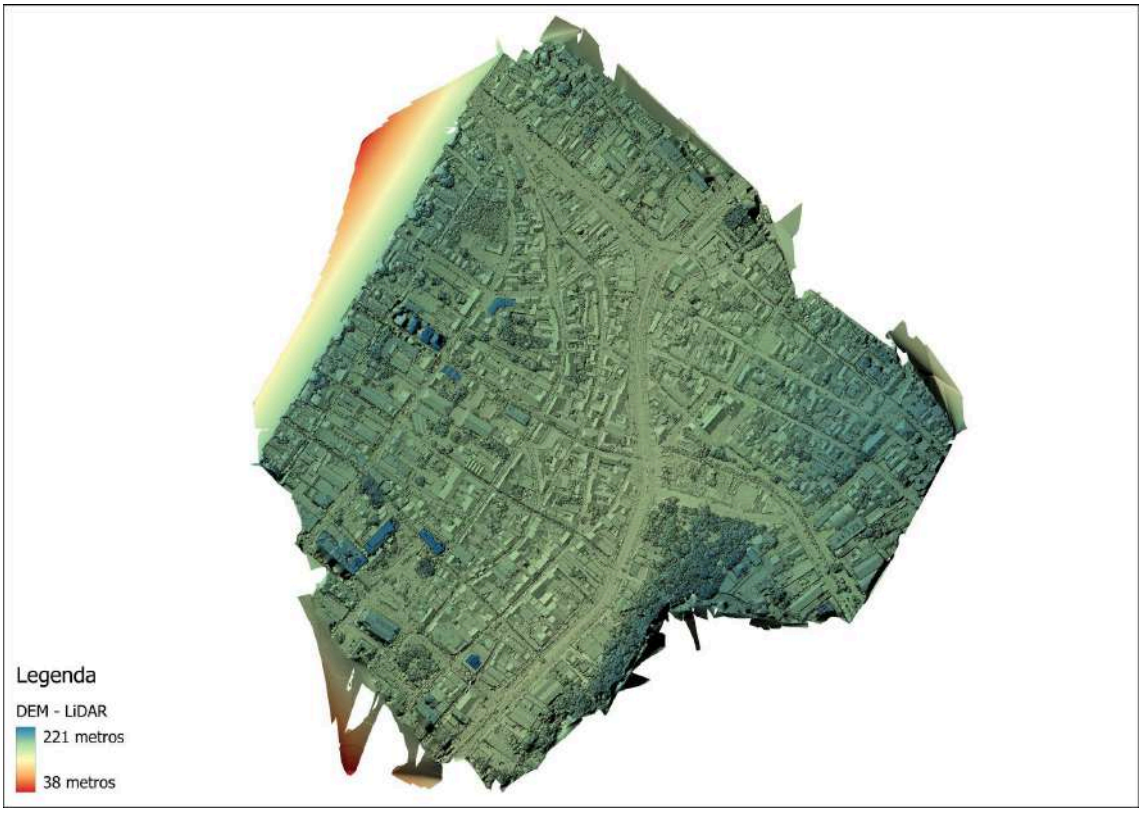


Figura 42 – Modelo Digital de Elevação derivado do levantamento LiDAR.

O MDE representa a superfície observada pelo sensor, incorporando edificações, vegetação e demais elementos existentes na paisagem urbana. Posteriormente foi gerado o Modelo Digital de Terreno (MDT), obtido a partir da remoção dos elementos superficiais classificados na nuvem de pontos.

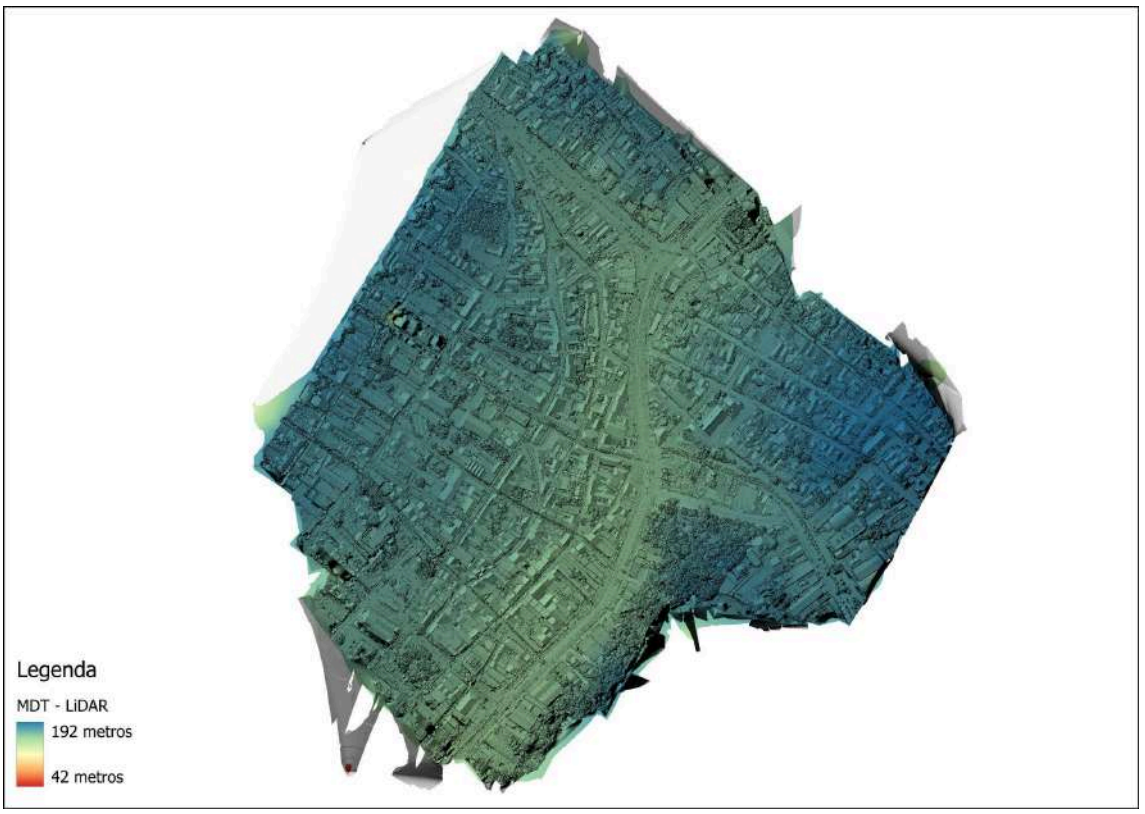


Figura 43 – Modelo Digital de Terreno derivado dos dados LiDAR.

O MDT permite representar de forma mais fiel a topografia do terreno, constituindo importante ferramenta para análises hidrológicas, estudos geomorfológicos e avaliação das condições físicas da área urbana.

Complementarmente, o processamento possibilitou a geração automática de curvas de nível, contribuindo para a representação cartográfica do relevo e para a elaboração de produtos derivados em ambiente SIG.

6.6.2.2. Reconstrução tridimensional a partir do voo oblíquo

Paralelamente ao levantamento LiDAR principal, foi realizada uma missão complementar utilizando imagens oblíquas obtidas com o conjunto DJI Matrice 300 RTK e Zenmuse L1. O objetivo dessa operação foi ampliar o registro das fachadas,

coberturas e elementos verticais presentes no Centro Histórico de Cuiabá, aumentando o nível de detalhamento dos modelos tridimensionais gerados.

Diferentemente do processamento anterior, essa etapa não teve como finalidade a geração de MDT ou curvas de nível, concentrando-se na reconstrução tridimensional da paisagem urbana e das edificações históricas.

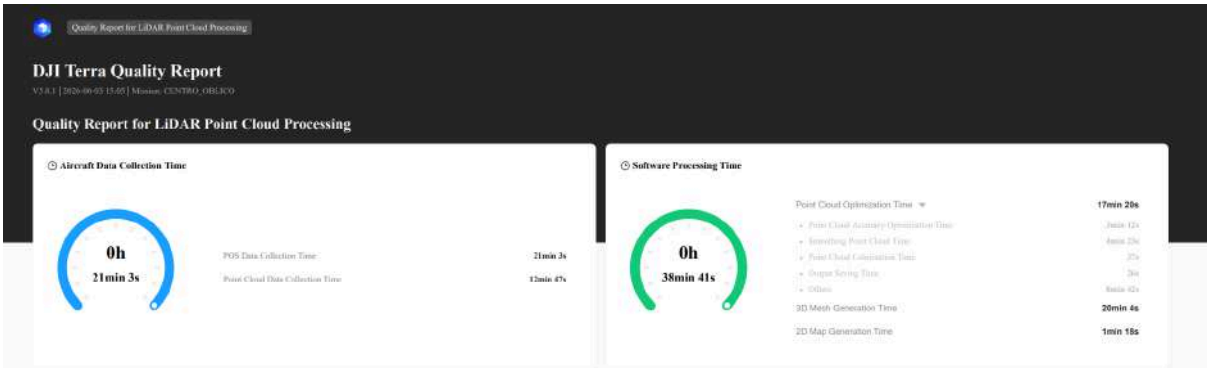


Figura 44 – Relatório de processamento da missão oblíqua realizada no DJI Terra.

O levantamento foi executado em aproximadamente 21 minutos e 03 segundos, sendo composto por múltiplos voos realizados a altitudes médias variando entre 104 e 112 metros. O processamento resultou em uma nuvem de pontos com densidade média de aproximadamente 290 pontos por metro quadrado, superior à observada no levantamento altimétrico principal.

A partir desses dados foram gerados modelos tridimensionais texturizados, ortomosaicos verdadeiros (TDOM) e representações tridimensionais detalhadas das edificações existentes na área de estudo.

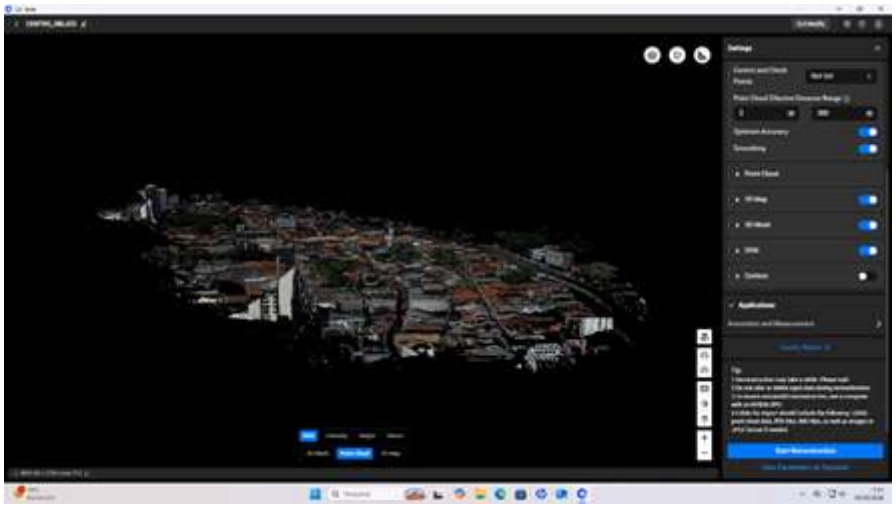


Figura 45 – Modelo tridimensional reconstruído a partir das imagens oblíquas.

Os resultados obtidos demonstram o potencial da integração entre sensores LiDAR e imagens oblíquas para a documentação digital do patrimônio cultural, permitindo representar simultaneamente a geometria do terreno, a volumetria das edificações e os elementos arquitetônicos presentes no Centro Histórico de Cuiabá.

6.6.3 Integração dos Dados e Análises Espaciais em Ambiente SIG

Após o processamento fotogramétrico realizado no Agisoft Metashape e o processamento LiDAR desenvolvido no DJI Terra, todos os produtos gerados foram incorporados ao Banco de Dados Geográfico do projeto em ambiente SIG por meio do software QGIS. Essa etapa teve como finalidade integrar informações provenientes de diferentes fontes, permitindo sua compatibilização espacial e posterior utilização nas análises relacionadas ao patrimônio arquitetônico e urbano do Centro Histórico de Cuiabá.

Foram incorporados ao banco de dados os ortomosaicos georreferenciados, Modelos Digitais de Superfície (MDS), Modelos Digitais de Terreno (MDT), nuvens de pontos tridimensionais, modelos 3D, arquivos vetoriais e bases cartográficas históricas previamente georreferenciadas. Todos os dados foram compatibilizados em um único sistema de referência espacial, garantindo a consistência geométrica necessária para as análises desenvolvidas ao longo da pesquisa.

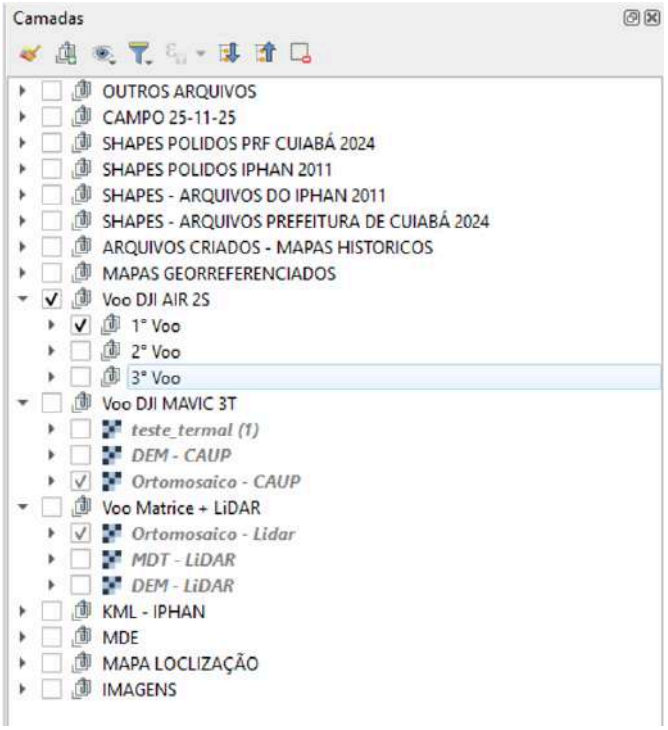


Figura 46 – Organização das camadas e produtos cartográficos em ambiente SIG.

A integração dos diferentes conjuntos de dados possibilitou a construção de um banco geográfico unificado, reunindo informações produzidas durante os levantamentos aéreos, documentos históricos, bases vetoriais institucionais e registros obtidos durante as atividades de campo.

Além da organização dos dados, o ambiente SIG permitiu a realização de procedimentos de análise espacial voltados à identificação de inconsistências cartográficas, compatibilização de informações patrimoniais e avaliação das transformações observadas na paisagem urbana.

Foram efetuadas operações de sobreposição espacial entre os limites do tombamento federal, a base cadastral municipal, os registros patrimoniais disponibilizados pelo IPHAN e os produtos derivados dos levantamentos realizados com aeronaves remotamente pilotadas. Esse procedimento permitiu identificar divergências de localização, duplicidades cadastrais, inconsistências geométricas e lacunas existentes nas bases consultadas.



Figura 47 – Exemplo de sobreposição entre produtos gerados e bases cartográficas institucionais.

A integração entre as diferentes fontes de informação possibilitou também a atualização e complementação do inventário espacial dos imóveis de interesse patrimonial, contribuindo para a consolidação de uma base geográfica mais consistente para futuras ações de preservação, monitoramento e gestão territorial.

Os Modelos Digitais de Terreno e os produtos LiDAR foram empregados como suporte para análises morfológicas da área de estudo, permitindo a visualização tridimensional da paisagem urbana e a compreensão das relações existentes entre relevo, ocupação urbana e distribuição dos imóveis protegidos.

Paralelamente, os ortomosaicos de alta resolução foram utilizados para a conferência visual das edificações, identificação de alterações em fachadas, análise das condições de conservação e validação das informações registradas durante as atividades de campo.

A consolidação dessas informações em ambiente SIG permitiu estruturar uma base cartográfica integrada do Centro Histórico de Cuiabá, capaz de subsidiar análises espaciais, levantamentos patrimoniais, atualização cadastral e futuras pesquisas relacionadas à preservação do patrimônio cultural urbano.

7. RESULTADOS

Os resultados preliminares obtidos ao longo das atividades desenvolvidas evidenciam o potencial das geotecnologias aplicadas à documentação patrimonial do Centro Histórico de Cuiabá, especialmente no que se refere à integração de bases cartográficas, análises espaciais e produção de produtos derivados de aerolevantamentos realizados no âmbito do projeto.

As análises desenvolvidas permitiram identificar inconsistências cartográficas e espaciais entre diferentes bases institucionais, além de possibilitar a produção de produtos geoespaciais voltados à interpretação da paisagem urbana, organização territorial do CAUP e documentação do patrimônio arquitetônico da área tombada.

Os resultados também demonstram a importância da integração entre levantamentos de campo, geoprocessamento e aerofotogrametria para construção de um banco de dados geográficos aplicado à preservação patrimonial e ao planejamento urbano do Centro Histórico de Cuiabá.

7.2. Compatibilização cartográfica

A etapa de compatibilização cartográfica possibilitou integrar diferentes bases vetoriais relacionadas ao Centro Histórico de Cuiabá e ao perímetro do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP), provenientes principalmente da Prefeitura Municipal de Cuiabá e do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN).

As análises comparativas realizadas em ambiente SIG evidenciaram diferenças geométricas e espaciais entre os arquivos institucionais, especialmente no posicionamento dos imóveis tombados, na delimitação do perímetro do CAUP e na relação entre os pontos cadastrados e os lotes urbanos da área central da cidade.

A compatibilização das bases permitiu estruturar um conjunto inicial de informações espaciais mais organizadas e coerentes, favorecendo análises posteriores relacionadas à distribuição dos imóveis tombados, organização espacial do conjunto urbano e interpretação da paisagem histórica do Centro Histórico de Cuiabá.

Além da integração entre bases vetoriais contemporâneas, também foram incorporados documentos cartográficos históricos georreferenciados, possibilitando

análises comparativas relacionadas à evolução urbana e às transformações espaciais observadas na área tombada ao longo do tempo.

7.3. Inconsistências espaciais

Os cruzamentos espaciais realizados durante as análises evidenciaram diferentes inconsistências entre os dados cartográficos utilizados na gestão patrimonial do CAUP. Entre os principais problemas identificados destacam-se divergências geométricas entre os limites do perímetro tombado e a malha cadastral urbana, ocorrência de pontos duplicados associados aos imóveis tombados, incompatibilidades no posicionamento espacial de determinadas feições e diferenças entre o quantitativo de imóveis representados nas bases institucionais.

Também foram observados casos em que o perímetro do conjunto tombado intercepta parcialmente ruas, quadras e lotes urbanos, demonstrando limitações relacionadas à precisão cartográfica de parte dos documentos atualmente utilizados como referência espacial.

As atividades de validação em campo permitiram confirmar parte dessas inconsistências, evidenciando diferenças entre a configuração espacial observada na paisagem urbana e a representação cartográfica presente em algumas bases institucionais.

Esses resultados reforçam a necessidade de atualização, revisão e padronização das informações geográficas relacionadas ao patrimônio urbano do Centro Histórico de Cuiabá, visando maior precisão espacial e compatibilidade entre os diferentes bancos de dados utilizados na gestão territorial e patrimonial da área tombada.

7.4. Diagnóstico patrimonial

As análises espaciais e os levantamentos de campo realizados no âmbito do projeto permitiram desenvolver um diagnóstico preliminar relacionado às condições espaciais e à organização territorial do patrimônio edificado presente no CAUP.

Durante os trabalhos de campo foram observadas alterações arquitetônicas em parte das edificações históricas, incluindo modificações de fachadas, substituição de

elementos construtivos originais e transformações relacionadas ao uso contemporâneo dos imóveis.

Também foram identificados imóveis em diferentes estados de conservação, variando entre edificações preservadas, imóveis parcialmente descaracterizados e estruturas com sinais de degradação física.

Além das condições arquitetônicas, o diagnóstico evidenciou processos contemporâneos de transformação da paisagem urbana associados à verticalização do entorno, mudanças nos usos urbanos e alterações na dinâmica espacial do Centro Histórico de Cuiabá.

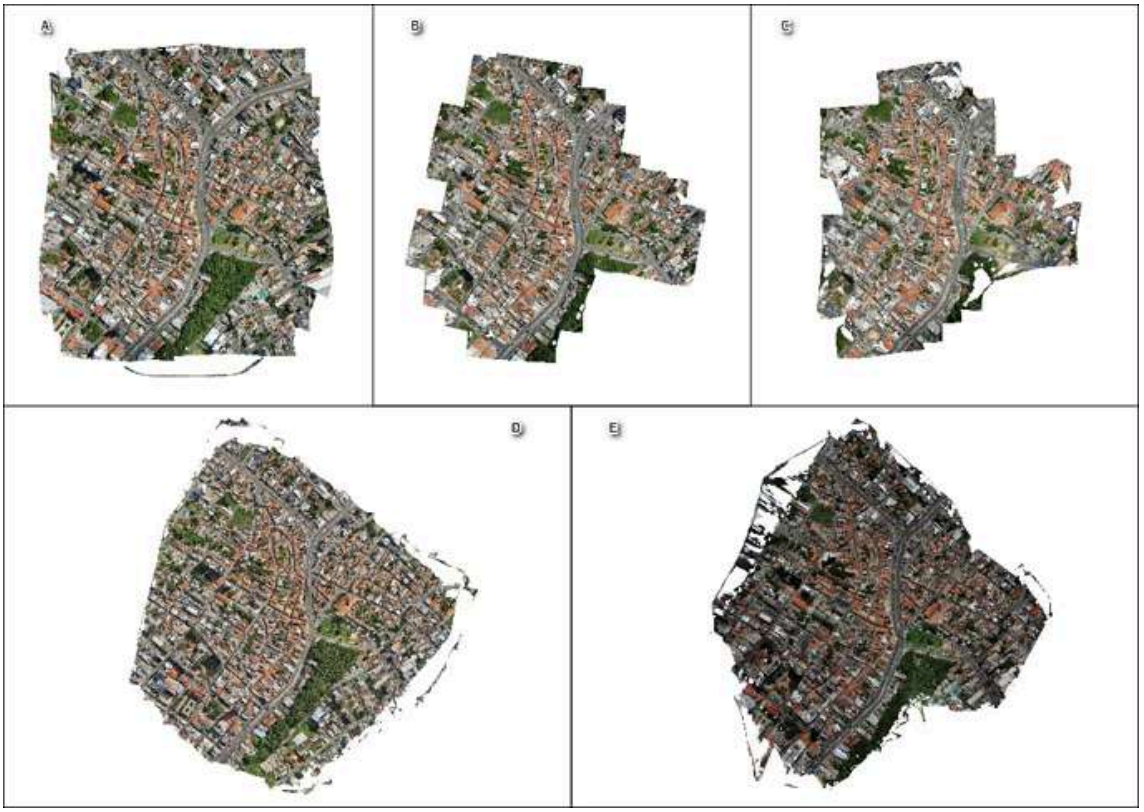
As informações produzidas nesta etapa contribuem para construção de um panorama inicial acerca das condições espaciais e patrimoniais do CAUP, subsidiando futuras análises relacionadas à preservação, conservação e gestão territorial do patrimônio cultural da cidade.

7.5. Produtos gerados

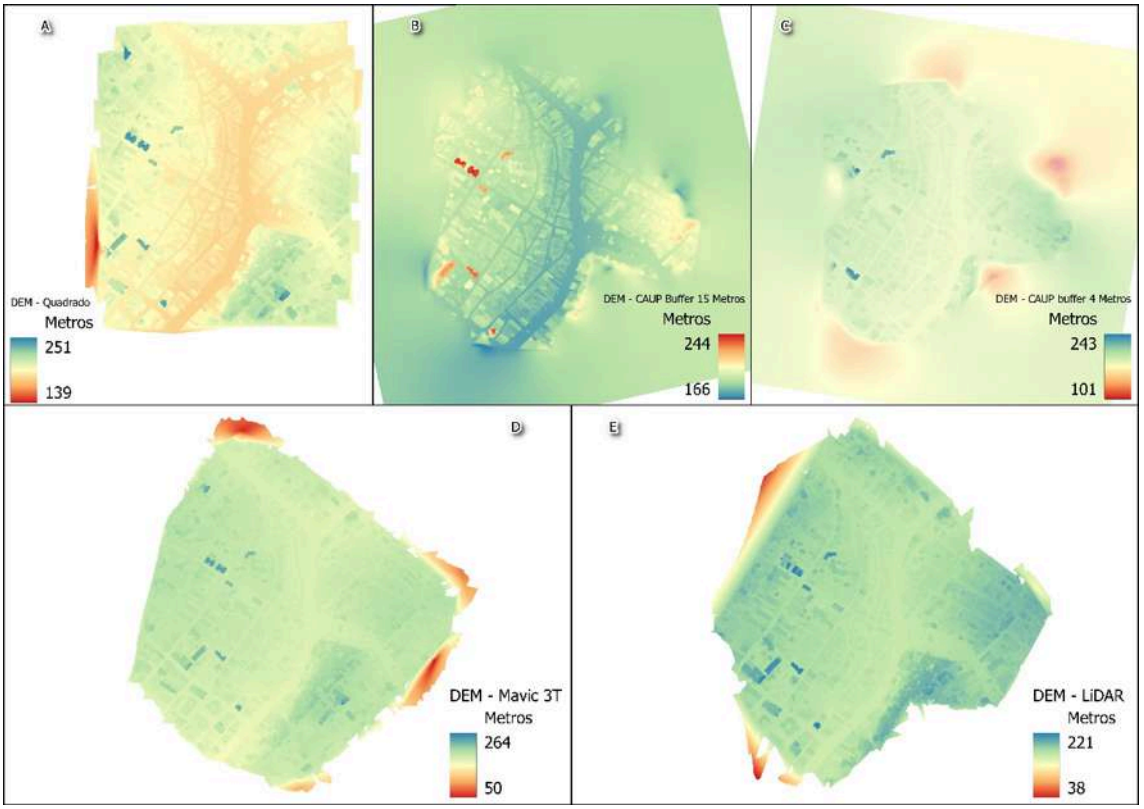
As atividades desenvolvidas possibilitaram a produção de diferentes produtos cartográficos e geoespaciais aplicados à documentação e análise do Centro Histórico de Cuiabá.

Entre os principais produtos gerados destacam-se:

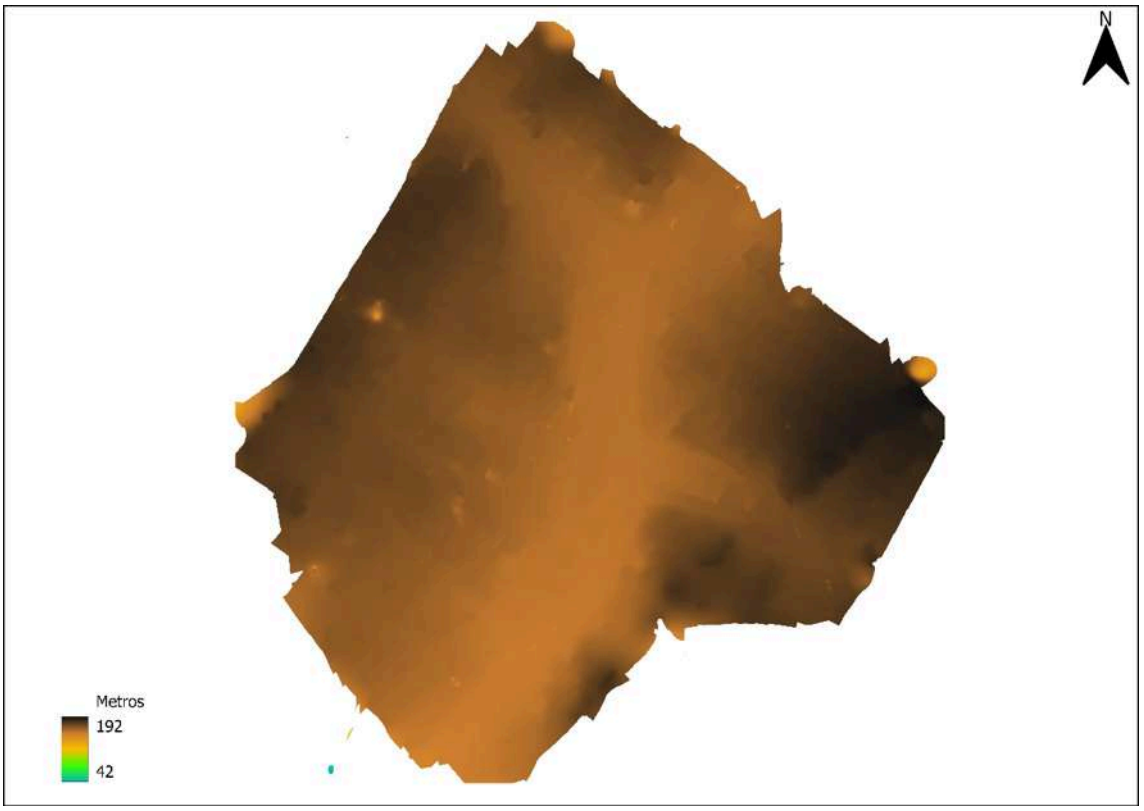
- Ortomosaicos de alta resolução espacial;



- Modelos Digitais de Elevação (MDE/DEM);



- Modelos Digitais de Terreno (MDT);



- Nuvens densas de pontos;
- Modelos tridimensionais da área tombada;
- Bases vetoriais organizadas em ambiente SIG;
- Mapas temáticos relacionados ao patrimônio urbano;
- Registros fotográficos georreferenciados;
- Banco de dados geográficos aplicado ao CAUP;
- Georreferenciamento de documentos cartográficos históricos;
- Produtos derivados de levantamento LiDAR.

Os produtos elaborados permitem diferentes formas de interpretação espacial da paisagem urbana e do patrimônio arquitetônico do Centro Histórico de Cuiabá, constituindo importante base técnica para futuras ações de preservação patrimonial, planejamento urbano e organização territorial da área tombada.

8. DISCUSSÃO TÉCNICA

Os resultados obtidos ao longo da pesquisa demonstram o potencial das geotecnologias como ferramentas de apoio à documentação, análise e gestão do patrimônio cultural urbano. A integração entre Sistemas de Informação Geográfica, cartografia histórica, georreferenciamento, aerofotogrametria digital e sensoriamento remoto LiDAR permitiu construir uma base espacial integrada capaz de representar diferentes dimensões da paisagem histórica do Centro Histórico de Cuiabá, ampliando significativamente as possibilidades de análise territorial do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP).

A utilização de técnicas de georreferenciamento aplicadas aos documentos cartográficos históricos possibilitou integrar representações produzidas em diferentes períodos históricos ao conjunto de bases contemporâneas utilizadas na pesquisa. Esse procedimento permitiu não apenas a comparação entre distintas configurações urbanas ao longo do tempo, mas também a compreensão das transformações espaciais ocorridas na área central da cidade, evidenciando processos de expansão urbana, alterações na ocupação do solo e mudanças na organização do tecido urbano.

As análises realizadas em ambiente SIG demonstraram que parte das bases cartográficas atualmente utilizadas na gestão patrimonial apresenta inconsistências geométricas e diferenças de representação espacial. Foram identificadas divergências de posicionamento entre os dados disponibilizados por diferentes instituições, ocorrências de duplicidades cadastrais, incompatibilidades entre limites cartográficos e a malha urbana contemporânea, além de diferenças na representação dos imóveis de interesse patrimonial. Embora tais situações sejam relativamente comuns em conjuntos de dados produzidos em períodos distintos e por diferentes órgãos, os resultados evidenciam a necessidade de atualização, revisão e compatibilização permanente das informações utilizadas na gestão territorial e patrimonial do Centro Histórico de Cuiabá.

Nesse contexto, a integração das bases em um único ambiente SIG mostrou-se fundamental para a identificação dessas inconsistências e para a construção de um banco de dados geográfico mais consistente. A centralização das informações em uma única estrutura espacial permitiu organizar dados provenientes do IPHAN, da Prefeitura Municipal de Cuiabá, de documentos históricos georreferenciados, dos levantamentos de campo e dos produtos derivados dos aerolevantamentos, constituindo uma base

técnica capaz de subsidiar futuras atividades de planejamento, monitoramento e preservação patrimonial.

Os aerolevantamentos realizados com os drones DJI Air 2S, DJI Mavic 3T Enterprise e DJI Matrice 300 RTK equipado com o sensor Zenmuse L1 demonstraram o potencial das tecnologias de sensoriamento remoto de baixa altitude para aplicações relacionadas ao patrimônio cultural. Os ortomosaicos gerados apresentaram elevado nível de detalhamento espacial, permitindo a identificação de elementos arquitetônicos, padrões de ocupação urbana e características da paisagem que dificilmente seriam observadas apenas por meio das bases cartográficas convencionais.

Da mesma forma, os modelos tridimensionais produzidos por fotogrametria digital forneceram representações detalhadas das edificações e da morfologia urbana do Centro Histórico, ampliando as possibilidades de documentação digital do patrimônio construído. Os levantamentos oblíquos realizados com o DJI Mavic 3T e posteriormente com o DJI Matrice 300 RTK contribuíram para o registro mais completo das fachadas e dos elementos verticais das edificações, aspecto particularmente relevante em áreas de interesse histórico e arquitetônico.

Os resultados obtidos por meio da tecnologia LiDAR evidenciaram vantagens complementares em relação à fotogrametria tradicional. A elevada densidade da nuvem de pontos, associada à capacidade de classificação automática dos retornos do sensor, permitiu a geração de Modelos Digitais de Terreno e Modelos Digitais de Superfície com elevado nível de detalhamento geométrico. Enquanto a fotogrametria apresentou excelente desempenho na produção de ortomosaicos e modelos tridimensionais texturizados, os dados LiDAR forneceram informações altimétricas mais precisas e maior capacidade de representação da estrutura física da paisagem urbana. Dessa forma, os resultados indicam que as duas metodologias devem ser compreendidas como técnicas complementares, cuja integração potencializa significativamente os processos de documentação, monitoramento e análise do patrimônio cultural.

Outro aspecto relevante refere-se à integração entre os levantamentos remotos e as atividades de campo. As observações realizadas diretamente na área de estudo permitiram validar parte das inconsistências identificadas nas bases cartográficas, além de fornecer informações complementares sobre o estado de conservação das edificações, alterações arquitetônicas, descaracterizações e dinâmicas contemporâneas que não poderiam ser plenamente identificadas apenas por meio da análise remota. Essa associação entre observação direta e análise geoespacial contribuiu para uma

compreensão mais abrangente das transformações da paisagem urbana e das condições atuais do patrimônio edificado.

De maneira geral, os resultados demonstram que a utilização integrada de geotecnologias oferece importantes contribuições para a gestão do patrimônio cultural urbano. A estruturação de um banco de dados geográfico aplicado ao CAUP estabelece uma base técnica capaz de subsidiar futuras atualizações cadastrais, ações de monitoramento territorial, inventários patrimoniais e estudos relacionados à evolução da paisagem histórica de Cuiabá. Além disso, os produtos gerados ao longo da pesquisa constituem um importante instrumento de apoio à preservação patrimonial, fornecendo informações espaciais atualizadas que podem auxiliar tanto órgãos de gestão quanto futuras pesquisas acadêmicas voltadas ao patrimônio cultural e ao planejamento urbano.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades desenvolvidas ao longo deste trabalho permitiram demonstrar o potencial das geotecnologias aplicadas à documentação, análise e gestão do patrimônio cultural urbano, tomando como área de estudo o Centro Histórico de Cuiabá e o Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de Cuiabá (CAUP). A integração entre cartografia histórica, Sistemas de Informação Geográfica, georreferenciamento, aerofotogrametria digital, sensoriamento remoto LiDAR e atividades de campo possibilitou a construção de uma base geográfica integrada voltada à compreensão espacial da área tombada.

Os procedimentos realizados permitiram compatibilizar diferentes bases cartográficas institucionais, integrar documentos históricos georreferenciados e organizar informações espaciais provenientes de distintas fontes de dados. Esse processo possibilitou identificar inconsistências cartográficas e divergências espaciais existentes entre os registros utilizados na gestão patrimonial, evidenciando a importância da revisão contínua e da atualização das bases geográficas relacionadas ao patrimônio urbano.

Os aerolevantamentos executados com os drones DJI Air 2S, DJI Mavic 3T Enterprise e DJI Matrice 300 RTK equipado com o sensor Zenmuse L1 contribuíram significativamente para a produção de produtos cartográficos de elevada resolução espacial. A geração de ortomosaicos, nuvens de pontos, Modelos Digitais de Elevação, Modelos Digitais de Terreno e modelos tridimensionais ampliou as possibilidades de análise da paisagem urbana, fornecendo informações detalhadas sobre a configuração espacial do Centro Histórico de Cuiabá.

Os resultados obtidos também evidenciaram o potencial da integração entre fotogrametria digital e tecnologia LiDAR. Enquanto os levantamentos fotogramétricos forneceram representações detalhadas da paisagem urbana e das edificações históricas, os dados LiDAR possibilitaram a obtenção de informações altimétricas de elevada precisão e a geração de produtos derivados voltados à análise da superfície e do terreno. A utilização conjunta dessas tecnologias demonstrou-se particularmente relevante para aplicações relacionadas à documentação patrimonial, modelagem urbana e monitoramento territorial.

Outro aspecto relevante refere-se à consolidação de um banco de dados geográficos aplicado ao CAUP, estruturado em ambiente SIG é capaz de integrar

informações cartográficas, cadastrais, históricas e espaciais em uma única plataforma de análise. A organização desse conjunto de dados constitui importante instrumento de apoio à gestão patrimonial, permitindo consultas, atualizações e futuras incorporações de informações relacionadas ao patrimônio cultural da área estudada.

Os resultados alcançados demonstram que a integração entre geoprocessamento, cartografia histórica, levantamentos de campo e tecnologias de sensoriamento remoto constitui uma abordagem eficiente para a documentação e análise de conjuntos urbanos históricos. Além de possibilitar a identificação de inconsistências cartográficas e a produção de produtos geoespaciais de alta resolução, a metodologia adotada contribuiu para ampliar o conhecimento sobre a organização espacial do Centro Histórico de Cuiabá e sobre as dinâmicas contemporâneas que influenciam a preservação do patrimônio cultural.

Por fim, destaca-se que os produtos gerados e os procedimentos metodológicos adotados ao longo deste trabalho estabeleceram uma base técnica consistente para futuras pesquisas e ações voltadas à preservação do patrimônio cultural de Cuiabá. Além de contribuir para o aprimoramento da documentação espacial do Centro Histórico, os resultados obtidos demonstram a importância das geotecnologias como ferramentas estratégicas para o planejamento urbano, o monitoramento territorial e a gestão integrada dos bens culturais protegidos.

Dessa forma, espera-se que os dados produzidos possam subsidiar futuras ações de atualização cadastral, inventários patrimoniais, monitoramento das transformações urbanas e iniciativas de preservação do patrimônio cultural do Centro Histórico de Cuiabá. A consolidação do banco de dados geográficos, associada aos produtos derivados da fotogrametria, do sensoriamento remoto e dos levantamentos LiDAR, constitui um importante instrumento para o fortalecimento das políticas públicas voltadas à proteção, valorização e gestão do patrimônio cultural urbano, contribuindo para a preservação da memória histórica, da paisagem cultural e da identidade territorial da cidade de Cuiabá.

10. REFERÊNCIAS

FERREIRA, F. C.; MOURA, A. C. M.; QUEIROZ, G. C. DE. Geoprocessamento no Planejamento Urbano. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (IPHAN). *Instrução Normativa do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico da Cidade de Cuiabá*. Brasília: IPHAN, s.d. Disponível em: IPHAN – Critérios de Intervenção e Mapas de Cuiabá e Cáceres. Acesso em: 07 jun. 2026.

MARTINS, Ana Betânia S. P.; LEAL, Claudia F. Baeta. Mapas e patrimônio: a cartografia na identificação do patrimônio cultural. Brasília: Iphan, 2015. 14 f.

MEIRA, Soely Maria de. **Patrimônio e escola: o Centro Histórico de Cuiabá e as práticas educativas no ensino de história**. 2018. 166 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de História) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018. Disponível em: Educapes – Patrimônio e escola: o Centro Histórico de Cuiabá e as práticas educativas no ensino de história. Acesso em: 14 mar. 2026.

MOURA, Ana Clara Mourão. **Geoprocessamento aplicado ao planejamento urbano e à gestão do patrimônio histórico de Ouro Preto**. 2002. 331 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002. Orientador: Jorge Xavier da Silva.

NOVACK, Franciele Cavalheiro; SILVA NOBRE, Mariane dos Santos Freitas da; CLEMENTE, Cézar. Mapeamento do Patrimônio Histórico e Cultural de Cuiabá-MT: tecnologias aplicadas, representatividade e história. **ANAP Brasil**, São Paulo, Brasil, v. 12, n. 27, 2019. DOI: 10.17271/19843240122720192238. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap_brasil/article/view/2238. Acesso em: 1 jun. 2026.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. Geoprocessamento no Apoio À Decisão. , [S.l.], n. 9, p. 105-115, july 2016. ISSN 2317-8825. Disponível em:

<https://www.revistacontinentes.com.br/index.php/continentes/article/view/106>. Acesso em: 31 maio 2026.

XAVIER-DA-SILVA. O que é Geoprocessamento? Rio de Janeiro, CREA-RJ, 2009.