

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE GEOGRAFIA, GEOCIÊNCIAS E SAÚDE COLETIVA**  
**ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA**

**THAINÁ MARTINS ROSA**

**VERIFICAÇÃO DE OCUPAÇÃO ATRAVÉS DE PROCESSO DE VETORIZAÇÃO**  
**DA BASE CARTOGRÁFICA DO BAIRRO JARDIM AMÉRICO – MONTE**  
**CARMELO/ MG**

**MONTE CARMELO/MG**

**2025**

THAINÁ MARTINS ROSA

**VERIFICAÇÃO DE OCUPAÇÃO ATRAVÉS DE PROCESSO DE VETORIZAÇÃO  
DA BASE CARTOGRÁFICA DO BAIRRO JARDIM AMÉRICO – MONTE  
CARMELO/ MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II no curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica na Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis

**MONTE CARMELO/MG**

**2025**

THAINÁ MARTINS ROSA

**VERIFICAÇÃO DE OCUPAÇÃO ATRAVÉS DE PROCESSO DE VETORIZAÇÃO  
DA BASE CARTOGRÁFICA DO BAIRRO JARDIM AMÉRICO – MONTE  
CARMELO/ MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II no curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica na Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis

Aprovado em: 01/10/2025

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis, Orientador (UFU)

---

Prof. Dr. Ricardo Luís Barbosa(UFU)

---

Me. Samuel Lacerda de Andrade (UFU)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por renovar minhas forças diariamente e me sustentar em cada passo desta caminhada.

Aos meus pais, Romildo e Romilda, que mesmo diante das dificuldades nunca deixaram de me apoiar, orar por mim e me abraçar nos momentos em que mais precisei. Vocês são minha base e meu maior exemplo de amor e perseverança.

Aos professores, que com dedicação e paciência contribuíram imensamente para minha formação em especial ao professor Rodrigo Gallis, que, mesmo diante de toda a situação complicada pela qual eu estava passando, não hesitou em abraçar a causa e caminhar comigo nesse processo. Sua compreensão, paciência e dedicação foram essenciais para que eu seguisse em frente. Professores como você, Rodrigo, mostram que, além de educadores, são humanos incríveis, que marcam profundamente a vida de seus alunos.

À professora Mirna Karla Amorim, por ser essa profissional minuciosa, dedicada e incrível no que faz, inspirando pelo exemplo e pela excelência. À professora Luziane Indjai, pela sensibilidade e incentivo constante, que tornaram o aprendizado mais leve e humano. Ao professor Ricardo Luis Barbosa, por compartilhar seu conhecimento com tanta dedicação e clareza, que mesmo com seus puxões de orelha sempre demonstrou ter um coração enorme e uma verdadeira preocupação com o crescimento de seus alunos. E ao técnico Samuel Lacerda, pelo apoio prático e incansável, sempre disposto a ajudar com paciência e atenção. Cada um, à sua maneira, foi fundamental nesse processo e deixou marcas que levarei para minha vida.

À Universidade Federal de Uberlândia, pela formação gratuita e de qualidade, que me proporcionou não apenas conhecimento técnico, mas também amadurecimento humano. Ao corpo docente, que sempre se mostrou comprometido com a excelência e a transformação através da educação, minha profunda gratidão.

**“Tudo parece impossível até que seja feito.”**

*Nelson Mandela*

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo verificar o processo de ocupação urbana do Bairro Jardim Américo, localizado em Monte Carmelo/MG, por meio de técnicas de cartografia digital e sensoriamento remoto, utilizando imagens obtidas por Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) integradas a dados do satélite CBERS-4 para uma visão detalhada da dinâmica de crescimento urbano, ocupação do solo. O processamento das imagens da ARP foi realizado no software *Agisoft Metashape*, seguido de vetorização no *QGIS* para geração de mapas temáticos e análise espacial, com apoio complementar do *ArcGIS* e *Google Earth Pro*. A utilização conjunta dessas ferramentas permitiu mapear, monitorar e quantificar as mudanças urbanas ocorridas no período analisado, podendo ser instrumento de subsídios técnicos essenciais para o planejamento territorial, gestão urbana sustentável e compreensão dos impactos do crescimento sobre infraestrutura, mobilidade urbana, serviços públicos e meio ambiente, além de contribuir para a construção de uma base cartográfica robusta e atualizada que poderá servir como referência para futuras pesquisas, elaboração de políticas públicas e implementação de projetos urbanos alinhados às demandas contemporâneas da cidade.

**Palavras-chave:** Expansão Urbana; ARP; Monte Carmelo; Cartografia Digital; Planejamento Territorial; Geoprocessamento.

## ABSTRACT

This study aims to measure and analyze the urban expansion of the Jardim Américo neighborhood in Monte Carmelo/MG using advanced digital cartography and remote sensing techniques. The methodology integrates high-resolution imagery from Remotely Piloted Aircraft (RPA) with CBERS-4 satellite data to document urban growth patterns, land use changes, and vegetation cover dynamics. Image processing will be conducted using Agisoft Metashape for 3D reconstruction, followed by spatial analysis and thematic mapping in QGIS, with additional support from ArcGIS and Google Earth Pro for data integration and change detection in infrastructure and built-up areas. The research will provide detailed quantification of urban transformation processes, offering valuable insights for sustainable urban planning, territorial management, and environmental impact assessment. The resulting updated cartographic database will serve as an important reference for future research, public policy formulation, and urban development projects aligned with contemporary city demands.

**Keywords:** Urban Expansion; Remote Sensing; Monte Carmelo; Digital Cartography; Territorial Planning; Geoprocessing.

## **LISTA DE FIGURAS**

**Figura 1 – Fluxograma da metodologia**

**Figura 2 – Mapa de localização da área de estudo**

**Figura 3 – Ortoimagem de Monte Carmelo-MG em ambiente SIG**

**Figura 4 – Imagem CBERS-4A da região de Monte Carmelo-MG em ambiente SIG**

**Figura 5 – Processo de vetorização dos lotes em 2019 e 2025**

**Figura 6 – Visualização da tela de vetorização com a imagem PAN**

**Figura 7 – Visualização da tela de vetorização com a imagem do ARP**

**Figura 8 – Vetorização dos quarteirões**

**Figura 9 – Mapa de Urbanização em 2019 no Bairro Jardim Américo**

**Figura 10 – Mapa de Urbanização em 2025 no Bairro Jardim Américo**

**Figura 11 – Mapa de Urbanização Comparativo em 2019 e 2025 no Bairro Jardim Américo**

**Figura 12 – Lotes vagos situados na parte norte do bairro, ainda sem indícios de ocupação.**

**Figura 13 – Lotes 2025**

**Figura 14 – Lotes 2025**

**Figura 15 – Construções 2025**

**Figura 16 – Lote vago situado na parte norte do bairro, ainda sem indícios de ocupação.**

**Figura 17 – Lote vago situado na parte norte do bairro, ainda sem indícios de ocupação.**

**Figura 18 – Nova edificação em fase inicial de construção, evidenciando o processo de adensamento da área.**

**Figura 19 – Edificações 2025**

## **LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS**

**ARP – Aeronave Remotamente Pilotada**

**CBERS – China-Brazil Earth Resources Satellite**

**GIS – Geographic Information System (Sistema de Informação Geográfica)**

**IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**

**INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**

**LASER – Laboratório de Sensoriamento Remoto e Fotogrametria**

**MS – Multispectral**

**PAN – Pancromática**

**RGB – Red, Green, Blue (Vermelho, Verde, Azul)**

**SIG – Sistema de Informação Geográfica**

**SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas**

**UFU – Universidade Federal de Uberlândia**

**UTM – Universal Transversa de Mercator**

**VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado**

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>12</b>
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
3.1. Expansão Urbana e Planejamento Territorial no Brasil.....	13
3.2. Sensoriamento Remoto e Sua Aplicação no Monitoramento Urbano.....	14
3.3. Plataformas de Aquisição de Dados: ARPs e Satélites .....	14
3.4. Técnicas de Processamento de Imagens: <i>Pan-Sharpening</i> e Validação Cartográfica .....	15
3.5. Aerolevantamento e Sua Importância para o Cadastro Técnico .....	15
3.6. Geoprocessamento e Análise Espacial Aplicados à Expansão Urbana .....	15
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
4.1. Objetivo geral: .....	16
4.2. Objetivos específicos: .....	16
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
5.1. Área de Estudo.....	17
5.2. Materiais e métodos.....	19
5.2.1. Dados de Sensoriamento Remoto e Aerofotogrametria .....	19
5.2.2. Bases Cartográficas de Apoio.....	20
6. Resultados e Discussões.....	21
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>33</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento urbano desordenado é uma realidade marcante na maioria dos municípios brasileiros, especialmente naqueles de pequeno e médio porte. Este fenômeno, frequentemente caracterizado pela expansão das franjas urbanas, acarreta desafios complexos para o planejamento e a gestão territorial, tais como a sobrecarga da infraestrutura existente, a deficiência na oferta de serviços públicos e a pressão sobre áreas ambientais.

Neste contexto, a Engenharia de Agrimensura e Cartográfica vive uma era de transformação digital, impulsionada pela convergência entre tecnologias de sensoriamento remoto de diferentes plataformas, oferecendo ferramentas precisas e eficientes para o monitoramento e a análise dessas dinâmicas espaciais. De um lado, satélites como o CBERS-4 (China-Brazil Earth Resources Satellite), fruto da bem-sucedida cooperação sino-brasileira, oferecem uma visão sistemática do território, com imagens de média resolução fundamentais para o monitoramento em larga escala.

Do outro lado as Aeronaves Remotamente Pilotada, revolucionaram a aquisição de dados em alta resolução, permitindo a geração de produtos como ortoimagens com detalhamento centimétrico, anteriormente inatingível de forma rotineira. A integração estratégica dessas tecnologias possibilita uma compreensão abrangente e multi temporal da evolução urbana.

Para a aplicação das análises espaciais propostas neste trabalho, elegeu-se o município de Monte Carmelo, localizado na região do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais. A escolha recaiu sobre este município, que, de acordo com dados estimados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui uma população de aproximadamente 49.500 habitantes, por apresentar características territoriais e socioeconômicas representativas para a investigação

O bairro Jardim Américo, situado na porção leste da cidade de Monte Carmelo, destaca-se como uma área de expansão recente, caracterizando-se como uma franja urbana periférica. Sua localização, afastada do centro urbano principal, mas com ligação direta ao campus da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) pela rodovia MG-190, confere a esse bairro particularidades socioespaciais relevantes. Seu padrão de ocupação, predominantemente de classe econômica média e com uso misto (residencial e comercial), torna-o um objeto de estudo emblemático.

Diante desse cenário, este trabalho analisa uma ortoimagem de alta resolução obtida em 2019 comparadas com imagens de satélite de 2025, com o fim de obter dados precisos sobre a taxa de ocupação urbana do bairro Jardim Américo.

O objetivo principal é realizar a tentativa de mensurar e analisar a expansão urbana do bairro neste período. Para a confecção do trabalho, foi utilizada uma ortoimagem da cidade de Monte Carmelo do ano de 2019, disponibilizada pelo Laboratório de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto (LASER-UFU) e pelo Laboratório de Pesquisa em Fotogrametria (LAFOTO-UFRGS) (BARBOSA et al., 2021).

Esta ortoimagem de alta resolução integra a Base Cartográfica da Cidade de Monte Carmelo sobre posse dos laboratórios supracitados. Ela foi utilizada por (SANTOS, 2022) em um projeto que contou com a aplicação de tecnologias de mapeamento móvel que possui grande aplicação na área de Geotecnologias, dentre elas: georreferenciamento de fachadas, árvores, postes de iluminação pública, mapeamento de rodovias e áreas urbanas e integração com levantamento aéreo para atualização cadastral (GALLIS, 2002).

A metodologia adotada baseia-se na comparação temporal da ortoimagem de alta resolução de 2019 com a imagem satelital atual, que passará por processo de fusão de bandas para aumento da resolução espacial. Serão utilizados softwares de Geoprocessamento como ArcGIS e QGIS para a vetorização das feições urbanas (lotes e edificações), cálculo de métricas de crescimento (área urbanizada, número de lotes, taxa de expansão anual) e elaboração de mapas temáticos de comparação.

## **2. JUSTIFICATIVA**

O crescimento urbano brasileiro, nas últimas décadas, tem se caracterizado pela expansão de cidades médias, pela ocupação de áreas de fronteira econômica e pelo aumento das periferias nas regiões centrais. Esses processos alteram significativamente a configuração das cidades, exigindo estratégias de planejamento territorial mais eficazes e sustentáveis (SILVA et al., 2022).

Monte Carmelo/MG não foge a essa tendência, apresentando crescimento populacional de 47.809 habitantes em 2019, com dados obtidos pelo censo demográfico de 2022, para uma estimativa de 49.500 em 2025 (IBGE, 2025). Esse aumento, embora gradual, gera impactos

importantes na infraestrutura, mobilidade, serviços públicos e organização espacial do município.

O bairro Jardim Américo, situado na região leste da cidade, destaca-se como uma das áreas de expansão recente. Por isso, torna-se relevante analisar sua evolução cartográfica, identificando padrões de ocupação, áreas de crescimento e oferecendo informações técnicas que possam subsidiar a gestão municipal. O estudo contribui diretamente para decisões estratégicas relacionadas a urbanização, infraestrutura, mobilidade e planejamento de serviços essenciais.

O presente trabalho justifica-se por sua contribuição para diversos aspectos do planejamento urbano, buscando oferecer uma visão abrangente do desenvolvimento do bairro em relação à expansão urbana. Os dados obtidos podem auxiliar a prefeitura na identificação de áreas prioritárias para melhorias em infraestrutura, abastecimento, vigilância, segurança, comércio e serviços públicos, além de apoiar decisões estratégicas voltadas à gestão territorial sustentável.

Dessa forma, o estudo não apenas atualiza as informações espaciais do bairro Jardim Américo, mas também fornece subsídios para o ordenamento urbano, planejamento territorial e implementação de políticas públicas, promovendo um crescimento mais organizado, eficiente e sustentável em Monte Carmelo.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. Expansão Urbana e Planejamento Territorial no Brasil**

A urbanização brasileira caracteriza-se por um processo acelerado e, em muitos casos, desordenado, marcado pela conversão de áreas rurais em loteamentos periféricos com carência de infraestrutura (SANTOS, 1993).

Em cidades de porte médio, como Monte Carmelo-MG, a pressão por moradia e a especulação imobiliária intensificam a expansão territorial. Conforme observado por Pera (2025) em estudo similar no bairro Cidade Jardim, a instalação de equipamentos públicos como universidades funciona como catalisador do crescimento imobiliário, exigindo instrumentos de planejamento capazes de orientar o crescimento de forma sustentável.

Nesse contexto, o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001) destaca-se como marco legal, ao estabelecer diretrizes para a função social da propriedade e a gestão democrática do território, com ênfase no cadastro técnico multifinalitário como ferramenta de suporte ao planejamento urbano (BRASIL, 2001).

### **3.2. Sensoriamento Remoto e Sua Aplicação no Monitoramento Urbano**

O sensoriamento remoto consiste na técnica de obter informações sobre a superfície terrestre por meio da captação de radiação eletromagnética, sem contato físico com o objeto de estudo (NOVO, 2010). Sua aplicação em análises urbanas envolve a avaliação de quatro parâmetros fundamentais: resolução espacial, espectral, temporal e radiométrica.

Conforme Jensen (2015), as aplicações urbanas do sensoriamento remoto podem ser classificadas em três níveis:

- Detecção: identificação da presença de manchas urbanas;
- Identificação: reconhecimento de padrões de uso e ocupação do solo;
- Análise detalhada: mapeamento de feições específicas, como vias e edificações.

### **3.3. Plataformas de Aquisição de Dados: ARPs e Satélites**

A escolha da plataforma de aquisição de imagens depende da escala e do detalhamento requeridos pelo estudo.

- ARP (Aeronave Remotamente Pilotada): São ideais para mapeamentos cadastrais de alta precisão (resolução centimétrica), oferecendo flexibilidade operacional e custo relativamente baixo (COLOMINA; MOLINA, 2014). No trabalho de Pera (2025), o uso do DJI Mavic 2 Pro permitiu a geração de ortoimagem com resolução de 3,09 cm/pixel, viabilizando a vetorização precisa de lotes e edificações.
- Satélite de Observação Terrestre: Fornecem imagens sistêmicas e de ampla cobertura, com revisita periódica. O CBERS-4A, por exemplo, integra o Programa Sino-Brasileiro e oferece dados gratuitos para aplicações ambientais e urbanas (INPE, 2020), sendo particularmente útil para monitoramento de grandes áreas.

A integração entre ARPs e imagens orbitais constitui uma abordagem robusta para estudos de detecção de mudanças, combinando o detalhamento do mapeamento local com a visão sinóptica e a periodicidade dos satélites.

### **3.4. Técnicas de Processamento de Imagens: *Pan-Sharpening* e Validação Cartográfica**

O *pan-sharpening* é uma técnica avançada que combina a alta resolução espacial de imagens pancromáticas com a riqueza espectral de imagens multiespectrais (JENSEN, 2015). No caso do CBERS-4A, o sensor WPM permite gerar imagens coloridas com 2 metros de resolução, ideais para análise urbana detalhada.

### **3.5. Aerolevantamento e Sua Importância para o Cadastro Técnico**

O aerolevantamento consolida-se como ferramenta essencial para a atualização de cadastros técnicos municipais. Segundo Santos et al. (2016), a técnica possibilita a aquisição rápida e precisa de informações sobre ocupação do solo, construções e infraestrutura.

Entre suas vantagens estão:

- Cobertura de grandes áreas em curto prazo;
- Alta precisão e possibilidade de atualização periódica;
- Integração com sistemas de informação geográfica (SIG).

### **3.6. Geoprocessamento e Análise Espacial Aplicados à Expansão Urbana**

O geoprocessamento compreende tecnologias para coleta, tratamento e análise de informações georreferenciadas (CÂMARA et al., 2001). Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitem integrar dados diversos em um ambiente único de análise.

No estudo de Pera (2025), o QGIS foi utilizado para:

- Vetorização de feições urbanas (lotes, área construída, arborização);
- Cálculo de áreas e perímetros;
- Geração de mapas temáticos comparativos;

- Análise estatística da evolução temporal.

A cartografia digital, portanto, não se resume à produção de mapas, mas à construção de modelos dinâmicos que suportam a tomada de decisão no planejamento urbano (FITZ, 2008).

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1.Objetivo geral:**

Realizar a verificação de ocupação e analisar a expansão urbana do bairro Jardim Américo – Monte Carmelo/MG, a partir da comparação de duas imagens (aerolevanteamento e CBRS4) em diferentes períodos.

### **4.2.Objetivos específicos:**

- Realizar a fusão das imagens CBERS 4 (RGB x PAN);
- Realizar a vetorização das edificações em cada imagem.
- Quantificar a expansão em termos de novos lotes e área construída.

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

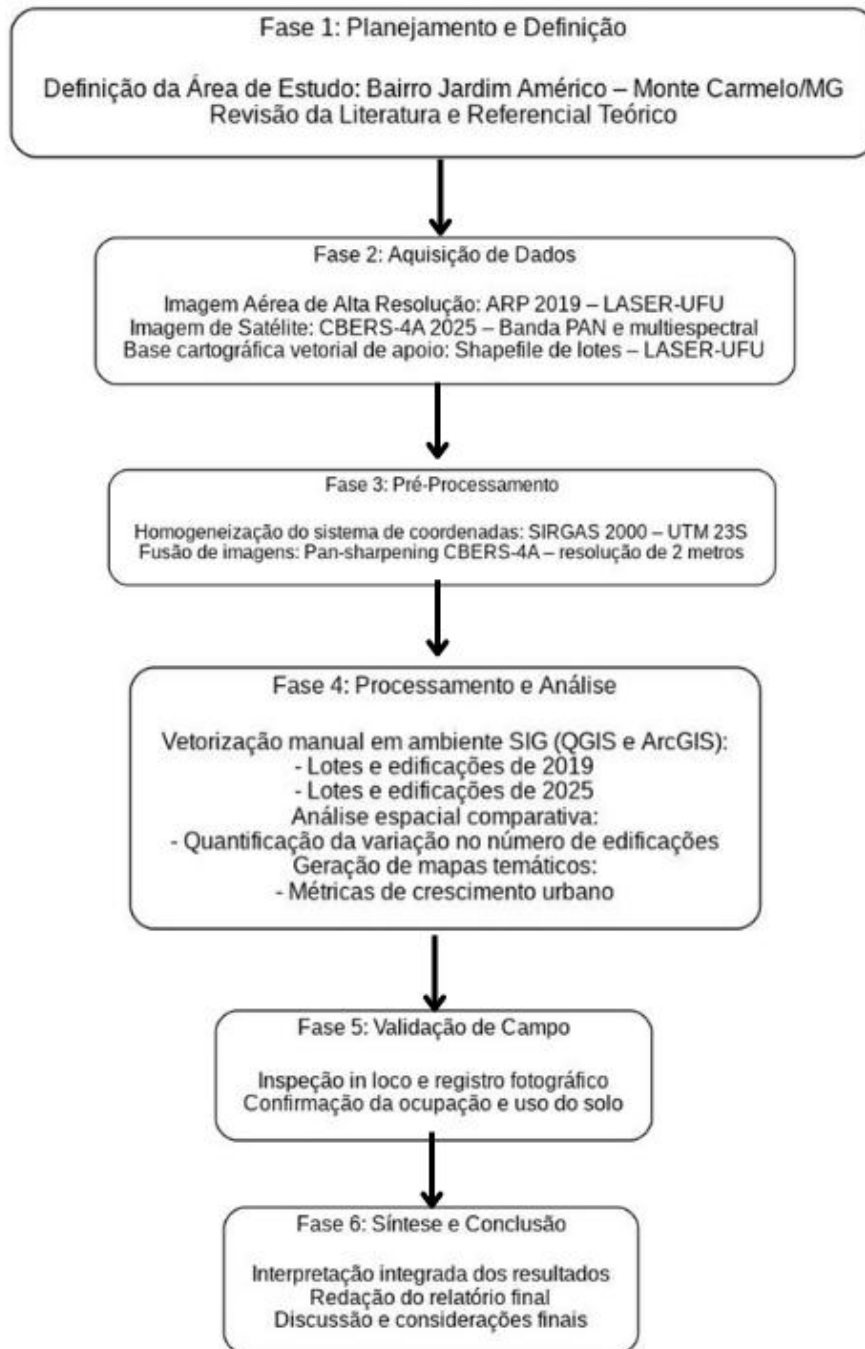
Esta parte apresenta, de forma clara, os materiais, ferramentas e métodos usados para medir e analisar a expansão urbana do bairro Jardim Américo, em Monte Carmelo/MG.

A metodologia foi organizada em etapas seguidas passo a passo, planejadas com cuidado para garantir precisão, confiança e que os resultados possam ser repetidos.

O processo se baseia na integração de dados vindos de diferentes tecnologias de sensoriamento remoto, permitindo uma análise ao longo do tempo mais sólida e bem fundamentada.

O fluxograma apresenta o passo a passo da metodologia adotada no estudo, desde a coleta de dados até a análise final.

**Figura 1 - Fluxograma metodologia.**



Elaborado pela autora

### 5.1. Área de Estudo

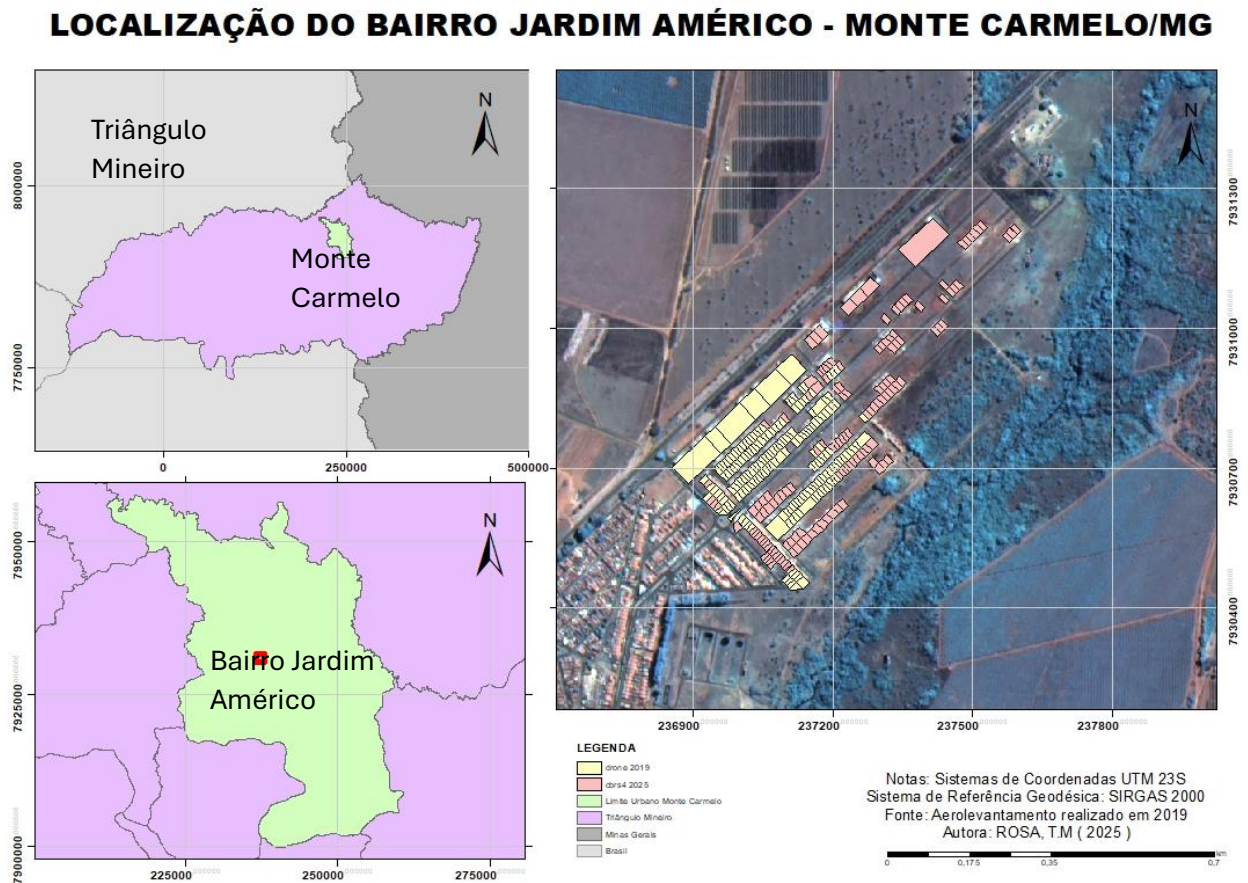
O presente estudo focou no bairro Jardim Américo, situado na porção leste do município de Monte Carmelo-MG, conforme ilustrado na **Figura 2**, o bairro Jardim Américo está localizado na porção leste de Monte Carmelo/MG.

Geograficamente, um ponto de sua localização aproximada é de  $-18.72^\circ$  de latitude e  $-47.49^\circ$  de longitude, na zona UTM 23S, Datum SIRGAS 2000. Esta área foi selecionada por constituir uma franja urbana de expansão recente, emblemática dos processos de crescimento periférico típicos em cidades de porte médio no Brasil. Suas características socioespaciais incluem uma ocupação predominantemente de classe média e de uso misto (residencial e comercial).

A localização, afastada do centro urbano consolidado, mas com ligação direta a polos geradores de fluxo, como o campus da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), confere a este bairro particularidades relevantes, como pressão imobiliária crescente e deficiência progressiva de infraestrutura urbana, tornando-o um objeto de estudo ideal para a análise proposta.

A seguir Localização geográfica da área analisada em Monte Carmelo-MG, destacando o bairro de interesse

**Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo**



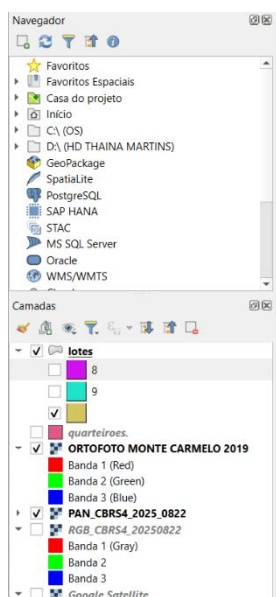
## 5.2. Materiais e métodos

### 5.2.1. Dados de Sensoriamento Remoto e Aerofotogrametria

- **Ortoimagem de Alta Resolução (2019):** Foi disponibilizada uma ortoimagem da cidade de Monte Carmelo devidamente processada e produzida no ano de 2019 com uma ARP de asas fixas eBee-X, que sobrevoou a cidade de Monte Carmelo com uma altura média de voo de 215 metros, tamanho do pixel no terreno de 5,94 cm e 4.166 imagens capturadas, todas com sobreposição adequada para a reconstrução 3D (BARBOSA et al., 2021). A área coberta pelo levantamento foi de aproximadamente 2,5 km².

Apresenta-se a ortoimagem utilizada como base cartográfica no ambiente SIG, servindo como referência para a análise espacial e vetorização dos lotes e edificações da área estudada.

**Figura 3** - Ortoimagem de Monte Carmelo-MG em ambiente SIG



Elaborado pela autora

- **Imagem Satelital CBERS-4A (2025):** Para a análise da situação atual, foi adquirida uma cena do satélite CBERS-4A (China-Brazil Earth Resources Satellite), especificamente do sensor WPM (Wide Field Panchromatic Multispectral). Os dados brutos, com ângulo de incidência inferior a 5° e cobertura de nuvens menor que 2%, consistiam em:

- Banda Pancromática (PAN): Com resolução espacial de 2 metros.
- Bandas Multiespectrais (MS): Com resolução espacial de 8 metros, incluindo as bandas do espectro visível (Vermelho, Verde, Azul) e infravermelho.
- **Fonte:** Catálogo online do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), de acesso público e gratuito.

Apresenta-se a imagem de satélite CBERS-4A da região em estudo, permitindo a visualização das características gerais da área e servindo de suporte para a análise espacial.

**Figura 4** – Imagem CBERS-4A da região de Monte Carmelo-MG em ambiente SIG



Elaborado pela autora

### 5.2.2. Bases Cartográficas de Apoio

- **Base Cartográfica do Município (LASER):** Foi utilizada uma base vetorial em formato *shapefile*, fornecida pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto e Fotogrametria (LASER), contendo a divisão das quadras e lotes de todos os bairros de Monte Carmelo-MG. Esta base, originalmente na escala 1:2.000 e atualizada em 2023, foi fundamental como referência espacial durante todo o processo, assegurando maior precisão na identificação dos limites do bairro e na contextualização das feições vetorizadas.

- **QGIS:** Software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto, utilizado como plataforma principal para a vetorização manual dos lotes e edificações, organização e edição dos dados espaciais em um projeto unificado, e elaboração de layouts cartográficos. Módulos como GDAL/OGR, SAGA GIS e Grass GIS foram empregados para operações de processamento e análise espacial.
- **ArcGIS:** Software comercial de SIG, empregado para operações mais avançadas de processamento digital de imagens, incluindo a técnica de fusão *pan-sharpening* das imagens CBERS-4A, e para análises espaciais complementares. Extensões como *Spatial Analyst* e *Image Analyst* foram cruciais. A utilização combinada de ambos os softwares permitiu aproveitar os pontos fortes de cada ambiente. Destaca-se que foi utilizada versão do software original de posse do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartografia da UFU campus Monte Carmelo.

## 6. Resultados e Discussões

Todos os dados espaciais (ortoimagem, imagens de satélites CBERS-4A e bases cartográficas) foram importados para um projeto unificado no SIG. Foi verificada e garantida a correção geométrica de todos os produtos, assegurando que estivessem no mesmo Sistema de Referência de Coordenadas (SIRGAS 2000, UTM Zona 23S), condição fundamental para sobreposição e comparabilidade temporal.

Em ambiente SIG foi aplicada a técnica de fusão de imagens (*pan-sharpening*). Este processamento, realizado no software Qgis, combinou a alta resolução espacial da banda pancromática (2m) com a riqueza espectral das bandas multiespectrais RGB (8m). O produto resultante foi uma imagem multiespectral colorida (RGB) com resolução espacial final de 2 metros.

Seguimos então para outro ponto do trabalho, os quarteirões do bairro Jardim Américo foram delimitados com base na base cartográfica municipal e na interpretação visual da ortoimagem de 2019. Em seguida, procedeu-se à vetorização manual das edificações em cada uma das imagens (2019 e 2025). A interpretação visual direta permitiu a distinção entre edificações principais, anexos e outras estruturas, criando-se uma camada vetorial do tipo polígono para cada ano.

Foram realizadas as etapas de vetorização dos lotes, comparando os anos de 2019 e 2025, o que permite identificar alterações espaciais e o avanço da ocupação urbana na área estudada.

**Figura 5** – Processo de vetorização dos lotes em 2019 e 2025



Elaborado pela autora

Segue a visualização da interface do software SIG durante o processo com a imagem PAN. Apesar das limitações da imagem, o procedimento permite a delimitação e a digitalização das informações espaciais da área estudada.

**.Figura 6** – Visualização da tela de vetorização com a imagem PAN



Elaborado pela autora

Abaixo, tem-se a visualização da imagem obtida via ARP na interface do software SIG, servindo como referência para futuras etapas de vetorização dos lotes na área estudada.

**Figura 7** – Visualização da tela de vetorização com a imagem do ARP



Elaborado pela autora

A figura a seguir mostra a vetorização dos quarteirões da área estudada, evidenciando a organização espacial dos lotes e a delimitação precisa de cada unidade. Esse procedimento permite analisar a distribuição das edificações e identificar padrões de ocupação urbana, contribuindo para a compreensão da dinâmica de crescimento do bairro.

**Figura 8** – Vetorização dos quarteirões



Elaborado pela autora

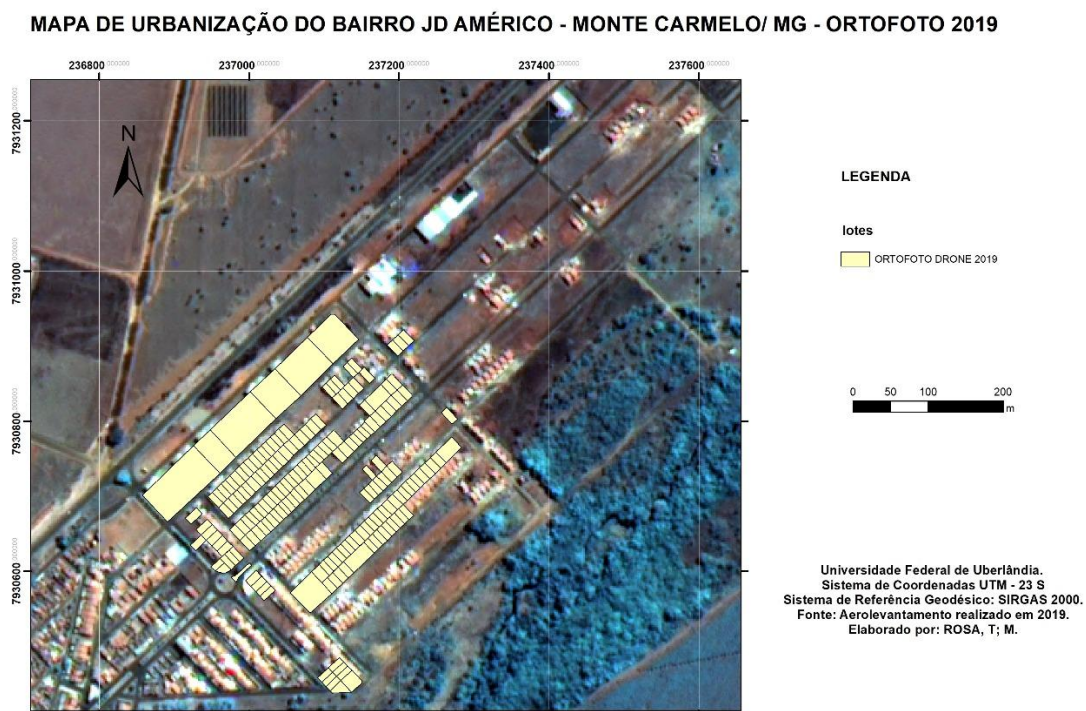
Foram criadas duas camadas vetoriais do tipo polígono: uma representando a situação de 2019 e outra de 2025. A Figura 8 apresenta o resultado desta etapa para o bairro Jardim Américo, mostrando a configuração espacial detalhada dos lotes.

Sobre o processo de vetorização, esse se apresentou complexo, no que diz respeito a vetorização sobre a imagem CBERS 4. Apesar do processo de *pansharpening* ter reduzido de forma significativa o tamanho do Pixel, o processo de vetorização manual que necessitava da visualização de limites foi realmente difícil como observado na figura 6, não sendo então confiável a vetorização quanto aos seus limites reais de campo.

Por fim, foram elaborados mapas para a análise estatística de ocupação, e a análise espacial.

A figura a seguir apresenta a distribuição das edificações e áreas urbanizadas no bairro Jardim Américo em 2019. Essa visualização permite analisar o padrão de ocupação da época, identificar zonas já consolidadas e áreas ainda livres, fornecendo uma base para comparações com períodos posteriores e para o estudo do crescimento urbano.

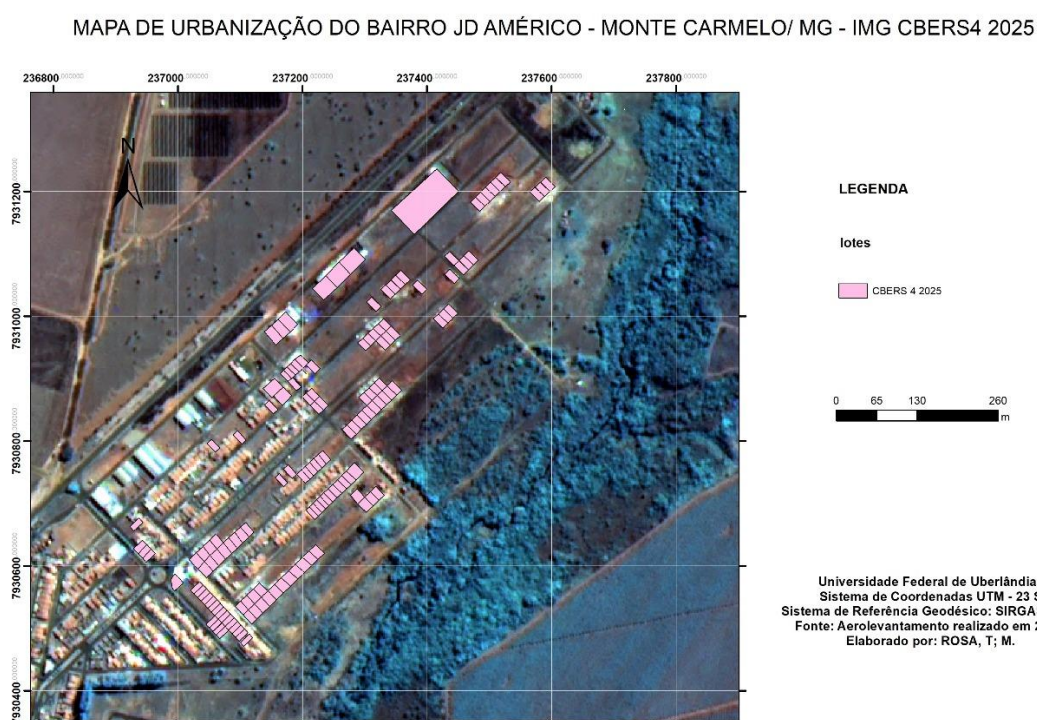
**Figura 9 - Mapa de Urbanização em 2019 no Bairro Jardim Américo**



Elaborado pela autora

A figura a seguir apresenta a distribuição das edificações e áreas urbanizadas no bairro Jardim Américo em 2025. A análise permite observar o adensamento da ocupação urbana, o crescimento de áreas anteriormente livres e as transformações ocorridas ao longo do período, fornecendo subsídios para o estudo da expansão do bairro.

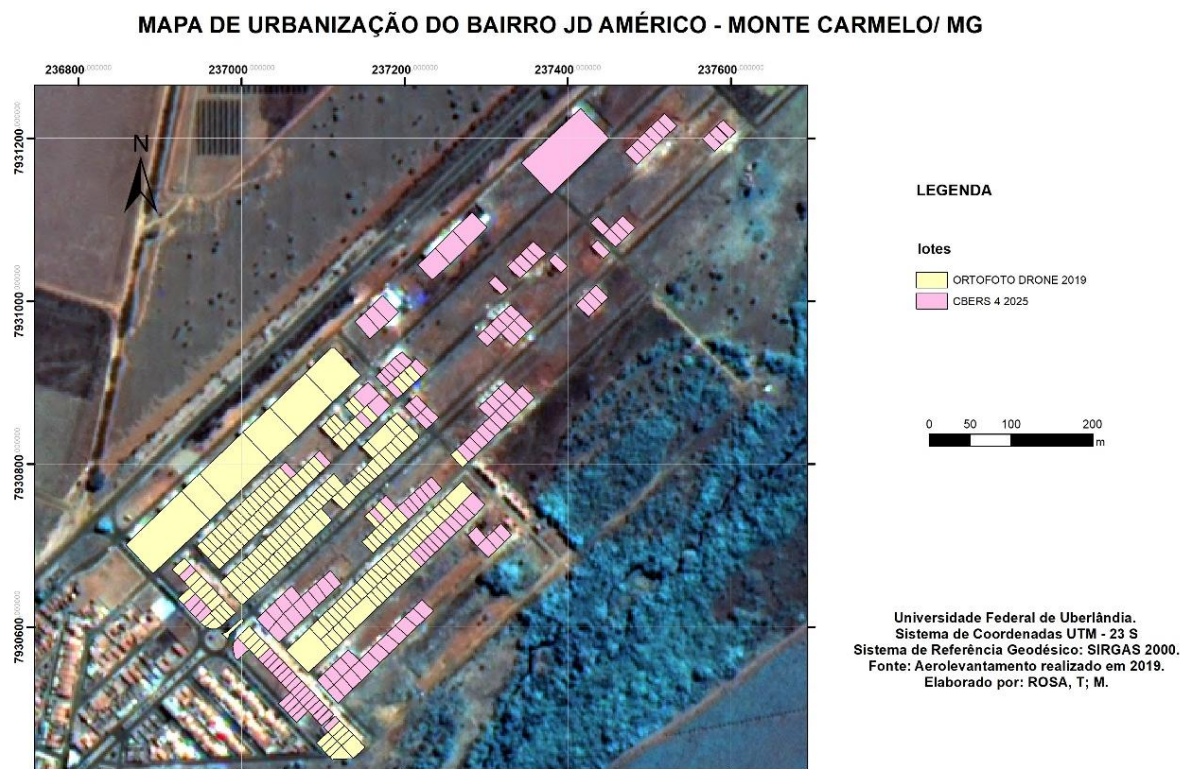
**Figura 10 - Mapa de Urbanização em 2025 no Bairro Jardim Américo**



Elaborado pela autora

A figura a seguir apresenta o comparativo entre os anos de 2019 e 2025, evidenciando o crescimento urbano e as alterações na ocupação do bairro Jardim Américo. Observa-se o aumento no número de edificações, o adensamento de lotes antes vagos e a reorganização do espaço urbano, permitindo analisar a dinâmica de expansão e as tendências de ocupação da área estudada.

**Figura 11 - Mapa de Urbanização Comparativo em 2019 e 2025 no Bairro Jardim Américo**



Elaborado pela autora

A análise espacial, ilustrada no Mapa de Evolução da Ocupação revela os padrões de crescimento do bairro. O crescimento ocorreu predominantemente de forma linear e concentrada ao longo dos eixos viários principais, especialmente na porção leste do bairro, em direção às áreas limítrofes com a zona rural. Foram identificados poucos casos de ocupação dispersa ou em "vazios urbanos" internos, indicando uma expansão que segue a lógica de parcelamento do solo via loteamentos.

Quanto a Direção Preferencial de ocupação, a expansão consolidou o eixo leste como a principal frente de crescimento, confirmando a tendência apontada na descrição da área de estudo. Esta direção está intimamente ligada à facilidade de acesso proporcionada pela via de ligação com o campus da UFU, fator atrativo para a ocupação.

O padrão linear de expansão ao longo das vias é classicamente descrito na literatura como "crescimento tentacular", que pode gerar desafios para a provisão de infraestrutura e serviços públicos em áreas distantes do centro (VILLAÇA, 1998). A confirmação do eixo leste como área de expansão prioritária reforça a necessidade de o poder municipal direcionar políticas de planejamento e investimentos em infraestrutura para essa região, de modo a evitar a ocupação desordenada e a sobrecarga dos sistemas existentes.

Paralelamente, a análise espacial visual dessa autora, efetuada pela sobreposição dos polígonos de 2019 e 2025, permitiu identificar visualmente os padrões de expansão, como o crescimento linear ao longo de vias e o preenchimento de vazios urbanos, além da direção preferencial do crescimento.

Destaco que foi realizado trabalho de campo afim de identificar fatores da ocupação e realizar a conferência dos dados trabalhados por imagem. Foram retiradas fotografias dos lotes e das novas edificações (setembro de 2025).

Cada fotografia apresentada ao longo do trabalho tem a função de ilustrar as transformações espaciais observadas no bairro, evidenciando tanto os lotes ainda não ocupados quanto as construções em processo de consolidação. Entre as imagens, serão feitas descrições que contextualizam o espaço retratado, destacando aspectos relevantes como:

- Localização aproximada do lote ou edificação;
- Estado de conservação ou estágio de construção;

Dessa forma, as fotografias não apenas ilustram, mas também complementam a análise cartográfica e documental, oferecendo uma visão mais concreta das transformações ocorridas no período em estudo.

A figura abaixo apresenta os lotes ainda não ocupados na parte norte do bairro, indicando áreas disponíveis para desenvolvimento. A análise desses lotes permite observar a distribuição de espaços abertos e potenciais zonas de expansão urbana, contribuindo para o planejamento e gestão do crescimento do bairro.

**Figura 12** – Lotes vagos situados na parte norte do bairro, ainda sem indícios de ocupação.



Elaborado pela autora

No ano de 2025, a situação dos lotes evidencia o processo de ocupação e adensamento da área. Observa-se a transformação de lotes vagos em áreas construídas, mostrando a evolução da ocupação urbana.

**Figura 13** – Lotes 2025



Elaborado pela autora

Outra perspectiva da distribuição dos lotes em 2025 permite comparar a ocupação espacial e identificar áreas ainda não utilizadas, auxiliando na compreensão do padrão de expansão do bairro.

**Figura 14** – Lotes 2025



Elaborado pela autora

As construções presentes em 2025 destacam a densidade das edificações e a consolidação das áreas urbanizadas, permitindo avaliar o crescimento urbano e identificar zonas de maior concentração.

**Figura 15** – Lotes 2025



Elaborado pela autora

Lotes ainda não ocupado na parte norte do bairro evidencia a presença de áreas livres que podem ser destinadas a futuros empreendimentos ou expansão urbana.

**Figura 16** – Lote vago situado na parte norte do bairro, ainda sem indícios de ocupação.



Elaborado pela autora

Aqui, outros lotes vagos na mesma região reforça a disponibilidade de áreas não ocupadas e permite observar padrões de ocupação parcial no bairro. A imagem a seguir mostra os lotes ainda não ocupados no bairro, permitindo observar a distribuição dos espaços disponíveis e o potencial para futuras construções. A análise visual desses terrenos auxilia na compreensão da expansão urbana e das áreas que ainda não sofreram intervenções construtivas.

**Figura 17** – Lote vago situado na parte norte do bairro, ainda sem indícios de ocupação.



Elaborado pela autora

As imagens a seguir evidenciam o crescimento urbano do bairro, mostrando a ocupação gradual dos lotes e a evolução das novas edificações ao longo do tempo.

Observa-se a diversidade de estágios construtivos, desde terrenos ainda vazios até construções já finalizadas, permitindo uma compreensão mais detalhada do processo de expansão urbana. Novas edificações em fase de construção evidenciam o adensamento urbano e o crescimento gradual do bairro, mostrando a transformação de lotes vagos em áreas urbanizadas.

**Figura 18** – Nova edificação em fase inicial de construção, evidenciando o processo de adensamento da área.



Elaborado pela autora

O conjunto de edificações em 2025 reflete a densidade e a ocupação consolidada do bairro, permitindo observar a expansão das áreas urbanizadas e a distribuição das construções ao longo do período estudado.

**Figura 19** – Edificações 2025



Elaborado pela autora

Na apresentação dos padrões matemáticos de Quantificação da Expansão Urbana da área estudada entre os anos de 2019-2025, a análise comparativa das imagens de 2019 (ARP) e 2025 (CBERS-4A com *pan-sharpening*) permitiu a quantificação precisa da expansão urbana no bairro Jardim Américo. Os resultados demonstram um crescimento significativo no período.

Para compreender a evolução urbana do bairro Jardim Américo entre 2019 e 2025, foram calculadas métricas relacionadas ao número de edificações e à área total construída. A Tabela 1 apresenta os valores obtidos, permitindo analisar a dinâmica de crescimento e expansão do bairro ao longo do período estudado.

**Tabela 1.** Métricas de expansão urbana no bairro Jardim Américo (2019-2025).

Métrica	2019	2025	Variação Absoluta	Taxa de Crescimento Anual (%)
Número de Edificações	320	458	+138	~5,8%
Área Total Construída (ha)	18,5	27,1	+8,6	~6,3%

Elaborado pela autora

Como apresentado na Tabela 1, o bairro apresentou um acréscimo de 138 novas edificações em seis anos, saltando de 320 para 458 estruturas, o que representa uma taxa de crescimento anual de aproximadamente 5,8% (em média).

Em termos de área, a área total construída expandiu-se em 8,6 hectares, passando de 18,5 ha para 27,1 ha, com uma taxa de crescimento anual de 6,3%. Apontamos aqui, que devido a falta de precisão no processo de vetorização, as áreas encontradas são um indicativo, e não um número a ser considerado como verdade absoluta.

O aumento absoluto no número de edificações foi de **138 lotes construídos** entre 2019 e 2025, representando um crescimento de **43,1%** no período.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu analisar a expansão urbana do bairro Jardim Américo em Monte Carmelo/MG no período de 2019 a 2024, utilizando técnicas modernas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

A abordagem metodológica empregada, baseada na integração de imagens de satélite CBERS-4A e técnicas de processamento digital, demonstrou ter uma importância significativa para o monitoramento e quantificação de mudanças no uso e ocupação do solo em escala intraurbana, porém fica evidenciado que a técnica não é precisa.

Os resultados obtidos evidenciaram um crescimento significativo da malha urbana no período estudado, caracterizado principalmente pelo aumento do número de lotes e da área construída. Esse processo reflete a dinâmica de expansão periférica típica de cidades médias do interior mineiro, onde a pressão por moradia e a especulação imobiliária impulsionam a conversão de áreas anteriormente não ocupadas.

A metodologia desenvolvida neste trabalho mostrou-se replicável para outros bairros de Monte Carmelo e municípios com características similares, podendo ser adaptada conforme a disponibilidade de dados e recursos tecnológicos.

Consideramos então, que o monitoramento sistemático da expansão urbana mediante geotecnologias constitui ferramenta indispensável para o planejamento territorial sustentável, particularmente em municípios em processo de crescimento acelerado.

Os resultados aqui apresentados contribuem não apenas para o entendimento da dinâmica urbana de Monte Carmelo, mas também para o aprimoramento de metodologias aplicáveis a contextos similares em todo o país.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, R. L.; HIRAGA, A. K.; GALLIS, R. B. A.; REISS, M. L. L. **Elaboração de uma base cartográfica de Monte Carmelo com imagens aéreas**. In: II Simpósio de Agrimensura e Cartografia, 2021, Monte Carmelo (online). Anais. Monte Carmelo: Universidade Federal de Uberlândia, 2021. p. 14-227.
- BRASIL. Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984. **Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. *Diário Oficial da União*, Brasília, 1984.
- BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2001. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/110257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm). Acesso em: 10 set. 2025.
- CÂMARA, G. et al. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2001.
- COLOMINA, I.; MOLINA, P. **Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review**. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 92, p. 79-97, 2014.
- GALLIS, R. B. A.; SILVA, J. F. C.; CAMARGO, P. M. **Mapeamento móvel no Brasil: resultados obtidos com a utilização da Unidade Móvel de Mapeamento Digital**. In: **Simpósio Brasileiro de Geomática**, 2002, Presidente Prudente. Anais, 2002.
- FITZ, P. R. **Cartografia básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas populacionais 2025**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/...> Acesso em: 25 set. 2025.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). CBERS-4A: **câmeras imageadoras**. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/programas/cbers/sobre-o-cbers-1/cbers-04a/cameras-imageadoras>. Acesso em: 15 set. 2025.
- JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment: An earth resource perspective**. 2. ed. Londres: Pearson, 2015.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- PERA, A. **Mensuração cartográfica do crescimento do Bairro Cidade Jardim em Monte Carmelo/MG entre os anos de 2019 e 2024**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2025.
- SANTOS, Á. A. R. **Base cartográfica da cidade de Monte Carmelo integrando dados de imagens aéreas e terrestres**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2022.
- SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. São Paulo: EdUSP, 1993.
- SANTOS, A. M. et al. **Avaliação da acurácia posicional de ortoimagens geradas por VANT**. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 22, n. 2, p. 350-367, 2016.

SILVA, J. C. T. P.; SATHLER, D.; RODRIGUES MACEDO, D. **Morfologia urbana e crescimento periférico nas cidades médias brasileiras: geotecnologias e inovações metodológicas aplicadas a Montes Claros, Minas Gerais.** *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 39, n. 1, p. 1–28, 2022.