

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - *CAMPUS* MONTE CARMELO  
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

GUILHERME HUMBERTO RIBEIRO DE SOUZA

LEVANTAMENTO COM CÂMERA ESFÉRICA DAS VIAS DA  
CIDADE DE ROMARIA-MG

Monte Carmelo-MG

2024

GUILHERME HUMBERTO RIBEIRO DE SOUZA

LEVANTAMENTO COM CÂMERA ESFÉRICA DAS VIAS DA  
CIDADE DE ROMARIA-MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geografia, Geociências e Saúde Coletiva da Universidade Federal de Uberlândia, *campus* Monte Carmelo, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel, em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Área de concentração: Fotogrametria

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Luís Barbosa

Monte Carmelo-MG

2024

GUILHERME HUMBERTO RIBEIRO DE SOUZA

LEVANTAMENTO COM CÂMERA ESFÉRICA DAS VIAS DA  
CIDADE DE ROMARIA-MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geografia, Geociências e Saúde Coletiva da Universidade Federal de Uberlândia, *campus* Monte Carmelo, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel, em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Área de concentração: Fotogrametria

Monte Carmelo, 13/12/2024

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Ricardo Luís Barbosa – UFU

---

Prof. Dr. Pedro Eduardo Ribeiro de Toledo – UFU

---

Eng. Gabriel Matheus Costa

## **AGRADECIMENTOS**

Expresso minha mais profunda gratidão a todos que contribuíram de maneira significativa para a minha trajetória. Em primeiro lugar, agradeço à minha família: ao meu pai, José, à minha mãe, Jaqueline, e às minhas irmãs, Isadora e Natália, pelo apoio incondicional e pelo amor constante que sempre me sustentaram.

Manifesto também minha sincera gratidão à Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, por proporcionar uma experiência acadêmica enriquecedora e transformadora. Ao Prof. Dr. Ricardo Luís Barbosa, meu orientador, agradeço pelo suporte imprescindível e pela orientação dedicada ao longo do desenvolvimento do meu Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos amigos e à minha namorada, que mesmo à distância, me motivou e ofereceu apoio contínuo, deixo aqui meu reconhecimento e carinho. A todos que, de alguma forma, participaram desta caminhada, dedico este trabalho com imensa gratidão.

Muito obrigado!

## RESUMO

A cidade de Romaria-MG é conhecida por seu turismo religioso, especialmente devido ao Santuário Basílica de Nossa Senhora da Abadia, atraindo um fluxo significativo de visitantes. Para melhorar o gerenciamento e planejamento das ações administrativas por parte da Prefeitura Municipal. Este trabalho teve como objetivo, realizar um levantamento terrestre com uma unidade móvel equipada com uma câmera Insta360 TITAN com um Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) integrado para possibilitar o georreferenciamento das imagens panorâmicas e o sistema de navegação inercial (INS) para mostrar a trajetória do veículo. Com as imagens esféricas e georreferenciadas, elas estão sendo disponibilizadas pela internet via plataforma Mapillary para que seja acessível por qualquer pessoa com acesso à internet.

**Palavras-chave:** Mapeamento Móvel Terrestre. Imagens esféricas. Visualização WEB.

## **ABSTRACT**

The city of Romaria-MG is known for its religious tourism, especially due to the Basilica Sanctuary of Our Lady of the Abbey, which attracts a significant flow of visitors. In order to improve the management and planning of administrative actions by the City Hall, this work aimed to carry out a ground survey with a mobile unit equipped with an Insta360 TITAN camera with an integrated Global Navigation Satellite System (GNSS) to enable georeferencing of panoramic images and the inertial navigation system (INS) to show the trajectory of the vehicle. With the spherical and georeferenced images, they are being made available on the internet via the Mapillary platform so that they can be accessed by anyone with internet access.

**Keywords:** Terrestrial Mobile Mapping. Spherical images. WEB Viewing.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>8</b>
2.1 Objetivo geral.....	8
2.2 Objetivos específicos.....	8
<b>3 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>9</b>
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>10</b>
4.1 Câmeras Esféricas.....	10
4.2 Sistema de Mapeamento Móvel.....	10
4.3 Aplicações do Sistema de Mapeamento Móvel.....	11
4.4 Sistemas de Informações Geográficas.....	11
4.5 Google Street View.....	12
4.6 Mapillary.....	12
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
<b>5.1 Área de Estudo.....</b>	<b>14</b>
<b>5.2 Material.....</b>	<b>15</b>
5.2.1 Câmera Insta360 TITAN.....	15
5.2.2 GNSS.....	16
5.2.3 INS.....	17
5.2.4 Software IntMobile.....	18
5.2.5 Software VLC.....	19
5.2.6 Software Xsens MT Manager.....	19
5.2.7 Localhost IntegralRS2.....	20
5.2.8 Software QGIS.....	21
5.2.9 Hardware.....	22
<b>5.3 Métodos.....</b>	<b>23</b>
5.3.1 Planejamento do Levantamento.....	23
5.3.2 Levantamento Terrestre.....	23
5.3.3 Georreferenciamento das Imagens.....	25
5.3.4 Análise e Elaboração do Mapeamento.....	28
<b>6 RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O município de Romaria-MG, localizado na região do Triângulo Mineiro, possui uma rica tradição histórica e cultural. Originalmente chamado de Água Suja, o município foi fundado durante a época da Guerra do Paraguai (1864-1870), quando garimpeiros descobriram jazidas de diamantes na região. Com o tempo, Romaria tornou-se um importante centro de devoção à Nossa Senhora da Abadia, atraindo anualmente milhares de romeiros de todo o Brasil, especialmente durante a Festa de Nossa Senhora da Abadia. Esta devoção, que se iniciou com os primeiros habitantes, foi fortalecida ao longo dos anos pelos relatos de milagres e graças alcançadas pelos fiéis (DAMASCENO, 2020).

Além de seu patrimônio religioso, Romaria também se destaca pelas belezas naturais, que oferecem oportunidades para o ecoturismo, enriquecendo ainda mais a experiência dos visitantes (DAMASCENO, 2020). Sendo assim, para aprimorar o planejamento e a gestão das atividades administrativas municipais, é interessante investir em tecnologias que facilitam significativamente a coleta, análise e visualização de dados espaciais, aspectos essenciais para o planejamento territorial (FREITAS, 2020).

Historicamente, a Cartografia passou por um processo contínuo de aprimoramento, desde suas origens até a atual era digital, impulsionada pelo desenvolvimento de tecnologias como o GNSS, que tornaram o mapeamento mais acessível e preciso (CARVALHO; NUNES; ANTUNES, 2013). Nesse contexto, destacam-se os Sistemas Móveis de Mapeamento (SMM), que permitem a coleta rápida e confiável de dados espaciais por meio de sensores embarcados em plataformas móveis. Esses sistemas facilitam o levantamento fotogramétrico, gerando produtos georreferenciados que se integram ao Sistema de Informações Geográficas (SIG), como o QGIS, permitindo a manipulação e análise detalhada dos dados coletados (SILVA, 2012).

A relevância desse tema é reforçada pelo projeto realizado em Romaria-MG, que utilizou um Sistema Móvel de Mapeamento equipado com uma câmera Insta360 TITAN, em conjunto com uma base cartográfica desenvolvida pelo curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), no campus de Monte Carmelo. O uso de tecnologias de ponta, como câmeras esféricas e sistemas GNSS integrados, permite a coleta eficiente de informações espaciais e o georreferenciamento preciso de elementos urbanos, o que potencializa a qualidade da gestão pública e o desenvolvimento sustentável da cidade. As informações coletadas são analisadas em ambientes como o SIG, que facilitam a

produção de mapas e o planejamento urbano, contribuindo para um melhor gerenciamento das infraestruturas locais.

Portanto, a combinação entre tradição cultural e inovação tecnológica em Romaria-MG evidencia como a cidade pode se beneficiar da aplicação de técnicas avançadas de mapeamento. Esses esforços não apenas promovem o turismo e o desenvolvimento econômico, mas também garantem uma administração pública mais eficiente e uma melhor qualidade de vida para os cidadãos, alinhando-se a um modelo de desenvolvimento urbano mais sustentável e baseado em dados georreferenciados precisos (GALLIS et al., 2018).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento terrestre das vias da cidade de Romaria-MG, utilizando um Sistema de Mapeamento Móvel, dotado com uma câmara esférica.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Aplicar a tecnologia com a câmara esférica para capturar imagens panorâmicas das vias da cidade de Romaria-MG;
- Fazer o georreferenciamento das imagens obtidas;
- Disponibilizar em plataforma aberta, imagens esféricas de alta resolução da cidade de Romaria-MG.

### 3 JUSTIFICATIVA

A utilização de tecnologias inovadoras para o mapeamento urbano tem ganhado destaque em diversas cidades ao redor do mundo, promovendo a eficiência no planejamento e a gestão das cidades. No contexto de Romaria-MG, um município de pequeno porte, a implementação de ferramentas tecnológicas acessíveis pode representar uma solução prática e de baixo custo para a melhoria da infraestrutura urbana.

A câmera esférica, por permitir a captura de imagens de 360 graus, surge como uma ferramenta especialmente útil para registrar detalhes das vias e facilitar a análise visual. Além disso, ela pode ser integrada a sistemas de informações geográficas (SIG), proporcionando um levantamento geoespacial preciso, que auxilia na identificação de áreas problemáticas e no desenvolvimento de soluções mais eficazes para o município.

Esse tipo de mapeamento pode ser utilizado por diferentes órgãos da administração pública municipal, como a Secretaria de Obras, a Defesa Civil, e o planejamento urbano, otimizando o processo de diagnóstico e a execução de melhorias. Assim, justifica-se a importância deste trabalho, que visa explorar novas tecnologias para o benefício da gestão pública local e da população de Romaria.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Câmeras Esféricas

A aplicação de câmeras esféricas em sistemas de mapeamento móvel terrestre permite que, a partir do escritório, seja possível realizar uma inspeção detalhada da área onde a foto foi tirada. Isso contribui para aprimorar a coleta de dados cadastrais, como a avaliação das condições das ruas, a existência de iluminação pública, árvores e outros elementos presentes na cena (BARBOSA et al, 2020).

O uso de câmeras esféricas tem se tornado cada vez mais frequente nas práticas de georreferenciamento urbano. Embora o custo elevado seja uma desvantagem, suas principais vantagens incluem um vasto campo de visão e a alta qualidade das imagens capturadas. Elas oferecem uma visão panorâmica, resultando em mais detalhes e uma resolução superior em comparação com as imagens tradicionais (FANGI; NARDINOCCHI, 2013).

### 4.2 Sistema de Mapeamento Móvel

Os sistemas de mapeamento móvel são unidades equipadas com tecnologia de levantamento e posicionamento em movimento, destinadas a coletar e registrar informações sobre características terrestres e sua localização global. Esses sistemas, conforme definido por (GALLIS; SILVA; CAMARGO, 2002).

Os sistemas móveis de mapeamento podem ser definidos como plataformas móveis sobre as quais são integrados sistemas de posicionamento e de imageamento para prover rápida e eficiente a coleta de informações sobre os atributos do espaço objeto a partir de imagens. (GALLIS; SILVA; CAMARGO, 2002).

Sendo assim, os sistemas de mapeamento móvel (SMM) são caracterizados pela integração de múltiplos sensores de imageamento e posicionamento, que coletam continuamente dados sobre a cena e fornecem informações tridimensionais sobre objetos e trajetórias, embarcado em um veículo automotor (PIRES, 2020). Além de serem empregados em diversas aplicações, como mapeamento de rodovias e áreas urbanas, reconhecimento de placas de sinalização e integração de imagens aéreas com dados terrestres para atualização de mapas (CAMPOS, 2023).

Nesse sentido, os sistemas de mapeamento móvel apresentam vantagens como a capacidade de determinar coordenadas tridimensionais sem a necessidade de pontos de

controle espacial, rapidez na coleta de informações em campo e bom desempenho em áreas sem obstrução do sinal GNSS (SILVA; CAMARGO; GALLIS, 2003).

Dessa forma, o uso da geotecnologia por meio do SMM permite a aquisição, manipulação, armazenamento, análise e recuperação de informações geoespaciais relevantes (CHAVES, 2024).

### **4.3 Aplicações do Sistema de Mapeamento Móvel**

Existem diversas aplicações para o uso de Sistemas de Mapeamento Móvel (SMM) em soluções de engenharia. Além de coletar imagens das fachadas de edifícios urbanos para compor uma base de dados do Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM), o SMM também pode ser utilizado para o monitoramento em modalidades de transporte, como rodovias e ferrovias (EL-SHEIMY, 2005).

Mapear o setor de transportes incluindo os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário é de extrema importância para o escoamento da produção e o deslocamento de pessoas, pois possibilita a geração de mapas topográficos e bases para inventários cadastrais com diversas finalidades. Esse mapeamento proporciona um maior entendimento do espaço, permitindo, assim, tomadas de decisões mais informadas em vários aspectos do planejamento urbano (MACHADO; CAMBOIM, 2019).

Além disso, a falta de manutenção afeta negativamente o fluxo de pessoas, tanto nas áreas urbanas quanto nos trajetos interurbanos. A seguir, são apresentados exemplos de Sistemas de Mapeamento Móvel Terrestre utilizado nas redes de transporte, que possibilitam o monitoramento e cadastro, contribuindo para uma gestão mais eficaz desses ativos mencionados anteriormente (MALDONADO, 2009).

### **4.4 Sistemas de Informações Geográficas**

A evolução contínua dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) foi impulsionada por várias pesquisas simultâneas, além do avanço de novos hardwares mais acessíveis. Com isso, no ano de 1970 em diante, o termo "Sistemas de Informação Geográfica" se popularizou, e os primeiros sistemas comerciais começaram a surgir.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são instrumentos essenciais para apoiar a tomada de decisões, utilizando ferramentas de análise gráfica e modelagem. Eles integram vários componentes, como dados alfanuméricos e visuais, além de envolverem

hardware, software, procedimentos técnicos e metodologias específicas. Essa integração possibilita o armazenamento, visualização e manipulação de informações georreferenciadas.

Uma definição contemporânea para o SIG seria: um conjunto formado por indivíduos, organizações e instituições, complementado por técnicas e métodos que são operacionalizados por meio de rotinas e ferramentas programadas em diversos softwares. Estes softwares, em combinação com diferentes equipamentos e hardwares, permitem a coleta ou geração de dados, especialmente os georreferenciados, possibilitando o armazenamento, edição e processamento dessas informações para produzir novos dados, que são disponibilizados através deste amplo sistema (ZAIDAN, 2017).

#### **4.5 Google Street View**

O Google Street View, integrado ao Google Maps, é uma tecnologia que oferece imagens panorâmicas de ruas e paisagens para os usuários em uma plataforma de mapas online. Atualmente, ele abrange 39 países e cerca de 3.000 cidades. Lançado em 2007 como parte do Google Maps, inicialmente cobria apenas cinco grandes cidades e seus arredores nos Estados Unidos. Em 2008, o serviço foi incorporado ao Google Earth. Hoje, é reconhecido como o principal serviço de imagens panorâmicas em 360° de ruas reais, destacando-se pela abrangência, qualidade e integração com o Google Maps. Este serviço, de alta qualidade e com ampla liderança global, é desenvolvido com base em vários parâmetros técnicos.

Foi inicialmente criado utilizando a tecnologia Adobe Flash, que não era compatível com dispositivos móveis. Em 2013, o Google fez uma grande atualização, migrando para o uso extensivo de JavaScript, o que melhorou sua funcionalidade e compatibilidade. Além disso, a plataforma utiliza algoritmos automáticos para desfocar rostos e placas de veículos, garantindo a privacidade. Embora o serviço seja primariamente acessado por meio do Google Maps, ele também pode ser utilizado através de um aplicativo móvel disponível para Android e iOS, ou por meio da API do Google (NETEK; BURIAN; MACECEK, 2020).

#### **4.6 Mapillary**

O Mapillary é uma iniciativa colaborativa que possibilita a captura de fotos e panoramas em nível de rua por meio de voluntários. Os voluntários utilizam seus próprios smartphones ou câmeras para realizar as imagens, sem seguir um plano de mapeamento pré-estabelecido. Os locais a serem registrados são escolhidos pelos próprios usuários, que também determinam o que deve ser documentado. Desde sua criação em 2013, o projeto já

mapeou mais de 3.000.000 km e carregou cerca de 170.000.000 de imagens. Uma das principais vantagens dessa plataforma é que a maior parte das fotos é tirada de forma "estática" por pedestres, ao invés de ser capturada por veículos em movimento. Isso resulta em uma maior cobertura de áreas inacessíveis aos carros (NETEK; BURIAN; MACECEK, 2020).

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas promovem o desenvolvimento urbano sustentável para tornar as cidades mais economicamente e socialmente habitáveis. Pontos de Interesse (POIs), como propriedades comerciais e instalações de saúde, são marcadores significativos para esses objetivos. Propondo uma estrutura para filtrar imagens de street view de modo que uma parte de um determinado POI seja visível em seu campo de visão (FOV), contribuindo com o conjunto de dados Mapillary POI-Neighborhood Street-Level Images (MPOINSLI), que contém imagens de POIs e suas vizinhanças na cidade de Nova York. O MPOINSLI oferece um repositório aberto para aplicações futuras em cidades inteligentes e visão computacional, como reconhecimento de cena e classificação de uso do solo" (ZARBAKSH; MCARDLE, 2023).

Na última década, a Volunteered Geographic Information (VGI) se consolidou como uma fonte relevante de dados sobre cidades. O estudo investigou o Volunteered Street View Imagery (VSVI), analisando dados das plataformas Mapillary e OpenStreetCam em quatro áreas metropolitanas dos EUA. Os resultados revelaram variações na cobertura das estradas, com maior contribuição em áreas populosas e ao longo das estradas locais. Além disso, a maior parte dos dados foi coletada em três períodos do dia: manhã, almoço e fim. da tarde, revelando o potencial dos dados VSVI como uma rica fonte de informações espaciais (MAHABIR et al, 2020).

Segundo um estudo sobre o Mapillary, a maior plataforma de visualização de rua baseada em crowdsourcing, até fevereiro de 2019, mais de 20.000 usuários desenvolveram com aproximadamente 6,3 milhões de milhas de sequências urbanas. A análise revelou desigualdade na distribuição de contribuições, semelhante a outros projetos de informações geográficas voluntárias, mas com menor desigualdade do que no OpenStreetMap. Além disso, as contribuições do Mapillary variaram sazonalmente, devido à necessidade de capturar imagens (MA et al, 2019).

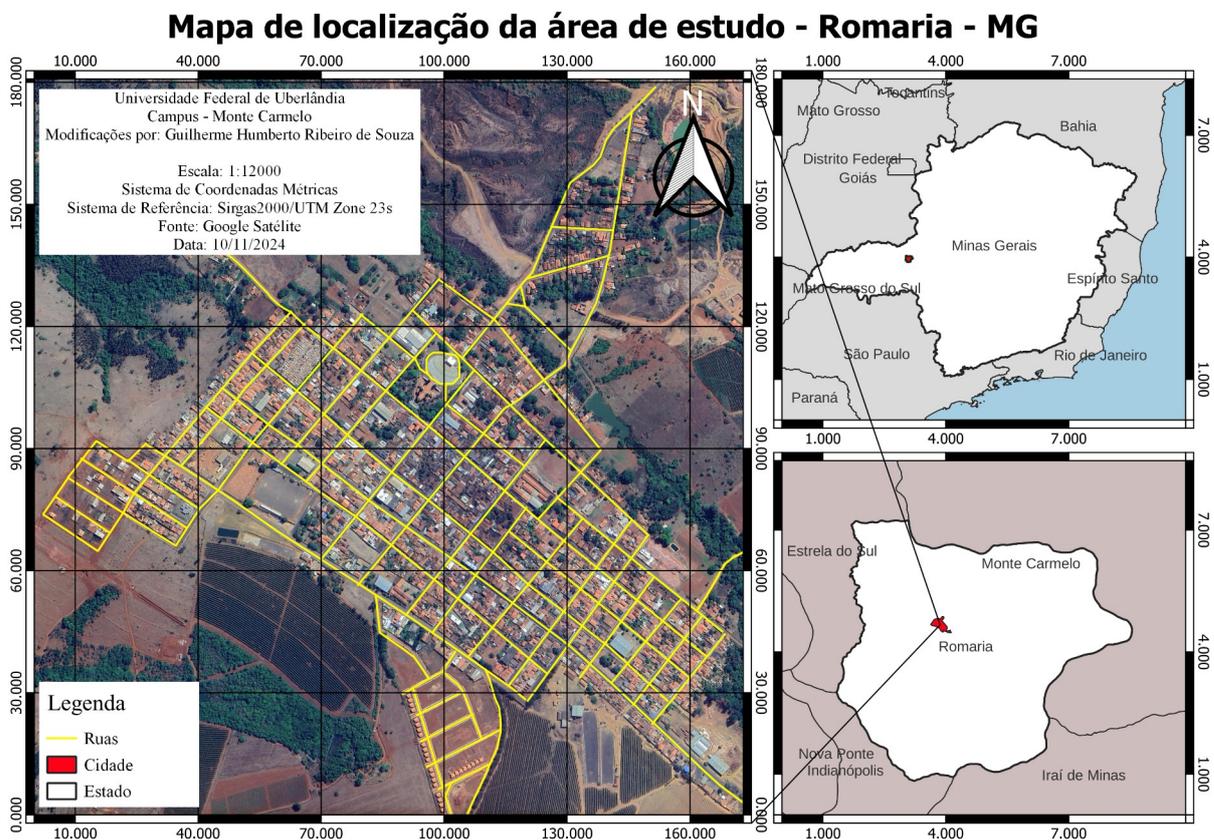
## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Área de Estudo

A área de estudo para este trabalho está localizada no município de Romaria no interior do estado de Minas Gerais, situado na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.

Trata-se de uma cidade de pequeno porte, com aproximadamente 25 quilômetros lineares de vias, e uma população estimada de 3.386 habitantes, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2022.

Figura 1 - Mapa de localização



Fonte: Autor (2024).

## 5.2 Material

### 5.2.1 Câmera Insta360 TITAN

Durante o levantamento foi utilizada a câmera Insta360 TITAN desenvolvida por uma empresa chinesa, com altíssimo desempenho, ideal para capturas de imagens em 11K (2D e 3D) e transmissões ao vivo em 8K. Com 8 lentes olho de peixe e campo de visão de 200°, o dispositivo oferece imagens e vídeos em resoluções impressionantes, incluindo 11K a 30 fps e até 120 fps. A estabilização FlowState e giroscópio de 9 eixos garantem vídeos estáveis, mesmo em movimento.

Ela suporta 9 cartões SD e para garantir a estabilidade e qualidade da transmissão, a câmera conta com antenas de sinal GNSS e Wi-Fi, além de uma porta Ethernet para conexões cabeadas via RTMP, RTSP e outros protocolos. Sua bateria removível de 10.000mAh proporciona até 3 horas de gravação contínua, e seu peso é de 5,5 kg. A Insta360 TITAN é uma câmera de alta qualidade para produções imersivas.

Figura 2: Câmera Insta360 TITAN



Fonte: Autor (2024)

### 5.2.2 GNSS

O equipamento Reach RS2+ é um receptor GNSS da marca Emlid, projetado para oferecer precisão e confiabilidade em levantamentos, mapeamentos e navegação. Sua capacidade de operar com diversas constelações de satélites permite obter resultados de precisão centimétrica, tornando-o adequado para tarefas que exigem alto nível de exatidão.

Além disso, seu alcance facilita a comunicação eficiente durante o trabalho em campo, com a possibilidade de integrá-lo facilmente a outros equipamentos.

Com uma bateria que pode durar até 16 horas no modo RTK, o Reach RS2+ é perfeito para longas jornadas de trabalho.

Figura 3: GNSS



Fonte: Autor (2024).

### 5.2.3 INS

O MTi-G GNSS/INS é um sistema de navegação e sensoriamento de alto desempenho, projetado para oferecer precisão. Ele integra dados de sensores avançados, proporcionando informações precisas de rotação, orientação e posicionamento. Além disso, oferece medições de velocidade extremamente confiáveis.

É ideal para aplicações que exigem alta confiabilidade e resistência. Seus sensores de giroscópio e acelerômetro garantem um desempenho superior em condições adversas, enquanto a baixa densidade de ruído e alta estabilidade dos sensores asseguram dados precisos e consistentes.

Além disso, o MTi-G se caracteriza por uma estrutura compacta e baixo consumo de energia, o que torna uma solução eficiente e de fácil integração para aplicações de navegação e sensoriamento em tempo real, que exigem precisão.

Figura 4: INS



Fonte: Autor (2024).

### 5.2.4 Software IntMobile

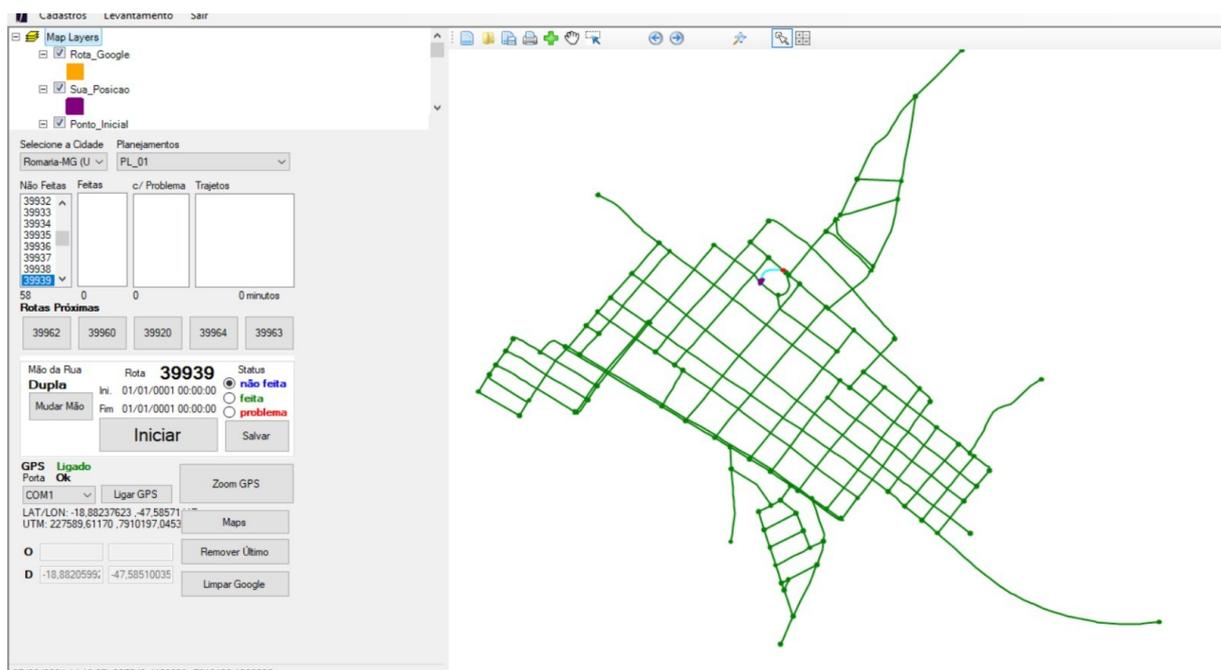
O IntMobile é um software desenvolvido pela empresa [Integral Soluções](#), com o objetivo de atender às necessidades de planejamento, execução e gestão de dados no SMM. O software foi projetado para oferecer funcionalidades completas e integradas que permitem o planejamento detalhado de levantamentos, definir trajetórias e a coleta de dados com alta eficiência.

Que possibilita que os usuários configurem e ajustem seus projetos conforme as demandas específicas de cada operação. O software oferece ferramentas que facilitam o mapeamento e a organização das atividades, garantindo maior precisão na coleta de informações e no acompanhamento dos resultados.

Durante a captura de imagens, o software auxilia no monitoramento em tempo real das rotas, permitindo acompanhar o progresso da execução. Além disso, ele possibilita ajustes imediatos no percurso caso ocorram problemas técnicos, como monitorar os dados do GNSS e INS se ocorrer travamento no sistema em tempo real. Em situações como essa, o software mostra, e permite retomar o levantamento exatamente do ponto onde foi interrompido, garantindo maior precisão e continuidade dos dados coletados.

Após a execução, as rotas percorridas são comparadas com as planejadas, garantindo que todas as áreas foram cobertas. O sistema permite marcar rotas como concluídas e revisar quaisquer dados coletados no levantamento.

Figura 5: IntMobile

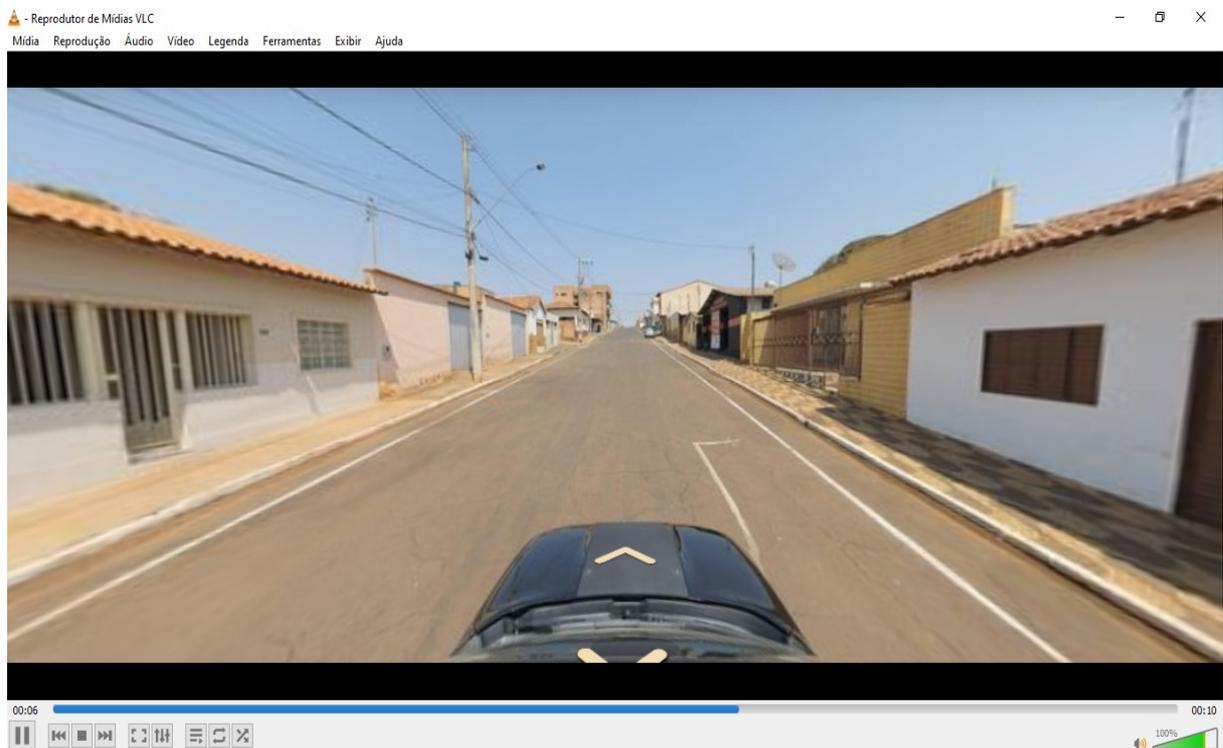


Fonte: O Autor (2024).

### 5.2.5 Software VLC

O VLC Media Player foi utilizado como ferramenta para verificar e reproduzir as imagens obtidas no levantamento, permitindo uma visualização completa em 360°. Este software é um reprodutor de mídia gratuito, amplamente conhecido por sua versatilidade. Ele é capaz de reproduzir diversos formatos de arquivos de mídia, como vídeos, áudios, DVDs, CDs de áudio, VCDs, e também suporta uma ampla variedade de protocolos de transmissão. Sua funcionalidade de reprodução em 360°, facilita a análise detalhada de imagens panorâmicas, assim verificando se não ocorreu nenhuma distorção nas imagens.

Figura 6: VLC Media Player



Fonte: Autor (2024).

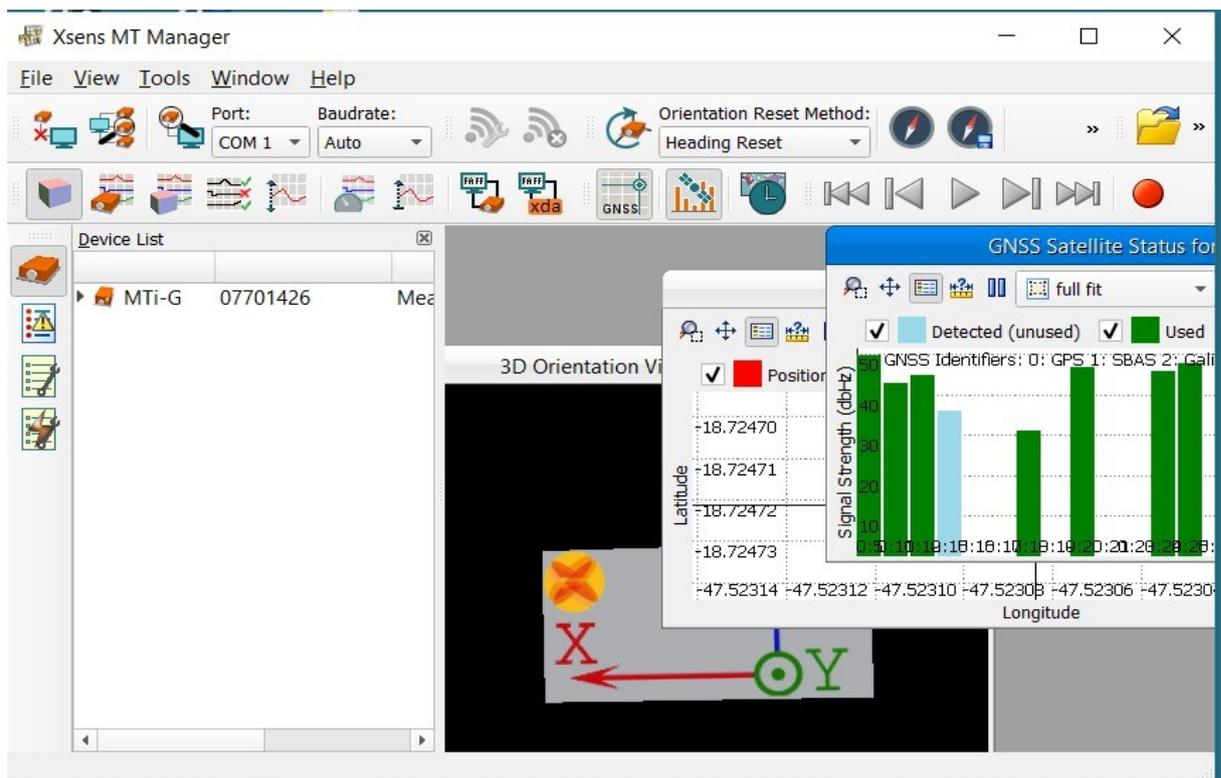
### 5.2.6 Software Xsens MT Manager

O Xsens MT Manager utiliza um método matemático chamado quaterniões, que são uma forma avançada de trabalhar com números. Esses quaterniões ajudam a representar de maneira precisa as rotações no espaço tridimensional. Com isso, é possível descrever a orientação de qualquer objeto no espaço como uma sequência de giros em relação a um ponto de referência inicial. Esse sistema é muito útil para resolver problemas relacionados ao

movimento e à posição de objetos no espaço em tempo real com visualização 3D, de forma precisa.

Além disso, o MT Manager proporciona a exportação de dados para formatos amplamente utilizados, garantindo flexibilidade no processamento das informações. A capacidade de realizar autotestes é outra característica importante, permitindo verificar a integridade e o funcionamento dos sensores de maneira rápida por meio de gráficos.

Figura 7: Xsens MT Manager



Fonte: Autor (2024).

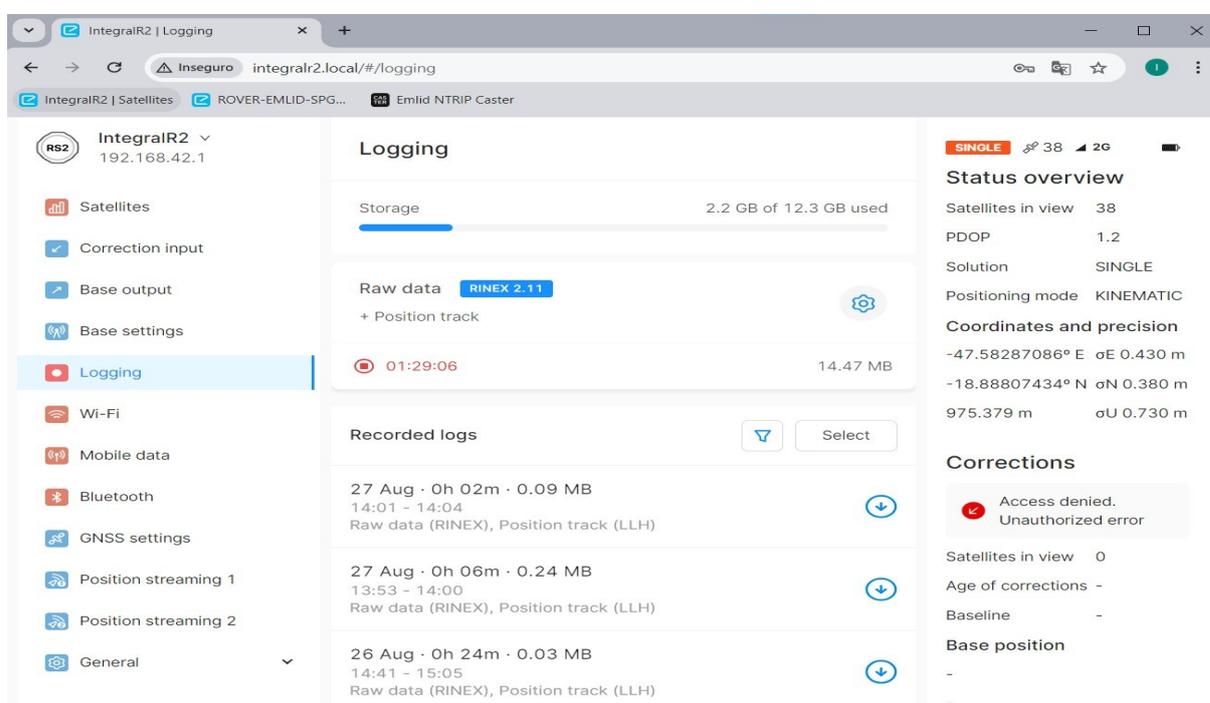
### 5.2.7 Localhost IntegralRS2

O 'localhost' do RS2 se refere ao acesso via navegador, onde é necessário inserir o endereço padrão da Emlid, 192.168.42.1, para conectar-se ao equipamento na rede. Após o login, será possível acessar o GNSS para fazer a inicialização e conferência de funcionamento

dos dados, possibilitando salvar arquivos diretamente no formato RINEX, padrão aceito pelo IBGE.

Durante o processamento, registramos o horário de início e, em seguida, fazemos o download do arquivo no formato RINEX. Após o download, basta abrir a pasta, copiar o arquivo e colá-lo na pasta previamente criada. Esse será o arquivo utilizado no processamento PPP.

Figura 8: IntegralR2

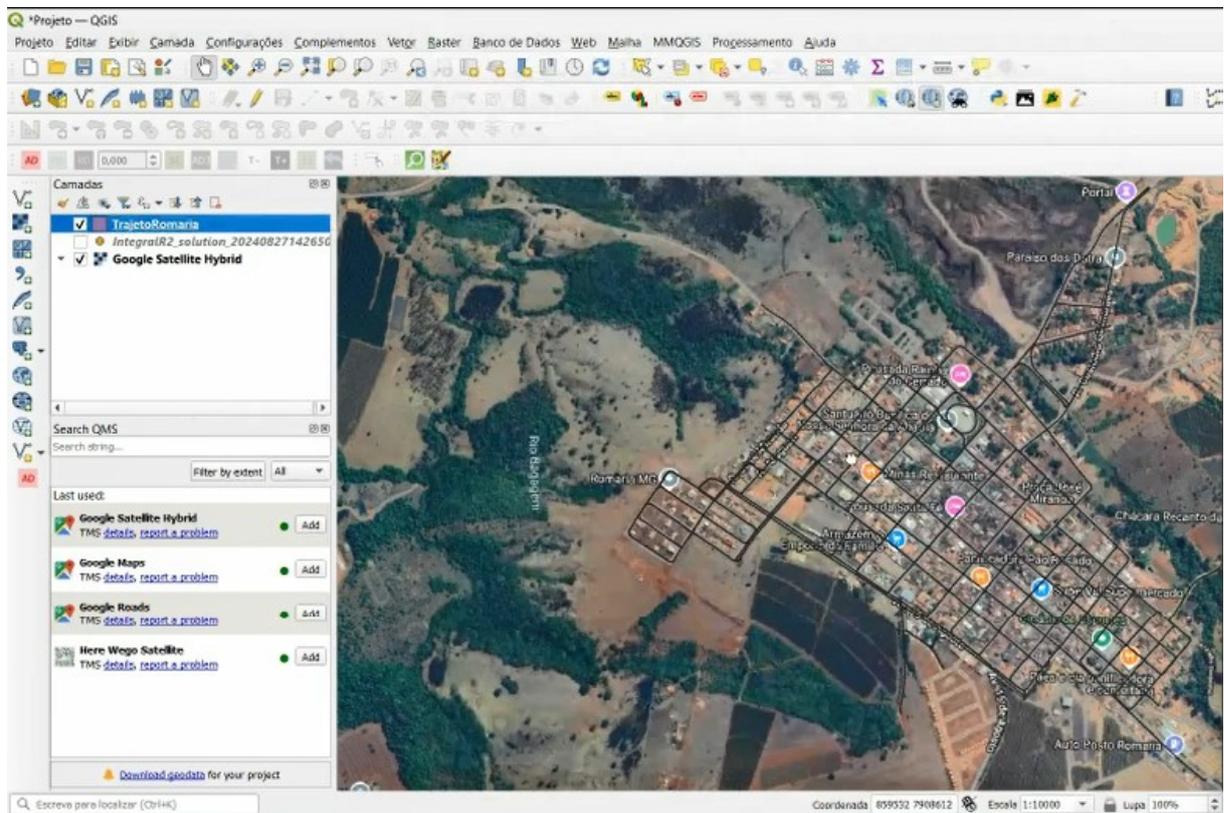


Fonte: Autor (2024).

### 5.2.8 Software QGIS

O QGIS é um sistema de informações geográficas (SIG) e gratuito, amplamente utilizado em diversas áreas, como planejamento urbano, meio ambiente e transporte. Sua interface intuitiva facilita o uso, mesmo para iniciantes, e oferece suporte a diversos formatos de dados geoespaciais. Com ferramentas poderosas para análise espacial e a criação de mapas de alta qualidade, o QGIS é ideal para quem precisa manipular e interpretar dados geográficos. Além disso, permite a personalização por meio de plugins e scripts Python, o que torna a ferramenta ainda mais flexível. Sua comunidade ativa contribui para constantes melhorias, tornando-o uma opção acessível para profissionais de diversas áreas.

Figura 9:QGIS



Fonte: Autor (2024).

### 5.2.9 Hardware

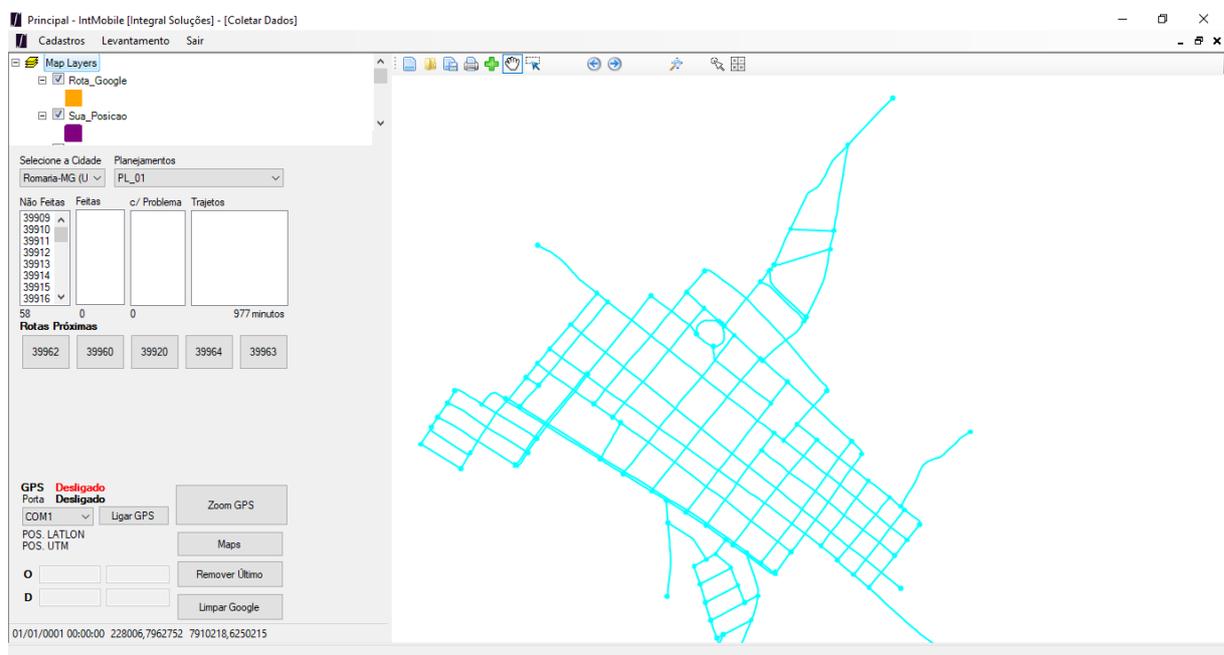
Os dispositivos utilizados para o trabalho incluem um notebook da Acer ASPIRE 5 equipado com um processador Intel Core i5 de 12ª Geração, oferece velocidade e potência, como navegação, multitarefas e até algumas aplicações mais exigentes. Com 8GB de RAM e 256GB de SSD, proporciona um desempenho ágil e um armazenamento rápido para seus arquivos e programas. Garante uma visualização clara e nítida, ideal para coleta de dados e para realizar o processamento dos dados.

## 5.3 Métodos

### 5.3.1 Planejamento do Levantamento

O trabalho desenvolvido em Romaria-MG iniciou com a escolha da área de estudo, uma etapa fundamental para o planejamento e execução do levantamento. A empresa [Integral Soluções](#) foi responsável pela disponibilização de ferramentas essenciais para o trabalho, começando com o software IntMobile, utilizado para a vetorização das vias da cidade, onde foi possível definir os sentidos de tráfego em todas as ruas, facilitando a organização do trabalho subsequente.

Figura 10: Planejamento do levantamento



Fonte: Autor (2024).

### 5.3.2 Levantamento Terrestre

Com o planejamento das vias concluído, foi realizado o levantamento de campo, utilizando um sistema móvel de mapeamento integrado com uma câmera Insta360 TITAN, um receptor GNSS Emlid Reach RS2+ e um INS MTi-G da marca Xsens, todos devidamente integrados e instalados em um automóvel Jeep Renegade. O sistema completo foi fornecido pela empresa [Integral Soluções](#). Durante a coleta de dados, o software IntMobile permite a visualização em tempo real da localização exata do veículo, facilitando a conferência das rotas e garantindo maior precisão.

Figura 11: Unidade Móvel



Fonte: Autor (2024).

Figura 12: Unidade móvel equipada e pronta para iniciar o levantamento.

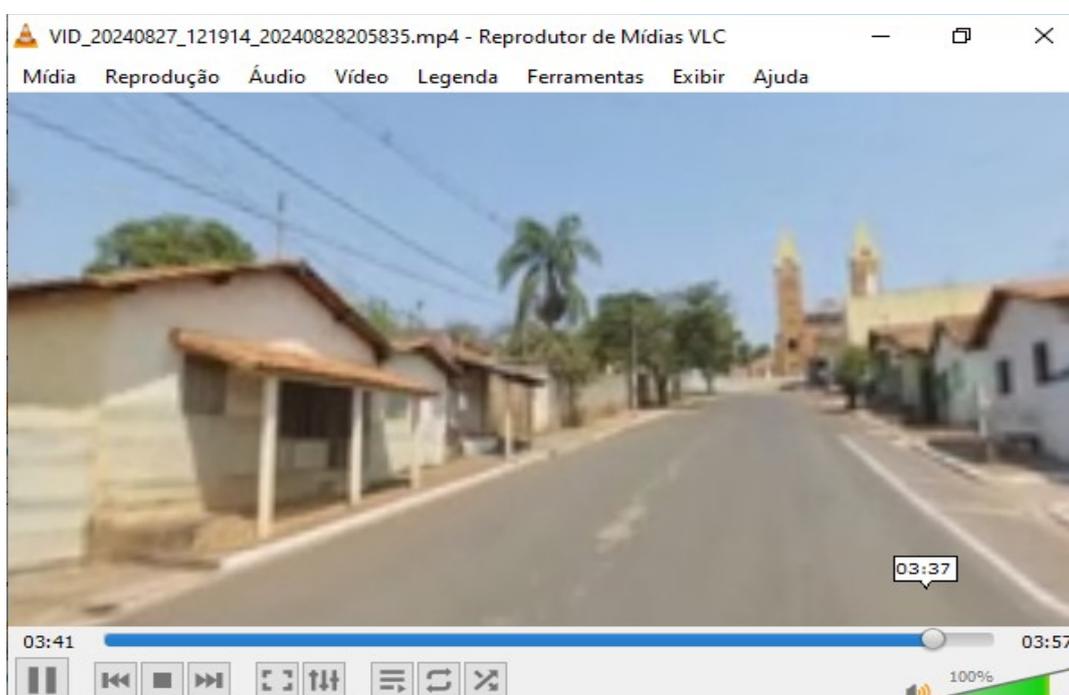


Fonte: Autor (2024).

### 5.3.3 Georreferenciamento das Imagens

Depois do levantamento, os vídeos capturados com a câmera Insta360 TITAN foram verificados com o software VLC, se houve algum erro na renderização das imagens, e verificar se todas as vias da cidade tinham sido percorridas conforme o planejamento. Após a coleta, os dados foram processados, e todas as coordenadas de latitude, longitude e altura obtidas em campo foram armazenadas para análises posteriores.

Figura 13: Verificando se houve erro na renderização das imagens e se todas as vias foram percorridas com o software VLC.



Fonte: Autor (2024).

Com os dados processados, foi realizado um pós-processamento para conferir a precisão dos dados coletados, utilizando as coordenadas da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo de GNSS) da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo. Essa comparação com dados de referência garantiu a confiabilidade e a precisão dos resultados obtidos.

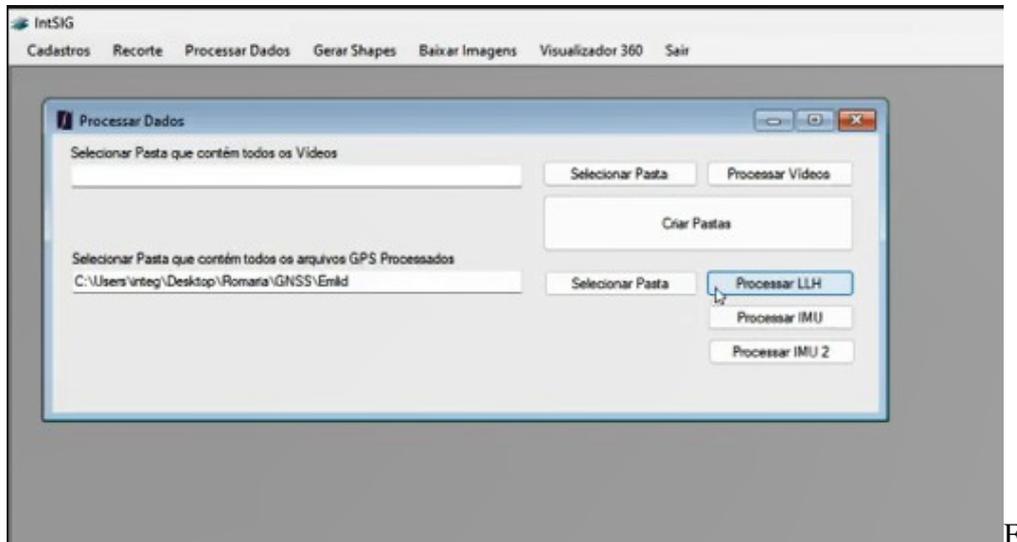
Figura 14: Processamento dos Dados

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)						
<b>Sumário do Processamento do marco: N/A</b>						
<b>Início:</b> AAAA/MM/DD HH:MM:SS.SS	2024/08/27 18:07:05,00					
<b>Fim:</b> AAAA/MM/DD HH:MM:SS.SS	2024/08/27 18:29:00,00					
<b>Modo de Operação do Usuário:</b>	ESTÁTICO					
<b>Observação processada:</b>	CÓDIGO & FASE					
<b>Modelo da Antena:</b>	EML_REACH_RS2 NONE					
<b>Órbitas dos satélites:<sup>1</sup></b>	FINAL					
<b>Frequência processada:</b>	L3					
<b>Intervalo do processamento(s):</b>	1,00					
<b>Sigma<sup>2</sup> da pseudodistância(m):</b>	5,000					
<b>Sigma da portadora(m):</b>	0,010					
<b>Altura da Antena<sup>3</sup>(m):</b>	0,000					
<b>Ângulo de Elevação(graus):</b>	10,000					
<b>Resíduos da pseudodistância(m):</b>	2,71 GPS 7,90 GLONASS					
<b>Resíduos da fase da portadora(cm):</b>	1,05 GPS 0,90 GLONASS					
<b>Coordenadas SIRGAS</b>						
	<b>Latitude(gms)</b>	<b>Longitude(gms)</b>	<b>Alt. Geo.(m)</b>	<b>UTM N(m)</b>	<b>UTM E(m)</b>	<b>MC</b>
<b>Em 2000.4</b> (É a que deve ser usada) <sup>4</sup>	-18° 43' 28,9788"	-47° 31' 23,1116"	897,07	7927750,202	233943,041	-45
<b>Na data do levantamento<sup>5</sup></b>	-18° 43' 28,9699"	-47° 31' 23,1142"	897,07	7927750,474	233942,961	-45
<b>Sigma(95%)<sup>6</sup> (m)</b>	0,039	0,120	0,105			
<b>Coordenada Altimétrica</b>						
<b>Modelo:</b>	hgeoHNOR_IMBITUBA					
<b>Fator para Conversão (m):</b>	-9,96	<b>Incerteza (m):</b> 0,08				
<b>Altitude Normal (m):</b>	907,03					

Fonte: Autor (2024).

Por fim, todas as imagens georreferenciadas foram tratadas com o software IntSIG, disponibilizado pela empresa [Integral Soluções](#), que permitiu a captura das imagens com as coordenadas através do receptor GNSS, garantindo que estivessem corretamente posicionadas no espaço geográfico. Assim, depois de tudo pronto criamos o shapefile para abrir os dados no software QGIS, para fazer o mapa com todas as imagens 360° georreferenciadas. Após esse processo, as imagens georreferenciadas foram inseridas na plataforma Mapillary, uma ferramenta colaborativa que facilita a visualização e o compartilhamento das imagens.

Figura 15: Processamento dos dados no IntSIG, com coordenadas corrigidas para integrar ao banco de dados.



Fonte: Autor (2024).

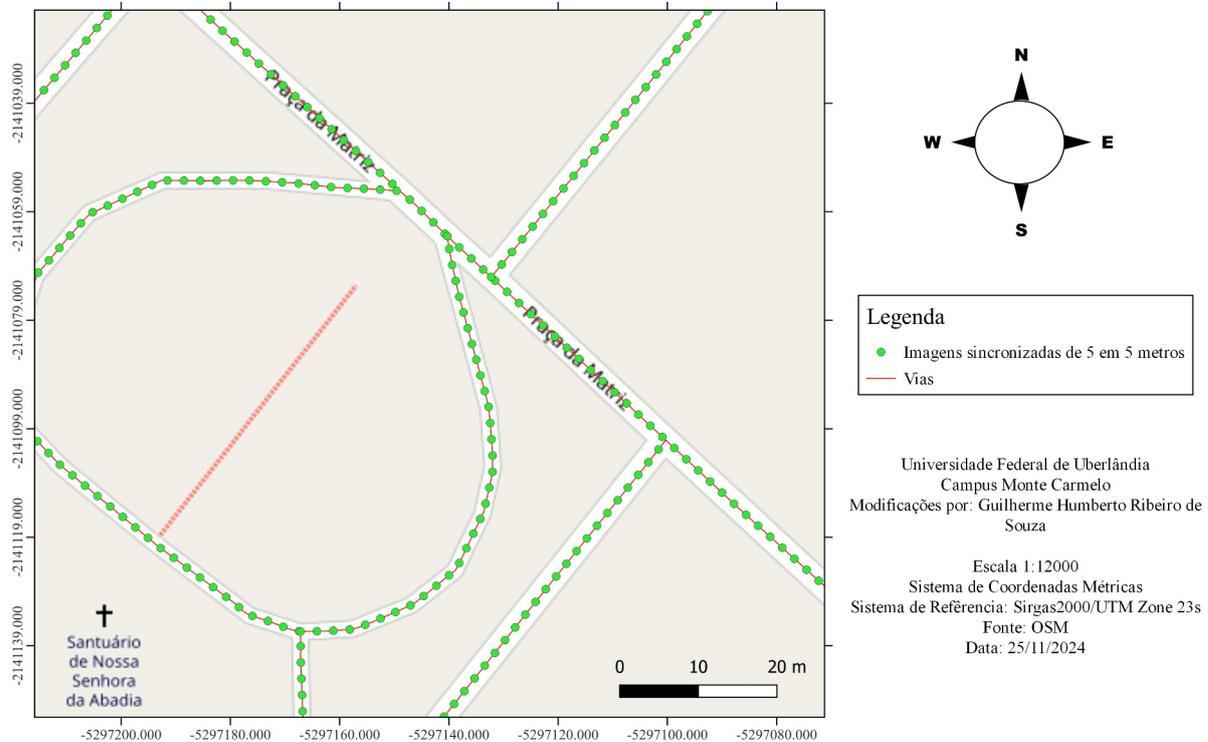
Figura 16: Banco de Dados.

	coo_codigo	coo_x	coo_y	coo_z	coo_data_hora
<input type="checkbox"/>	186919	227623.6238231510	7910175.1410701500	953.6687000000	2024-08-27 14:27:18
<input type="checkbox"/>	186920	227623.5399949760	7910175.1363701100	953.8217000000	2024-08-27 14:27:19
<input type="checkbox"/>	186921	227623.4767614730	7910175.0985630500	953.9239000000	2024-08-27 14:27:20
<input type="checkbox"/>	186922	227623.4303233480	7910175.0415284800	954.1125000000	2024-08-27 14:27:21
<input type="checkbox"/>	186923	227623.3989885180	7910175.0239928100	954.1377000000	2024-08-27 14:27:22
<input type="checkbox"/>	186924	227623.3528201490	7910174.9944098400	954.1984000000	2024-08-27 14:27:23
<input type="checkbox"/>	186925	227623.3246718460	7910174.9654224800	954.2758000000	2024-08-27 14:27:24
<input type="checkbox"/>	186926	227623.2837367020	7910174.9384634500	954.2134000000	2024-08-27 14:27:25
<input type="checkbox"/>	186927	227623.2461665530	7910174.9121074000	954.1673000000	2024-08-27 14:27:26
<input type="checkbox"/>	186928	227623.2150957610	7910174.8233778300	954.3959000000	2024-08-27 14:27:27
<input type="checkbox"/>	186929	227623.1727222240	7910174.6928374300	954.7495000000	2024-08-27 14:27:28

Fonte: Autor (2024).

Figura 17: Depois com shapefile foi gerado um mapa

## Mapa das Imagens Sincronizadas com as Coordenadas de Romaria-MG

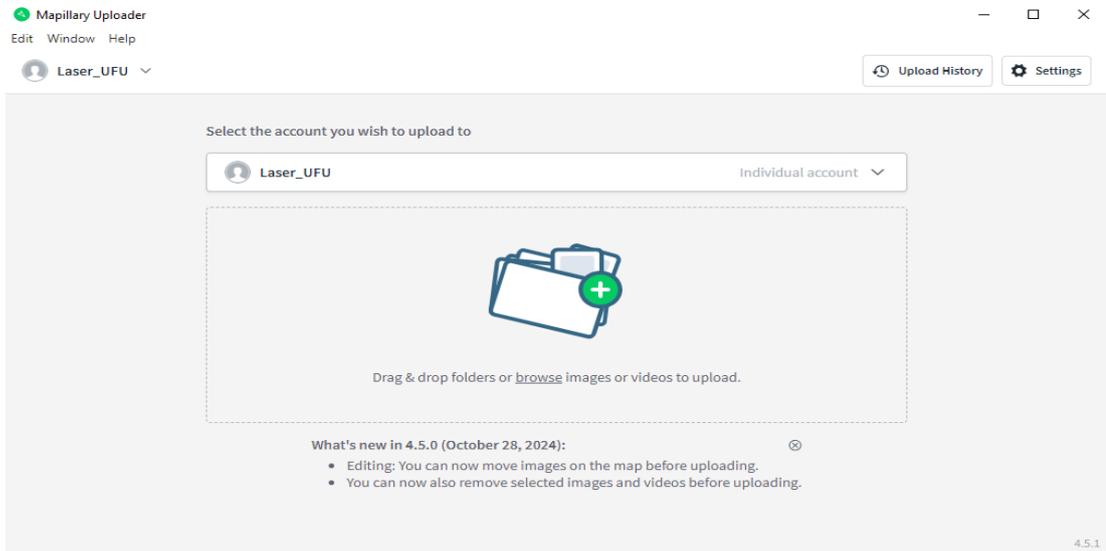


Fonte: Autor (2024).

### 5.3.4 Análise e Elaboração do Mapeamento

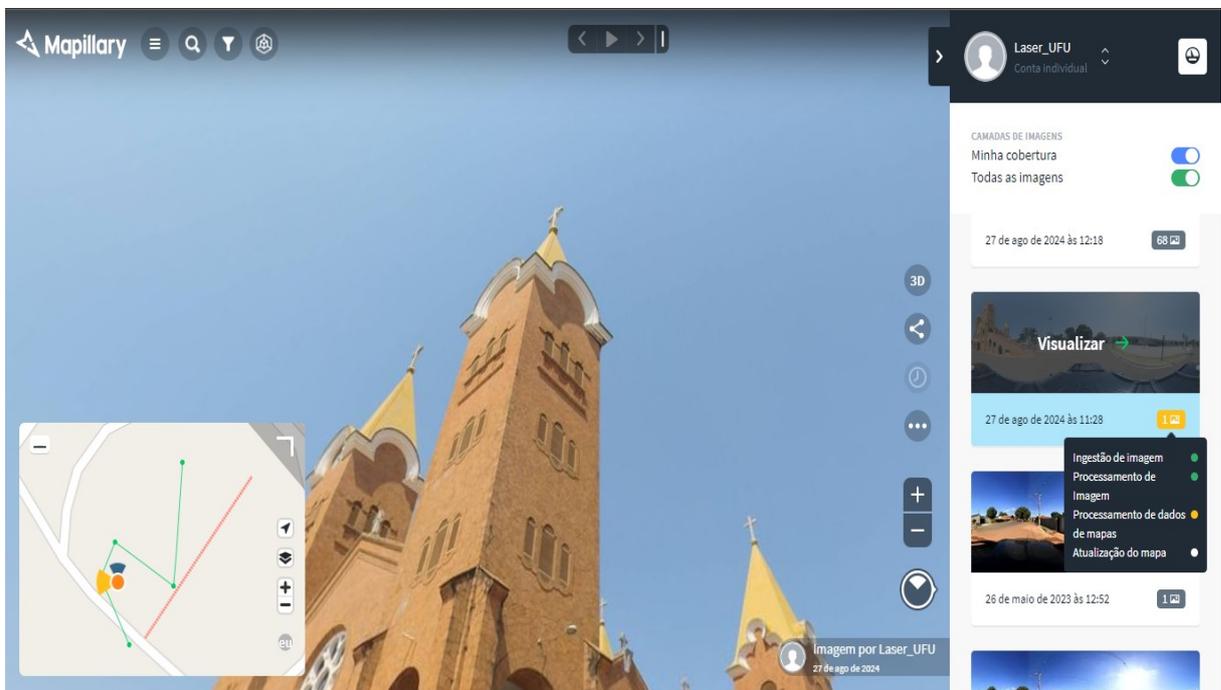
Este processo integrador, aliado às tecnologias avançadas, proporcionou a criação de um mapeamento altamente detalhado das vias de Romaria-MG. Utilizando ferramentas de última geração, foi possível obter uma representação minuciosa das rotas e infraestruturas da cidade, o que representa um grande avanço no entendimento da malha viária local. Este mapeamento não apenas oferece uma visão clara das vias existentes, mas também permite identificar pontos críticos que podem ser melhorados para otimizar o tráfego e a mobilidade urbana. A aplicação desses dados pode ser útil para diversas iniciativas, como o planejamento urbano, a gestão de tráfego, a análise do crescimento populacional e a implementação de novos projetos de infraestrutura. Com essas informações planejadas, será possível desenvolver soluções mais eficientes e adequadas às necessidades da população, além de apoiar decisões estratégicas que visem o bem-estar coletivo e o aprimoramento da qualidade.

Figura 18: Fazer upload das imagens na plataforma Mapillary



Fonte: Autor (2024).

Figura 19: Aguardar o processamento das imagens na plataforma Mapillary



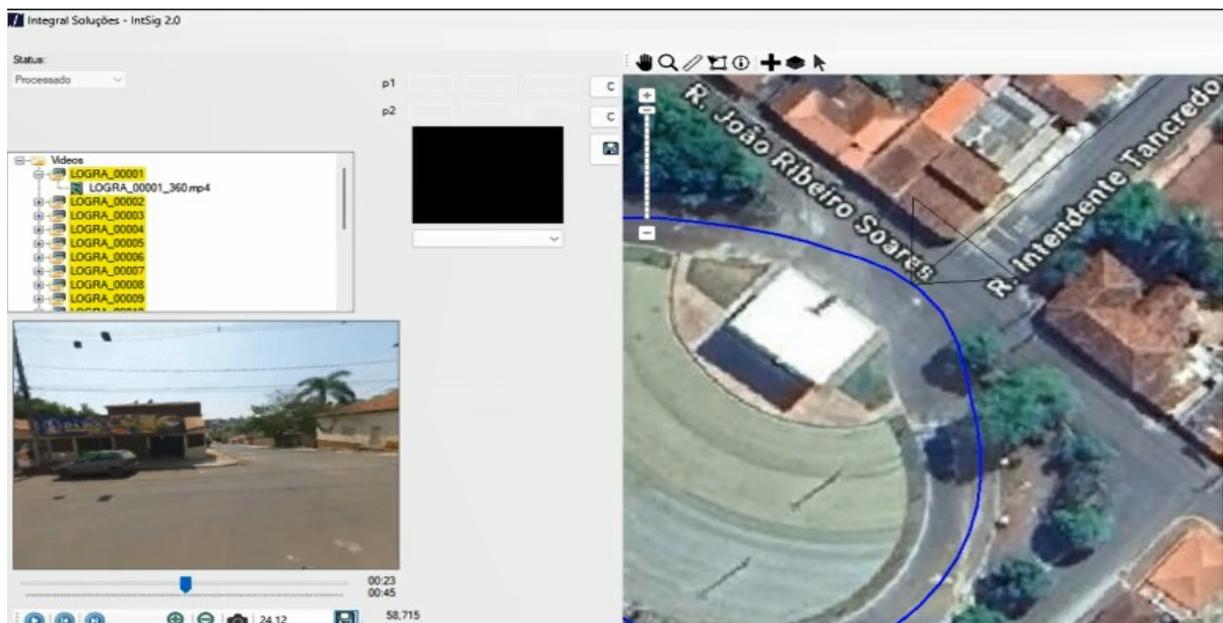
Fonte: Autor (2024).

## 6 RESULTADOS

Os resultados obtidos no levantamento da cidade de Romaria-MG indicam que, teve uma duração aproximada de 2 horas para registrar todo o trajeto, contando tempo de montagem dos equipamentos e a desmontagem. Os vídeos em 360° foram gravados com a câmera Insta360 TITAN, que oferece uma visão panorâmica de 360 graus das vias. Equipado com 8 lentes que capturam imagens simultaneamente em todas as formas, o dispositivo cria um efeito imersivo ao combinar essas imagens no formato de vídeo 360°. A taxa de captura dos vídeos foi de 5 quadros por segundo (fps), o que impacta diretamente na experiência visual, especialmente em cenas dinâmicas. A gravação foi realizada em resolução 11K, garantindo uma excelente qualidade. Durante o processo, foram capturados 9619 dados GNSS/INS, incluindo posição geográfica (latitude e longitude), orientação do sensor, tempo universal e altitude. Esses dados foram processados e obteve a margem de erro ou a incerteza associada à precisão de 20 cm/s. Para determinar se essa precisão é adequada ou não, é importante comparar os resultados medidos com um padrão confiável, como a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC).

Para garantir a qualidade e a utilidade dos dados, foi realizada uma limpeza nos dados GNSS/INS, uma vez que o sensor registrava informações desde o início do levantamento, resultando em dados redundantes. Considerando que a velocidade média do veículo era de cerca de 30 km/h, os dados GNSS/INS eram gerados a cada 5 metros. A limpeza foi realizada por meio de georreferenciamento e sincronização das imagens, de modo que os dados foram armazenados apenas nas áreas onde havia gravação de vídeo. Esses dados foram então carregados em um banco de dados, para posterior uso no software de recorte das imagens das vias e suas feições.

Figura 20: Sincronização das imagens

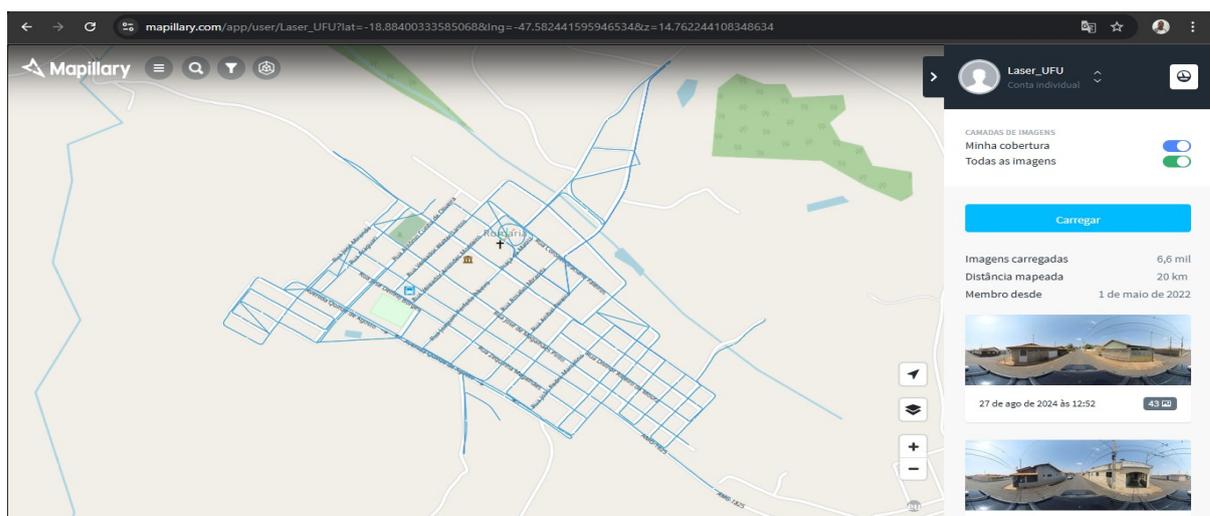


Ao todo, foram percorridas 58 rotas, gerando 6209 imagens que ocuparam um espaço de aproximadamente 30GB. A distância total percorrida de todas as vias foi de 25 km. Através da utilização do sistema de mapeamento móvel, foi possível realizar o levantamento fotogramétrico completo de todas as vias da área urbana do município, cujas coordenadas georreferenciadas estão disponíveis na plataforma Mapillary, uma plataforma colaborativa de mapeamento que permite a visualização e o compartilhamento de imagens georreferenciadas. Esse passo facilitou o acesso a informações precisas sobre as vias de Romaria-MG, além de oferecer um recurso valioso para futuras análises e atualizações de mapas urbanos.

O trabalho foi concluído com sucesso, permitindo o levantamento preciso das vias de Romaria-MG por meio de um mapeamento detalhado e georreferenciado. O uso do Sistema Móvel de Mapeamento integrado ao GNSS e INS, aliado à plataforma Mapillary, possibilitou a criação de um banco de dados visual, útil para planejamentos urbanos, manutenção de vias e diversos outros usos relacionados ao desenvolvimento e aprimoramento da infraestrutura da cidade.

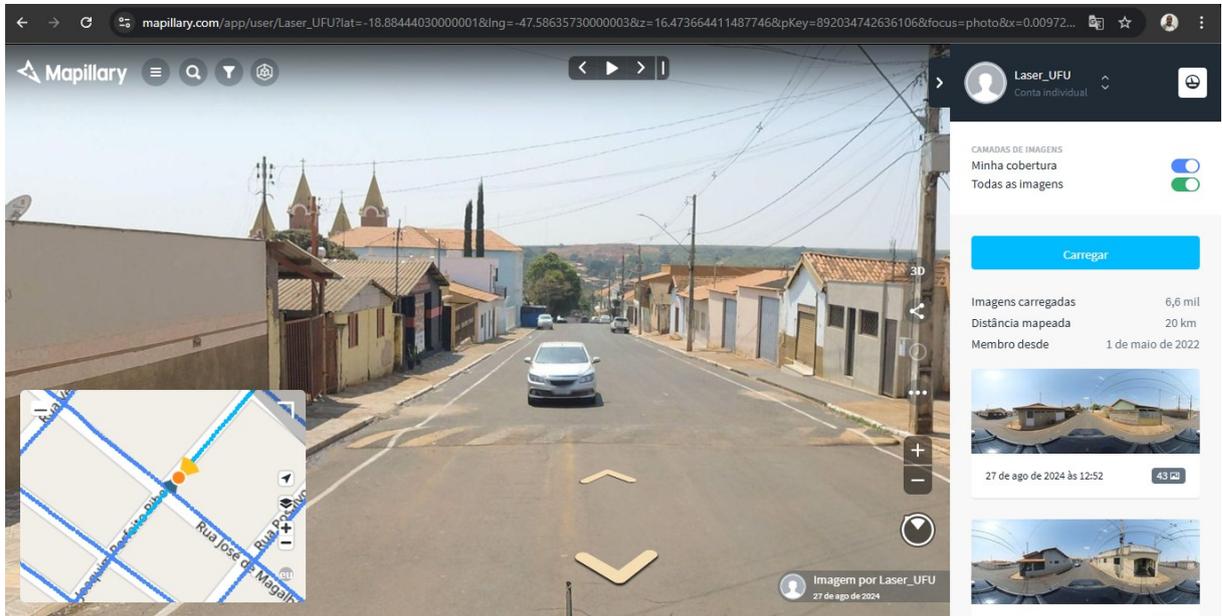
O link leva ao Mapillary, uma plataforma de mapeamento colaborativo que permite visualizar imagens e explorar locais. A visualização pode ser realizada por essa página [aqui](#).

Figura 21: Todas as vias já disponibilizadas no Mapillary



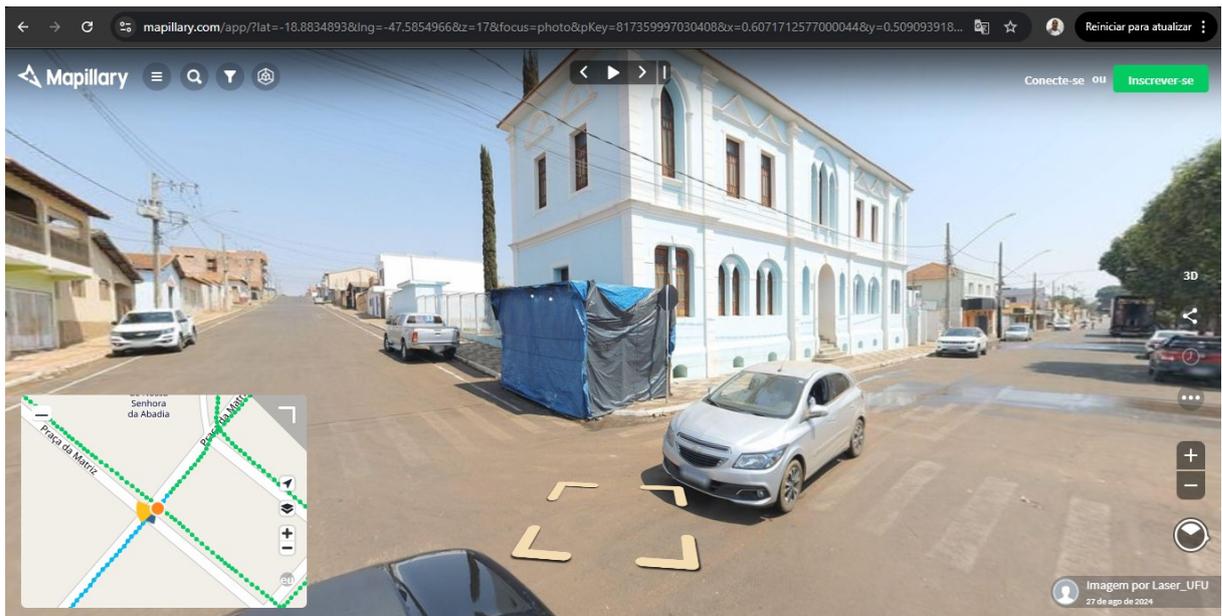
Fonte: Autor (2024).

Figura 22: Plataforma Mapillary.



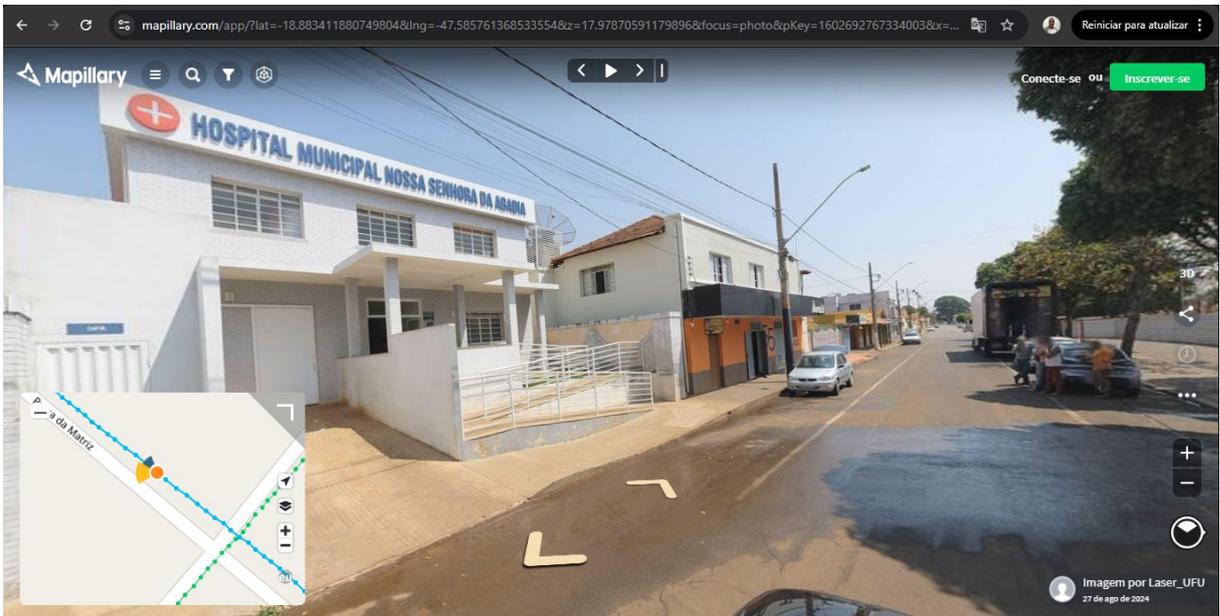
Fonte: Autor (2024).

Figura 23: Um trecho da rua Joaquim Perfeito Ribeiro no cruzamento com a Rua Dom Eduardo podemos visualizar a Prefeitura Municipal de Romaria-MG.



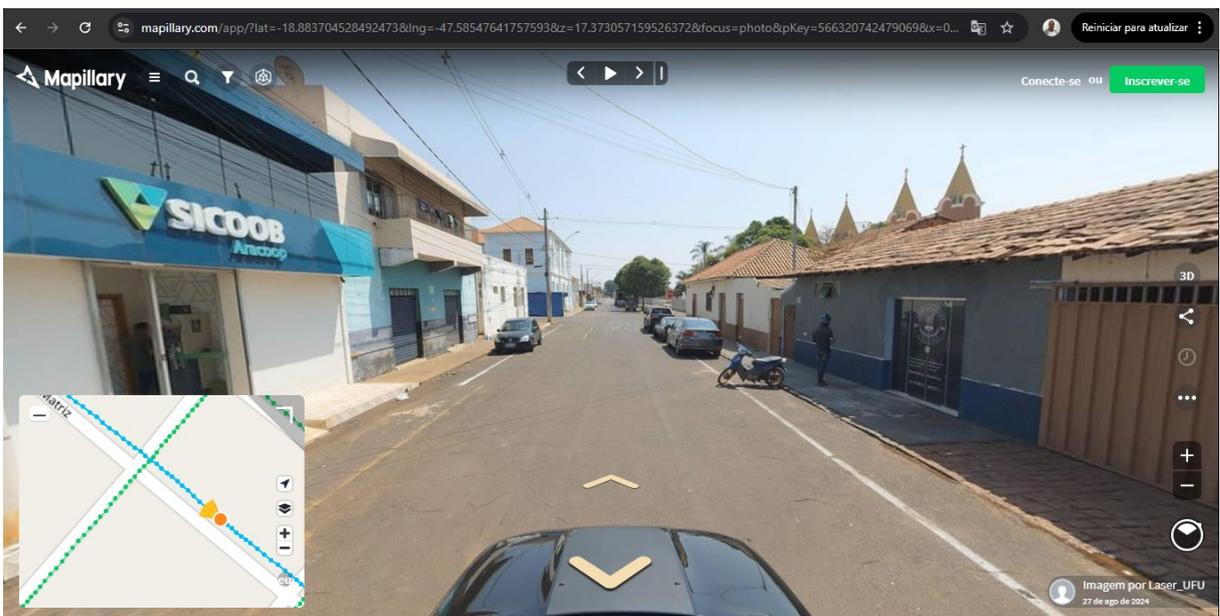
Fonte: Autor (2024).

Figura 24: Segmento de um trecho da rua Praça da Matriz podemos visualizar o Hospital Municipal.



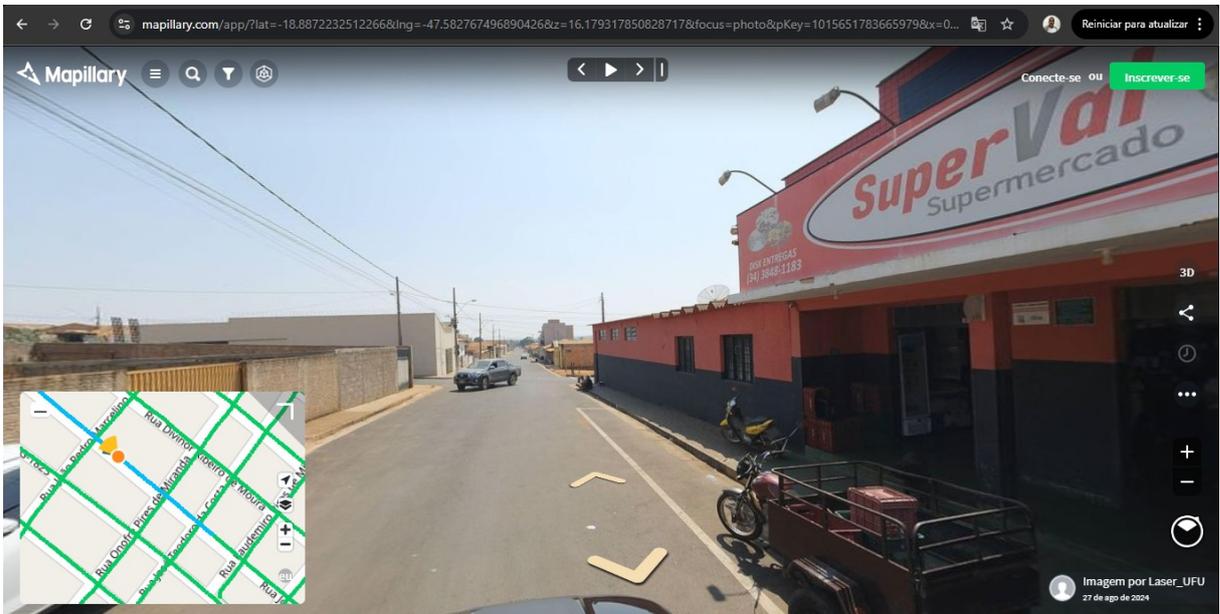
Fonte: Autor (2024).

Figura 25: Segmento do trecho da rua Dom Eduardo podemos ver banco e alguns bares da cidade.



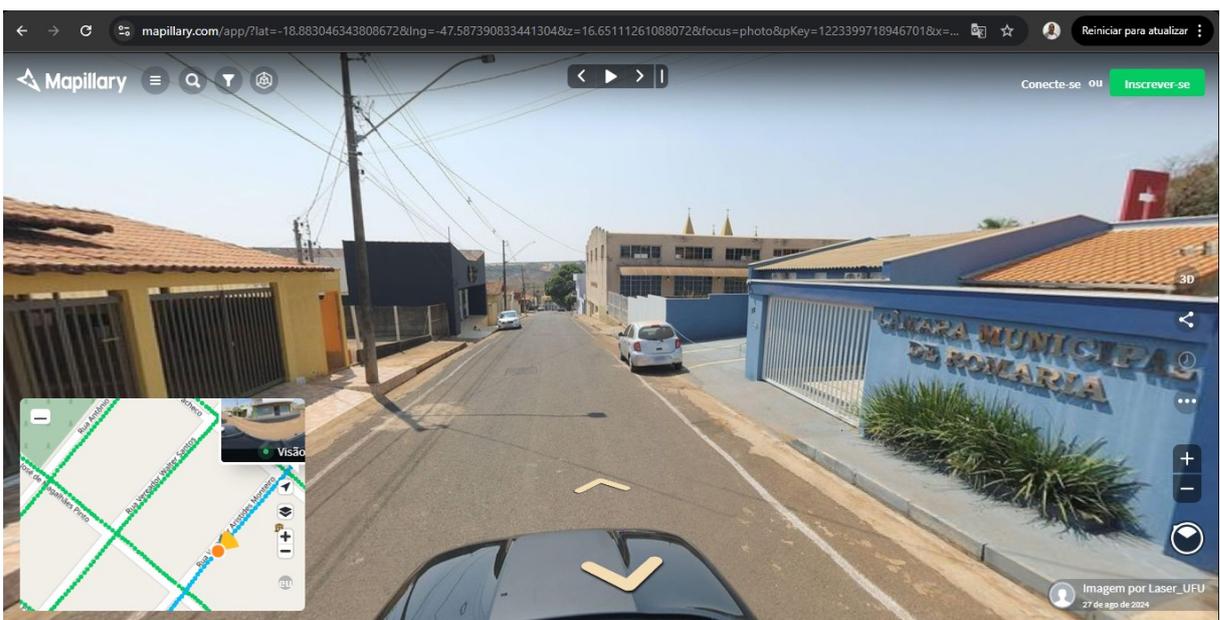
Fonte: Autor (2024).

Figura 26: Segmento do trecho da rua José de Magalhães Pinto podemos visualizar um dos supermecardos da cidade.



Fonte: Autor (2024).

Figura 27: Segmento do trecho da rua Vereador Aristides Monteiro podemos ver a Câmara Municipal.



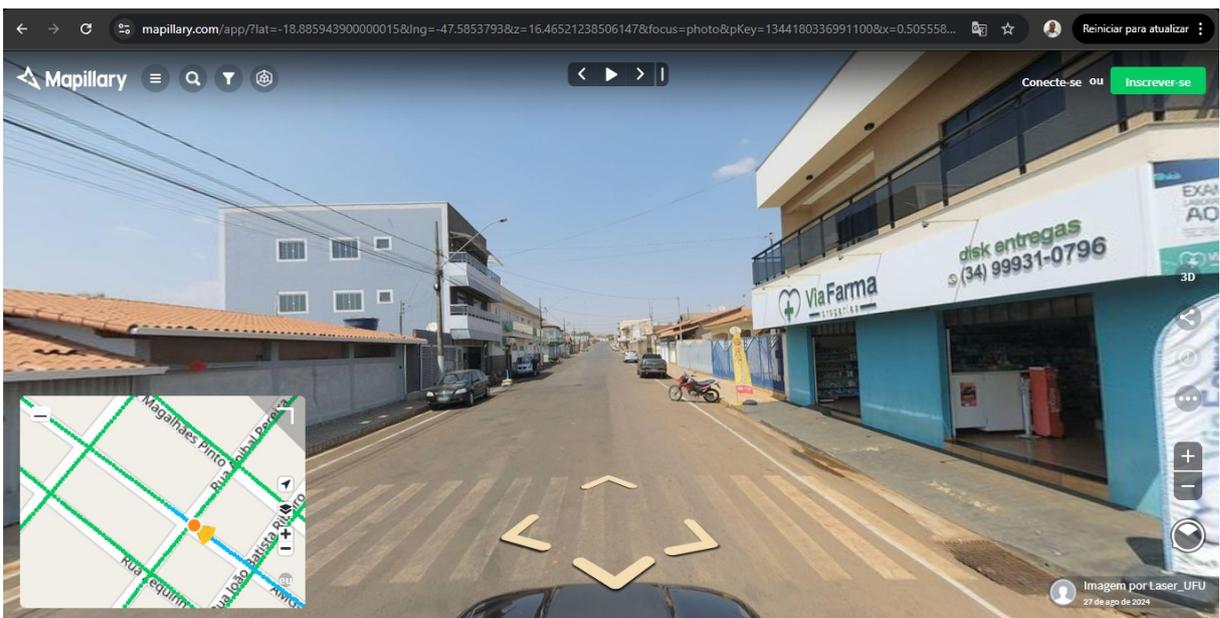
Fonte: Autor (2024).

Figura 28: Segmento do trecho da rua Praça da Matriz podemos visualizar o Santuário Basílica de Nossa Senhora da Abadia.



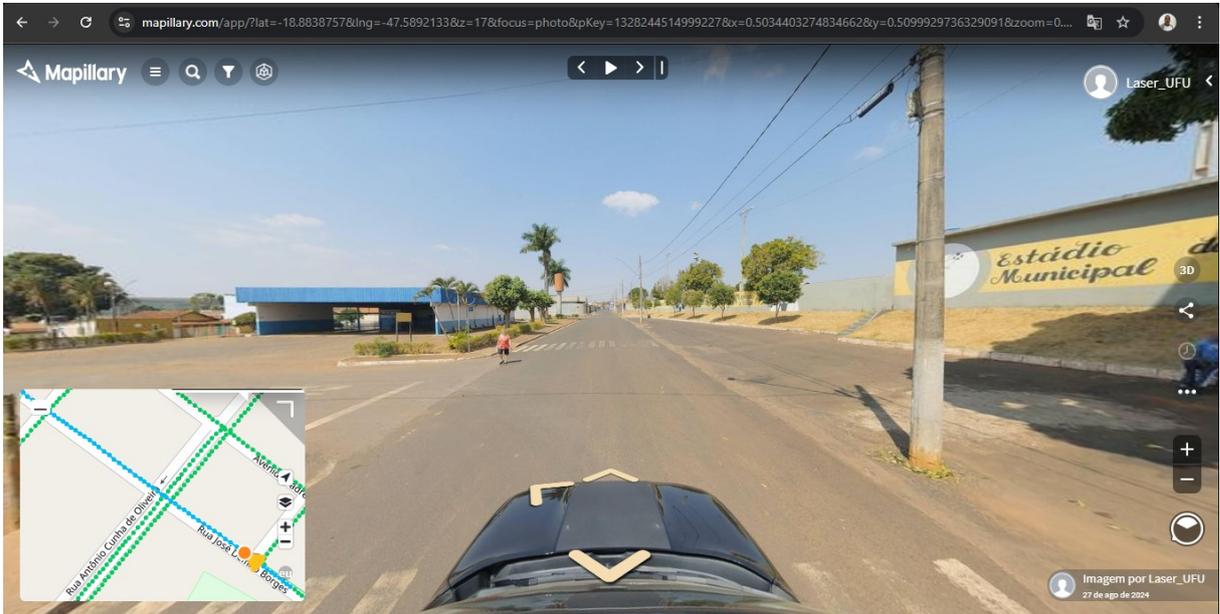
Fonte: Autor (2024).

Figura 29: Segmento do trecho da avenida Padre Eustáquio principal via da cidade.



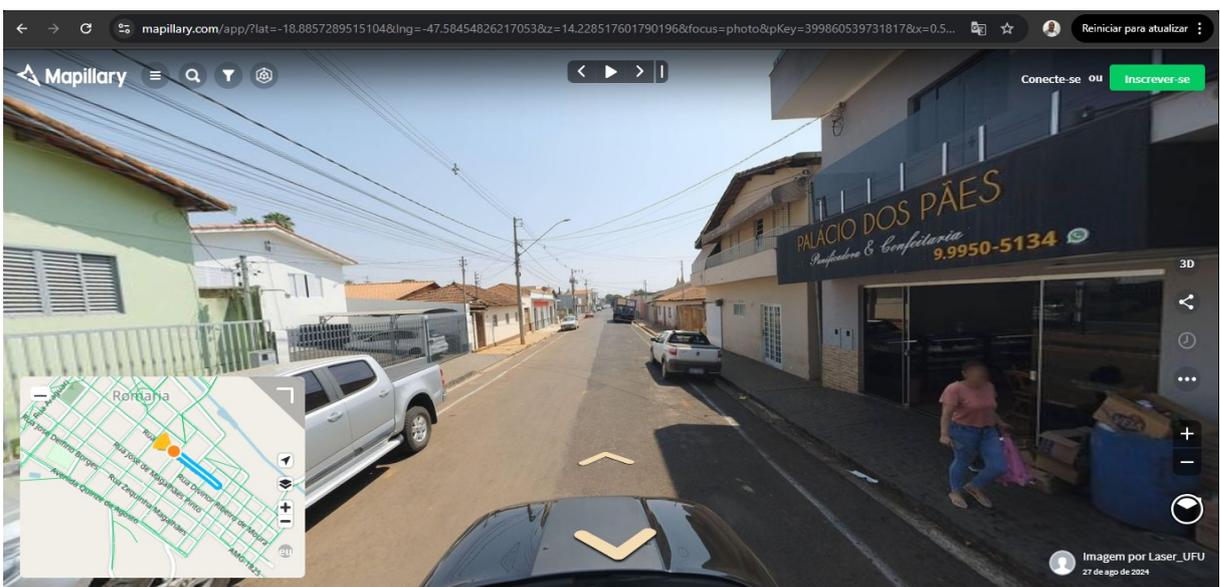
Fonte: Autor (2024).

Figura 30: Um do trecho da rua José Delfino Borges do lado direito podemos ver o Estádio Municipal e do lado esquerdo a Rodoviária de Romaria-MG.



Fonte: Autor (2024).

Figura 31: Segmento do trecho da rua Dom Eduardo podemos visualizar umas das panificadoras da cidade.



Fonte: Autor (2024).

## 7 CONCLUSÃO

A realização do levantamento com câmera esférica das vias de Romaria-MG tem grande potencial para melhorar o planejamento urbano e a gestão da infraestrutura da cidade. A tecnologia utilizada neste trabalho oferece uma alternativa prática e eficaz para a coleta de dados detalhados, contribuindo para a criação de um mapeamento que pode ser utilizado tanto por órgãos municipais quanto pela população.

Além disso, este trabalho contribui para a disseminação de tecnologias inovadoras em cidades de pequeno porte, mostrando que soluções de baixo custo podem ser implementadas de maneira eficaz para melhorar a qualidade de vida urbana. Acredita-se que o uso de câmeras esféricas, aliado aos sistemas de georreferenciamento, pode se tornar uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento sustentável e a modernização da gestão pública em Romaria e em outras cidades similares.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, R. L.; HIRAGA, A. K.; GALLIS, R. B. De A.; RAMOS, I. G.; BERNARDES, A. C. F. **Mapeamento com Integração de Imagens Aéreas Obtidas com ARP e Imagens Terrestres Capturadas com Câmara Esférica**. Anuario do Instituto de Geociencias, v. 43, n. 3, 2020.

CAMPOS, H. P. **Mapeamento de pontos de iluminação pública por meio de sistema equipado com câmara esférica**. 2023. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2023.

CARVALHO, C. C. N. de; NUNES, F. C.; ANTUNES, M. A. H. **Histórico do levantamento de solos no Brasil: da industrialização brasileira à era da informação**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 65, n. 5, p. 997-1013, 2013.

CHAVES, W. T. **Levantamento das fachadas dos imóveis do bairro Bagagem em Iraí de Minas - MG utilizando câmara panorâmica 360**. 2024. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2024.

DAMASCENO, M. das D. **Do diamante ao milagre da fé: uma centelha de fé**. Uberlândia: Ed. Assis, 2020.

EL-SHEIMY, N. The State of the Art in Positioning and Measurement of SDI An Overview of Mobile Mapping Systems From Pharaohs to Geoinformatics FIG Working Week and GSDI-8 Cairo. Egypt, 2005.

FANGI, G; NARDINOCCHI, C. **Photogrammetric processing of spherical panoramas**. The photogrammetric record, v. 28, n. 143, p. 293-311, 2013.

FREITAS, C. R. **Tecnologias de geoinformação no planejamento territorial: novas formas de produção, compartilhamento e uso de dados espaciais**. [Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo] - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura,

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/40989>. Acesso em: 23 nov. 2024.

GALLIS, R. B. A.; SILVA, J. F. C.; CAMARGO, P. O. **Mapeamento Móvel no Brasil: resultados obtidos com a utilização da Unidade Móvel de Mapeamento Digital** In: Simpósio Brasileiro de Geomática, Presidente Prudente, 2002.

GALLIS, R. B. de A.; BARBOSA, R. L.; CUNHA, S. R.; HIRAGA, A. K.; FARIA, M. A. **WebSIG alimentado com dados coletados com sistema de mapeamento móvel terrestre**. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 70, n. 5, p. 1644–1663, 2018. DOI: 10.14393/rbcv70n5-44562. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44562>. Acesso em: 16 nov. 2024.

MA, D.; FAN, H.; LI, W.; DING, X. **O estado de Mapillary: Uma análise exploratória**. ISPRS international journal of geo-information , v. 9, n. 1, p. 10, 2019.

MACHADO, A. A.; CAMBOIM, S. P. **Desambiguação dos Termos Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas e Mapeamento Cadastral no Brasil**. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 71, n. 2, p. 295–327, 2019. DOI: 10.14393/rbcv71n2-44528. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44528>. Acesso em: 17 nov. 2024.

MAHABIR, R.; SCHUCHARD, R.; CROOKS, A.; CROITORU, A.; STEFANIDIS, A. **Crowdsourcing de imagens do Street View: uma comparação entre Mapillary e OpenStreetCam**. Revista internacional de geoinformação da ISPRS, v. 9, n. 6, p. 341, 2020.

MALDONADO, C. **O turismo rural comunitário na América Latina** In: BARTHOLO, R.; SANSOLO, D. G.; BURSZTYN, I. (Org.). Turismo de base comunitária: diversidade de olhares e experiências brasileiras. Rio de Janeiro: Letra e Imagem, 2009.

NETEK, R.; BURIAN, T.; MACECEK, M. **From 360° camera toward to virtual map app: Designing low-cost pilot study**. Computer animation and virtual worlds, v. 31, n. 6, 2020.

PIRES, J. C. de M. **Levantamento fotográfico das fachadas dos trajetos Centro e Jardim Zenith na cidade Monte Carmelo – MG utilizando câmara panorâmica 360°**. 2020. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

SILVA, F. A. da. **Georreferenciamento automático de placas de sinalização com imagens obtidas com um sistema móvel de mapeamento**. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18152/tde-31072012-115700/>. Acesso em: 23 nov. 2024.

SILVA, J. F. C.; CAMARGO, P. O.; GALLIS, R. B. A. **Development of a low-cost mobile mapping system: a South American experience**. Photogrammetric Record, v. 18, n. 101, p.5-26, 2003.

ZAIDAN, R. T. GEOPROCESSAMENTO CONCEITOS E DEFINIÇÕES. **Revista de Geografia - PPGeo - UFJF**, v. 7, n. 2, 2017.

ZARBAKSH, N.; MCARDLE, G. **Pontos de interesse de imagens mapillary de nível de rua: Um conjunto de dados para análise de bairros**. 2023 IEEE 39th International Conference on Data Engineering Workshops (ICDEW). Anais ...IEEE, 2023.