



Universidade Federal
de São João del-Rei

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI (UFSJ)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGeog

ANA LUÍSA TEIXEIRA

**AQUISIÇÃO E ELABORAÇÃO DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS
PARA ORDENAMENTO MUNICIPAL:**

área urbana do município de Alvarães, Estado do Amazonas, Brasil

SÃO JOÃO DEL-REI
2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI (UFSJ)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGeog

**AQUISIÇÃO E ELABORAÇÃO DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS
PARA O ORDENAMENTO MUNICIPAL:**

área urbana do município de Alvarães, Estado do Amazonas, Brasil

Ana Luísa Teixeira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito obrigatório à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Análise Ambiental e Territorial

Linha de pesquisa: Dinâmica das Paisagens Tropicais

Orientadora: Profa. Dra. Sílvia Elena Ventrini (UFSJ)

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Davy Braz Rabelo (CEST-UEA)

São João del-Rei
2024

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

AQUISIÇÃO E ELABORAÇÃO DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS PARA O ORDENAMENTO MUNICIPAL: área urbana do município de Alvarães, Estado do Amazonas, Brasil

Autora: Ana Luísa Teixeira

Orientadora: Profa. Dra. Silvia Elena Ventorini

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Davy Braz Rabelo

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta dissertação:



Documento assinado digitalmente
SILVIA ELENA VENTORINI
Data: 02/07/2024 17:12:13-0300
verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Silvia Elena Ventorini– Orientadora

Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ



Documento assinado digitalmente
FRANCISCO DAVY BRAZ RABELO
Data: 29/06/2024 07:52:23-0300
verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Francisco Davy Braz Rabelo

Centro de Estudos Superiores de Tefé – CEST/UEA



Documento assinado digitalmente
ANDREA APARECIDA ZACHARIAS
Data: 28/06/2024 10:37:23-0300
verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Andrea Aparecida Zacharias

Universidade Estadual Paulista - UNESP



Documento assinado digitalmente
LEONARDO CRISTIAN ROCHA
Data: 02/07/2024 13:28:49-0300
verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Leonardo Cristian Rocha

Universidade Federal de São João del-Rei - UFSJ

**São João del-Rei
2024**

*Dedico este trabalho aos meus pais que sob
muito sol me trouxeram até aqui – na sombra.*

*Para meu filho Diogo. Que eu saiba te ensinar o
valor da educação - assim como fizeram comigo.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por ter me dado forças de chegar até aqui e realizar mais este sonho.

Agradeço imensamente a toda a minha família, sem exceção, por torcerem e me apoiarem sempre. Agradeço em especial aos meus pais que sempre me ensinaram o valor e o poder da educação, nada disso seria possível sem vocês e nunca vou conseguir demonstrar toda a gratidão por ter vocês na minha vida. A minha irmã, Ana Livia, por me aguentar nos momentos mais difíceis e ao meu companheiro Hewerton, por toda a paciência, apoio e por ser meu alicerce e acreditar em mim desde o início da minha carreira acadêmica.

Aos meus amigos por sempre acreditarem e torcerem por mim.

Aos alunos do Centro de Estudos Superiores de Tefé, em especial aos membros do laboratório de Geotecnologias e Dinâmica da Paisagem (GEODIP) por contribuírem para a coleta de dados desta pesquisa. Às meninas Keit, Paula e Arezza por todo o apoio e amizade durante os trabalhos de campo e fora deles também. Aos professores Dr. Leonardo Cristian Rocha e Múcio do Figueiredo Amaral por toda a dedicação durante os trabalhos de campo.

Meus agradecimentos especiais à Profa. Dra. Silvia Elena Ventrini, pela sublime orientação desde o início da graduação e por toda a dedicação na minha formação profissional. Cada uma das experiências que trocamos foram de extrema importância para meu crescimento. Essa conquista também é sua.

Ao Prof. Dr. Francisco Davy Braz Rabelo pela dedicação e oportunidade durante a orientação desta pesquisa, ampliando meus horizontes.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dra. Silvia Elena Ventrini, Prof. Dr. Francisco Davy Braz Rabelo, Profa. Andréa Aparecida Zacharias e Prof. Dr. Leonardo Cristian Rocha, que cederam parte do seu tempo para contribuir com esta pesquisa.

A coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro. A Youthmappers, National Geographic Society e Humanitarian OpenStreetMap Team por financiarem os trabalhos de campo para a Amazônia.

A Universidade Federal de São João del-Rei, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGeog), ao Departamento de Geografia (DEGEO) e ao Laboratório de Cartografia (Labcar) pelo espaço físico, equipamentos e softwares fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa. Ao Centro de Estudos Superiores de Tefé (UEA) pelo apoio logístico e infraestrutura durante os trabalhos de campo.

Aos membros, ex membros do LabCar e do escritório Técnico de São João del-Rei do Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN): Jean, Júlia, Neto, Hugo, James, Aninha, Laís, Raymara, Natália e, em especial ao Rafael por toda ajuda durante a pesquisa e fora dela.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para meu crescimento profissional e para o desenvolvimento desta pesquisa.

RESUMO

O mapeamento em escala local e sua atualização periódica são cruciais no planejamento e na gestão municipal em ambientes urbanos e em áreas de risco. Entretanto, a cobertura cartográfica desatualizada e desigual no Brasil se revela como um fator de limitação dessas práticas. Para suprir essas lacunas da desigualdade cartográfica no território brasileiro, agravada historicamente na Região Norte do Brasil, foram desenvolvidas tecnologias da informação geográfica, dentre elas Sistemas de Posicionamento Global, Sistemas para Aquisição de dados, Sistemas de Disseminação de dados e Sistemas de Análise. O mapeamento municipal em escala de detalhe permite o reconhecimento e a representação de variáveis que auxiliam na resolução de problemas e na mitigação de danos à população. Dessa forma, o objetivo desta dissertação é apresentar o caminho para aquisição e elaboração de produtos cartográficos utilizando dados oriundos de Tecnologias da Informação Geográfica gratuitas e de baixo custo de modo que os resultados contribuam para que Prefeituras possam elaborar produtos cartográficos consistentes sobre o urbano. A pesquisa foi aplicada no sítio urbano do município de Alvarães, no Estado do Amazonas, Região Norte do Brasil. A área de estudo possui carência de dados cartográficos somada à precariedade de *internet* no local e às características inerentes à área de estudo no interior da Floresta Amazônica. A fundamentação teórico-metodológica teve como base os fundamentos das Tecnologias da Informação Geográfica para a aquisição e análise de dados. Os procedimentos metodológicos foram: a) Etapas iniciais para o desenvolvimento da pesquisa, que envolveu análises nas tecnologias utilizadas durante a pesquisa como o OpenStreetMap e o Mapillary, e análise em detrimento de outros dados gratuitos disponíveis, como os dados censitários do IBGE ; b) Coleta e análise de dados IGV e/ou gratuitos, incluindo a análise da completude dos dados OSM para a área e a elaboração de produtos cartográficos a partir desses dados; e c) Coleta e avaliação de dados fotogramétricos com Aeronave Remotamente Pilotada (DJI Mini 2) e receptor GNSS, e avaliação da qualidade dos dados para a elaboração de produtos fotogramétricos. Nessa perspectiva, buscou-se avaliar os dados e elaborar produtos cartográficos que possam auxiliar o poder público no planejamento, ordenamento e gestão municipais. Os resultados dos dados e produtos cartográficos gerados para a administração municipal indicam para ela potencialidades no uso das Tecnologias da Informação Geográfica utilizadas, particularmente, em locais onde inexistia base de dados cartográfica. Apesar disso, as tecnologias utilizadas bem como os dados oriundos de cada uma oferecem limitações em suas utilizações, principalmente no contexto da área de estudo onde foi aplicada. Conclui-se que a investigação apresentada nesta dissertação confirmou a hipótese de que, a partir dos dados gerados de tecnologias da IG, é possível elaborar produtos cartográficos para uso do Poder Público Municipal.

Palavras-chave: Tecnologias da Informação Geográfica; Informação Geográfica Voluntária; Aeronave Remotamente Pilotada; GNSS.

ABSTRACT

Local scale mapping and its periodic updating are crucial in municipal planning and management in urban environments and risk areas. However, outdated and uneven cartographic coverage in Brazil is a limiting factor for these practices. To address these gaps in cartographic inequality across Brazilian territory, historically aggravated in the Northern Region of Brazil, geographic information technologies have been developed, including Global Positioning Systems, Data Acquisition Systems, Data Dissemination Systems, and Analysis Systems. Detailed scale municipal mapping allows for the recognition and representation of variables that help solve problems and mitigate harm to the population. Therefore, the objective of this dissertation is to present the pathway for acquiring and producing cartographic products using data from free and low-cost Geographic Information Technologies, so that the results contribute to enabling municipalities to create consistent cartographic products about the urban territory. The research was applied in the urban area of the municipality of Alvarães, in the State of Amazonas, Northern Region of Brazil. The study area has a lack of cartographic data, compounded by poor internet access and the inherent characteristics of the study area within the Amazon Forest. The theoretical and methodological foundation was based on the fundamentals of Geographic Information Technologies for data acquisition and analysis. The methodological procedures were: a) Initial steps for the development of the research, which involved analyses of the technologies used during the research such as OpenStreetMap and Mapillary, and analysis compared to other available free data, such as IBGE census data; b) Collection and analysis of VGI and/or free data, including the completeness analysis of OSM data for the area and the creation of cartographic products from these data; and c) Collection and evaluation of photogrammetric data with a Remotely Piloted Aircraft (DJI Mini 2) and GNSS receiver, and evaluation of data quality for photogrammetric product creation. From this perspective, the aim was to evaluate the data and produce cartographic products that could assist the public authorities in municipal planning, ordering, and management. The results of the data and cartographic products generated for municipal administration indicate the potential for using the Geographic Information Technologies employed, particularly in places where there is no existing cartographic database. Despite this, the technologies used and the data from each offer limitations in their applications, especially in the context of the study area where they were applied. It is concluded that the investigation presented in this dissertation confirmed the hypothesis that it is possible to produce cartographic products for Municipal Public use from the data generated by GI technologies.

Keywords: Geographic Information Technologies; Volunteered Geographic Information; Remotely Piloted Aircraft; GNSS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caracterização tecnológica da fotogrametria antes de 1960.....	10
Figura 2 - a) fotografia em perspectiva central; b) fotografia em perspectiva ortogonal.	14
Figura 3 - Recorte da imagem Radam-D Folha SA20 datada em 18/07/1972 de Alvarães.	16
Figura 4 - A utilização de produtos cartográficos (imagens) para a percepção da realidade ...	27
Figura 5 - Aplicativos do OSM para smartphone.....	36
Figura 6 - Interface de dados do <i>Mapillary</i>	38
Figura 7 – Certificados ARP	43
Figura 8 – Análise dos diferentes produtos	45
Figura 9 – Vista do Igarapé do Jarauá	46
Figura 10 – Distribuição de GCPs e pontos de validação	48
Figura 11 – Linha de processamento ODM.....	50
Figura 12 – Localização da área de estudo – Alvarães, AM	55
Figura 13 – Análise visual da expansão urbana	56
Figura 14 – Formas de acesso a área de estudo	59
Figura 15 – Mapa disponibilizado pela Prefeitura	61
Figura 16 – Setorização de áreas de risco de acordo com SGB, Alvarães-AM	62
Figura 17 – Fluxograma das etapas desenvolvidas	64
Figura 18 - Dimensões de áreas.....	67
Figura 19 - Imagens de satélite escolhidas	69
Figura 20 - Trabalho de campo em fevereiro de 2022	71
Figura 21 - Trabalho de campo em maio de 2022: a) levantamento com o <i>Mapillary</i> e b) anotações realizadas pelos participantes sobre as edificações utilizando o <i>Geo Tracker</i>	72
Figura 22 - Levantamento aéreo e observação em campo.....	75
Figura 23 - Exemplos do arquivo vetorial OSM	77
Figura 24 - Correção de dados alfanuméricos	78
Figura 25 - Áreas de análise da completude dos dados OSM	81
Figura 26 – Componentes do receptor GNSS	84
Figura 27 – Localização Setor 5 proposto pelo SGB.	86
Figura 28 – Procedimentos para coleta de pontos com o GNSS	88
Figura 29 – Etapas para correção dos pontos RTK	90
Figura 30 – Exemplo de linha para avaliação planimétrica dos dados.....	91
Figura 31 – Fluxograma para elaboração da Carta Planialtimétrica da área	94
Figura 32 - Alterações no <i>OpenStreetMap</i> após o mapeamento das micro tarefas.....	98
Figura 33 - Setorização censitária IBGE e dados OSM	99
Figura 34 - Quantitativo dos dados OSM e IBGE no Setor 130002905000024 do IBGE	100
Figura 35 – Análise das coordenadas dos endereços com ortmosaico	101
Figura 36 - Dados OSM e imagens <i>Sentinel</i> e <i>CBERS</i>	102
Figura 37 - Dados <i>Mapillary</i>	104
Figura 38 - Limitações das imagens <i>Mapillary</i>	105
Figura 39 – Síntese e exemplo de dados inseridos no formulário <i>Kobo Toolbox</i>	106
Figura 40 - Dados <i>OpenStreetMap</i> em 2022 e 2023	108

Figura 41 - a) Casas antigas de Alvenaria próximas ao porto; b) Casas de madeira fora da área central	109
Figura 42 - a) Pavimentação asfáltica e; b) Pavimentação cimentícia	110
Figura 43 - Análise da completude dos dados adquiridos em julho de 2022 (Área A).....	112
Figura 44 - Completude das áreas A e B	113
Figura 45 - Padrão de omissões nos dados OSM	115
Figura 46 - Dificuldades de mapeamento de edificações na área de estudo	116
Figura 47 – Logradouros da área de estudo.....	118
Figura 48 – Pavimentação da área de estudo.....	119
Figura 49 – Convenção cartográfica do Igarapé.....	121
Figura 50 – Comércio e serviços da área de estudo.....	122
Figura 51 – Estrutura de um dado coletado por meio do <i>Kobo Toolbox</i>	123
Figura 52 – Localização das fotografias e pontos utilizados na pesquisa	125
Figura 53 – Detalhes dos erros do GPS, GCP e modelo 3D do ODM	126
Figura 54 – Exemplos de pontos nulos no ortomosaico	128
Figura 55 – Incongruências em objetos na superfície	128
Figura 56 – MDS e MDT	129
Figura 57 – Ortomosaico de parte do Setor 5 - SGB.....	131
Figura 58 – Antes e depois da metodologia aplicada nas curvas de nível.....	132
Figura 59 – Curvas de nível em cima de Igarapé	133
Figura 60 – Carta planialtimétrica de parte do Setor 5 (SBG) - 1:2.000 (Classe B PEC-PCD)	135
Figura 61 – Erro das curvas em detrimento da base do IBGE	136
Figura 62 – Carta planialtimétrica de parte do Setor 5 (SBG) – 1:5.000 (Classe A PEC-PCD)	137
Figura 63 – Modelos gerados pela linha de processamento do ODM.....	139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Cobertura Cartográfica Brasileira.....	18
Quadro 2 – Levantamentos básicos e complementares	24
Quadro 3 - Aplicações de IGV	41
Quadro 4 – PEC planimétrico e altimétrico dos produtos cartográficos digitais	52
Quadro 5 - Dados e imagens analisados em detrimento dos dados OSM	70
Quadro 6 - Síntese dos trabalhos de campo na área de estudo.	70
Quadro 7 - Características das tecnologias utilizadas durante os dois últimos trabalhos de campo	73
Quadro 8 - Equipamentos e programas utilizados para a elaboração dos ortomosaicos	74
Quadro 9 - Produtos cartográficos propostos	82
Tabela 10 – Equipamentos e programas utilizados durante o último trabalho de campo	83
Tabela 11 – Produtos cartográficos propostos.....	92
Quadro 12 - Avaliação de acurácia posicional planimétrica	129
Quadro 13 - Avaliação de acurácia posicional altimétrica	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População residente de Alvarães	57
--	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AM	Amazonas
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ARP	Aeronave Remotamente Pilotada
CC BY SA 40	<i>Creative Commons Attribution – Sharealike 4.0 International</i>
CENSIPAM	Centro Gestor Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia
CEST	Centro de Estudos Superiores de Tefé
CNPq	Conselho Nacional de Pesquisas
SGB	Serviço Geológico do Brasil (antigo CPRM)
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DSG	Diretoria de Serviço Geográfico do Exército
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FEB	Força Expedicionária Brasileira
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
GCP	Ground Control Points
GNSS	<i>Global Navegation Satellite System</i>
GPS	Sistema de Posicionamento Global
GDS	<i>Ground Sample Distance</i>
HOT	<i>Humanitarian OpenStreetMap Team</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	Infraestrutura de Dados Espaciais
IDSM	Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá
IGV	Informação geográfica Voluntária
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPAN	Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
IPHAN	Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológica
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ISPN	Instituto Sociedade, População e Natureza
IQVU	Índice de Qualidade de Vida Urbana
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDR	Ministério do desenvolvimento Regional
MDT	Modelo Digital de Terreno
MUNIC	Relatório de Pesquisa de Informações Municipais
NRC	<i>National Research Council</i>
ODBL	<i>OpenStreetMap Database License</i>
ODM	<i>OpenDroneMap</i>
OSM	<i>OpenStreetMap</i>
PDC	Programa Especial de Dinamização Cartográfica Terrestre
PPK	<i>Post Processed Kinematic</i>
PNCSA	Projeto Nova Cartografia Social da Amazônia
PNMU	Política Nacional da Mobilidade Urbana
RADAM	Projeto Radar na Amazônia
RMSE	<i>Root Mean Squared Error</i>
RPA	<i>Remotely Piloted Aircraft</i>
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>
RRCM	Rede de Referência Cadastral Municipal
SFM	<i>Structure-From-Motion</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SDRU	Secretaria Nacional de Desenvolvimento Regional e Urbano
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
UEA	Universidade do Estado do Amazonas
UNDRR	Estratégia Internacional das Nações Unidas Para Redução de Desastres

USGS	<i>United States Geological Survey</i>
VGI	<i>Volunteered Geographic Information</i>
WEB	Rede Mundial de Computadores

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
1 A REPRESENTAÇÃO SISTEMÁTICA	9
1.1 Cartografia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto: Breve Histórico.....	9
1.1.1 Sensoriamento Remoto.....	14
1.2 Cobertura Cartográfica Brasileira	17
1.3 Mapeamento urbano	22
1.3.1 O Mapeamento de Risco como subsídio ao Planejamento Urbano.....	28
2 TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E O MAPEAMENTO SISTEMÁTICO	32
2.1 A informação Geográfica Voluntária: conceitos e aplicações.....	32
2.1.1 Plataformas de IGV: histórico e aplicações	34
2.2 Aeronaves Remotamente Pilotadas e receptores GNSS: potencialidades e limitações	43
3 MATERIAIS E ANÁLISES INICIAIS.....	54
3.1 Caracterização da área de estudo	54
3.2 Fundamentação teórico-metodológica.....	63
4 PERCURSOS METODOLÓGICOS: Etapas iniciais para aquisição de dados	66
4.1 Coleta e análise de dados IGV e/ou gratuitos	72
4.1.1 Completude dos dados do <i>OpenStreetMap</i>	78
4.1.2 Elaboração de produtos cartográficos	82
4.2 Coleta e avaliação de dados fotogramétricos.....	82
4.2.1 Avaliação da qualidade dos dados e elaboração de produtos cartográficos.....	90
5 RESULTADOS.....	97
5.1 Etapas iniciais: Plataforma OSM e Mapillary	97
5.2 Coleta e análise de dados IGV	103
5.2.1 Análise da completude dos dados OSM.....	110
5.2.2 Produtos cartográficos propostos: potencialidades e limitações dos dados IGV	116
5.3 Coleta e análise de dados fotogramétricos e de GNSS.....	124
5.3.1 Análise da qualidade dos dados e elaboração de produtos cartográficos.....	127
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	141
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144
ANEXO I	160
ANEXO II.....	162

ANEXO III.....165
ANEXO IV 173

INTRODUÇÃO

Apesar dos avanços na Cartografia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto ao longo do tempo, principalmente no final do século XX e início do século XXI, as dificuldades de mapeamento do território brasileiro aliadas à falta de investimentos no setor ocasionaram cobertura cartográfica desigual e desatualizada, sobretudo em escalas maiores que 1:250.000 em determinadas regiões do Brasil (Pereira *et al.*, 2003; Archela, 2008; Sluter, 2019). Na Região Norte do País, agravados à instância municipal, os dados cartográficos disponíveis são na escala de 1:100.000 ou maiores para a maioria dos municípios, impossibilitando o conhecimento e a representação detalhada de variáveis urbanas, como quadras, edificações e ruas (Zacharias, 2006; Santos, 2022).

O mapeamento em escala local e sua atualização periódica são cruciais no planejamento e na gestão municipais (Brasil, 2001). Apesar dessa importância, a inexistência dos dados cartográficos na maioria dos municípios brasileiros e a precariedade de recursos humanos e financeiros implicam dificuldades na elaboração de base e produtos cartográficos que podem auxiliar o Poder Público Municipal no planejamento, ordenamento e gestão (Pereira; Silva, 2001; Leite; Rosa, 2006; Santos *et al.*, 2021).

Na Cartografia Oficial Brasileira, há a definição de três escalas, conforme seus objetivos de detalhamentos das feições fisiográficas e usos: Macro (escalas cartográficas menores que 1:500.000), com pouco detalhamento e com a aplicabilidade em proporções com áreas extensas como a que se localiza no Bioma Amazônico; Meso (escalas entre 1:250.000 e 1:25.000), com médio detalhamento e a função de reconhecimento de feições fisiográficas em municípios; e Micro (escalas maiores que 1:10.000), com alto nível de detalhamento como em aplicações de representações de quadras, vias e edificações (Zacharias, 2006; Santos, 2022).

Em contradição à Cartografia Oficial, a realidade comum em países em desenvolvimento e a popularização de Tecnologias da Informação Geográfica (tecnologias da IG) têm permitido o acesso e a criação de dados de acordo com a necessidade dos profissionais e também de pessoas sem qualificação específica, mas interessadas nas representações espaciais (Li; Shao, 2009; O'Reilly, 2005; Perkins, 2013; Crampton, 2009; Goodchild, 2007; Graser *et al.*, 2014). A “nova era da geoinformação” adota tanto a bidirecionalidade da *Web 2.0* que está em constante evolução para produzir dados através de plataformas e aplicativos de forma voluntária, fundamentando a Informação Geográfica Voluntária (IGV) (Santos; Castiglione,

2014; Li; Shao, 2009), quanto a popularização de equipamentos como Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), programas com código aberto que possibilitam o processamento dos dados em conjunto com dados do Sistema Global de Posicionamento (GPS) ou do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que “[...] realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial” (Câmara; Queiroz, 2001, p. 1).

Esses avanços e a popularização das Tecnologias da Informação Geográfica não devem ser considerados como desafios frente à quantidade e à qualidade dos dados disponibilizados. Para municípios nos quais são inexistentes as bases de dados cartográficos para representar o urbano, esses dados e tecnologias podem auxiliar a compor a cartografia base para a elaboração de produtos que os auxiliem no planejamento, ordenamento e gestão municipais.

A partir desses pressupostos, adotou-se a terminologia Tecnologias da Informação Geográfica¹ para se referir às ferramentas utilizadas durante o desenvolvimento da pesquisa. Segundo Goodchild (2009), essas tecnologias são divididas em quatro categorias definidas, sendo: Sistemas de Posicionamento Global (GPS), seja em equipamentos sofisticados de rastreio de coordenadas (receptores GNSS) ou incorporados em telefones celulares em aplicativos; Sistemas para aquisição de dados, por meio de sensores como ARP e satélites ou por dados gerados via plataformas de IGV (Elwood, 2008); Sistemas de disseminação de dados, como em repositórios de imagens ou em plataformas da *Web* onde o usuário tem acesso a dados geográficos; e Sistemas de análise, caracterizados por interfaces para manipulação de dados geográficos, como os SIGs

Diante do exposto, a hipótese da pesquisa foi que, a partir de dados geográficos oriundos de tecnologias da IG gratuitas² e de baixo custo, é possível elaborar produtos cartográficos para uso do Poder Público Municipal no contexto amazônico. A pesquisa foi aplicada na cidade de Alvarães, localizada no Estado do Amazonas, Região Norte do Brasil. O município carece de produtos cartográficos em escala grande devido às dificuldades logísticas da maioria dos municípios da região. Alvarães possui limites territoriais com os municípios de Uarini, Juruá, Marã e Tefé, sendo Tefé o único local com acesso aéreo com voos regulares. Seu acesso é realizado apenas por navegação pelo rio Solimões, desembarcando em um porto flutuante ou

¹ O termo informação geográfica (IG) se refere a “a fact must link some property to a location on or near the Earth’s surface, and possibly to a point in time or a time interval; geographic information is simply a collection of such facts” (Goodchild, 2010, p. 4).

² Ressalta-se que, entre as tecnologias gratuitas, foram utilizadas as de código aberto ou não.

pela travessia no Lago de Tefé, seguido de uma estrada até o seu sítio urbano³. Além das limitações logísticas da cidade, os sinais de *internet* e telefonia móvel são precários.

Nessa perspectiva, traçou-se como objetivo geral da pesquisa a elaboração de produtos cartográficos utilizando dados oriundos de tecnologias da IG gratuitas e de baixo custo que contribuam para auxiliar o poder público na tomada de decisões. Os objetivos específicos foram:

- Coletar e analisar dados geográficos utilizando tecnologias da IG gratuitas, como as plataformas IGV;
- Coletar e analisar dados utilizando ARP de baixo custo e receptor GNSS;
- Avaliar as potencialidades e limitações do uso dos dados coletados;
- Elaborar produtos cartográficos a partir dos dados coletados;

Nesta dissertação, apresenta-se o caminho para a aquisição e a elaboração dos produtos cartográficos a partir de tecnologias da IG gratuitas e de baixo custo e como estas podem auxiliar o poder público na tomada de decisões para planejamento, ordenamento e gestão do município. O documento está organizado em cinco capítulos.

No **Capítulo 1**, discorre-se sobre os avanços na Cartografia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto bem como na cobertura cartográfica brasileira e em como isso implica limitações no mapeamento urbano, agravado na Região Norte do Brasil.

No **Capítulo 2**, apresentam-se as tecnologias da IG, com enfoque nas utilizadas durante esta pesquisa, os sistemas de aquisição de dados, como Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) e as tecnologias IGV; os sistemas de posicionamento globais, como os receptores GNSS; e os sistemas de disponibilização e análise de dados, no mapeamento urbano.

No **Capítulo 3**, é feita uma breve caracterização da área de estudo, referente às características físicas e antrópicas da área, que dificultam o mapeamento em escala grande e apresentam desafios frente à aquisição dos dados e à fundamentação teórico-metodológica da pesquisa. No **Capítulo 4** dissertam-se os percursos metodológicos para a proposição de produtos cartográficos que utilizaram tecnologias da IG gratuitas e de baixo custo. No capítulo, são descritas as etapas iniciais para definição da área e das plataformas utilizadas, seguidas da coleta e análise de dados IGV e/ou gratuitos e da coleta e avaliação de dados fotogramétricos.

³ Neste trabalho, utiliza-se o termo “sítio urbano” de acordo com os autores Ab’Saber (1965, 2007), Fialho (2012) entre outros.

No **Capítulo 5**, são apresentados os resultados que indicam a viabilidade da utilização das tecnologias analisadas pelo Poder Público de Alvarães ou de outros locais frente à inexistência de dados cartográficos, salvo suas limitações quanto à operacionalização da coleta, dos equipamentos e da elaboração de produtos cartográficos. Por fim, as considerações finais são apresentadas no **Capítulo 6**.

Ao longo desta pesquisa, observou-se que os caminhos metodológicos apresentados nesta dissertação podem fomentar discussões importantes nos âmbitos municipal e acadêmico. No âmbito municipal, os resultados da avaliação e elaboração dos produtos propostos podem contribuir para a aquisição e manutenção de uma base cartográfica consistente de modo que o Poder Público tenha autonomia para a elaboração de diferentes produtos de acordo com a demanda necessária.

No contexto científico, o potencial das discussões apresentadas pode contribuir para os avanços das diferentes áreas da representação sistemática, tendo em vista a escassez de análises dos dados no Brasil – agravados na Região Norte do Brasil. A utilização dos dados oriundos de diferentes tecnologias da IG pode potencializar novas discussões sobre sua utilização, sobretudo em locais onde inexistente base cartográfica, estão desatualizadas ou estão em escalas não adequadas.

1 A REPRESENTAÇÃO SISTEMÁTICA

1.1 Cartografia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto: Breve Histórico

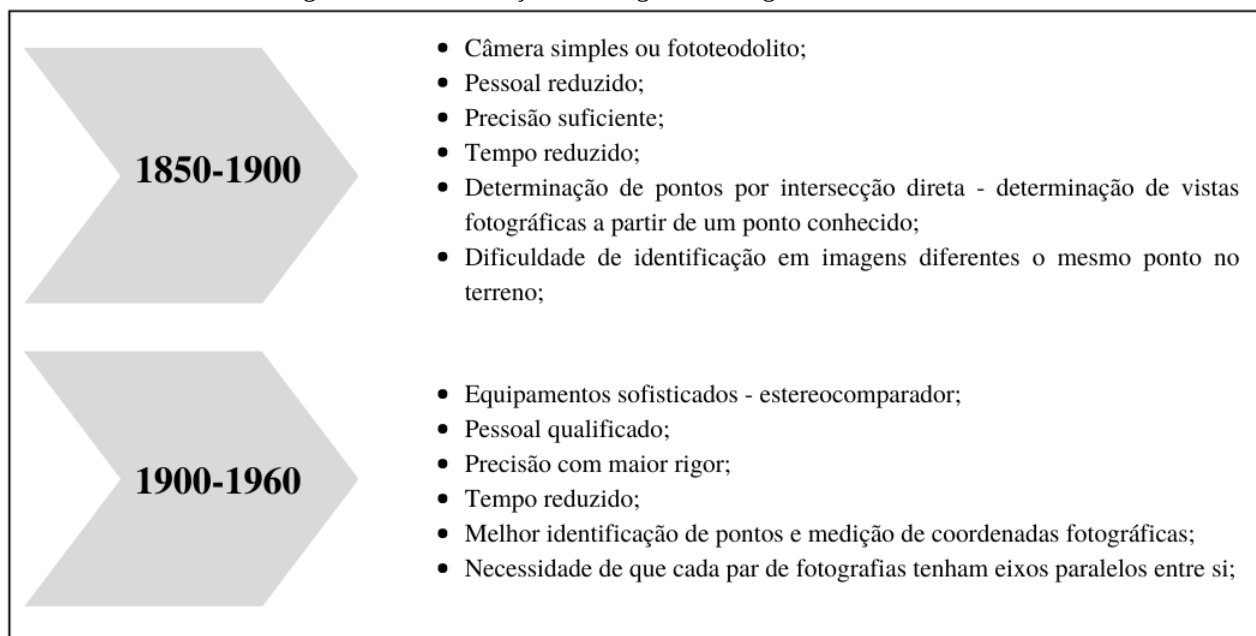
A representação sistemática sempre esteve presente nos exercícios de poder ao longo do tempo como, por exemplo, as ascensões de Estados europeus no contexto do imperialismo no século XIX (Harley, 2009; Lacoste, 1976). Durante o século XX, a representação teve desenvolvimento significativo nos períodos das Primeira e Segunda Guerras Mundial para fins de invasão e conhecimento de territórios. Apesar disso, até a ascensão da informática e da popularização de computadores, no final do século XX e início do século XXI, os dados eram arquivados manualmente e de forma analógica, o que exigia esforço na recuperação e atualização dessas informações (Embrapa, 2011). A discussão deste tópico tem como objetivo apresentar os avanços da Cartografia, Fotogrametria e Sensoriamento. Dessa forma, o diálogo com os autores abrange as áreas citadas e foram escolhidas para embasar as discussões necessárias nas aplicações e análises da pesquisa.

A aerofotogrametria teve início em 1848, quando o oficial do corpo de engenheiros do exército da França e considerado o “pai da aerofotogrametria”, Aimé Laussedat, utilizava fotografias em perspectiva para desenhar vistas levantadas e plantas a partir dessas. Em 1858, após a criação da patente do levantamento aéreo, militares com câmeras passaram a utilizar balões durante a Guerra Civil Americana (Gonçalves, 2015). Em 1858, Gaspard Felix Tournachon patenteou a utilização de fotografias aéreas para mapeamento e subiu em um balão nos arredores de Paris para fotografar. A partir daí, capturas começaram a ser realizadas com máquinas fotográficas acopladas em pipas. Em 1888, a *La Nature* publicou uma matéria sobre um “Foguete para fotografia” inventado pela fotógrafa Amédée Denisse. Em 1903, Julius Neubronner patenteou a câmera amarrada ao peito de pombos correios e em 1908, pela primeira vez, foram utilizados aviões para transportar o fotógrafo Wilbur Wright (Jensen, 2011).

O primeiro mosaico foi elaborado pelo Capitão Cesare Tardivo, oficial italiano da Seção Fotográfica do Corpo de Engenheiros da Itália, durante o Congresso Internacional de Fotogrametria, em Viena, no ano de 1913 (Silva, 2015). Em 1940, já eram utilizadas aeronaves adaptadas para registros fotográficos e apenas em 1980 foram iniciados os investimentos em Aeronaves Remotamente Pilotadas – ARP que perduram até os dias de hoje (Verhoeven, 2009; Amrine, 1992). A história da aerofotogrametria teve, ao longo do tempo, diversos avanços nos equipamentos e metodologias.

A fotogrametria analítica surgiu na década de 1960, entretanto, antes dessa década, técnicas fotogramétricas já eram utilizadas em diversos países para reconhecimento, inclusive no Brasil. A figura 1 apresenta características gerais das tecnologias fotogramétricas utilizadas antes da inserção de computadores.

Figura 1 - Caracterização tecnológica da fotogrametria antes de 1960.



Fonte: Adaptado de Burtch (2008).

No Brasil, após o fim da Primeira Guerra Mundial, o Serviço Geográfico Brasileiro, em parceria com a Missão Cartográfica Austríaca, implementou técnicas fotogramétricas de desenho e impressão para elaborar a Carta do Brasil ao Milionésimo (Silva, 2011). Foram publicados também, na época, mapas na Escala de 1:100.000 do Estado de São Paulo e a “[...] carta do Distrito Federal, de escala original 1:50.000, foi desdobrada nas escalas de 1:20.000, 1:10.000 e 1:2.000, e serviu de base para a Instrução de Táticas da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais brasileiros, dirigida pela Missão Militar Francesa” (Archela, 2007, p. 216). Outros levantamentos em escala maior no território nacional ocorreram de forma intensa como nos Estados de Minas Gerais e de São Paulo, entretanto no restante do Brasil, como na Região Norte, devido as dificuldades logísticas em áreas de florestas densas, como a Amazônica, o mapeamento era tecnicamente difícil, já que

Os demarcadores subiam o rio Amazonas e seus afluentes, em navios, depois em barcos, canoas e, finalmente a pé, carregando todo o material destinado às medições, equipamentos e alimentos para sobrevivência. Ficavam expostos aos perigos da floresta e sujeitos as doenças. Estes grupos de trabalho que envolvia até mil homens entre chefe de expedição, topógrafos,

radiotelegrafistas, mateiros, e auxiliares, realizavam expedições que duravam de sete e nove meses, com grande desgaste físico e até perda de integrantes” (ARCHELA; ARCHELA, 2008, p. 216).

Os fatos narrados por Archela, Archela (2008), ainda se repetem na região Norte do Brasil. A equipe de pesquisadores, da qual a autora fez parte, vivenciou situações semelhantes no que concerne aos problemas de navegação, transporte de equipamentos e alimentos e com a exposição de equipe aos perigos das florestas e doenças locais para mapear uma comunidade ribeirinha localizada no Médio curso do Rio Solimões. Na área de estudo desta pesquisa também são enfrentadas diversas dificuldades para seu mapeamento, como o calor extremo, a escassez de recursos, o deslocamento, entre outros.

Durante a Segunda Guerra Mundial, entre 1939 e 1945, as técnicas fotogramétricas e cartográficas modificaram-se e tiveram amplo desenvolvimento para suprir as necessidades de conhecimento e representação. A fotointerpretação, por exemplo, foi utilizada em grande escala pelos serviços de inteligência do Exército Brasileiro em campos de batalha na Itália para conhecer as frentes de combate e as áreas de interesse da Força Expedicionária Brasileira – FEB (Júnior, 2018).

Esse período, no Brasil, foi caracterizado por mudanças no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dentre elas a utilização de técnicas para a aquisição de dados geográficos e cartográficos, apresentação do Plano Cartográfico e criação de comissões para estudar bases de uniformização cartográfica. Entre os produtos cartográficos e técnicas desenvolvidas destacam-se,

[...] o Plano Cartográfico Náutico (1937) apresentado pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN); a substituição do método expedito pelo taqueômetro em São Paulo e a utilização da rádio-telegrafia para determinação de coordenadas geográficas. Em 1938 surge da primeira empresa privada, no mercado brasileiro, dedicada à execução de levantamentos aerofotogramétricos, cujas preocupações básicas estavam voltadas para a prestação de serviços em cartografia (Archela, 2007, p. 217).

Em 1938, o Decreto-lei nº 237 regulamentou os trabalhos de preparação do Recenseamento Geral da República para que o IBGE estruturasse os projetos de Determinação das Coordenadas das Cidades e Vilas e a Campanha dos Mapas Municipais, de acordo com o Decreto-lei nº 311, de 2 de março de 1938, conhecida como Lei Geográfica do Estado Novo. O Decreto determinava a divisão territorial do país e obrigava todos os municípios a elaborarem o mapa do seu território que satisfizesse os requisitos mínimos impostos pelo Conselho

Nacional de Geografia (Brasil, 1938). Nesse primeiro momento, mesmo com a representação seguindo requisitos mínimos do órgão oficial, municípios com áreas grandes e divisas inacessíveis tiveram limitações na elaboração do produto cartográfico. Em 1929, a Campanha de Levantamento Intensivo das Coordenadas Geográficas das Sedes Municipais foi implantada e marcou o primeiro período de atividades sistemáticas realizadas pelo IBGE (IBGE, 2017).

Com a invenção dos computadores e posterior inserção das máquinas em instituições, diversos progressos ocorreram na fotogrametria. O primeiro avanço significativo foi a utilização de cálculos de aerotriangulação na década de 1950. Em 1958, Uuno Vilho Helava, pesquisador da *National Research Council* (NRC), apresentou à comunidade científica o primeiro protótipo de restituidor analítico. Esse equipamento utilizava mecanismos para medir as coordenadas de pontos homólogos nas imagens com objetivo de resolver matematicamente a relação entre as coordenadas da fotografia e as coordenadas do objeto no espaço real, solucionando erros sistemáticos e processando vários tipos de fotografias com distâncias focais diferentes. Apesar de revolucionário, a comunidade científica da época não o aceitou devido às limitações da informática e panes frequentes dos equipamentos (Tommaselli, 2009; Burtch, 2008; Anderson, 1982). A Fotogrametria digital utiliza os métodos analíticos até a atualidade em imagens digitais e para a elaboração de *softwares* de processamento de imagens.

No território brasileiro, o governo criou o Ministério da Aeronáutica e o Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) em 1951, impulsionando avanços teóricos e técnicos em pesquisas e na aviação. No início da década de 1950, ocorreram elaborações e comentários em mapas temáticos do Brasil pelo IBGE, por exemplo, o mapa de produção de café no planalto central⁴. O fim da década de 1950 também foi marcado pela extensa produção de mapas temáticos e topográficos por parte dos órgãos oficiais de áreas selecionadas para a definição da nova capital do Brasil (Archela, 2007; Martinelli, 2005). Ainda assim, as escalas pequenas dos mapas produzidos apresentavam pouco detalhes dos objetos urbanos e dos fenômenos naturais e não contemplavam todo o território.

Na década de 1960, o Conselho Nacional de Geografia editou a Carta do Brasil ao Milionésimo. A partir disso, o acervo, composto por 46 cartas, começou a ser utilizado para fins educacionais - em mapas escolares e atlas - e para fins de pesquisa sociodemográfica, geomorfológica, de logística, industrial e passaram a ser instrumentos de planejamento de trabalhos geodésicos e topográficos (Archela; Archela, 2008). Essas cartas permitiram disseminar os conhecimentos das variáveis físicas, mesmo que em escala cartográfica pequena.

⁴ Veja a interpretação do mapa em <https://www.rbg.ibge.gov.br/index.php/rbg/article/view/349/152>

Em 1960, também, diante da convergência de conhecimento da fotogrametria e fotointerpretação e dos avanços da pesquisa espacial e seus aspectos desenvolvidos foi utilizado, pela primeira vez na literatura científica, o termo Sensoriamento Remoto (apresentado no próximo tópico) e que, inicialmente, significava a coleta de informações sem que o objeto coletor tivesse contato físico com os objetos observados. A contar desse momento, a terminologia abrangeu as tecnologias e os conhecimentos das Ciências Exatas, Humanas e da Cartografia (Novo, Ponzoni, 2007).

Em 1976, durante o Congresso de Hamburgo, as grandes companhias produtoras dos equipamentos de fotogrametria apresentaram seus modelos comerciais de restituidores analíticos colocando um fim na produção de novos equipamentos analógicos. Ainda assim, esses equipamentos continuaram sendo utilizados em conjunto com dispositivos de digitalização de coordenadas e, posteriormente, conectados a computadores iniciando a Fotogrametria Assistida por Computador⁵ (Coelho; Brito, 2007).

Em 1978, as atividades do Programa Especial de Dinamização Cartográfica Terrestre (PDC) intensificaram as atividades cartográficas com dois objetivos específicos: o mapeamento em escala topográfica pequena de regiões da Amazônia Legal e a complementação de folhas das cartas das Regiões Centro-Sul e Nordeste em escalas de 1:50.000 e 1:100.000 (IBGE, 1978).

A Fotogrametria Digital surgiu na década de 1990, apresentando, como principal inovação, a utilização de imagens digitais como dados primários (Rosalen, 1997). O principal objetivo desta é a reconstrução de forma automática do espaço nas três dimensões a partir de imagens bidimensionais – a ortorretificação. Essa transforma uma imagem em perspectiva central em uma imagem em perspectiva ortogonal, possibilitando a homogeneização da escala em todos os pontos da imagem processada, pixel-a-pixel e corrigindo distorções topográficas (Barros, 2005; Pinto; Amorim, 2011). A figura 2 ilustra a ortorretificação na área de estudo da pesquisa relatada deste documento.

⁵ Ressalta-se que essa não deve ser confundida com a Fotogrametria Digital, já que na assistida por computador, a fonte de dados primária é a analógica, ou seja, impressas em filme.

Figura 2 - a) fotografia em perspectiva central; b) fotografia em perspectiva ortogonal.



Fonte: Autora (2023).

Embora seja evidenciado diversos avanços na área, essa reconstrução digital para posterior representação não é algo simples. Portanto, Coelho e Brito (2007, p. 23) afirmam que o “[...] estado-da-arte em fotogrametria digital é o mapeamento semiautomático [...]”, ou seja, dependem da supervisão de pessoas qualificadas para que o produto final seja de acordo com a realidade a ser representada. O mesmo impasse sempre ocorreu na Cartografia, já que nem todas as suas partes podem ser executadas automaticamente (Teixeira; Gerardi, 1988). Tal fato dificulta a autonomia na utilização de produtos cartográficos, fotogramétricos e de Sensoriamento Remoto em governos municipais, uma vez que existe carência de recursos humanos especializados e grandes montantes financeiros para levantamento e processamento de dados (Souza; Carneiro; Silva, 2007). Destaca-se que apesar da importante contribuição das ARPs no mapeamento seu uso ainda é limitado devido a dificuldades de operacionalização e sua utilização em áreas extensas.

1.1.1 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto é definido pela obtenção de imagens da superfície terrestre a distância, por aparelhos denominados sensores remotos (Steffen, 2016). Sua consolidação incentivou o desenvolvimento de sensores mais sensíveis e métodos radiométricos. Esses avanços são oriundos do esforço multidisciplinar da Matemática, Computação, Física, Química,

Biologia e também das Ciências da Terra (Florenzano, 2011; Novo, Ponzoni, 2007). Os primeiros registros de fotografias orbitais, capturados por satélites, foram das naves *Mercury* (1960-1961), *Gemini* (1962-1966) e *Apollo* (1963-1972) e também o sensor *Television Infrared Observation* – Tiros (1960) voltado a obtenção de dados meteorológicos (NASA, 2023).

O desenvolvimento de quatro tecnologias possibilitaram o processo de evolução dos satélites, são elas: os sensores - instrumentos que objetivam a captação de dados e geração de imagens; o Sistema de Telemetria - caracterizado pela transmissão dos dados do satélite para estações na Terra; os Sistemas de Processamento - os programas e computadores destinados ao armazenamento e processamento dos dados e; os lançadores que consistem nas bases de lançamento e aeronaves que transportam os satélites e os colocam em órbita (Novo, Ponzoni, 2007).

Durante a década de 1970, também foram lançados diversos satélites que capturaram imagens dos recursos naturais terrestres, dentre eles o programa *LandSat* (1972 até atualmente) que possuía em sua primeira missão o sensor *Multispectral Scanner* (MSS) gerando uma imagem com resolução de 80 metros e faixa recoberta de 185 km e o *SeaSat* (1978), um satélite desenvolvido para monitoramento da superfície oceânica com tecnologia radar de 25 metros de resolução espacial (Kuplich, 2003).

Os avanços destacados fizeram do Brasil um dos países pioneiros na obtenção de dados por radar com o início do “Projeto Radar na Amazônia” (RADAM) (Figueiredo, 2005). O projeto permitiu o levantamento de 8,5 milhões de quilômetros quadrados do território brasileiro até o fim da década de 1980. Para o projeto, foi utilizado um avião *Caravelle* sobrevoando a uma altura de 11 km, controlado a partir de um radar altimétrico com precisão de 50 metros. Os produtos resultantes do levantamento consistiram em 550 mosaicos com escala de 1:250.000 que cobriam todo o território (Escobar *et al.*, 2005). Os mosaicos caracterizam o local e não estão sujeitas a descaracterização temporal, entretanto, sua escala permite apenas o reconhecimento regional, nacional e global (Archela; Théry, 2008). Na estância municipal, os mosaicos podem ser utilizados para análises fisiográficas regionais, porém a escala limita a aplicação em estudos que necessitam de médio ou alto nível de detalhe (Zacharias, 2006). A Figura 3 apresenta a imagem RADAM para a área de estudo em Alvarães.

Figura 3 - Recorte da imagem Radam-D Folha SA20 datada em 18/07/1972 de Alvarães.



Fonte: RadamBrasil (SGB).

Antes do advento da internet, os repositórios de imagens do Sensoriamento Remoto eram organizados em fitas magnéticas. Com a difusão da internet, no final da década de 1990, esses repositórios foram convertidos para plataformas e disponibilizados de forma *online* (Souza, Câmara, 2009). Porém, a internet ainda era onerosa e limitada às corporações, dificultando o acesso popular a esses repositórios.

Em 1999, após 10 anos de desenvolvimento de parceria entre Brasil e China, foi lançado o programa Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres - CBERS detendo a bordo três sensores diferentes: a Câmera de Campo Largo - WFI que permitia o imageamento de amplo campo, a câmera Imageadora de Alta resolução - CCD e o Imageador por Varredura de Média resolução - IRMSS. Os produtos deste satélite tiveram resolução inicial de 20 metros, ou seja, eram passíveis de produtos em escala de 1:50.000, também considerada de reconhecimento (Santos, 2022). Atualmente, está em órbita o satélite *CBERS 4a* que é equipado com os sensores: Câmera Multiespectral – MUX, Câmera de Campo Largo – WFI, Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura – WPM (INPE, 2018). Os produtos deste satélite têm resolução espacial de 8 metros e também banda pancromática com resolução de 2

metros. Quando realizada a composição colorida e fusão de bandas, é possível obter produtos com 2 metros de resolução espacial, equivalente à escala de 1:10.000. No entanto, principalmente para a Região Norte do Brasil, muitas vezes há escassez de imagens e alta cobertura de nuvens (Mas et al., 2020). Tais dificuldades foram enfrentadas nesta pesquisa, por exemplo no ano de 2021 com disponibilização de apenas 1 imagem com cobertura de nuvem abaixo de 20%.

O aprofundamento das discussões acerca do histórico da Cartografia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto é de extrema importância, mas aprofundar mais a discussão foge dos objetivos da pesquisa relatada, já que esse detalhamento, por si só, configura-se um tema de pesquisa. Para quem deseja se aprofundar no tema, recomenda-se a leitura das publicações de Figueiredo (2005), Coelho e Brito (2007), Silva (2015), Burtch (2008), Anderson (1982), Archela (2000, 2007 e 2008), Teixeira e Girardi (1986), dentre outros.

Os elementos apresentados até aqui mostram que a Cartografia, a Fotogrametria e o Sensoriamento Remoto tiveram avanços significativos, principalmente após a década de 1960. Apesar disso, países em desenvolvimento, assim como o Brasil, possuem limitações na cobertura cartográfica em escalas grandes. Portanto, o tópico seguinte tem como foco apresentar a discussão acerca da cobertura cartográfica oficial no Brasil e como isso ocasiona limitações para o poder público, dentre eles o municipal.

1.2 Cobertura Cartográfica Brasileira

A crescente demanda por dados cartográficos em escalas maiores é inerente a qualquer país. Os produtos cartográficos resultantes desses dados são cruciais frente aos desafios de todas as instâncias (federal, estadual e municipal) em áreas sociais, agrícolas, de segurança, energéticas, urbanas, entre outras.

A produção de dados geográficos e cartográficos sobre saúde, educação, energia, agronegócio, transporte e outras atividades dependentes de uma infraestrutura organizada e de fácil acesso é de responsabilidade das instituições públicas. No Brasil as instituições cartográficas responsáveis pelo mapeamento sistemático⁶ são o IBGE e a Diretoria de Serviço

6 Entende-se por Cartografia Sistemática, de acordo com o decreto Lei nº243 (1967): Art. 7º A cartografia sistemática tem por fim a representação do espaço territorial brasileiro por cartas, elaboradas seletiva e progressivamente, consoante prioridades conjunturais, segundo os padrões cartográficos terrestre, náutico e aeronáutico. Art. 8º A Cartografia Sistemática Terrestre Básica tem por fim a representação da área terrestre nacional, através de séries de cartas gerais contínuas, homogêneas e articuladas, nas escalas-padrão abaixo discriminadas: Série de 1: 1.000.000 - Série de 1: 500.000 - Série de 1: 250.000 - Série de 1: 100.000 Série de 1: 50.000 - Série de 1: 25.000.

Geográfico do Exército (DSG), sendo o primeiro o órgão oficial com atribuições nas geociências, estatísticas e organização de dados geográficos (Leal, 2007). Santos e Castiglione (2014) analisaram a evolução histórica da cartografia civil oficial no Brasil pelo IBGE e afirmam a diluição dos dados em grandes bancos corporativos. Os autores elencaram desafios do mapeamento oficial no Brasil frente a popularização da cartografia a partir da alta produção, disponibilização e aquisição de dados com o *Global Navigation Satellite System* (GNSS), celulares, redes sociais, *geomarketing* e aumento de serviços baseados em localização. Dentre os serviços disponibilizados, destaca-se o aplicativo *Geo Tracker* utilizado nesta pesquisa, que permite a coleta das coordenadas do local fazendo uso de um *smartphone*, além da criação de percursos e de *geotags*⁷.

Além dos desafios diante da popularização da cartografia, as escalas de mapeamento sistemático oficial são limitadoras para o planejamento de forma adequada, principalmente no âmbito municipal. Segundo Pereira *et al.* (2003), 90% do mapeamento sistemático no Brasil foi produzido entre as décadas de 1960 e 1980 e não tem cobertura nacional em todas as escalas. O território brasileiro se encontra totalmente mapeado apenas na escala de visão global - 1:1.000.000 e na escala de 1:250.000 (IBGE). Em outras escalas, apenas porções do território possuíam mapeamento sistemático e topográfico (Archela, 2008), conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Cobertura Cartográfica Brasileira

Escala	Cobertura Sistemática (2008)	Cobertura Topográfica (2019) ⁸
1:1.000.000	100%	100%
1:500.000	100%	100%
1:250.000	81%	100%
1:100.000	75%	91%
1:50.000	14%	24%
1:25.000	1%	5%

Fonte: Adaptado de Archela (2008) e Sluter *et al.* (2019).⁹

⁷ O termo *geotag* significa “a standardized code that can be inserted into information in order to note its appropriate geographic location” (GOODCHILD, 2007, p. 7).

⁸ Devido à dificuldade de encontrar dados sobre as coberturas do mesmo ano, optou-se por apresentar os dados de anos diferentes.

⁹ O artigo “A Proposal for Topographic Map Symbols for Large-Scale Maps of Urban Areas in Brazil” (2019) apresenta um mapa sobre a completude de dados topográficos no Brasil nas escalas 1:25.000, 1:50.000 e 1:100.000. Não foram encontrados materiais oficiais para espacializar as informações contidas no Quadro 1.

Apesar do mapeamento sistemático e topográfico não abranger todo o território nacional até a publicação de Sluter et al. (2019), a Base Cartográfica Contínua do Brasil em escala de 1:250.000, integrada a partir de 2014, atualizou a base para todo o território nacional, incluindo o vazio cartográfico¹⁰, utilizando insumos de órgãos parceiros ao IBGE, atividades de campo e imagens orbitais (IBGE, 2019).

A falta de dados em escalas maiores e de detalhamentos, bem como a taxa de desatualização ocasiona ausência de informações físicas do território brasileiro (Archela; Archela, 2008). Um exemplo é o Mapa de Solos do Brasil, elaborado em 1981 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) que apresenta os solos nacionais na escala de 1:5.000.000. Em 2011, a empresa lançou o Novo Mapa de Solos, atualizando informações dos solos baseado no mapa anterior e em mapas produzidos pelo IBGE em 2001, entretanto a escala continuou a mesma e foram alteradas somente algumas classes taxonômicas de solos (EMBRAPA, 2011). Devido ao baixo detalhamento da escala, análises que dependem de levantamento pedológico ficam limitadas aos dados oficiais ou precisam de recursos humanos especializados para levantamento em escala com médio ou alto detalhe.

Na floresta Amazônica Legal, até 2008, uma área de um milhão e oitocentos mil quilômetros da floresta em território nacional não possuía dados cartográficos terrestres. O projeto Cartografia da Amazônia, liderado pelo Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (Censipam), foi instituído em 2008 e previa a geração de dados para monitoramento regional e defesa nacional. Os produtos gerados incluem cartas topográficas com escala de 1:100.000 e 1:50.000, cartas geológicas em escalas de 1:100.000 e 1:250.000, produtos de levantamentos aerogeofísicos e cartas náuticas com escala de 1:100.000 para minimizar o vazio cartográfico amazônico (Brasil, 2008). O projeto foi renovado e possui resultados parciais publicados com enfoque em áreas fronteiriças¹¹.

No Estado do Amazonas, o Serviço de Proteção da Amazônia - SIPAM em parceria com o IBGE organizou uma base de dados dos solos da Amazônia Legal na escala de 1:250.000 (Maia; Marmos, 2010). Entretanto, a escala de reconhecimento da base, apesar de maior do que o da Embrapa, também limita análises em meso e microescalas geográficas. A escala cartográfica de outras variáveis na maioria dos municípios do Amazonas é de 1:100.000. Essa escala de reconhecimento sequer permite a definição consistente da malha viária, hidrografia

¹⁰ Entende-se por vazio cartográfico a área com cerca de 1,8 milhão de km² que não possui dados cartográficos terrestres adequados.

¹¹ Disponível em <https://www.marinha.mil.br/dhn/?q=pt-br/node/67>

por completo, cobertura do solo, feições geográficas e detecção de comunidades nesses municípios, devido a precisão cartográfica, impossibilitando subsidiar o planejamento regional (Souza Junior *et al.*, 2013; Ribeiro *et al.*, 2005).

O Projeto Nova Cartografia Social da Amazônia – PNCSA¹², liderado pela Universidade do Estado do Amazonas – UEA e Fundação de Apoio Institucional Mukari, finalizado em 2015, realizou o mapeamento de 30 comunidades na Amazônia. Como resultados principais do projeto, foram publicados fascículos, boletins, cadernos, *reports*, mapas situacionais, artigos, livros, catálogos e exposições do desenvolvimento e finalização do projeto (PNCSA, 2023). Devido a extensão territorial e dificuldades de logística para mapear todas as comunidades, o projeto não abrangeu todas as comunidades do Estado do Amazonas. Suertegaray, Oliveira e Delfino (2016) relataram o mapeamento do uso da terra na Floresta Nacional de Tefé, Amazonas. A metodologia utilizada pela equipe permitiu um diálogo entre os envolvidos e os produtos cartográficos resultantes auxiliaram no reconhecimento do seu território, em consequentes transformações e a participação efetiva de membros das comunidades.

Para além da Cartografia Social e na busca de amenizar as lacunas cartográficas do Brasil, pesquisadores têm se dedicado às investigações que resultem em mapeamentos temáticos em escala com nível de detalhamento alto ao redor do país (Sobreira; Souza, 2012). Linhares *et al.* (2020) realizou o diagnóstico da fragilidade ambiental na área urbana de Lábrea, Amazonas utilizando dados em escala de 1:100.000. Ferreira (2019) utilizou ARP e GPS para mapear áreas de vulnerabilidade a inundações em Humaitá, Amazonas. Com base nos procedimentos adotados, o autor elaborou um modelo de manchas de inundação para subsidiar ações do Poder Público Municipal.

Apesar da importância, muitos desses dados e produtos cartográficos resultantes, fazem parte de bancos de dados pessoais e/ou acadêmicos. A validação desse grande número de dados, de sua qualidade e escalas de representação, bem como de técnicas e metodologias distintas, podem ser disseminados, mas os impedem de pertencer à cartografia oficial¹³.

Ressalta-se que tais problemas citados até o momento não se restringem a cartografia brasileira. Goodchild (2007) afirmou que o mapeamento do mundo estava em declínio devido aos altos custos para realizar esse trabalho e que imagens de satélite não mostram fenômenos e características locais observadas a partir de pessoas, criando limitações na representação do

¹² Disponível em <http://novacartografiasocial.com.br/>

¹³ O Brasil apresenta parâmetros rigorosos para que os dados possam compor a Cartografia Oficial a “Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais” bem como outros documentos oficiais, apresentam os parâmetros de qualidade da cartografia.

espaço. Diante desses impasses, o *Mapping Science Committee* do *U.S. NRC* afirmou que as agências de mapeamento não deveriam tentar realizar o levantamento de todo o território, embora tenham o dever de oferecer parâmetros e protocolos para que grupos de pessoas possam criar dados de diferentes escalas de acordo com a demanda. Porém, percebe-se que essa realidade ainda é muito distante no Brasil.

No que concerne a dados oficiais, para minimizar a duplicidade de dados e dar retorno econômico ao Estado, cria-se a Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) (Rajabifard; Williamson, 2001). Em todo o mundo, uma IDE pressupõe o conceito de qualidade¹⁴, pois elas fornecem condições para o processo de produção de dados e estabelece níveis de conformidade da qualidade dos produtos cartográficos (Lopez, 2002). O decreto nº6.666 de 27 de novembro de 2008 determina a implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) no Brasil e a conceitua como um “conjunto integrado de tecnologias, políticas, coordenação e padrões necessários para promover o acesso e disseminação de dados espaciais produzidos por órgãos do poder Executivo” (Brasil, 2016, p. 13). Portanto, na estruturação e manutenção de uma IDE deve haver cooperação e interação da tecnologia e das partes interessadas por um objetivo em comum para a controlar a qualidade dos dados.

No Brasil, é adotada a *International Organization for Standardization* (ISO) 19133 (2002), revisada pela ISO 19157 (2013) presentes na Norma para Especificação Técnica de Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais. Esta apresenta cinco parâmetros para medir a qualidade de um dado ou de um conjunto, são eles: Completude, Consistência Lógica, Acurácia Posicional, Acurácia Temporal e Acurácia Temática.

A Completude é caracterizada pela integralidade dos objetos e seus metadados. A ISO 19157 de 2013 estabelece diretrizes para a verificação da presença e ausência de informações no conjunto de dados. A Consistência Lógica é classificada de acordo com a Consistência Conceitual, Consistência de Domínio, Consistência de Formato e Consistência Topológica. A Acurácia Posicional caracteriza a qualidade da posição geográfica dos elementos no conjunto de dados. A Acurácia Temporal diz respeito a exatidão temporal do conjunto de dados, enquanto a Acurácia Temática faz referência à correta interpretação das feições, atributos e enquadramento das classes (DSG, 2016).

Para a avaliação da qualidade de um dado, ou um conjunto deles, o IBGE afirma a necessidade de medir todos os parâmetros. Considerando um extenso conjunto de dados,

¹⁴ Define-se o termo “qualidade” neste trabalho em consenso com a Comissão Nacional de Cartografia - CONCAR (2010) e com a *International Organization for Standardization* (2013) como “[...] a totalidade de características de um produto ou serviço que lhe conferem aptidão para satisfazer necessidades explícitas e implícitas” (CONCAR, 2010, p. 89).

recomenda-se utilizar amostras especificadas no documento. Na pesquisa, não foi adotada a medição de todos os parâmetros, apenas o da Completude e Análise da Acurácia Posicional Plani-altimétrica. Entretanto, Maranhão e Carneiro (2019), Dalmolim e Leal (2001), Elias e Fernandes (2021) e os documentos oficiais publicados pelo IBGE (2018) e DSG (2016) fornecem maiores subsídios para avaliar a qualidade de dados geoespaciais. Esses parâmetros são utilizados para padronizar os dados e produtos cartográficos produzidos.

O Estatuto da Cidade estabelece normas que regulam o uso da propriedade urbana em prol dos cidadãos (Brasil, 2001). Diante disso, o mapeamento e a atualização periódica da base de dados são cruciais para o planejamento, ordenamento e gestão. A precariedade de recursos humanos e financeiros implicam dificuldades na elaboração desse mapeamento e dos produtos cartográficos resultantes. A falta dos produtos limita a mitigação de danos e resolução de problemas urbanos. Por isso, o próximo tópico apresenta a importância do mapeamento urbano.

1.3 Mapeamento urbano

A importância da construção de uma base de dados como ponto de partida para projetos urbanos que auxiliem o planejamento e manutenção dos dados é indiscutível (Pereira; Silva, 2001). Todavia, municípios de pequeno porte não possuem recursos humanos e financeiros para a elaboração de uma base cartográfica, limitando a tomada de decisões no Brasil.

Antes de qualquer produto ou base cartográfica, a legislação nacional declara a necessidade de haver uma Rede de Referência Cadastral Municipal – RRCM (Brasil, 1998). Esta é definida como a rede geodésica para a incorporação de todos os produtos cartográficos municipais a esses pontos e ao sistema de referência padronizado. A partir dessa implementação, a NBR 14.166 define o Sistema Cartográfico Municipal como:

Conjunto de documentos cartográficos estruturado a partir da implantação da Rede de Referência Cadastral, básico para o levantamento de informações territoriais no âmbito municipal, elaborados de forma sistemática e apoiados na Rede de Referência Cadastral Municipal. Este conjunto é constituído pelas folhas da Carta Topográfica do Município e pelas folhas da Planta Cadastral Municipal, da Planta de Referência Cadastral, das Plantas Indicativas de Equipamentos Urbanos, da Planta de Valores Genéricos de Terreno e das Plantas de Quadra, com enquadramento, desdobramento e codificação realizados a partir da Carta Topográfica do Município, que, por sua vez, tem suas folhas enquadradas e desdobradas a partir das correspondentes folhas de

carta do Sistema Cartográfico Nacional (1:1 000 000 - 1:500 000 - 1:250 000 - 1:100 000 - 1:50 000 - 1:25 000), na sua maior escala (NBR 14166, p. 1).

Apesar de essencial, muitos municípios acabam não possuindo o cadastro de imóveis urbanos às administrações municipais, devido às exigências de precisão e acurácia dos dados. Alguns, sequer possuem base de dados para a elaboração de produtos cartográficos e, por isso, dificilmente teriam disponíveis mais recursos técnicos e mão de obra especializada para a implantação da RRCM e elaboração de documentos cartográficos estruturados a partir da rede. Ademais, o recebimento de orçamentos é relativo ao tamanho do município, da base econômica e do número de habitantes, ser capital e também serem habilitados, além de cumprirem exigências do governo federal e do Estado (Garson, 2009). Enquanto municípios pertencentes às regiões metropolitanas, como São Paulo e Belo Horizonte, possuem base cartográfica atualizada, escala grande e diversas pesquisas sobre mapeamento, municípios menores sequer possuem recursos humanos e financeiros para a elaboração de uma base para reconhecimento do local e estruturação da RRCM, como é o caso da área de estudo em Alvarães (Machado; Camboim, 2016).

Como foge do objetivo principal do trabalho a utilização de cartografia municipal nas bases da RRCM, neste estudo, buscou-se identificar a aplicabilidade de Tecnologias da IG, inclusive plataformas IGV, ARP e receptores GNSS, para a geração de produtos cartográficos úteis a gestão pública. Esses produtos, associado a trabalhos de campo e organizando as informações mediados por uma cartografia base, poderiam atuar de modo a potencializar a resolução de problemas urbanos em aspectos sociais, econômicos, ambientais, além de auxiliar ferramentas de planejamento, ordenamento e gestão como, por exemplo, o Plano Diretor (Elwood, 2006; Machado; Camboim, 2019).

O Plano Diretor, um dos mecanismos mais importantes e conhecidas do planejamento urbano e obrigatório para municípios com mais de 20.000 habitantes, necessita de levantamentos básicos essenciais para a compreensão do espaço. O Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), por meio da Secretaria Nacional de Desenvolvimento Regional e Urbano (SDRU), lançou em 2022 a versão teste do “Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores”, nele são listados os levantamentos básicos e complementares, inclusive

mapas para auxiliar o planejamento, ordenamento e gestão municipal. O Quadro 2 apresenta o mapeamento e seus mapas básicos e complementares.

Quadro 2 – Levantamentos básicos e complementares

Mapeamento	Mapas Básicos de localização	Mapas Complementares
Mapeamento Regional	• Sistema Viário Regional; • Núcleos urbanos; • Bacias e Sub-bacias Hidrográficas • Unidades de Conservação e áreas protegidas	• Equipamentos de alcance regional; • Polos/áreas de atração regional; • Áreas verdes de alcance regional;
Mapeamento da Evolução e Ocupação do Território	• Novas manchas de ocupação urbana; • Estrutura viária de conexão entre rural e urbano; • Equipamentos novos que tenham contribuído para a nova mancha urbana;	• Morfologia da nova ocupação urbana; • Identificação de áreas irregulares na expansão urbana;
Mapeamento e Caracterização da População	• Variação comparativa do número da população residente; • Dados de concentração populacional e distribuição no território;	• Concentração populacional e distribuição no território; • População em situação de rua;
Mapeamento de Uso e Ocupação do Solo	• Áreas urbanas (densidade populacional, uso e ocupação do solo, lotes vazios, morfologias predominantes; • Áreas rurais (sistema hidrográfico, unidades de conservação, áreas de extração vegetal ou mineral, Áreas de Preservação Permanente, áreas de agricultura);	• Áreas urbanas (morfologias predominantes - gabarito, padrão de ocupação, tipologia com densidade); • Áreas rurais (chácaras de veraneio, cadastro de propriedades rurais - tipos de produção);
Mapeamento das Condições de Infraestrutura	• Distribuição da rede de saneamento; • Distribuição das estações de tratamento de água e esgoto e sua abrangência; • Áreas de destinação de resíduos sólidos; • Distribuição de	• Rede e equipamentos de drenagem; • Avaliação da capacidade de atendimento dos equipamentos urbanos públicos;

	- equipamentos públicos; - Equipamentos públicos com previsão de serem construídos; - Áreas sujeitas a alagamentos e inundações;	
Mapeamento das Condições Ambientais e dos Serviços Ecosistêmicos	- Rede hidrográfica e sua função; - Divisão de bacias e microbacias; - Unidades de Conservação; - Áreas de Preservação Permanente; - Cobertura vegetal relevante; - Serviços ecossistêmicos;	- Áreas ambientalmente degradadas; - Carta geotécnica de aptidão à urbanização; - Áreas de risco ambiental;
Mapeamento das Condições de Mobilidade	- Sistema viário básico e hierarquias viárias; - Sistema de transporte coletivo; - Sistemas e circuitos ciclo viários existentes e previstos; - Acessibilidade; - Equipamentos e empreendimento considerados polos geradores de tráfego;	- Deslocamento de cargas e serviços; - Áreas de maior incidência de acidentes relacionados ao trânsito; - Relação da qualidade do ar e dos modais de transporte vigente no município;
Mapeamento das Condições de Moradia	- Assentamentos precários; - Loteamentos irregulares; - Relação da precariedade e da população por faixa de renda; - Áreas de risco de deslizamento;	- Concentração de cortiço; - Identificação de locais de pessoas em situações de rua;

Fonte: Adaptado de Brasil (2022).

Mesmo que o município de Alvarães, não possua o número mínimo de habitantes para a elaboração do Plano Diretor (15.886 habitantes de acordo com o último censo), ressalta-se que é crucial a qualquer administração pública conhecer seu município com o auxílio do mapeamento. A inexistência de dados limita a mitigação de danos e a resolução de problemas urbanos. No contexto de inexistência ou ineficiência de dados oficiais para planejamento, ordenamento e gestão municipal, as tecnologias da IG permitem o uso racional do urbano bem como auxiliam na estruturação de uma cidade que consegue fornecer qualidade de vida aos

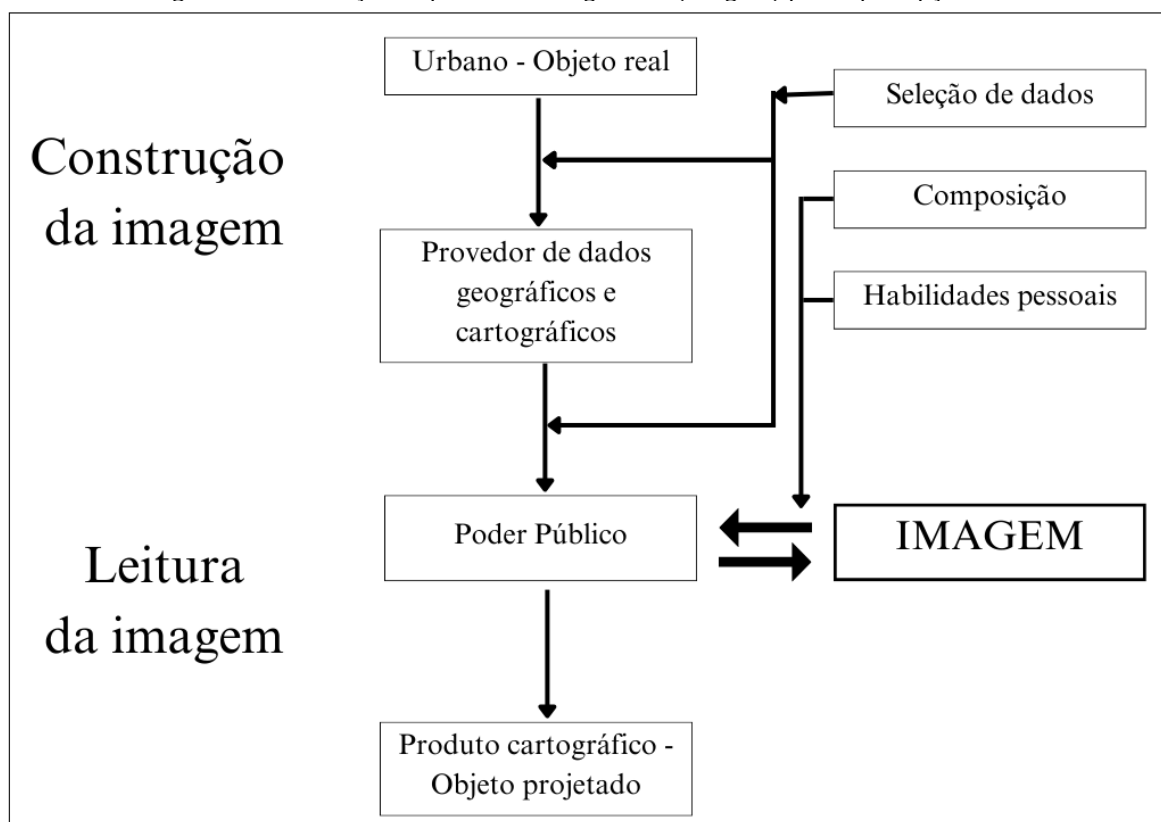
moradores (Leite; Rosa, 2006). Os dados gerados a partir delas, possibilitam a análise e integração em diferentes formatos e de diversas fontes, permitindo a geração de informações adicionais a partir dos cruzamentos desses dados (Pereira; Silva, 2001). Apesar de a área da informática emergir no Brasil após a Segunda Guerra mundial, as primeiras experiências urbanas a utilizar tecnologias da IG para auxiliar no planejamento urbano são recentes, com início em 1989, em Belo Horizonte – MG, Santo André – SP e Curitiba – PR. Entretanto, os dois primeiros projetos visavam apenas a construção de uma base cartográfica municipal, inicialmente, sem fins de planejamento e gestão (Davis Jr, 1999; Peixoto, 1997).

Em Belo Horizonte, por meio da Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte (PRODABEL), as principais utilizações dos dados geográficos coletados inicialmente foram: Cadastro escolar, vigilância da mortalidade infantil, Sistema de transporte urbano coletivo, Saneamento básico, Planejamento Urbano e Elaboração do Índice de Qualidade de Vida Urbana – IQVU. Em Santo André, os produtos gerados foram: Base cartográfica de toda a cidade, zoneamento, quadras fiscais, fechamento de lotes fiscais, lotes, identificação de áreas e equipamentos públicos e plano de sistema viário. Em Curitiba, a base de dados era composta por cadastro de lotes, divisas administrativas, zoneamentos e definição de áreas, setorização do IBGE, altimetria, rede nacional geodésica, pavimentação e situação viária, edificações, mobiliário urbano, áreas públicas de lazer, mapa digital de arruamentos e mapa digital geotécnico (Peixoto, 1997)¹⁵.

Em contrapartida em outros municípios, como Alvarães -AM, a falta de produtos cartográficos em escala compatível para observação de variáveis essenciais no planejamento ordenamento e gestão urbana, evidenciam a importância da adoção de novas tecnologias da IG acessíveis que auxiliem o Poder Público Municipal com a produção e utilização de produtos cartográficos (Santos *et al.*, 2021). Essa observação do poder público em conjunto com sujeitos que analisam produtos cartográficos na formação da percepção sobre eles é ilustrada na figura 4.

¹⁵ Ressalta-se que esses dados foram produzidos a partir dos projetos iniciais até o ano de 1994. Hoje, a base dos municípios foi atualizada e é formada por outros produtos.

Figura 4 - A utilização de produtos cartográficos (imagens) para a percepção da realidade



Fonte: Adaptado de Masala e Pensa (2016).

Portanto, além da existência de uma base cartográfica consistente para o planejamento urbano, são necessários pessoas capacitadas para a leitura das imagens produzidas a partir dos dados. Com subsídios nas tecnologias da IG, os tomadores de decisão têm a possibilidade de utilizar ferramentas de consulta, análise, desdobramentos, progressão dos dados e outros para tirar conclusões e deliberar sobre questões urbanas (Nieto; Levi, 2003). Além disso, o uso dessas tecnologias traz aos gestores comodidade em seu trabalho e maior confiabilidade e precisão das informações coletadas (Leite; Leite; Clemente, 2009).

Assente nessa breve contextualização sobre a importância de produtos cartográficos para planejar o urbano, destaca-se que essas são apenas **uma das muitas variáveis necessárias para a realização de um planejamento, ordenamento e gestão eficazes**. As técnicas e tecnologias que integram o processo de planejamento urbano, portanto, permitem a organização e orientação do desenvolvimento em várias dimensões, dentre elas na análise, no planejamento e na gestão de áreas de risco. Neste texto, discute-se brevemente a temática de áreas de risco no contexto proposto pois a área de estudo da pesquisa abrange algumas áreas de risco e uma delas – o Setor 5 de acordo com o SGB foi utilizada para a análise do uso da ARP com o receptor GNSS.

1.3.1 O Mapeamento de Risco como subsídio ao Planejamento Urbano

A Estratégia Internacional das Nações Unidas para Redução de Desastres – UNDRR classifica o termo desastre em:

A serious disruption of the functioning of a community or a society at any scale due to hazardous events interacting with conditions of exposure, vulnerability and capacity, leading to one or more of the following: human, material, economic and environmental losses and impacts (UNDRR, 2017, p. 1).

A respeito da relevância da representação sistemática para o planejamento, gestão e mitigação de danos por desastres, cabe mencionar que a União Europeia elaborou uma diretiva que todos os países deveriam alcançar um status hídrico para minimizar a ocorrência de desastres (Carter, 2007). No Brasil, em 2007, o Ministério das Cidades, por meio do programa de Redução de Riscos, propôs uma metodologia para mapear áreas de risco elaborada pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) (Brasil, 2007), que compreende:

a identificação e delimitação preliminar de área de risco em fotos aéreas de levantamentos aerofotogramétricos, imagens de satélite, mapas, guias de ruas, ou outro material disponível compatível com a escala de trabalho; b) identificação de área de risco e de setores de risco (setorização preliminar) em fotos aéreas de baixa altitude (quando existir); c) levantamentos de campo para setorização (ou confirmação, quando existir a pré-setorização), preenchimento da ficha de cadastro e uso de fotos de campo (HORA; GOMES, 2009, p. 61).

Além desse método, em 2012, o Serviço Geológico do Brasil (SGB) foi inserido no Programa Nacional de Gestão de Riscos do Governo Federal e iniciou as visitas técnicas com o objetivo de mapear as áreas de risco.

A partir do mapeamento dessas áreas e da elaboração de produtos cartográficos, é possível que o Poder Público Municipal inicie a construção de estruturas de prevenção de danos, alerte a população, desenvolva ideias de planejamento sustentável, constitua políticas de prevenção aos desastres e gerencie os recursos (Andjelkovic, 2001; Marcelino; Nunes; Kobiyama, 2006; Fazeli *et al.*, 2015).

Em 2017, o Relatório de Pesquisa de Informações Básicas Municipais (Munic) indicou que 1.729 municípios brasileiros declararam ser atingidos por alagamentos nos últimos anos, 2.706 declararam episódios de seca, 1.903 municípios apresentaram processos erosivos

acelerados, 833 municípios foram atingidos por movimentos de massa e 1.590 sofreram com enxurradas ou inundações bruscas (IBGE, 2017). No Amazonas, o SGB identificou 357 áreas de risco, sendo 195 de risco alto e 162 de muito alto. Os riscos identificados são inundação, deslizamento, alagamento e erosão e entre os 20 municípios com mais áreas de risco, Alvarães ocupa a 18ª colocação (CPRM, 2022). Apesar disso, o município não possui base cartográfica para subsidiar o planejamento urbano e de áreas de risco.

Nesse contexto de inexistência de bases cartográficas que contemplem as necessidades urbanas, o uso de tecnologias da IG pode se tornar uma ferramenta valiosa. Portanto, na investigação utilizou ARP e receptor GNSS em uma área de risco para aquisição de dados que auxiliem na representação sistemática e posterior planejamento, ordenamento e gestão dessas áreas.

Em desastres, os dados podem ser fornecidos de diversas maneiras e formatos como por produtos do Sensoriamento Remoto, entrevistas, fotografias, vídeos, mídias sociais, dentre outras. Como qualquer outro dado, todos possuem limitações, seja na homogeneização de informações a uma determinada área, presença de nuvens em imagens de Sensoriamento Remoto ou heterogeneidade e imprecisão de informações fornecidas por pessoas sem conhecimento formal sobre os fenômenos. Não obstante, informações pouco confiáveis no momento inicial de qualquer incidente, na maioria das vezes, são mais valiosas do que a inexistência de informações (Fazeli *et al.*, 2015).

Muitas investigações científicas buscam o entendimento de variáveis físicas e antrópicas utilizando imagens de satélite disponíveis nos grandes repositórios *online*. Ferraz *et al.* (2018) utilizaram imagens da *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* para avaliar a suscetibilidade às inundações e aos escorregamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais. Os autores concluíram que apesar das imagens permitirem a avaliação da suscetibilidade, a associação com trabalhos de campo melhora ainda mais os dados. Barbosa *et al.* (2011) utilizaram imagens SRTM e imagens do satélite meteorológico *GOES-12* para realizar o monitoramento de áreas de risco para a prevenção de desastres. Os autores concluíram a necessidade de incorporação de outras tecnologias para monitorar diferentes áreas de risco. Outras pesquisas utilizam sensores fotogramétricos como as ARP para o planejamento, ordenamento e gestão de áreas de risco. Pontes *et al.* (2020) utilizaram a *ARP Phantom 3 Professional* para realizar levantamentos e identificar em escala local as áreas vulneráveis às inundações, caso ocorresse alguma precipitação extraordinária. Os resultados apresentaram eficácia na utilização dos dados da ARP com alta resolução espacial e temporal. Kucharczyk e

Hugenholtz (2021) realizaram uma revisão da utilização de ARP com menos de 25 kg em desastres naturais para destacar tendências de pesquisa, novos vieses e novas oportunidades. Como resultado, os autores acharam tendências na utilização de ARP para movimentos de massa, estudos em áreas pequenas e rurais em países de alta renda, observação dos produtos para ambientes naturais, apoio na avaliação da vulnerabilidade e utilização em modelos de risco e recuperação ambiental.

Outras pesquisas utilizam dados já disponíveis por órgãos oficiais, como a SGB em conjunto com trabalhos de campo, análise e entrevistas com moradores. Mendonça e Borges (2021) avaliaram a suscetibilidade de deslizamentos de massa na região costeira Amazônica de Barcarena. Os pesquisadores caracterizaram a suscetibilidade de um local sendo de alto risco a movimentos de massa, deixando a população em constante alerta. Ribeiro *et al.* (2018) subsidiaram o planejamento urbano e gestão ambiental em bairros da cidade amazônica de Abaetetuba com enfoque para as áreas de risco. A partir dos levantamentos, os autores propuseram instrumentos referentes ao ordenamento territorial e definiram as Áreas de Preservação Permanente – APP e a criação e Zonas Especiais de Interesse Social – ZEIS.

Outras publicações, ainda, retratam o uso de tecnologias da IG *online* para o planejamento, ordenamento e gestão de desastres, tanto em sua fase prévia, como após o ocorrido. Lowri *et al.* (2022) desenvolveram um método para usar dados de relatórios do aplicativo Waze em conjunto com dados oficiais para a identificação de inundações rápidas. Os pesquisadores utilizaram o Furacão Harvey como estudo de caso e obtiveram resultados que melhoraram a compreensão e distribuição de inundações que não constavam nos relatórios oficiais. Haworth, Bruce e Middleton (2015) pesquisaram as potencialidades do uso de dados *online* para promover o envolvimento da população na preparação para incêndios florestais na Tasmânia. Os resultados mostraram que os dados não podem substituir métodos tradicionais de comunicação e envolvimento, porém é oportuno entender como essas tecnologias podem atuar complementando esses métodos.

Diante dos pressupostos elencados durante o primeiro capítulo, o desenvolvimento da Cartografia, Fotogrametria e Sensoriamento permitiram a representação ao longo do tempo. Todavia, como já destacado, o Brasil ainda possui cobertura cartográfica desigual e desatualizada. Nesse sentido, o planejamento e a gestão de áreas urbanas, como de áreas de risco, ficam comprometidos e limitados às informações oficiais disponíveis, mesmo que em escala não compatível com o detalhamento exigido.

Diante da desigualdade cartográfica no território brasileiro, agravadas historicamente na Região Norte do Brasil, este estudo utilizou dados em diferentes escalas e formatos, adquiridos por diferentes tecnologias da IG, com o intuito de elaborar produtos cartográficos para o Poder Público Municipal e assim, mesmo que pontual, contribuir para minimizar as lacunas discutidas. Por isso, as discussões direcionam-se para a IGV e as ARP.

2 TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E O MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

2.1 A informação Geográfica Voluntária: conceitos e aplicações

O desenvolvimento da comunicação digital fez com que em menos de uma década a internet fosse acessível a bilhões de usuários ao redor do mundo (Freitas, 2014). A partir dessa inserção, diversas iniciativas privadas surgiram com o objetivo de pesquisar sobre esse banco de dados, sendo o mais famoso o *Google INC.*, fundado em 1998. A multinacional oferece diversas ferramentas como o *Google Earth*, o *Google Maps* e o mais recente – o *Google Earth Engine* que trouxe avanços significativos no processamento de dados em nuvem e possui repositório completo de imagens de satélite e dados geográficos abertos (Google, 2023).

Com os avanços na internet, pesquisadores e órgãos mundiais começaram a difusão do termo Neocartografia ou Nova Cartografia, caracterizado pelo envolvimento, produção e acesso a dados geográficos mediado por tecnologias da Rede Mundial de Computadores (*Web*) (Padilha, 2018). Autores como Freitas (2014) e Turner (2013) defendem a dinamicidade da Cartografia ao longo dos anos. Diante das colocações, neste trabalho opta-se por não utilizar o termo Neocartografia, com base na afirmação de Freitas (2014, p. 10) de que o termo é “[...] uma evolução da cartografia tradicional que está diretamente relacionada ao advento desses novos dados e interfaces, chamada de cartografia da internet social”.

A utilização e popularização de tecnologias estão relacionadas à mudança de direcionalidade da *Web* a partir de meados de 2001. A *Web 2.0*, como versão descentralizada da *Web 1.0*, permite que usuários criem conteúdo e não apenas sejam consumidores de informações (O'reilley, 2005; Perkins, 2013). A datar da difusão do ambiente digital e com a revolução informacional, acelerou-se a circulação de novas combinações de dados, privilegiando conectividades improváveis antes da sua evolução (Latour, 1986; Casino; Hanna, 2005). Após a consolidação e transição para a *Web 3.0*, caracterizada pela inserção em larga escala de smartphones – integrados as tecnologias mais recentes de segurança, processamento e com concentração do usuário (Newman; Chang; Walters; Wills, 2016; Kukreja; Gupta; Patel; Rai, 2023) potencializou a inserção e compartilhamento de dados e os acessos da *web* semântica de forma que os usuários atuam como componentes emergentes e invisíveis frente as aplicações (Shahi, 2023; Kreps; Kimppa, 2015).

A nova conectividade oriunda da revolução da internet fez com que o fenômeno do *Crowdsourcing* crescesse exponencialmente. O termo vem da junção das palavras *Crowd*

(multidão) e *Sourcing* (práticas de aquisição e/ou criação) para transformar a *Web* de um meio de consumo para uma plataforma que produz (Souza, 2012).

Em síntese, o termo pode ser classificado como "o ato de uma empresa ou instituição em assumir a função antes desempenhada por funcionários e terceirizar para uma rede indefinida (e geralmente grande) de pessoas na forma de chamada aberta" (HOWE, 2006, p. 1, tradução nossa). Estellés-Arolas e González-Ladron-de-Guevara (2012) realizaram uma análise sobre as publicações acerca do termo *Crowdsourcing*. A metodologia utilizada na análise não abrangeu todos os estudos da área e não contempla publicações atuais, porém os autores destacaram oito características comuns a aplicação da metodologia, são elas: multidão, evidenciada pela semântica do termo; a tarefa; a recompensa obtida, podendo ser monetária ou não; o iniciador da atividade; o resultado dessa atividade pré-estabelecida; o tipo de processo; a chamada para participação e o meio a ser utilizado.

Apesar da falta de consenso na definição completa do termo, alguns autores afirmam que mesmo possuindo aplicações da metodologia no século 18, as utilizações têm sido mais organizadas por causa da internet (Hossain; Kauranen, 2015)¹⁶. Além disso, em sua publicação, os autores listaram aplicações de *Crowdsourcing* existentes como: Geração de ideias, Micro Tarefas, Ciência Cidadã, Programas de Código e Wikis. O fenômeno tem fundamento na área administrativa e cada vez mais é discutido na academia diante das aplicações em diversas áreas do conhecimento e das formas que assumem diante de cada aplicação (Howe, 2008).

Ao que se refere a produção de dados geográficos, o envolvimento dos cidadãos com a nova *Web* em constante evolução potencializou o *Volunteered Geographic Information - VGI*, ou IGV em português (Crampton, 2009). As inovações permitiram que dados geográficos fossem gerados por pessoas sem conhecimentos formais de cartografia. Goodchild cunhou o termo em 2007 e para apresentá-lo a ciência escreveu:

Nevertheless, the events of 1507¹⁷ provide an early echo of a remarkable phenomenon that has become evident in recent months: the widespread engagement of large numbers of private citizens, often with little in the way of formal qualifications, in the creation of geographic information, a function that for centuries has been reserved to official agencies. They are largely untrained and their actions are almost always voluntary, and the results may or may not be accurate. But collectively, they represent a dramatic

¹⁶ Os autores trazem como exemplo alguns fatos, por exemplo ““The Longitude Prize” of £20,000 was offered by the British Government to anyone who can develop a reliable way to compute longitude (Royal Naval Museum, 2014). In 1884, the Oxford English Dictionary used 800 readers to catalog words. An early case of using crowdsourcing in the corporate world was the Toyota Logo Competition in 1936 (Logo Blog, 2014).”

¹⁷ O autor se refere a eventos da participação de pessoas para a nomeação de territórios, por exemplo quando Martin Waldseemüller desenhou e nomeou a América. Nos EUA, esse tipo de serviço é atribuído a órgãos oficiais, e isso é muito burocrático, porém a IGV, permite que pessoas definam os nomes dos topônimos, por exemplo (Goodchild, 2007).

innovation that will certainly have profound impacts on geographic information systems (GIS) and more generally on the discipline of geography and its relationship to the general public. I term this volunteered geographic information (VGI), a special case of the more general Web phenomenon of user-generated content, and it is the subject of this paper (Goodchild, 2007, p. 212).

Para que a IGV se consolidasse, além da *Web 2.0*, outras tecnologias se desenvolveram, como: o Georreferenciamento que hoje permite a visualização de forma rápida das coordenadas de qualquer local; as *geotags*, permitindo a inserção de informações e mídias digitais atrelada a uma localização geográfica; a popularização do GNSS, inclusive o mais popular GPS; os gráficos, tornando tecnologias mais atrativas para o público em geral; e a comunicação por banda larga, permitindo acesso rápido à internet em quase todo o mundo (Goodchild, 2007).

As tecnologias com interface amigável permitem a inserção de dados geográficos por pessoas sem conhecimento formal cartográfico (Goodchild, 2007). Estas incluem desde sites de compartilhamento de imagens e informações, como o *Flickr* e o *Twitter* até plataformas de mapeamento como o *OpenStreetMap* (OSM). Todavia, em alguns locais, devido à inacessibilidade ou oscilações no fornecimento de internet de qualidade, ainda existem limitações na utilização de algumas plataformas.

Além das tecnologias fundamentadas na IGV, as novas conectividades e o desenvolvimento das técnicas, possibilitaram a utilização de outros aplicativos, inclusive os que permitem a coleta de dados geográficos ou não, em campo. O tópico a seguir, apresenta algumas dessas plataformas IGV, aplicativos e aplicações na literatura, inclusive os utilizados na pesquisa.

2.1.1 Plataformas de IGV: histórico e aplicações

A construção e manutenção de plataformas com tecnologia IGV depende de muitos fatores para sua consolidação, são eles: perfil de colaboradores e identificação destes dentro de comunidades; grau de sensibilidade dos dados contribuídos; disponibilização dos dados de controle; acessibilidade a esses dados e características dos metadados (Fonte *et al.*, 2015). Alguns autores defendem o uso do termo "*Wikificação do SIG*"¹⁸ para determinar a forma acessível com que essas plataformas permitem a pessoas de vários lugares e formações inserir informações (Graser; Straub; Dragaschnig, 2014).

¹⁸ O artigo "The wikification of GIS and its consequences: Or Angelina Jolie's new tattoo and the future of GIS" (SUI, 2008) evidencia a mudança e significa o termo.

A primeira plataforma, e talvez a mais disseminada entre elas, é o OSM (<https://www.openstreetmap.org/>). Ela foi criada em 2004 por Steve Coast no Reino Unido devido à dificuldade de disponibilização de dados pelo órgão oficial europeu – *Ordnance Survey*. O objetivo principal da plataforma, inicialmente, era criar uma base mundial de dados abertos compostos por estradas, ruas e caminhos (Neis; Zipf, 2012). Em 2008, a plataforma possuía 30.000 usuários com apenas 10% ativos. Em 2017, a plataforma passou a ter 4,7 milhões de usuários (Sehra; Singh; Rai, 2017). Ao longo do seu desenvolvimento, empresas como a *Aerowest*, *Maxar Technologies*, *Microsoft Bing* e *Yahoo* liberaram suas imagens orbitais para o projeto utilizar como base para o mapeamento. Essas empresas disponibilizam imagens com alto nível de detalhamento dentro da plataforma com cobertura quase em todo o mundo.

Os dados OSM estão disponíveis sob a licença *OpenStreetmap Database License (ODbl)* e sua utilização é condicionada a, apenas, atribuir os créditos aos contribuidores da plataforma. Muitos autores atribuem a popularização do OSM à não gratuidade dos dados por parte de outras empresas, como o *Google*. A plataforma viabiliza o mapeamento utilizando quatro componentes: nó, caminho, relação e *tags*. Devido à ampla usabilidade de pessoas não especialistas em cartografia, diversos aplicativos foram desenvolvidos com o intuito de carregar dados coletados em campo para a plataforma na *Web* e também para visualizar esses dados no smartphone. A figura 5 apresenta esses aplicativos.

Figura 5 - Aplicativos do OSM para smartphone

Aplicativo	Legenda descritiva	Ícone
<i>OSMAnd</i>	Usa dados do OSM para oferecer GPS móvel. Permite mapear feições, navegar, inserir pontos de interesse e corrigir erros na base.	
<i>Organic Maps</i>	Fornecer mapas <i>offline</i> mundiais com base no OSM. Permite gravar trilhas e adicionar pontos de interesse a sua conta pessoal.	
<i>Osm go</i>	Permite adicionar apenas informações de pontos de interesse ao OSM e visualizar os dados.	
<i>Vespucci</i>	Permite total acesso aos dados OSM e qualquer tipo de edição direta durante o levantamento. É o primeiro editor para Android do OSM.	
<i>Every Door</i>	Permite criar e editar objetos no OSM. Suporta edição de nós e polígonos e a criação de recursos de ponto.	
<i>Go Map</i>	Permite a edição de nós e polígonos no OSM. Exclusivo para IOS e macOS.	
<i>Street Complete</i>	Usado para mapeamento em campo, permite adição de informações ao OSM com perguntas pré-estabelecidas de forma <i>offline</i> .	

Fonte: Adaptado de UNMAPS e Wiki OSM (2023).

Nesta pesquisa, utilizou-se o aplicativo *StreetComplete* que permite inserir dados em feições já mapeadas no OSM. A partir dele é possível inserir dados sobre a numeração da edificação, andares, endereço e ainda anexar mídias digitais para validar a inserção das informações. A plataforma do OSM, também, oferece interface direta para o projeto *Crowdsourcing Humanitarian OpenStreetMap Team Tasking Manager - HOT Tasking Manager*. Este tem como objetivo que organizações o utilizem para criar projetos de mapeamento onde dados são necessários para ajudar a população. A organização que criou e gerencia o projeto foi formalizada sete meses após o terremoto no Haiti, no ano de 2010. O evento, cuja magnitude foi de 7,0 na escala Richter contabilizou, aproximadamente, 230.000

óbitos, segundo o governo haitiano. As informações de demandas operacionais e técnicas foram observadas durante a utilização dos dados OSM no trabalho de resgate das vítimas (Soden; Palen, 2014). O estudo de Zook *et al.* (2010) descreveu as formas nas quais o OSM ajudou no trabalho de resgate das agências. Após o terremoto, mapeadores de todo o mundo utilizaram imagens disponíveis na plataforma ou cedidas pelo *Yahoo* e *Google* para vetorizar o contorno de ruas, prédios e outros locais de interesse. Essas edições, complementadas com informações de GPS de voluntários no Haiti, permitiram que agregassem informações e fornecessem logística consistente durante os trabalhos de resgate de pessoas em baixo de escombros. Apesar disso, o estudo identificou a duplicação de informações devido à alta velocidade de inserção de dados, dificultando algumas interpretações.

Para interoperabilizar os dados do OSM, a plataforma possibilita a aquisição dos dados por diversas formas, inclusive pelo SIG QGIS. Posterior a essa visualização e aquisição, o *software* viabiliza a transformação dos dados para formato vetorial. Os dados são formados por ponto, linha e polígono com suas respectivas informações alfanuméricas e podem ser trabalhados em diversas aplicações, como a apresentada nesta pesquisa.

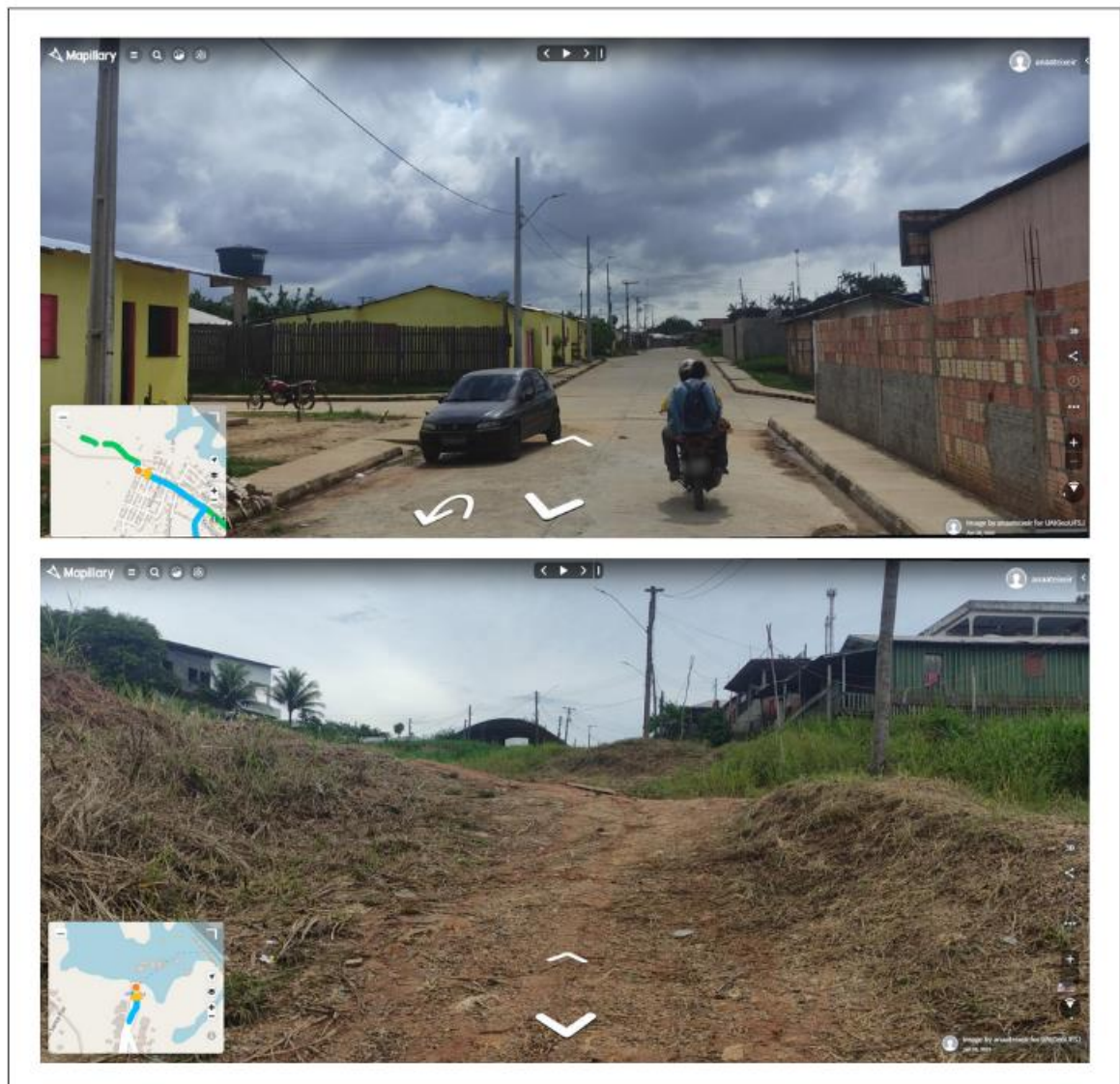
Na literatura, diversas aplicações utilizando o OSM estão sendo realizadas. Teixeira *et al.* (2022) utilizaram o OSM como metodologia para retirar a invisibilidade cartográfica de comunidades ribeirinhas localizadas às margens do Rio Solimões, Amazonas, Brasil e conseguiram fazer com que as comunidades ficassem visíveis em bases que utilizam a plataforma OSM como plano de fundo, por exemplo a INDE. Euzébio *et al.* (2021) utilizaram plataformas IGV, inclusive o OSM, para mapear o patrimônio histórico de São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil. Os autores concluíram que os dados da plataforma podem ser usados na elaboração de produtos cartográficos que contemplem as necessidades do Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN. Poiani *et al.* (2015) investigaram a dinâmica de ordenação de mapeamento utilizando o Nepal, após o terremoto de 2015. Os resultados identificaram conectividade entre atores locais e mapeadores remotos para melhorar a autenticidade e precisão dos dados.

A base de dados do OSM permite a visualização de outros dados IGV, por exemplo, da plataforma *Mapillary* (<https://www.mapillary.com/>). Essa é a primeira plataforma IGV que fornece dados em formato de imagens em perspectiva horizontal de ruas independentemente do tipo de deslocamento: a pé, ciclismo e em veículos automotores (MA *et al.*, 2019). A plataforma foi criada em 2014 e disponibiliza seus dados sob a licença *Creative Commons Attribution* -

Sharelike 4.0 International (CC BY SA 40), possibilitando que todos produzam os dados por meio do aplicativo para smartphone e os utilizem.

A empresa responsável pela plataforma desenvolveu uma tecnologia para transformar fotografias em fluxos contínuos usando o "*Structure-from-Motion*" (*SfM*), um dos princípios da fotogrametria para identificar elementos e criar geometria 3D sobre as cenas (vide página 49). Para conservar a identidade das pessoas que aparecem nas fotografias, bem como placas e outros dados, a plataforma utiliza inteligência artificial para suprimir essas informações antes de disponibilizá-las na Web (Mapillary, 2023). Neste estudo, foi realizado o levantamento com o aplicativo *Mapillary*, em ruas do município de Alvarães, a partir das contribuições do aplicativo *Mapillary*, os dados ficam visíveis na plataforma (vide <https://encurtador.com.br/xD368>) e permitem a visualização das ruas (figura 6).

Figura 6 - Interface de dados do *Mapillary*



Fonte: *Mapillary* (2023).

Os estudos e aplicações da plataforma ainda são recentes devido a seu pouco tempo de funcionamento. Neuhold *et al.* (2017) introduziram especificações técnicas e operacionais da plataforma para apresentá-la à comunidade acadêmica. Juhász e Hochmair (2016) encontraram maior cobertura do *Google Street View* em categorias de estradas, com exceções de ciclovias. Entretanto, devido à facilidade de inserir dados pelo *Mapillary*, a plataforma possui maior potencial de colaborações em segmentos *offroad*.

Ma *et al.* (2019) aprofundaram a discussão do perfil de colaboradores, o desenvolvimento dos usuários, a análise temporal dos dados e os dispositivos utilizados para contribuir. Os autores concluíram que as contribuições da plataforma são desiguais, sendo 62% dos usuários residentes na Europa, Ásia e América do Norte. Usuários em países com maior proximidade geográfica forneceram mais contribuições e estas estão diretamente relacionadas à sazonalidade, ou seja, ocorreram em maior quantidade durante os meses mais quentes de cada local.

Além dos exemplos de plataformas citadas, no Brasil, Universidades e Órgãos Públicos criaram aplicativos fundamentados na IGV para mitigar problemas recorrentes. A Prefeitura de Belo Horizonte criou o Aplicativo Móvel da Prefeitura de Belo Horizonte - PBH App. O aplicativo permite que os moradores acessem serviços básicos como emissão de segunda via de conta, localizem equipamentos públicos utilizando mapas, entre outras funcionalidades. Além de ser um sistema de informação para a população em geral, o aplicativo oportuniza à população, a partir da localização geográfica, informar dados sobre a infraestrutura oferecida, como lâmpadas queimadas, lixos em áreas públicas e poda de árvores (Guimarães; Calbino; Almeida, 2019).

Uma *startup* vinculada à Universidade Federal de Lavras criou em 2021 o aplicativo *U-Safe*. O aplicativo utiliza geolocalizações para informar sobre os pontos de atropelamento de animais, emitindo notificações aos motoristas, caso aproxime de alguma dessas áreas. A proposta é que além de ser informado, o motorista informe por meio do aplicativo os locais de atropelamento de animais, reduzindo acidentes (UFLA, 2021).

O aplicativo "Tô no Mapa" também se fundamenta na IGV para que povos tradicionais (indígenas, comunidades quilombolas, agricultores familiares, etc.) realizem o auto mapeamento. O aplicativo foi criado pelo Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) junto ao Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN) e a Rede Cerrado, em parceria com o Instituto Cerrados. Sua interface é acessível e o aplicativo é gratuito buscando

fomentar o diálogo entre comunidades e assegurar o direito a seus territórios (Tô no Mapa, 2023).

Além de plataformas IGV, há também o *Kobo ToolBox* (<https://kobo.humanitarianresponse.info/>) que permite a interação e colaboração de usuários por intermédio de questionários disponibilizados *online* e *offline*. Este possui código aberto e foi desenvolvido, inicialmente, para fins humanitários pelas *Harvard Humanitarian Initiative*, *Harvard TH Chan School of Public Health* e *Brigham and Women 's Hospital* (KOBO, 2023). O kit ferramentas oferece um conjunto de aplicativos para coleta e análise dos dados de formulários (Lakshminarasimhappa, 2021).

O diferencial do kit de ferramentas é a coleta de dados *online* e *offline* por meio do aplicativo *Kobo Collect*. O uso do aplicativo requer a construção de um formulário na *Web* e a sua disponibilização, aquisição do *Kobo Collect* na loja de aplicativos do smartphone, coleta de dados e posterior análise e gerenciamento dos dados. Além disso, o aplicativo permite a coleta de dados em campo da localização geográfica de cada questionário respondido com cerca de 3 metros de exatidão. Nesta dissertação, o *Kobo Toolbox* foi utilizado para coletar dados sobre comércios de Alvarões e edificações em áreas de risco da área de estudo.

Na literatura, as aplicações dessa tecnologia são, também, recentes. Dizon (2021) utilizou o kit de ferramentas do *Kobo Toolbox* para levantar dados sobre a população canina e sobre as informações que a população tinha sobre raiva nas Filipinas. Os resultados mostraram que houve agilidade na coleta e organização dos dados e que a plataforma é amigável. O autor recomendou a utilização do formulário em estudos transversais ao invés de estudos longitudinais para que os dados não precisem ser baixados do servidor e sofram decodificação em outras interfaces, como o *Microsoft Excel*. Durante a elaboração dos formulários, é necessário que sejam realizados testes e os criadores devem se atentar a perguntas de múltiplas escolhas, pois devido a essas limitações no código, torna-se difícil trabalhar com alto número de dados. O anexo I apresentam exemplos de formulários que podem ser montados utilizando o *Kobo Toolbox* e durante a discussão dos resultados é possível visualizar como os dados ficam organizados na interface do aplicativo.

Pojolu *et al.* (2022) usaram o *Kobo Toolbox* durante coletas de dados com seus alunos da disciplina de Engenharia Civil em Omã, Península Arábica. Os resultados indicaram que 60% dos alunos avaliaram a utilização das ferramentas do *Kobo Toolbox* com nota máxima e demonstraram o desejo de utilizá-lo em suas pesquisas e recomendá-lo a colegas de outras áreas. Em 2015, a *Wildlife Conservation Society Gabon* elaborou formulários e os

disponibilizou por meio do *Kobo Collect* a fim de fornecer dados ao *Central African Forest Observation* para a análise de animais que estavam destruindo plantações de agricultores de subsistência. A partir das análises dos dados respondidos, foram propostos métodos para proteger as plantações que melhor se adequem à realidade da África Central (Nginguiri, 2017).

As aplicações da *Kobo Toolbox* ainda são escassas, porém quando os formulários são disponibilizados de forma abrangente, oportuniza-se a atuação de pessoas com o objetivo de criar um fórum de diferentes vozes como, por exemplo, para auxiliar o poder público na mitigação de problemas urbanos (Ahmouda; Hochmair, 2018).

A produção de dados geográficos de forma voluntária fazendo uso de plataformas, como relatado, é amplamente utilizada em diversas áreas de pesquisa, como na representação sistemática urbana. Todavia, em razão de sua heterogeneidade é necessário, para melhor experiência de utilização, que esses dados sejam analisados. A IGV se encaixa no modelo de IDE (Goodchild, 2007), contudo, no território nacional, esses dados muitas vezes não podem ser utilizados em virtude das exigências de qualidade da Cartografia Oficial e acabam sendo empregues de outras formas. Apesar disso, diante da falta de dados e informações geográficas para gerar produtos cartográficos, os dados IGV são úteis em diversas aplicações. O quadro 3 traz uma revisão sistemática sobre algumas dessas aplicações no cenário internacional presentes no relatório para o *Global Facility for Disaster Reduction and Recovery – GFDRR*, os resultados obtidos e as limitações apresentadas em cada estudo (Haklay, 2014).

Quadro 3 - Aplicações de IGV

Estudo de caso	Resultados	Limitações
Mapeamento participativo e ferramentas para tomada de decisão para a redução de riscos - Filipinas.	Oficina para a criação de base cartográfica no OSM em três Unidades Locais de Governo (LGU).	Dificuldade em continuar com o mapeamento após a oficina.
Preparação para enchentes - Jacarta, Indonésia.	Criação de banco de dados para análises em níveis de aldeia, distrito e província. Mapas mais detalhados pós-enchentes.	Dificuldade de atualização do banco de dados.

Mapeamento do Sudão do Sul.	Google abriu a edição para mapeadores remotos e locais para mapear a infraestrutura do local.	Carência de trabalhos de campo, utilização de GPS e softwares de código aberto.
ICitizen - prestação de serviços de mapeamento - África do Sul.	População envia problemas da cidade enviando fotografias georreferenciadas, locais via SMS e relatos por e-mail.	Falta de adesão dos moradores devido a aceitação do uso de aplicativos no celular.
Nomes de lugares pelo aplicativo FINTAN.	Atualização do banco de dados sobre rochas e praias pela Guarda Costeira.	Tensões em inserir nomes em inglês de locais onde a população não utiliza a língua como primeira.
Centro Nacional de dados de Biodiversidade - Irlanda	Formulários <i>online</i> para registro de observações da biodiversidade.	Exigência de controle manual dos dados devido à diversidade de informações.
Locais de interesse - <i>National Park</i> , EUA	Inserção e correção de dados sobre a infraestrutura do parque nacional.	Dificuldade na interoperabilidade do OSM com o Sistema de Informação Geográfica (SIG) tradicional.

Fonte: Adaptado de Haklay (2014).

Entre os fatores que encorajam instituições a utilizar os dados IGV estão a falta de dados institucionais sensíveis ao tempo; mudanças de políticas em torno de dados governamentais; poucos recursos e necessidade de suporte à infraestrutura; esforços de pesquisa e desenvolvimento e monitoramento ambiental através da ciência cidadã (Haklay *et al.*, 2014). Essa inserção da população na criação de informações fornece perspectivas promissoras na inclusão de pessoas excluídas e desafia a hegemonia de cartografias oficiais e comerciais (Ahmouda; Hochmair, 2017; Glasze; Perkins, 2015). Entretanto, por causa da necessidade de mobilização de pessoas, a geração de dados IGV é trabalhosa, tornando esse fato um dos maiores limitadores para sua utilização. No Estado do Amazonas, por exemplo, poucas cidades possuem dados IGV nas plataformas citadas.

Portanto, a manipulação de dados IGV não deve ser considerada um desafio, mas uma oportunidade de incorporação destes dados à Infraestrutura de Dados Espaciais para amenizar

lacunas (Naghavi *et al.*, 2022). Haklay (2014) defende o aperfeiçoamento de dados IGV com a utilização de outras tecnologias de coleta de dados geográficos, dentre eles as ARP e os GNSS.

Neste contexto, o próximo tópico apresenta algumas aplicações de ARP em estudos e em municípios para o planejamento, ordenamento e gestão urbana.

2.2 Aeronaves Remotamente Pilotadas e receptores GNSS: potencialidades e limitações

O uso de ARPs (*Remotely Piloted Aircraft Systems – RPAS*), popularmente conhecidos por drones, teve aumento significativo nos últimos anos. Essas ferramentas, inicialmente desenvolvidas para usos militares e em aplicações de monitoramento e reconhecimento de áreas hostis, apresentam, hoje, plataformas civis para a aquisição de dados fotogramétricos. Em território brasileiro, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2017) classifica os modelos de ARP em três classes (Figura 7).

Figura 7 – Certificados ARP

Classe	Caracterização	Exemplo
Classe 1	ARP com peso superior a 150 kg com registro Aeronáutico Brasileiro e para o piloto requisito de habilitação, licença e Certificado Médico Aeronáutico (CMA). Necessidade de registro em todos os voos.	 ATOBA
Classe 2	ARP com peso entre 25 a 150 kg com registro no RAB. Aeronaves não precisam de certificação pela ANAC, porém seguem requisitos técnicos mínimos pelas fabricantes. Piloto com CMA, licença de habilitação. Todos os voos precisam de registro.	 NAURU 1000C
Classe 3	ARP com peso inferior a 25 kg. Voos acima de 12 metros devem ser cadastrados informando o operador e o equipamento. Não há necessidade de CMA. Distância mínima de 30 metros de pessoas sem autorização.	 DJI MINI 2

Fonte: Adaptado de ANAC (2017).

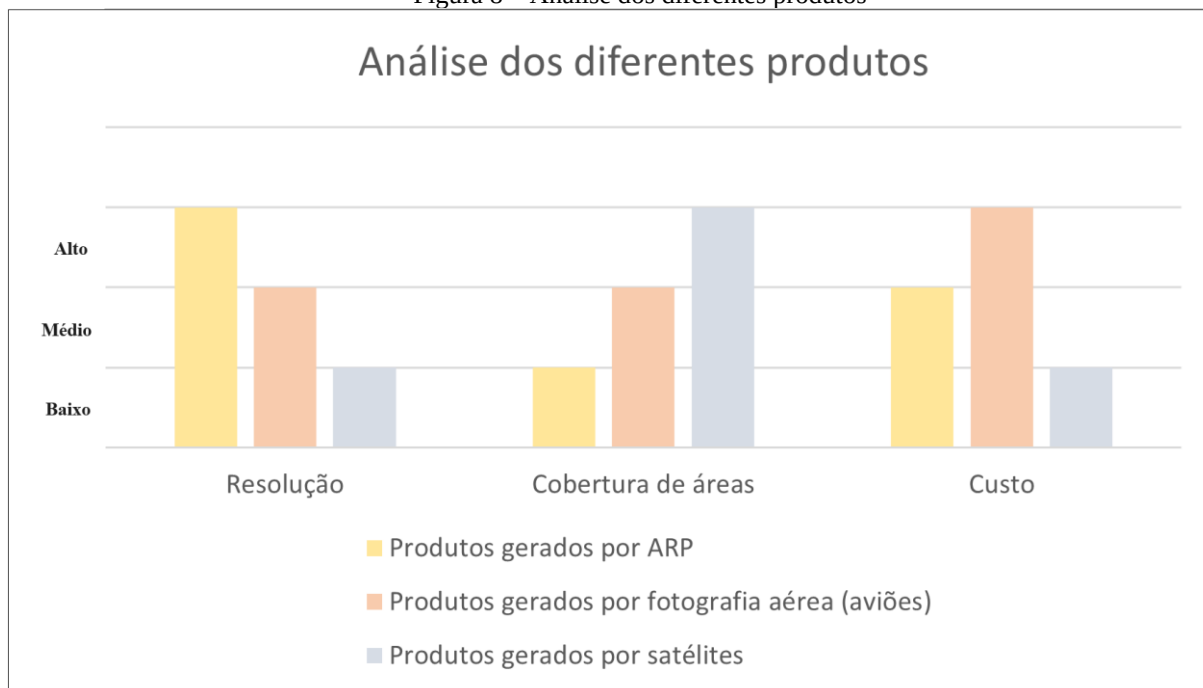
Em relação ao produto mais gerado na aerofotogrametria – o ortomosaico –, o uso de ARP minimiza os trabalhos de campo devido ao algoritmo utilizado no processamento das imagens oriundas de ARP – “*SfM*” (Shah; Ariff; Razali, 2022). Este utiliza imagens dos objetos em diferentes ângulos para gerar a geometria e identificar a orientação e localização das feições sem a necessidade de Pontos de Controle (*Ground Control Points* – GCPs) (Ferrer-González *et al.*, 2020).

O algoritmo SfM extrai de forma automática pontos homólogos a partir de fotografias individuais e otimiza a localização tridimensional de objetos segundo os algoritmos auxiliares internos de ajuste. Diferentemente da fotogrametria tradicional, ele cria uma nuvem de pontos sem necessidade de conhecimento prévio da região e de calibração anterior ao mapeamento e com a utilização de fotografias de câmeras diferentes (Dandois; Ellis, 2013; Snavely, 2011).

O SfM permite a modelagem do terreno sobrevoado utilizando fotografias aéreas digitais. A nuvem de pontos gerada pode criar diversos produtos de análise espacial, dentre eles o Modelo Digital de Elevação (MDE) (Niemann, 2017). Os algoritmos de SfM têm fundamentos idênticos ao processo de estereoscopia da fotogrametria (vide Capítulo 1) (Javernick; Brasington; Caruso, 2014) e o *Ground Sample Distance* (GSD) varia de acordo com os parâmetros do voo e do modelo da ARP (Garcia; Souza, 2021).

Por serem capazes de sobrevoar áreas próximas ao solo, a resolução espacial dos produtos gerados por ARPs podem chegar a centímetros (Colomina; Molina, 2014). A autonomia de bateria dos aparelhos varia de acordo com o modelo. No entanto, a maior limitação das ARPs, entre outras, é a cobertura de grandes áreas quando comparadas a imagens de satélite e fotografias aéreas (Figura 8). Muitas vezes, ARPs maiores e com mais autonomia de bateria são muito caras e inacessíveis às Prefeituras. Além disso, a contratação de empresas privadas para a realização de trabalhos de aerofotogrametria é onerosa e varia de acordo com o serviço e o tamanho da área a ser recoberta.

Figura 8 – Análise dos diferentes produtos



Fonte: Autora (2024).

A acurácia posicional dos produtos advindos de ARP varia entre 2 a 30 metros conforme o modelo e fatores externos, porém pode ser aprimorada com a utilização de GCPs, alcançando a exatidão centimétrica (López *et al.*, 2022). Segundo Gabrlik (2015, p. 381), os GCPs se caracterizam por serem “physical marks (artificial or natural) distributed in the area of interest and which positions are known or measured”. O número de GCPs varia consoante o tamanho da área e o relevo (Sha *et al.*, 2022).

Há diversas discussões acerca da distribuição dos GCPs em uma área de estudo. Pesquisas apontam que eles precisam estar bem distribuídos e visíveis a partir das imagens aéreas. Quando inexitem elementos urbanos possíveis de identificação, podem ser utilizadas marcas artificiais para serem usadas como GCPs. Outra limitação existente é a impossibilidade de acessar algumas áreas de estudo sobrevoadas, dificultando a espacialização dos pontos e também a coleta (Shah; Ariff; Razali, 2022; Gabrlik, 2015). Na área de estudo selecionada para a aplicabilidade de ARP e GNSS, devido à presença de vegetação densa e igarapés, a distribuição de GCPs é limitada (Figura 9).

Figura 9 – Vista do Igarapé do Jarauá



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Os GCPs podem ser coletados de formas derivadas do *Global Navigation Satellite System* (GNSS). As derivações são: o método *Real Time Kinematic* (RTK) e o *Post Processed Kinematic* (PPK). A diferença entre o RTK e o PPK está no momento em que acontece a correção dos dados, sendo o primeiro em tempo real e o outro após o levantamento. Para a medição residual do erro das coordenadas da imagem e do solo, os pesquisadores utilizam o *Root Mean Squared Error* (RMSE) (Calvario *et al.*, 2017).

López *et al.* (2022) analisaram a precisão posicional usando GCPs no solo e a repetibilidade em produtos fotogramétricos de uma ARP equipada com um GNSS em ambiente urbano. O estudo utilizou o *Phanton 4 RTK* com dez GCPs e quatro de verificação, além do *Trimble R10 GNSS* (PPK). Os resultados mostraram que o georreferenciamento direto é viável

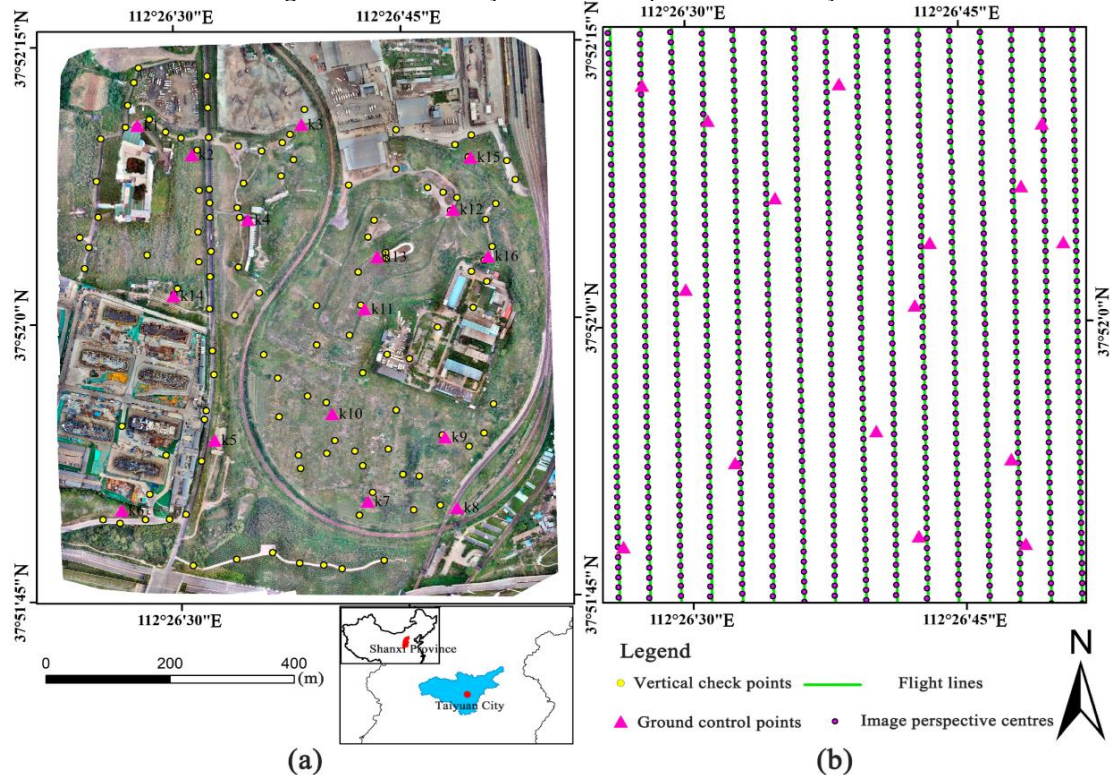
para mapeamento urbano com alta melhora do RMSE, usando apenas um GCP do PPK. O estudo concluiu que a utilização dos métodos permitiu o mapeamento urbano confiável em escala de 1:500 em tempo reduzido ao mapeamento topográfico atual.

Tahar (2013) descobriu a necessidade de estabelecer no mínimo sete GCPs. O autor usou entre quatro e 12 pontos de controle e obteve resultados de diminuição do RMSE após o uso de sete ou mais GCPs. Garcia e Oliveira (2021) investigaram a influência dos parâmetros de voo, calibração das câmeras e números de GCPs na geração de MDE e ortomosaicos. Os resultados mostraram que os parâmetros de voo ideais para produtos precisos são 80% de sobreposição frontal e 60% de lateral, com um GSD de 1 cm e altura de voo de 31 metros. Em relação aos GCPS, no estudo, os autores chegaram a um número ideal de cinco pontos no mínimo.

Liu *et al.* (2022) avaliaram a precisão da ARP com georreferenciamento direto e determinaram se o método pode ser utilizado como solução para mapeamento rápido em ambientes naturais na China. Os pesquisadores utilizaram 16 GCPs e 120 pontos de validação (Figura 10). Os resultados mostraram que o RTK e o PPK melhoraram, ainda mais, a qualidade do produto e que os GCPs devem ser distribuídos de forma uniforme e conter, pelo menos, um no centro para reduzir o efeito de cúpula¹⁹.

¹⁹ Distorção de lente com geração de imagens com formato de tigela (Roncella; Fornalani; Diotri, 2021).

Figura 10 – Distribuição de GCPs e pontos de validação



Fonte: Liu *et al.* (2022).

Jedlicska *et al.* (2022) investigaram a distribuição e a quantidade de GCPs necessários em uma área de terra arável na Hungria. Os resultados mostraram que a quantidade ideal para a área de estudo sobrevoada foi de sete GCPs e que, quanto mais pontos utilizados no ortomosaico, maiores as chances de erros durante o processamento.

Além da distribuição dos GCPs, o uso de receptores GNSS, mesmo com diversos avanços, ainda é árduo, pois abrange desde conceitos preliminares, como o histórico de métodos e satélites disponíveis, os sistemas de referência e os métodos de posicionamento, como o Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), até a integração de GNSS com topografia, SIG e outras tecnologias. Os aspectos práticos do GNSS incluem o planejamento, a coleta e o processamento dos dados (Monico, 2008).

Para o planejamento da coleta de pontos, deve-se ter apoio de material base, como fotografias aéreas prévias ou imagens de satélite, com o objetivo de definir os locais de cada GCP bem como a logística adequada de deslocamento para eles. Também, é necessário avaliar se é necessária a monumentação desses pontos, que deve ser facilmente encontrada em campo e nas fotografias aéreas (Monico, 2008; Cervi *et al.*, 2013; Vargas *et al.*, 2020). O planejamento desta pesquisa foi realizado em laboratório, considerando aspectos logísticos da área e a visibilidade dos pontos em relação aos produtos fotogramétricos desejados.

Para a coleta adequada dos pontos em campo, faz-se necessário o nivelamento de um tripé, que deve ser instalado de forma fixa, utilizando uma bolha niveladora e no exato ponto da materialização do ponto em que deseja coletar as coordenadas até a operação do equipamento. Durante a coleta de pontos com o receptor já instalado e fixado, a equipe deve se atentar aos registros durante a coleta dos atributos e também à codificação dos pontos que otimize o processamento (Monico, 2008; Euriques *et al.*, 2021).

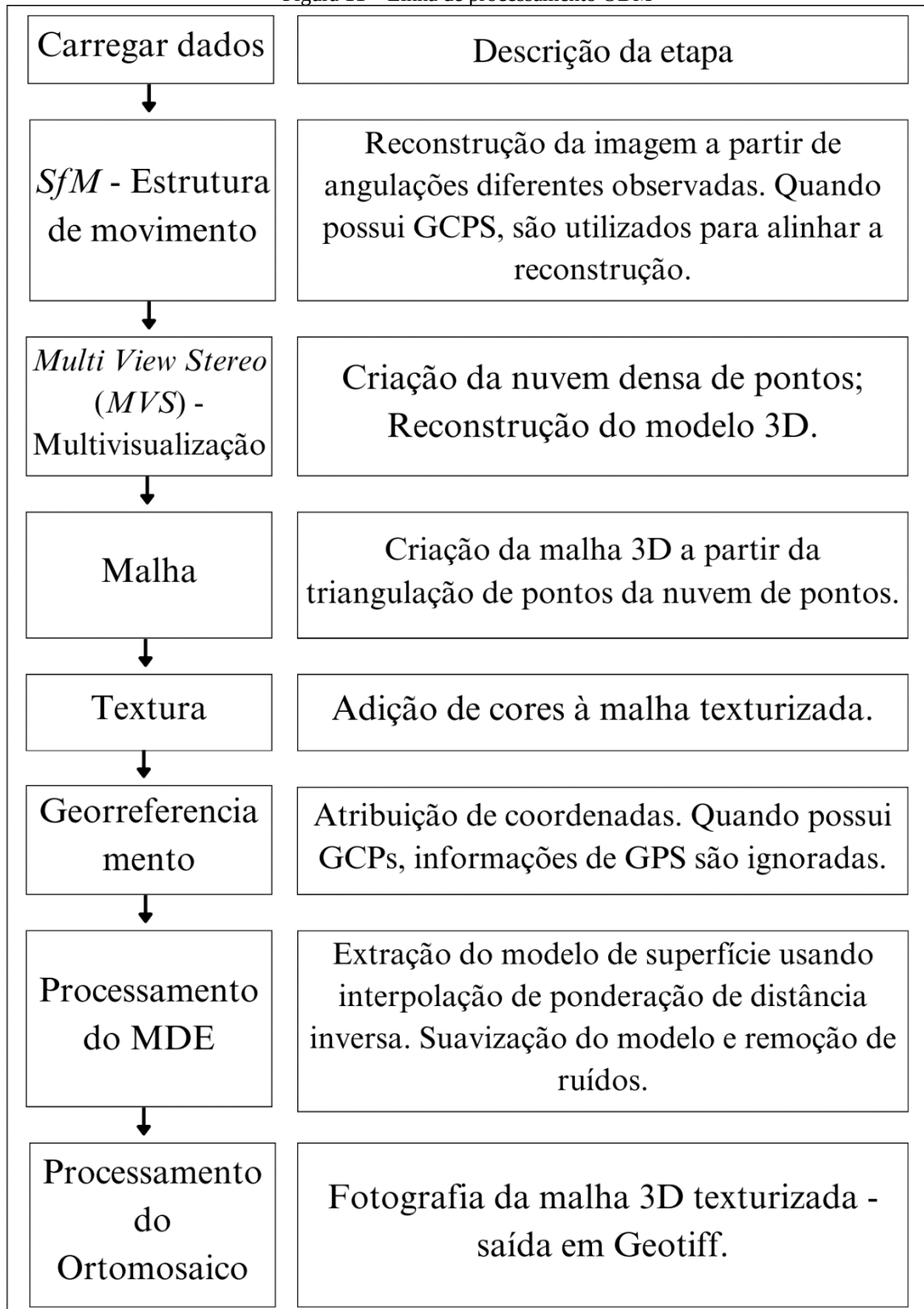
As atividades que envolvem o processamento dos dados, apesar de serem as últimas, é tão importante quanto as citadas. A primeira parte dessa fase é a transferência de dados do receptor para o computador de acordo com o *software* de cada marca de receptor. Os passos seguintes variam conforme o método utilizado. Caso haja necessidade de submissão em bases de referência, como o IBGE, deve-se padronizar o formato para RINEX. Por fim, para a correção dos dados, normalmente são utilizados programas inerentes a receptores comerciais quando estes são utilizados durante a coleta ou no ambiente SIG (Monico, 2008). Nesta pesquisa, foi utilizado o U-blox Arduino GNSS RTK (base e rover). Portanto, o pós-processamento de dados ocorreu nos programas: *EMLID Studio* e QGIS.

Para o processamento de imagens e geração de nuvens de pontos utilizando o SfM em conjunto com os dados do GNSS coletados e processados, existem programas no mercado que atendem desde empresas até acadêmicos. Os mais utilizados em pesquisas acadêmicas e no setor privado são: o *Pix4D* e o *Agisoft Metashape* por apresentarem interfaces amigáveis durante o processamento. Entretanto, suas licenças possuem custos elevados²⁰ e, muitas vezes, são inacessíveis à maior parte dos utilizadores de ARP em países em desenvolvimento e em meios acadêmicos com recursos limitados. Em contrapartida, existem programas de código livre e gratuitos, como o *OpenDroneMap* (ODM), acessível no *GIT hub*, que permite a elaboração de produtos cartográficos, como ortomosaicos e MDE, com base em imagens oriundas de ARP.

Para a geração desses produtos, os programas utilizam um fluxo de trabalho semelhante, que cria uma nuvem densa de pontos a partir das imagens e, a partir dela, designa outros produtos que podem ser utilizados no meio acadêmico e como subsídio ao planejamento, ordenamento e gestão urbanos. A Figura 11 apresenta a linha de processamento do ODM, incluindo o SfM descrito na página 49.

²⁰ Valor do *Pix4D* (assinatura vitalícia): \$4990 e do *Agisoft Metashape*: \$3499.

Figura 11 – Linha de processamento ODM



Fonte: Adaptado de Toffanin (2019).

Esse programa, apesar de ser gratuito e de código livre, exige configurações mínimas para a máquina em que será instalado bem como conhecimento básico de princípios aerofotogramétricos e cartográficos. No entanto, quando comparado a programas do mercado, oferece potencial para o aprimoramento do seu código através dos grupos de programadores da *internet*, facilitando a aplicabilidade dos produtos em diversas áreas do conhecimento. O uso de ARP se consolidou como essencial em diversos setores, como mineração, agricultura, cadastro urbano, engenharias e outros, e obteve aumento de usuários em áreas militares, governamentais, privadas e científicas (Koslowski; Schulzke, 2018; López *et al.*, 2022; Blázquez; Colomina, 2012).

Pereira *et al.* (2022) utilizaram o Modelo Digital de Terreno (MDT) advindo de ARP e dados GNSS para avaliar as consequências do uso desses dois métodos em projetos de rodovias. Os pesquisadores concluíram que a avaliação de pontos de checagem em campo foi satisfatória utilizando ambos os métodos. Todavia, a avaliação dos perfis de variação altimétrica prejudicou a determinação de pontos de aclave e declive em taludes, limitando os produtos gerados pela ARP. Andrade *et al.* (2020) avaliaram a estimativa de batimetria obtida através de um sensor Micasense vinculado a um ARP. Os autores relataram eficácia no emprego das metodologias em estudos ambientais e de gestão de recursos hídricos límpidos. Porém, deve-se realizar correções nos parâmetros e levantamento de acordo com características locais.

Rahardjo, Santosa e Marhaento (2020) utilizaram a ARP comercial *DJI Phantom 4* para gerar uma ortofoto de alta precisão para criar os limites exatos da aldeia Pandanrejo, Java Central, na Indonésia. Além da ortofoto, os pesquisadores elaboraram o mapa topográfico e o mapa de uso e ocupação da terra da vila.

Zárate, Hamdouni e Fernández (2021) utilizaram técnicas de ARP com GNSS para a análise espaço-tempo de deslizamentos em Victoria e Colinas Lojanas, no Equador. A partir da coleta de dados, foi possível classificar os movimentos de massa estudados em “muito lento” e técnicas foram possibilitadas para estabelecer sistemas de alerta com base em cálculos de velocidade de movimento de taludes.

Deus *et al.* (2017) utilizaram ARP para gerar produtos cartográficos na Universidade de Pernambuco – *Campus Garanhuns*. Os ortomosaicos permitiram a análise espacial do *Campus* e o MDE permitiu a verificação da elevação. A partir disso, os autores propuseram a utilização de produtos que auxiliem na mitigação de problemas, como, por exemplo, tecnologias que operam na definição de campos de ação sem a necessidade de fazer reconhecimento local. Soares *et al.* (2023) geraram produtos cartográficos baseados no levantamento aéreo com ARP

em Criciúma, no Estado de Santa Catarina. Os produtos permitiram reduzir o tempo e os custos de levantamento de informações, representação da superfície e reconhecimento topográfico de uma área. Mas, os autores tiveram dificuldades relacionadas à operacionalização dos produtos, no que concerne à presença de vegetação densa, devido à dificuldade de processamento das imagens e correções geométricas.

Nessa perspectiva da diversidade de aplicações de ARP, a produção de produtos cartográficos que auxiliem no planejamento e gestão de cidades está entre as mais utilizadas (Barbosa *et al.*, 2020; Pinto; Lima; Sabino, 2020). Entretanto, tendo em vista a heterogeneidade de produtos oriundos de ARP em conjunto com receptores GNSS, torna-se necessária a utilização de especificações para avaliar esses produtos cartográficos digitais.

Para isso, a DSG publicou, em 2016, a 2ª edição das Especificações Técnicas de Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV). Esse documento cria uma classe, restringindo a aplicação para avaliação do Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD) (DSG, 2016; Assis *et al.*, 2021).

Para que um produto digital possa ser considerado referência e fazer parte da cartografia oficial, ele deve apresentar parâmetros ideais de Acurácia Posicional, além de outros parâmetros estabelecidos do documento. Essa acurácia mede a qualidade da posição geográfica e é obtida a partir da diferença entre as coordenadas em um produto referência (ou que tenha sido coletada a partir de receptores de GNSS) e os pontos homólogos no produto a ser avaliado (DSG, 2016). Para atender aos parâmetros, o conjunto de dados precisa seguir dois critérios. São eles: 90% de pontos com erro inferior ao Erro máximo admissível (EM) e a Raiz do Erro Médio Quadrático (RMEQ) menor que o erro-padrão (EP). Para a verificação dos valores EM e EP, o documento apresenta os valores de acordo com a escala do produto (Quadro 4).

Quadro 4 – PEC planimétrico e altimétrico dos produtos cartográficos digitais

Tipo	PEC	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000		1:25.000	
		EM	EP	EM	EP	EM	EP	EM	EP	EM	EP
Planimetria	A	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85	2,80	1,70	7,0	4,25
	B	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50	5,00	3,00	12,50	7,50
	C	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50	8,00	5,00	20,00	12,50
	D	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	25,00	15,00
Altimetria	A	0,27	0,17	0,27	0,17	0,54	0,34	1,35	0,84	2,70	1,67
	B	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,67	2,50	1,67	5,00	3,33
	C	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00	6,00	4,00
	D	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50	7,50	5,00

Fonte: Adaptado de ET-ADGV (2016).

Guimarães *et al.* (2023) avaliaram a acurácia posicional planimétrica de um ortomosaico georreferenciado utilizando o par de aparelhos *GNSS Spetra Precision SP80*. Os resultados mostraram incapacidade da utilização dos dados para o georreferenciamento de imóveis rurais proposto pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) devido aos valores de discrepância, mas pode ser enquadrado na Classe A do PEC-PCD para a escala de 1:1.000. Pedreira, Oliveira e Santos (2020) utilizaram dois receptores *GNSS RTK Trimble* e um receptor *GPS Garmin Map 76 Csx* em conjunto com dados fotogramétricos para avaliar a acurácia vertical do MDE produzido por ARP. Os resultados apresentaram correspondência à Classe A do PEC-PCD para uma escala usual de 1:1.000, atribuindo natureza cadastral frente à escala adotada.

Esta pesquisa avaliou a Acurácia Posicional de parte do Setor 5 proposto pelo SGB a partir do processamento de dados oriundos de ARP e GNSS. A seguir, apresentam-se a área de estudo e a fundamentação teórica.

3 MATERIAIS E ANÁLISES INICIAIS

3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende os Setores Censitários do IBGE do sítio urbano do município de Alvarães, na microrregião geográfica de Tefé, Estado do Amazonas, na Amazônia Central (IBGE, 2021). O recorte urbano é composto por 272 edificações, considerada quantidade significativa para a parte urbana do município (Figura 12).

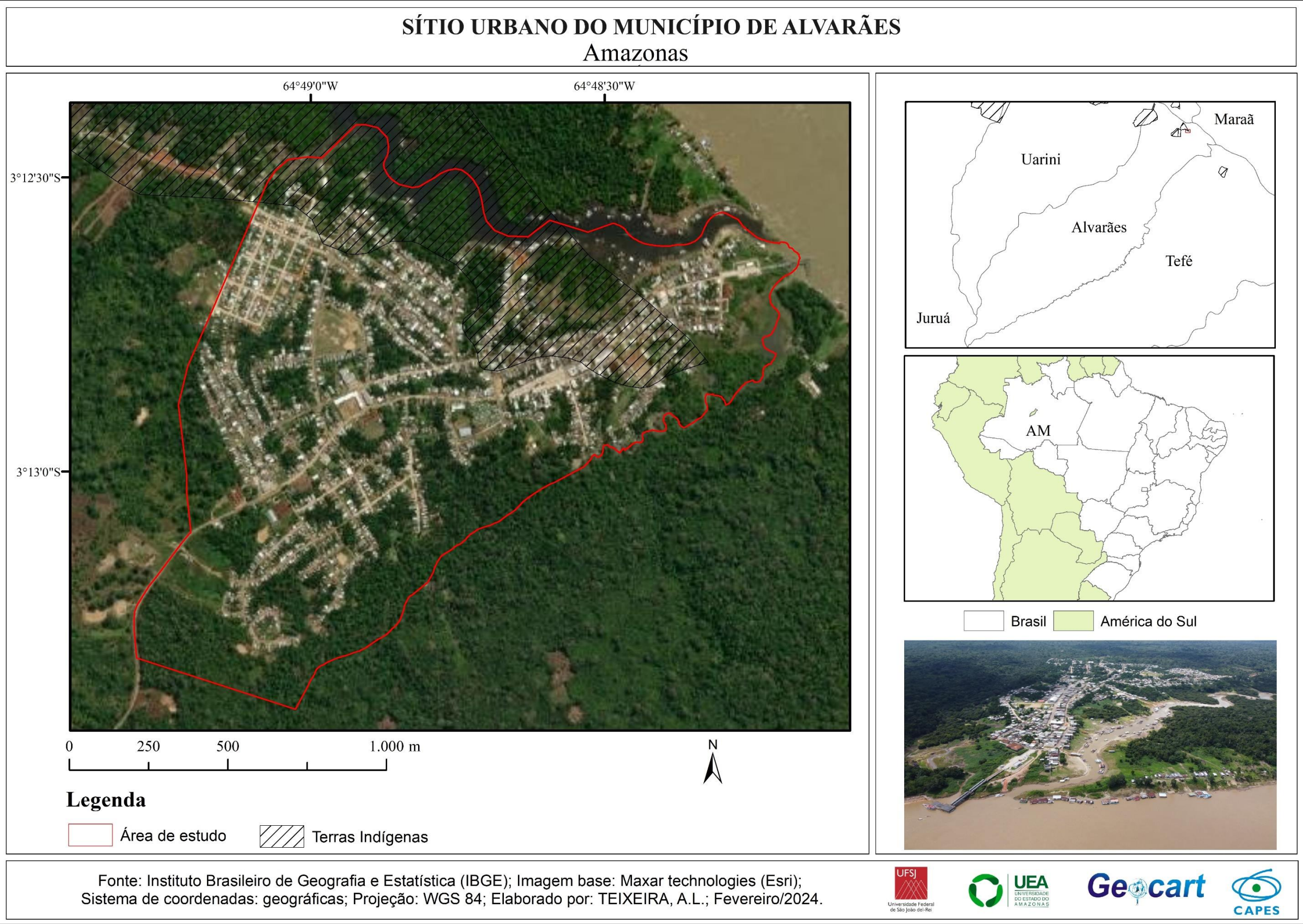
O município de Alvarães faz limites com os municípios de Maraã (Norte), Tefé (Sudeste), Juruá (Sudoeste) e Uarini (Noroeste) e é considerado Centro-Local²¹ e Rural Remoto (IBGE, 2017)²². A área total de estudo é de cerca de 2 km², o que representa, aproximadamente, 0,03% do município de Alvarães, que possui área total de 5.912 km².

A história do município de Alvarães está relacionada diretamente com o município de Tefé. O missionário Samuel Fritz fundou a Missão Santa Teresa D'Ávila dos Auxiaris, hoje Tefé, em 1688, e, em 1689, fundou o Aldeamento de São Joaquim de Omágua. Perto da aldeia, formou-se Caiçara, hoje Alvarães (Gama; Ofir, 2020). Ao longo do tempo, motivado por pressões espanholas e portuguesas, Caiçara, até então distrito de Tefé pela Lei Estadual nº 176, de 1 de dezembro de 1938, trocava constantemente de topônimo. Com o decreto da Lei Estadual nº 1.186, de 13 de novembro de 1943, o município passou a se chamar Alvarães. Sua emancipação e municipalização ocorreu apenas em 1981 por meio da Emenda Constitucional nº 12, de 10 de fevereiro de 1981.

²¹ Classificação de acordo com as Regiões de Influência das Cidades (REGIC, 2018).

²² Classificação dos municípios de acordo com a Classificação e Caracterização dos Espaços Rurais e Urbanos do Brasil (2017).

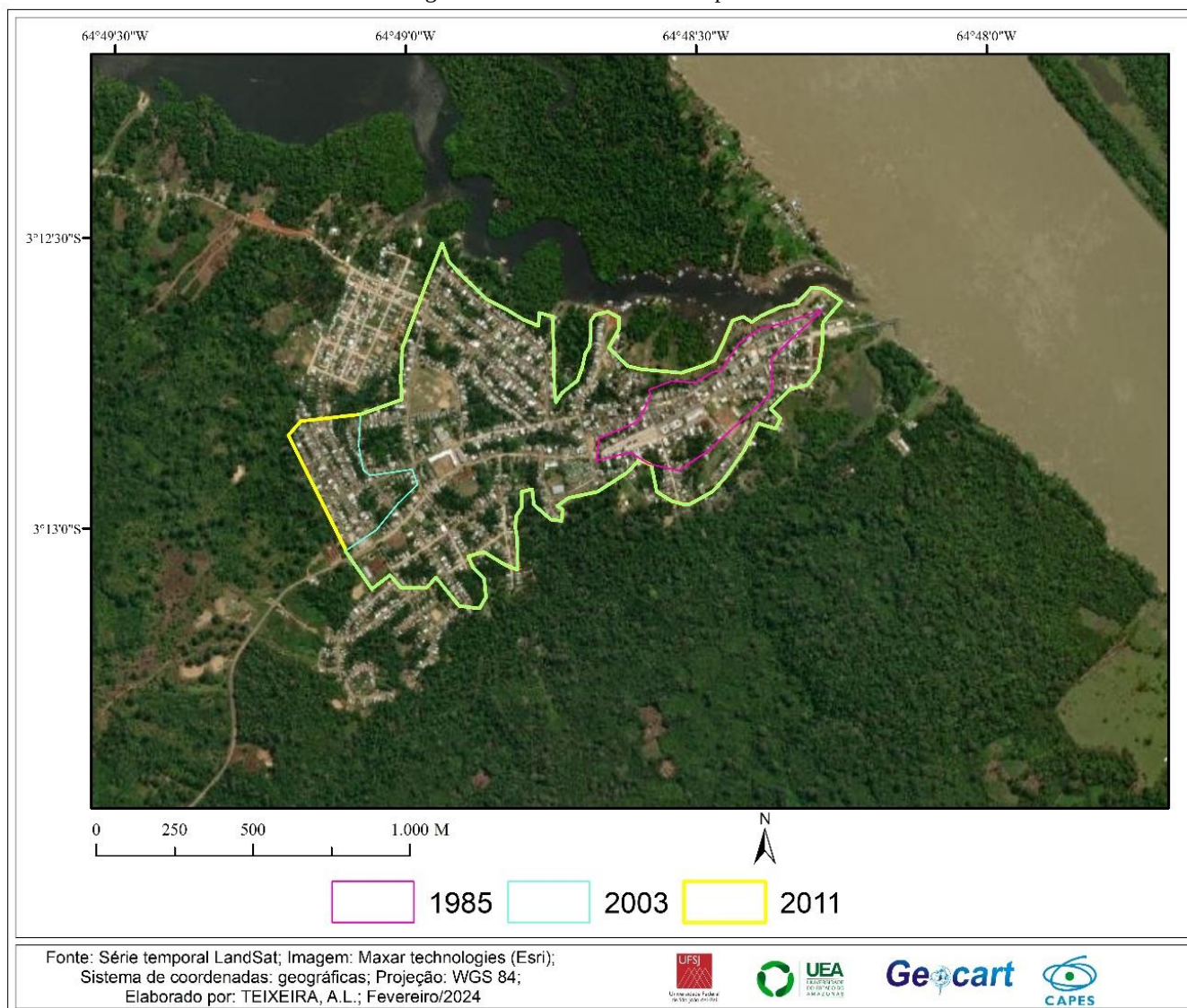
Figura 12 – Localização da área de estudo – Alvarães, AM



Fonte: Autora (2023).

As análises visuais de imagens de satélite do programa *LandSat* e da imagem disponível atualmente na Esri mostram que, desde a sua emancipação, o município teve extensa expansão urbana em direção às encostas e igarapés e em direção à única estrada que liga Alvarães até o Lago de Tefé. Estima-se que, de 1985 a 2011, o município teve expansão urbana de 700%. A Figura 13 apresenta esse crescimento em detrimento da área atualmente representada pela imagem ao fundo.

Figura 13 – Análise visual da expansão urbana



Fonte: Autora (2023).

Além da expansão, os resultados dos Censos Demográfico do IBGE, de 1991 a 2022, mostram que houve acréscimo significativo – 7.379 residentes (crescimento de 86%) tanto na área urbana quanto na rural. Contudo, houve, de igual modo, adensamento populacional nas áreas primárias de ocupação (Tabela 1).

Tabela 1 – População residente de Alvarães

Variável de acordo com os Censos IBGE / Ano	1991		2000		2010		2022
	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Total
População Residente	5.131	3.356	6.836	5.314	6.202	7.878	15866 ²³

Fonte: adaptada do Censo do IBGE (2023).

Viana (2008) define a área como parte da “Amazônia profunda”, onde as taxas de desmatamento são menores que 2%, possuindo alto número de terras indígenas e Unidades de Conservação, o que dificulta o acesso às cidades por estradas e ajuda na preservação da sua riqueza natural. O município possui quatro Terras Indígenas de acordo com a Fundação Nacional do Índio (FUNAI). São elas: Igarapé Grande, Marajaí, Méria e Tupã-Supé. A Terra Indígena Marajaí se estende até uma parte da área urbana. De acordo com o Censo Demográfico de 2022, a população total do município é de 15.866 habitantes. Conforme o Instituto Água e Saneamento (2021), o município não possui política, plano, conselho e fundo municipais de saneamento. Apenas 16,61% da população são atendidos com abastecimento; ou seja, 13.672 habitantes não têm acesso à água diretamente em suas residências, tendo que armazenar águas das chuvas ou de outros meios.

Schor e Oliveira (2011) caracterizam o município de Alvarães como “especial” devido à

[...] ausência de infraestrutura que possibilite exercerem plenamente as funções urbanas e por suas localizações geográficas, que tornam mais complicada a relação delas com a calha central do rio, tornam-se dependentes das cidades médias e pequenas de responsabilidade territorial (Schor; Oliveira, 2011, p. 20).

Sobre os aspectos físicos, o município está localizado no médio curso do Rio Solimões. O clima da região é considerado equatorial e apresenta temperatura média anual de 27 °C durante quase todo o ano, com baixa amplitude térmica no período chuvoso. A temperatura mínima média entre os anos 1970 e 2021 foi de 22,7 °C e máxima de 32,2 °C. Vidal e Silva Neto (2023) analisaram os fatores que influenciam o clima urbano de Alvarães utilizando Sensoriamento Remoto. Os resultados apresentaram altas temperaturas em áreas sem vegetação, variando entre 30° e 32° nas áreas urbanas do município.

A média do índice pluviométrico é de 2.100 mm por ano, com maior índice entre os meses de janeiro a maio e menor no verão amazônico entre os meses de julho a outubro (Cáuper,

²³ O IBGE ainda não divulgou o quantitativo entre rural e urbano do Censo de 2022.

2000). A umidade relativa do ar varia de 80 a 90% nos meses mais chuvosos e atinge o mínimo de 75% na estiagem. Segundo Cunha e Appi (1990), o relevo exerce pouca influência no clima, já que a maior parte da região do médio Solimões está localizada em altitudes menores que 200 metros.

A sazonalidade hídrica determina a rotina dos moradores. A cidade de Alvarães só pode ser acessada via fluvial através do Lago de Tefé ou pelo porto flutuante no rio Solimões (Figura 14). Durante a estação chuvosa, a travessia pelo Lago de Tefé é facilitada por barcos que fazem o trajeto diariamente para a Vila de Nogueira com duração de cerca de 15 minutos. A partir da Vila e para acessar a área de estudo desta pesquisa, o trajeto é realizado por motos ou carros. Apesar de ser o trajeto relativamente curto (aproximadamente 12 km), devido às constantes chuvas e às estradas não possuírem pavimentação asfáltica ou cimentícia, o acesso não é fácil. A estação mais seca (vazante), com a diminuição brusca dos níveis dos rios e, conseqüentemente, do lago, impõe maiores desafios na locomoção. Durante a seca, o lago se estreita, aumentando as distâncias. Em eventos extremos de seca, é necessário realizar a travessia intercalando a locomoção entre lanchas, canoas e motos e caminhando com duração de uma hora em média, ou mesmo navegar, por cerca de 40 minutos de lancha, pelo rio Solimões até o porto flutuante.

Os corpos hídricos assim como a sazonalidade durante os períodos do ano são extremamente importantes na vida dos moradores de Alvarães desde o deslocamento até a alimentação. O livro *O Rio Comanda a Vida*, do escritor Amazonense Leandro Tocantins (1973), explora a influência dos corpos hídricos no modo de vida da população da Amazônia. A atividade de pesca realizada pela maior parte da população é caracterizada como de subsistência. Entre as espécies locais mais consumidas pelos moradores de Alvarães, estão o pirarucu, com grande produção no médio Solimões; a tartaruga, herança advinda dos índios; e o peixe-boi. Há também no município a presença de edificações flutuantes. Estas serão apresentadas mais à frente na pesquisa.

Figura 14 – Formas de acesso a área de estudo



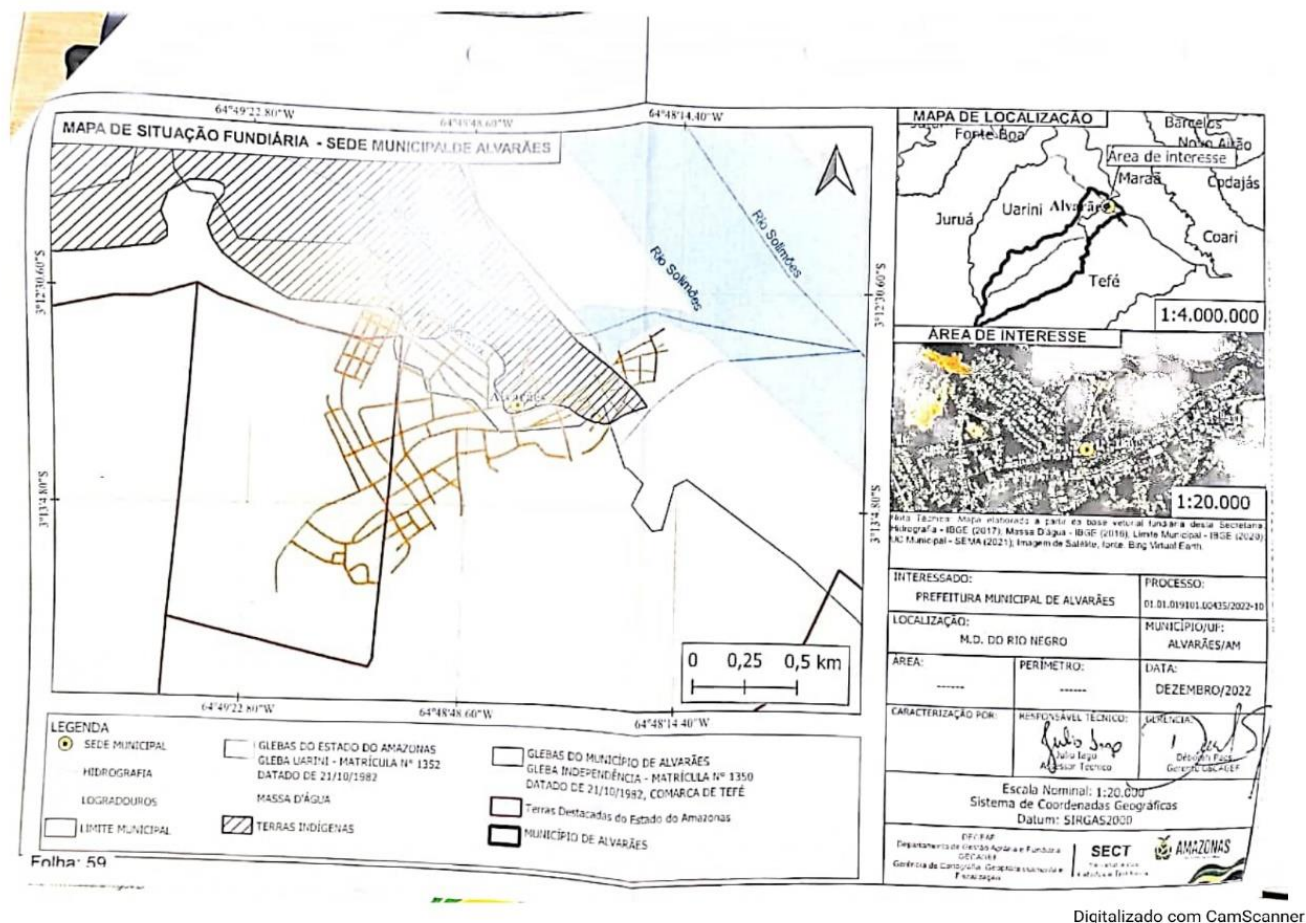
Fonte: Autora (2024).

Assim como a água, a floresta exerce forte influência no modo de vida dos moradores e na cidade de Alvarães. A Floresta Nacional de Tefé ocupa 305.278,83 hectares do município e, apesar de a área de estudo não contemplar essa localização, a presença de vegetação, mesmo que secundária, é alta. Os moradores utilizam a floresta para a caça de subsistência de aves, antas e veados, além de frutos nativos da região.

Além da pescaria e da caça, alguns moradores cultivam roças de hortaliças e mandioca além de participarem da colheita da castanha. Ressalta-se que esses costumes não são rotineiros a toda a população alvarãense. Após a municipalização, com o consequente desenvolvimento da cidade, o comércio e a prestação de serviços também movimentam a economia do município. O livro *Alvarães: Terra dos Caiçaras*, de Joaquim Gama e José Ofir (2020), explora aspectos sociais e culturais do município.

Com relação aos produtos cartográficos sobre o município, evidencia-se a ausência de materiais com escala compatível ao planejamento, ordenamento e gestão urbana. O único mapa localizado durante a pesquisa é analógico (impresso), possui escala nominal de 1:20.000 e representa a situação fundiária da sede municipal de Alvarães (Figura 15). As publicações científicas sobre o município ainda são escassas, mas Vidal e Silva Neto (2023) publicaram recentemente análises do clima urbano de Alvarães utilizando Sensoriamento Remoto. Outras publicações voltadas para pesquisas do município não possuem produtos cartográficos em virtude da direcionalidade das pesquisas.

Figura 15 – Mapa disponibilizado pela Prefeitura



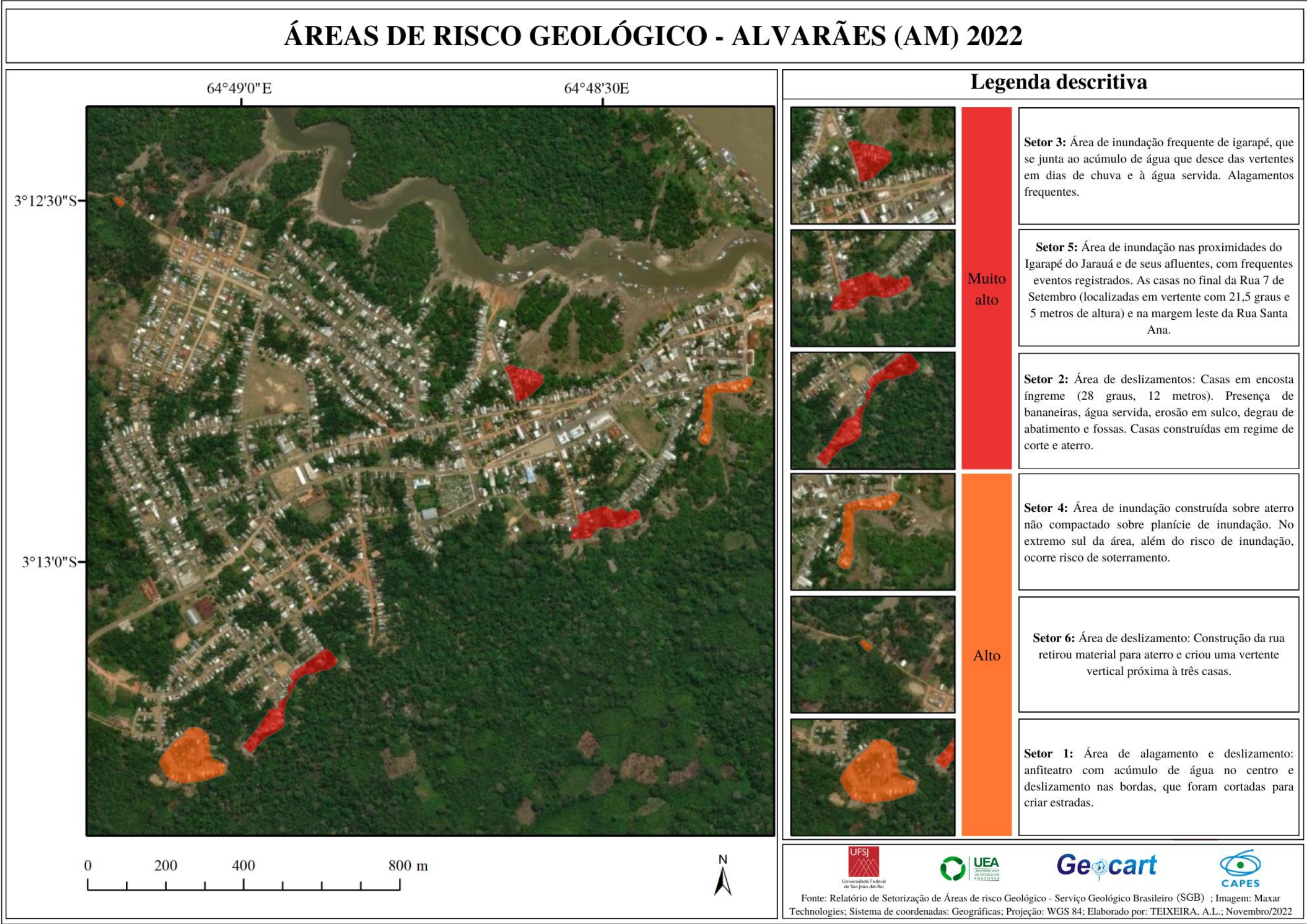
Digitalizado com CamScanner

Fonte: Prefeitura de Alvarães²⁴ (2022).

O SGB realizou a setorização de Áreas de Risco Geológico no município, gerou produtos cartográficos e atualizou o mapeamento das áreas de risco em abril 2022 (Andretta; Callegário, 2022). As áreas de risco estão distribuídas na área urbana com significativa quantidade de edificações e o órgão disponibiliza os arquivos vetoriais em extensões: Shapefile (shp) e Keyhole Markup Language (Kml), permitindo análises integradas a outros conjuntos de dados (Figura 16).

²⁴ Ao solicitar à Prefeitura produtos cartográficos sobre o município, esse produto foi enviado. Entretanto, por ser uma fotografia do mapa, a qualidade não está boa.

Figura 16 – Setorização de áreas de risco de acordo com SGB, Alvarães-AM



Fonte: Adaptado de SGB (2022).

O SGB lista a aplicabilidade do material disponibilizado com o objetivo de subsidiar o poder público na identificação e seleção de áreas prioritárias à destinação de investimentos e para o direcionamento de ações e fiscalizações nessas áreas. Entretanto, o material apresenta limitações no que diz respeito à análise em escala cartográfica grande (1:1.000 e 1:2.000) e também não deve ser utilizado para substituir projetos e análises mais específicas (Andretta; Callegário, 2022).

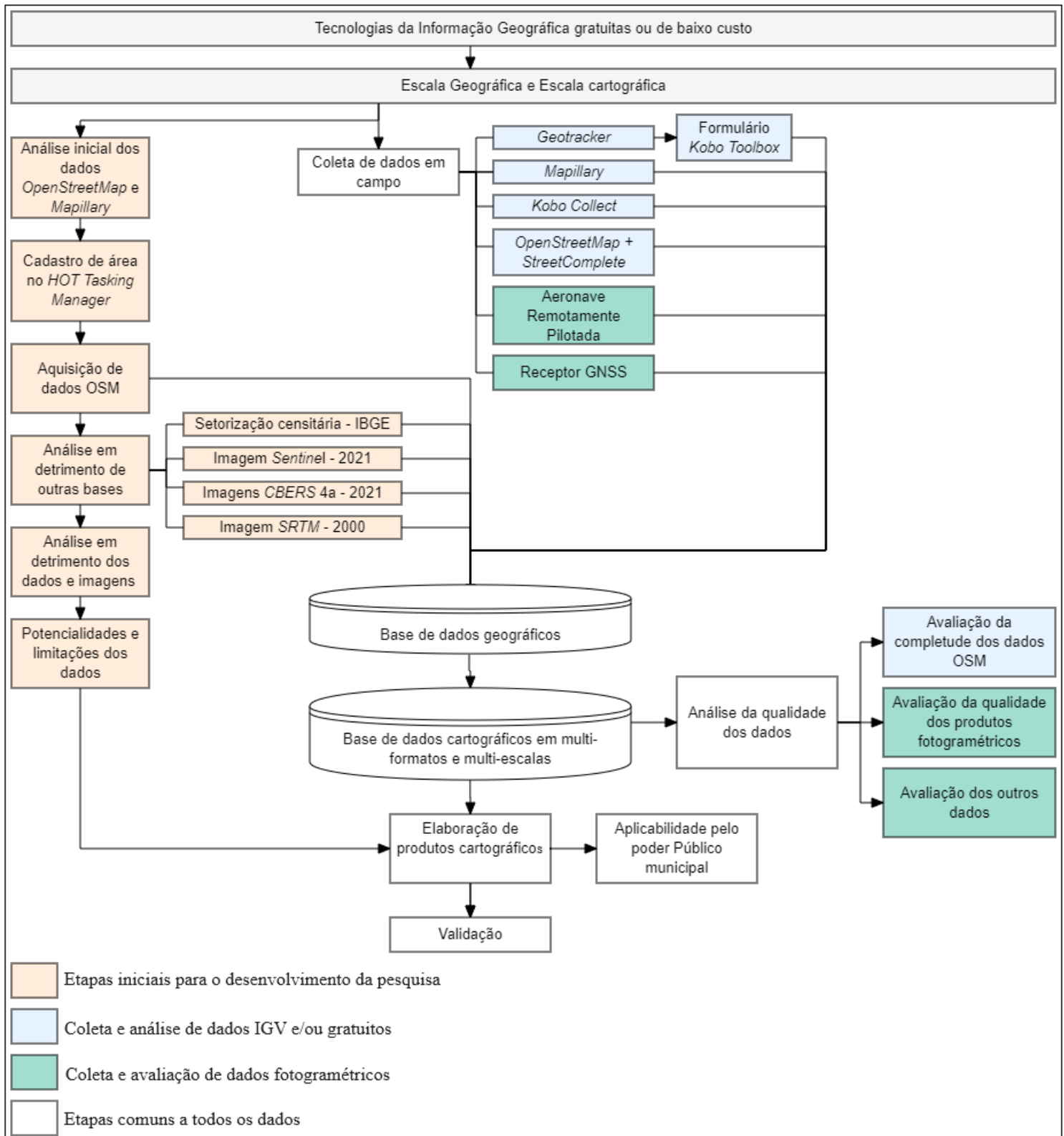
A seguir, apresenta-se o percurso metodológico adotado nesta pesquisa, que possibilitou a elaboração de produtos cartográficos sobre o sítio urbano de Alvarães.

3.2 Fundamentação teórico-metodológica

Os caminhos metodológicos tiveram como base os princípios das Tecnologias da IG através dos sistemas de posicionamento, aquisição, disseminação e análise de dados que forneceram subsídios à aquisição e processamento de dados e elaboração de produtos cartográficos essenciais ao planejamento, ordenamento e gestão municipais. No contexto da utilização de tecnologias da IG gratuitas, o *Crowdsourcing*, como já mencionado no Capítulo 2, permite a participação ativa de cidadãos, remotos ou locais, na criação de dados geográficos, tendo maior organização após o advento da *Web 2.0* e consolidação com a *Web 3.0* (Howe, 2006, 2008; Goodchild, 2007, 2010; Zook *et al.*, 2010; Young *et al.*, 2021; Elwood, 2006; Crampton, 2009; Kukreja *et al.*, 2023). Já no contexto da utilização de Tecnologias da IG, a popularização de ARPs e de receptores GNSS vem alavancando as pesquisas na área (Euspa, 2022; Jackson *et al.*, 2018; Janos; Kuras, 2021).

Produtos cartográficos condizentes com a realidade representada possibilitam a compreensão e o planejamento urbano e são importantes nas instâncias federal, estadual e municipal. Para este estudo, os caminhos metodológicos utilizados buscam contribuir para minimizar a inexistência de dados geográficos em escala compatível ao planejamento municipal e englobam a síntese das discussões apresentadas durante os primeiros capítulos (Figura 17).

Figura 17 – Fluxograma das etapas desenvolvidas



Fonte: Autora (2023).

Para a representação dos dados, consideraram-se os critérios de escala geográfica e cartográfica da área de estudo bem como as potencialidades dos dados obtidos por meio das

Tecnologias da IG, inclusive gratuitas e ARP e GNSS, com maior detalhamento (Zacharias, 2006; Santos, 2022). Dessa forma, as discussões possibilitaram a coleta e a análise de dados em multiescalas e multidados²⁵ para a elaboração de produtos cartográficos.

A utilização conjunta de Tecnologias da IG, dentre elas de plataformas IGV, ARP, GNSS e SIG, amplia horizontes técnicos e permite a criação de novas potencialidades na manipulação dos dados (Haklay, 2014). Por isso, a pesquisa descrita neste documento incorporou os dados em SIG na aquisição e elaboração de produtos cartográficos para o Poder Público Municipal em uma aplicação no sítio urbano de Alvarães-AM. Para o desenvolvimento geral da pesquisa, o estágio inicial consistiu na análise prévia dos dados, que permitiram a determinação das etapas seguintes.

²⁵ Entendem-se por multiescalas dados com escalas de representação diferentes, como imagens de satélite e imagens de ARP; e multidados por dados em diferentes formatos, como fotografias, dados vetoriais e formulários geolocalizados.

4 PERCURSOS METODOLÓGICOS: Etapas iniciais para aquisição de dados

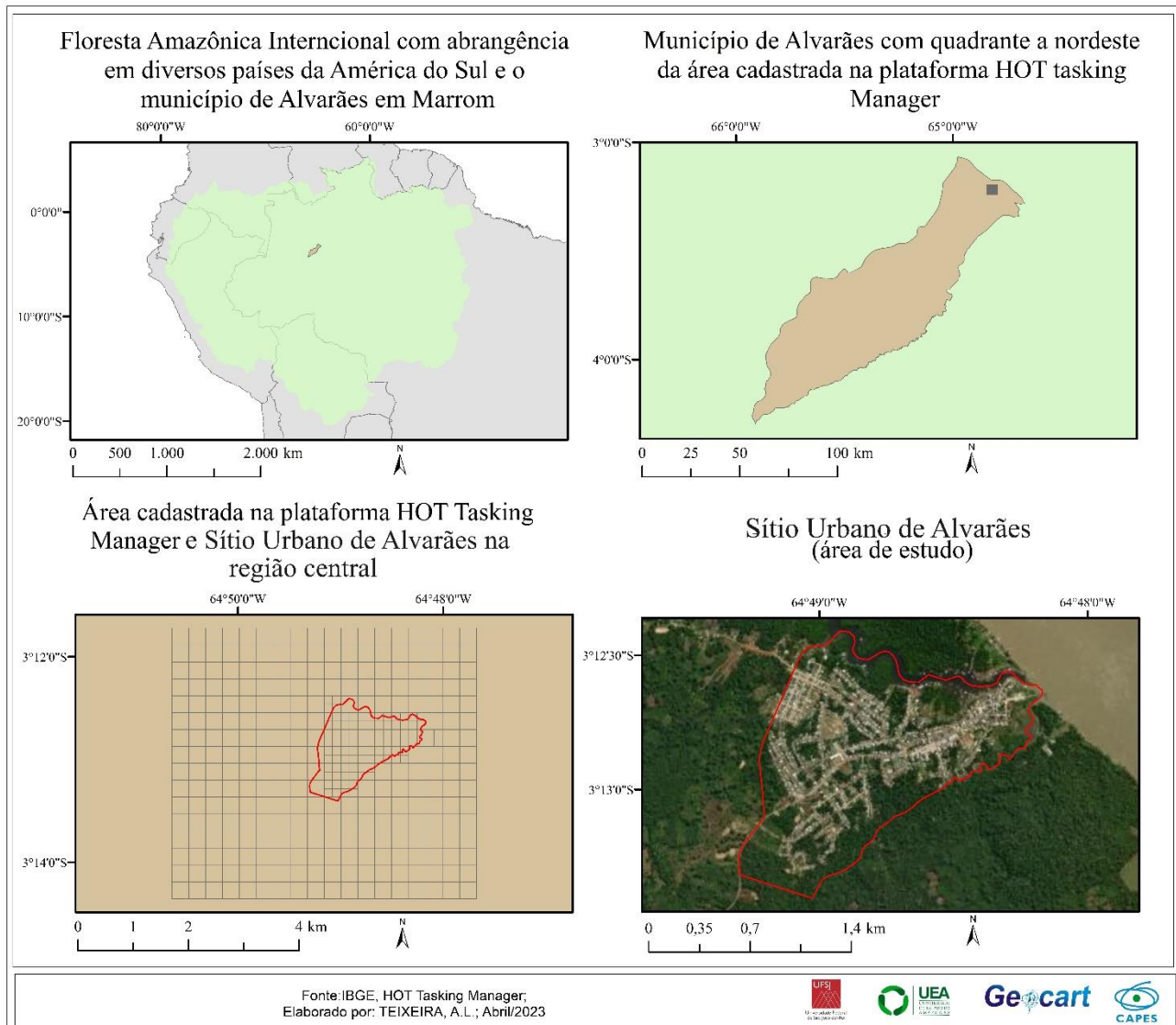
As etapas iniciais do desenvolvimento desta pesquisa corresponderam à análise prévia das Plataformas *OpenStreetMap* e *Mapillary*. No OSM, foram observadas as feições mapeadas e as informações contidas na plataforma em formato de linha, ponto e polígono. Na plataforma *Mapillary*, foi realizada uma análise visual sobre a presença de fotografias geolocalizadas para a área de estudo.

Após essa etapa, foi realizado o cadastro de uma tarefa na plataforma *Crowdsourcing HOT Tasking Manager*. Essa plataforma possibilita a coordenação de voluntários e organizações para mapear micro tarefas no *OpenStreetMap*. O principal objetivo desta etapa é dividir a área em quadrantes menores que podem ser mapeados com maior eficácia. Além disso, ela mostra quais áreas não foram mapeadas, quais precisam de mais edições, além de auxiliar na coordenação de trabalhos simultâneos - impedindo a sobreposição de dados. A plataforma possibilita, também, que após o mapeamento outras pessoas, que não são as que mapeou a micro tarefa, validem as informações contidas no quadrante. Tal processo, minimiza erros e omissões de informações que ficarão disponíveis no OSM.

Apesar da plataforma reunir mapeadores remotos de diferentes lugares, em detrimento das políticas da organização, recomenda-se não cadastrar áreas muito grandes que dificultam a finalização do projeto. No contexto desta pesquisa, especificamente, a área cadastrada na plataforma *HOT Tasking Manager* correspondeu a 26 km² no município de Alvarães-AM. Esta abrangeu toda a área de estudo urbana de Alvarães (2 km²), um lugarejo e as áreas rurais (exclusive aglomerados²⁶) do entorno (IBGE 2021). A Figura 18 apresenta as dimensões da Amazônia Internacional, o município de Alvarães, a área cadastrada na plataforma para mapeamento das edificações e a área de estudo desta pesquisa.

²⁶ Nomenclatura utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Figura 18 - Dimensões de áreas



Fonte: Autora (2023).

As instruções de mapeamento para os voluntários foram a de mapear todas as edificações do quadrante selecionado e inserir informações locais, caso soubessem, e com base na imagem de satélite Maxar *Premium* disponibilizada pela empresa *Maxar Technologies* com resolução espacial igual ou superior de 50 cm, datada de março de 2020. Apesar de haver outras imagens disponíveis, recomendou-se a utilização da mais recente, entretanto seria possível aos voluntários utilizar outras imagens durante o mapeamento. Não foi instruído o mapeamento de vias, pois já estavam todas mapeadas. Além dessa área, outra tarefa foi cadastrada para mapear as Áreas rurais (exclusive aglomerados), Povoados e Lugarejos do município. Neste estudo, porém, adota-se a análise da primeira tarefa cadastrada.²⁷

²⁷ A área está disponível para mapeamento através do link <https://tasks.hotosm.org/projects/12997/tasks>.

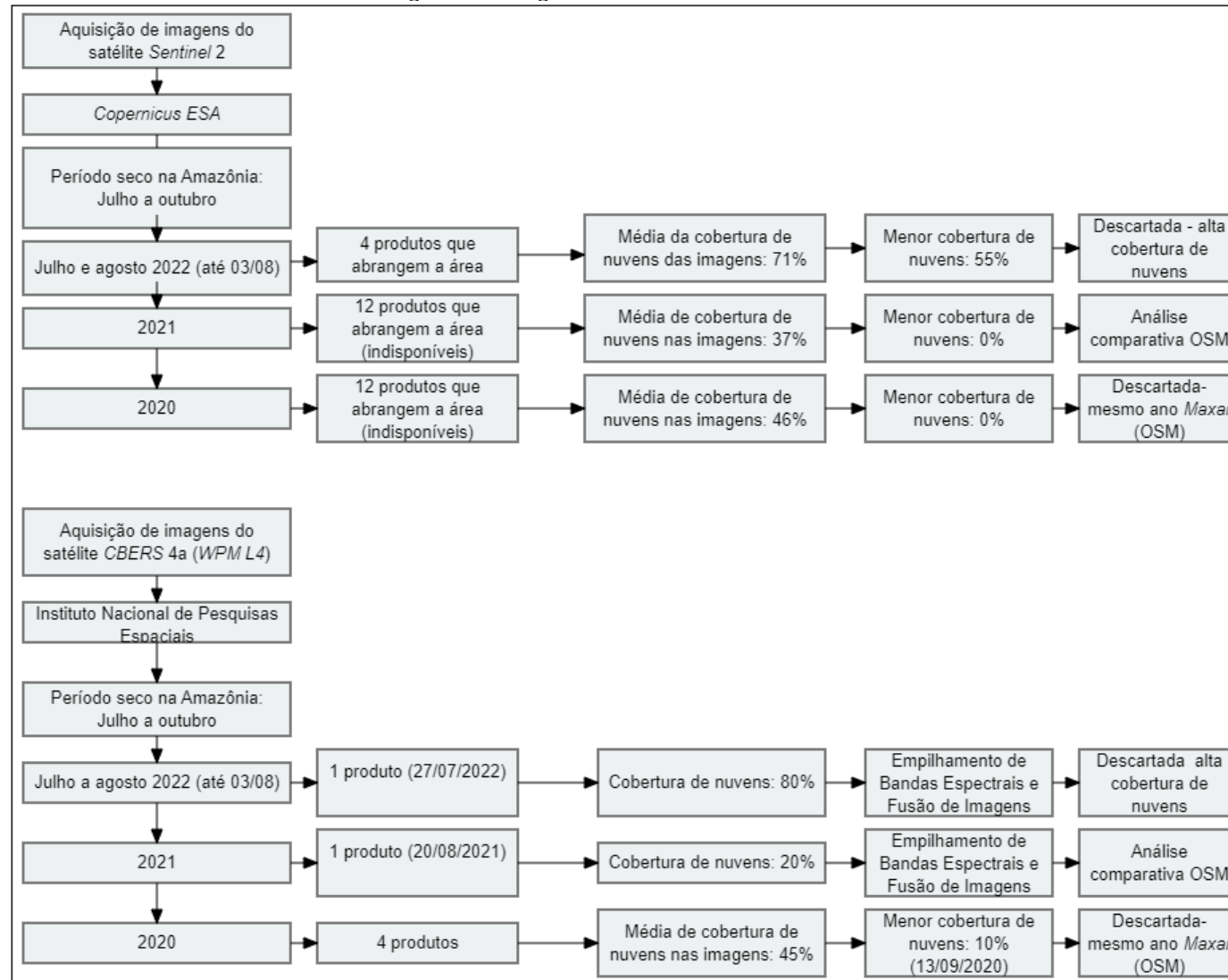
Para o mapeamento da área, além de mapeadores ativos da plataforma, pesquisadores do Laboratório de Cartografia Escolar e Digital – LabCar UFSJ, inclusive a autora desta dissertação, auxiliaram nas atividades e finalização da tarefa. A partir do mapeamento realizado com o auxílio da plataforma *HOT Tasking manager*, adquiriu-se os *datasets*²⁸ da área de estudo (linha, ponto e polígono) mediante os *plugins* *OpenLayers Plugin*, *OSMDowloader* e *OSM Place Search*. Posteriormente, os *datasets* foram transformados em arquivos vetoriais. Ambos os procedimentos foram realizados no SIG de código livre QGIS.

A primeira análise realizada foi dos dados OSM (linha, ponto e polígono) em detrimento de outros produtos abertos, dentre eles imagens de satélite dos anos de 2021 e 2022. Adotou-se os anos citados tendo em vista a data de captura da imagem disponibilizada pela *Maxar Technologies* no OSM, onde foram mapeadas as edificações – março de 2020²⁹. Dessa forma, considerou-se importante analisar imagens aéreas mais atuais. Em consequência das condições climáticas de Alvarães que ocasionam grande quantidade de sobreposição de nuvens, para atribuir potencialidade e limitações das imagens de satélite, foram considerados os produtos do ano de 2021. A figura 19 apresenta as informações obtidas para a escolha das imagens que foram analisadas.

²⁸ Conjunto de dados tabulados e organizados em um arquivo.

²⁹ A plataforma não permite a visualização da data das imagens disponibilizadas pela *Maxar Technologies*, entretanto, foi possível visualizar o ano dentro do *SIG ArcGIS*.

Figura 19 - Imagens de satélite escolhidas



Fonte: Autora (2023).

Além das imagens *Sentinel* e *CBERS*, realizou-se a análise dos dados em detrimento da imagem SRTM que compreendia a área de estudo e dos dados secundários sobre o Censo Demográfico de 2010 e 2022 do IBGE. A análise em relação ao censo de 2010 foi realizada pois os dados por setor censitário do IBGE não foram divulgados até a data desta dissertação³⁰. Análises visuais dos dados em SIG *ArcGIS Pro 3.0* e *ArcGIS Desktop 10.8* e suas extensões (módulos *ArcMap*, *ArcCatalog* e *ArcToolbox*)³¹ foram realizadas. O quadro 5 resume as informações dos dados e imagens avaliadas em detrimento dos dados OSM.

Quadro 5 - Dados e imagens analisados em detrimento dos dados OSM³²

Dado	Data	Fonte	Extensão	Geoinformação
Setorização censitária	2010 e 2022	IBGE (2010, 2022)	.shp	2 km ²
Imagem de satélite (Sentinel 2021)	15/09/2021	Copernicus	.tiff	10 m (resolução espacial - MSI)
Imagem de satélite (CBERS-4a 2021)	20/08/2021	INPE	.tiff	2 m (resolução espacial - WPM)
Imagem SRTM	fevereiro/2000	USGS	.ras	30 m (resolução espacial)

Fonte: Autora (2023)

A partir das análises, atribui-se potencialidades e limitações quanto a utilização dos dados em diferentes esferas, inclusive a municipal³³. Identificou-se, também, os fenômenos e distribuição espacial dos elementos físicos e antrópicos da área de estudo aliado aos trabalhos de campo realizados.

Para aquisição de dados foram realizados, ao todo, quatro trabalhos de campo. O quadro 6 sintetiza as atividades realizadas em cada um.

Quadro 6 - Síntese dos trabalhos de campo na área de estudo.

Trabalho de campo	Período	Procedimentos
1º	Fevereiro de 2022	- Reconhecimento da área; - Observação de aspectos naturais e urbanos.
2º	Maio de 2022	- Coleta de dados com tecnologias da IG gratuitas; - Levantamento aéreo com ARP;
3º	Janeiro de 2023	Levantamento aéreo com ARP Coleta de dados com aplicativos gratuitos;

³⁰ Segundo o IBGE, os dados serão disponibilizados no segundo semestre de 2024.

³¹ Licença para membros da organização *National Geographic Society*.

³² Sentinel 2021 compatível com escala 1:50.000, CBERS 4a 2021 compatível com escala 1:10.000 e Imagem SRTM compatível com escala 1:150.000.

³³ Por questões logísticas, não foi possível apresentar o material a prefeitura de modo que eles utilizassem.

4º	Novembro de 2023	• Coleta de dados com ARP no Setor 5 proposto pelo SGB (uma das áreas de risco do SGB); • Coleta de dados com GNSS;
----	------------------	--

Autora (2024)

O primeiro trabalho permitiu reconhecimento e definição da área de estudo³⁴. Nesse campo, foram coletados dados referentes a disposição do município no médio Solimões, logística e sobre aspectos físicos e urbanos do município. Para obter informações sobre o Poder Público Municipal, inclusive sobre a existência de produtos cartográficos que os auxiliem, foi realizado contato com o prefeito de Alvarães – Lucenildo de Souza Macedo e com o Secretário de Agropecuária do município – Edirlan Mendes (Figura 20).

Figura 20 - Trabalho de campo em fevereiro de 2022



Fonte: Autora – acervo pessoal (2022).

Os outros três trabalhos de campo realizados durante a pesquisa tiveram como objetivo principal a coleta de dados sobre a região utilizando tecnologias da IG. Durante a divisão da metodologia, optou-se por distribuir os próximos procedimentos em duas grandes áreas de modo a melhorar seu entendimento, mesmo que em algumas partes elas tenham ligações: **Coleta e análise de dados IGV e Coleta e avaliação de dados fotogramétricos.**

³⁴ O primeiro trabalho de campo foi anterior ao início das aulas do Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFSJ.

4.1 Coleta e análise de dados IGV e/ou gratuitos

A coleta de dados IGV foi realizada durante o segundo e terceiro trabalho de campo. No segundo trabalho de campo, uma equipe de graduandos em Licenciatura em Geografia do CEST/UEA auxiliou na coletada de dados³⁵. Tal auxílio foi necessário devido a logística de tempo de permanência da pesquisadora em Alvarães (um dia) e custo para a realização do campo.

Os dados foram coletados com o aplicativo IGV de levantamento de imagens em perspectiva horizontal *Mapillary* e o aplicativo *Geo Tracker* que permite a coleta das coordenadas do local onde o *smartphone* estiver (vide tópico 2.1.1). As coordenadas permitiram que os graduandos coletassem as coordenadas de comércio e prédios públicos da área de estudo e as anotassem em cadernetas de campo. As perguntas que os participantes responderam estavam de acordo com o formulário pré-estabelecido: 1) qual coordenadas do local?; 2) que tipo de edificação (casa, comércio, escola, prédio público, outro)?; e 3) qual o nome (se tivesse)?. Além das informações supracitadas, foi requisitada uma fotografia da fachada da casa para inserir no formulário junto aos dados coletados (Figura 21).

Figura 21 - Trabalho de campo em maio de 2022: a) levantamento com o *Mapillary* e b) anotações realizadas pelos participantes sobre as edificações utilizando o *Geo Tracker*



Fonte: Autora - Acervo pessoal (2022).

Após o levantamento das informações com o *Geo Tracker*, foram inseridas em um formulário *online* do *Kobo ToolBox*. Como o formulário aceita apenas coordenadas decimais, antes de inserir as respostas, houve a conversão dos dados obtidos pelo *Geo Tracker* com a Calculadora Geográfica³⁶. Além da coleta utilizando as tecnologias citadas, durante esse

³⁵ A coleta aconteceu a partir da oficina “Mapeando com ferramentas colaborativas” com suporte da National Geographic Society por meio do projeto “Collaborative mapping to reverse the invisibility of Riverside communities in Amazon”.

³⁶ Disponível em <https://www.dpi.inpe.br/calcula/>

trabalho de campo foram realizados voos com ARP, os procedimentos e materiais utilizados são descritos adiante.

Em janeiro de 2023, durante o terceiro trabalho de campo, também foi realizada a coleta de dados sobre a área de estudo. As tecnologias da informação geográfica utilizadas no período foram: o aplicativo *Mapillary* em ruas onde não havia dados do segundo trabalho de campo e o aplicativo *StreetComplete* para adicionar informações em feições mapeadas dentro da plataforma *OpenStreetMap*. Durante o período também foram realizados levantamentos fotogramétricos de todos os setores de risco indicados pelo SGB, de modo a facilitar o entendimento da dinâmica local e escolher um setor aplicação de outras tecnologias além das tecnologias IGV.

Os dois trabalhos de campo oportunizaram a coleta de dados geográficos sobre a área de maneira otimizada, já que envolveu maior número de pessoas e tecnologias da IG para a aquisição de dados em smartphones da equipe. As características das tecnologias estão no Quadro 7. Todos os aplicativos utilizados podem ser adquiridos gratuitamente nas lojas de aplicativos de *smartphones*.

Quadro 7 - Características das tecnologias utilizadas durante os dois últimos trabalhos de campo

Tecnologias da Informação Geográfica	Utilização	Coleta	Dado geográfico
<i>Mapillary</i>	2022 e 2023	Campo	Fotografias em perspectiva horizontal geolocalizadas.
<i>Geo Tracker</i>	2022	Campo	Pontos de GPS.
<i>Kobo ToolBox</i> - formulário online pré-estabelecido (ANEXO 1)	2022	Laboratório	Pontos com informações sobre estruturas urbanas.
<i>OpenStreetMap</i>	2022	Laboratório	Informações sobre estruturas urbanas.
<i>StreetComplete</i>	2023	Campo	Informações sobre vetores OSM.

Fonte: Autora (2023).

As fotografias em perspectiva horizontal geolocalizadas coletadas com o aplicativo *Mapillary* permitiram a caracterização e a observação da área de estudo. Na pesquisa, elas foram utilizadas para a identificação dos tipos de pavimentação. O aplicativo *Geo Tracker* possibilitou a coleta das coordenadas do local com um smartphone e, posteriormente, atribuí-las às informações escritas em blocos de notas sobre comércios e prédios do município. Após esse levantamento, esses dados foram inseridos via formulário online do *Kobo ToolBox*. A plataforma OSM, assegurou a inclusão de informações sobre edificações conhecidas pelos

graduandos. O aplicativo *StreetComplete* permitiu adicionar informações de comércios, números das casas e edificações abandonadas, etc.

Em janeiro e maio de 2022, foram realizados levantamentos aéreos com ARP DJI Mini 2 com o objetivo principal de analisar e validar os dados coletados de forma voluntária com os aplicativos IGV. Na busca de referencial teórico sobre a utilização da ARP DJI Mini 2 não foram encontradas pesquisas que cite os parâmetros ideais e aplicativos inerentes para a geração de produtos cartográficos. Inicialmente, nesses voos foram utilizados parâmetros testados em laboratório³⁷ para a elaboração de ortomosaicos (distância lateral de 50 metros entre as linhas de voo, velocidade de 8 km/h e captura de fotografias a cada 5 segundos). Os materiais para a elaboração e operacionalização do voo bem como para a elaboração dos ortomosaicos estão descritos no Quadro 8.

Quadro 8 - Equipamentos e programas utilizados para a elaboração dos ortomosaicos	
Material	Finalidade
ARP DJI Mini 2 (Certificação Classe 3) ³⁸	Realizar levantamento aerofotogramétrico.
Programa <i>Litchi</i>	Programação de voo de forma manual.
<i>OpenDroneMap (ODM)</i>	Processamento e ortorretificação de imagens.

Fonte: Autora (2023).

O levantamento aéreo realizado durante a coleta de dados IGV teve como objetivo principal a avaliação da completude dos dados OSM e observação de aspectos físicos, estruturais e organizacionais da área de estudo. Neste primeiro momento, não foram realizadas análises da qualidade desses produtos fotogramétricos.

A observação de aspectos físicos, estruturais e organizacionais da área de estudo foi feita a partir dos ortomosaicos e de trajetos percorridos a pé e de moto na parte urbana da cidade. A figura 22 apresenta os locais onde foram realizados os voos com ARP, o trajeto de campo e as variáveis observadas.

³⁷ Os parâmetros foram testados no Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento da UFSJ e em áreas da cidade de São João del-Rei.

³⁸ A ARP e o programa *Litchi* foram cedidos pelo Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento da Universidade Federal de São João del-Rei e pelo Projeto Unificar Ações e Informações Geoespaciais pertencente à rede *Youthmappers*.

A organização dos dados coletados durante os trabalhos de campo teve como objetivo estabelecer diretrizes para o planejamento do quarto e último trabalho de campo descrito adiante.

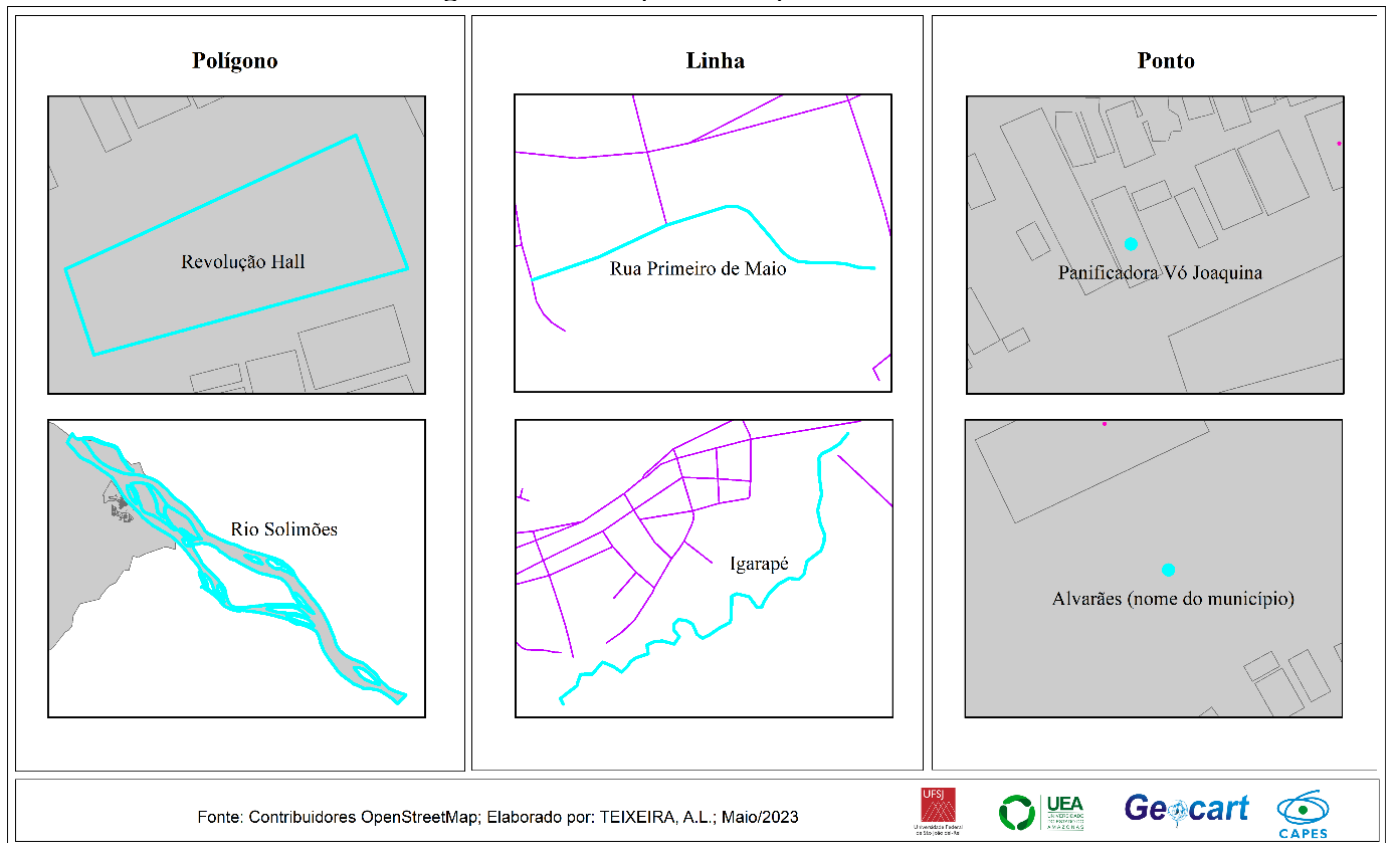
As primeiras análises das potencialidades e limitações das tecnologias da IG utilizadas foram realizadas a partir dos dados brutos disponibilizados nas plataformas, como o *Mapillary* e o *OpenStreetMap* e nos bancos de dados pessoal, como o *Geo Tracker* e o *Kobo ToolBox*. As análises dos dados foram visuais com o objetivo de especificar a etapa de organização dos dados e proposições de produtos cartográficos.

Os dados primários e secundários, em multiescalas adquiridos a partir de imagens com resoluções diferentes e multidados como fotografias e informações alfanuméricas, coletados durante os trabalhos de campo a partir das tecnologias IGV permitiram a organização da base de dados cartográficos IGV da área de estudo³⁹.

A organização dos dados de modo que todos constituíssem uma base de dados sobre a área de estudo foi organizada em ambiente SIG. Os arquivos vetoriais adquiridos em formato *Dataset* e transformados em *shapefile* através do QGIS são divididos em polígonos, linhas e pontos. Os polígonos representam as edificações, o Rio Solimões, um igarapé, as áreas demarcadas por órgãos institucionais e os usos da terra. As linhas representam vias de trânsito agrícola, passagens, caminhos e corpos de água. Os pontos, representam as praças, as edificações e topônimos (Figura 23). Na plataforma OSM, o Rio Solimões é representado ‘por polígono e linha.

³⁹ Após a defesa, pretende-se organizar um repositório online dos dados produzidos durante esta pesquisa e disponibilizá-los para a prefeitura de Alvarães e para quem se interessar.

Figura 23 - Exemplos do arquivo vetorial OSM



Fonte: Autora (2023).

Os arquivos vetoriais em pontos com informações alfanuméricas foram excluídos e as informações foram inseridas nos polígonos referentes. As demais informações alfanuméricas dos arquivos vetoriais (linha e polígono) foram organizadas de acordo com a aplicabilidade para a geração dos produtos cartográficos propostos, sendo para identificar: comércios do município e nomes de ruas. Os nomes escritos com caracteres especiais foram reescritos para eliminar os problemas com o sistema de codificação de arquivos no QGIS. A Figura 24 mostra exemplos de antes e depois da organização dos dados.

Figura 24 - Correção de dados alfanuméricos

name	name org
UTE AlvarÃes	UTE Alvarães
Terra IndÃ-gena Marajai	Terra Indígena Marajá
Revolucão Hall	Revolução Hall
Restaurante da Luka	Restaurante da Luka
Praca Alvaraes	Praça Alvarães
Estadual Governador Gilberto Mestrinho	Escola Estadual Gilberto Mestrinho
Emelino Vieira	Emelino Vieira
Divino	Divino
Cemiterio Municipal de Alvaraes	Cemitério Municipal de Alvarães
Campo Caicarao	Campo Caiçará
AlvarÃes	Alvarães
AlvarÃes	Alvarães

Fonte: Autora (2023).

Os tipos de pavimentação foram classificados em: asfáltica, cimentícia, mista, sem pavimentação e sem informação. A caracterização de cada trecho foi feita a partir das fotografias coletadas e disponibilizadas na plataforma Mapillary e associadas aos vetores que representam as vias. Além da caracterização, foram identificadas limitações dos dados disponibilizados já que seus usuários utilizam seus *smartphones* e geram dados heterogêneos.

O aplicativo *Geo Tracker* permitiu coletar as coordenadas das edificações e disponibilizá-las no formulário do conjunto de ferramentas *Kobo Toolbox*. O conjunto de ferramentas *Kobo Toolbox* permite a exportação de tabelas com as informações coletadas pelo formulário, inclusive as coordenadas geográficas. Após a exportação, essas tabelas foram inseridas no SIG ArcGIS Desktop 10.8 e transformada em *shapefile* de pontos.

A organização e a catalogação das potencialidades e limitações dos dados brutos do OSM, de modo que possa auxiliar o Poder Público Municipal na tomada de decisões, permitiu a análise da completude dos dados OSM e a posterior elaboração dos produtos cartográficos a partir desses dados.

4.1.1 Completude dos dados do *OpenStreetMap*

A Norma para Especificação Técnica de Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais elaborada pelo IBGE e DSG preconizam quais feições devem constar nos produtos em diferentes escalas e seus excessos e omissões podem ser quantificados em porcentagem. O objetivo de analisar a completude de vetores de edificações do OSM, nesta pesquisa, foi indicar as limitações do uso desses dados na proposição de produtos cartográficos.

De acordo com o IBGE (2017), inspecionar a completude de um dado demanda a utilização de amostras que estabelecem um parâmetro de aprovação ou reprovação do produto cartográfico. Esse indicador deve ser calculado operando o banco de dados em análise e um banco de referência. Entretanto, devido à falta de materiais cartográficos na prefeitura de Alvarães, optou-se por realizar a análise visual da completude de edificações do *OpenStreetMap* considerando como referência dois levantamentos fotogramétricos realizados. Ressalta-se que devido às limitações dos ortomosaicos em relação às informações nominais, foram realizadas verificações na comissão e omissão da morfologia dos vetores OSM nos locais onde foram feitos os levantamentos.

Para a análise da completude das edificações, foram adotados ortomosaicos de duas áreas com características distintas: a) área com significativa quantidade de edificações e com urbanização consolidada com 0,25 km² de área, definida a partir da observação em imagens da série temporal *LandSat*, disponíveis na *United States Geological Survey EarthExplorer* dos anos 1991, 2000 e 2010, com resoluções de 30 metros e; b) área com quantidade alta de edificações em expansão, definida a partir de entrevista com moradores com 0,19 km² de área. Ressalta-se que essas duas áreas estão inseridas na área de estudo⁴⁰ de 2 km². A figura 25 apresenta as duas áreas analisadas. Para evitar análises errôneas, foram desconsideradas as bordas das imagens.

A primeira análise consistiu na observação do local com urbanização consolidada, utilizando os dados OSM de julho de 2022. A partir desta, foi detectada uma omissão de dados concentrados em uma parte da área. Por ser usuária cadastrada na plataforma e contribuir constantemente, as edificações ausentes dessa área, em específico, foram mapeadas. A segunda análise, considerando ambas as áreas (A e B), foi realizada utilizando dados OSM adquiridos em fevereiro de 2023.

Nos cálculos, foram consideradas a falta de atualização das imagens disponíveis no *OpenStreetMap*. Para isso, foram quantificados apenas os itens comissos e omissos que estavam representados na imagem da empresa *Maxar Technologies* do ano de 2020. Os itens ausentes devido à defasagem temporal da imagem disponível no OSM e dos levantamentos fotogramétricos dos anos de 2022 e 2023 foram quantificados separadamente.

Para calcular a comissão e omissão de itens, adotou-se as seguintes equações, respectivamente:

$$C=N1/N.$$

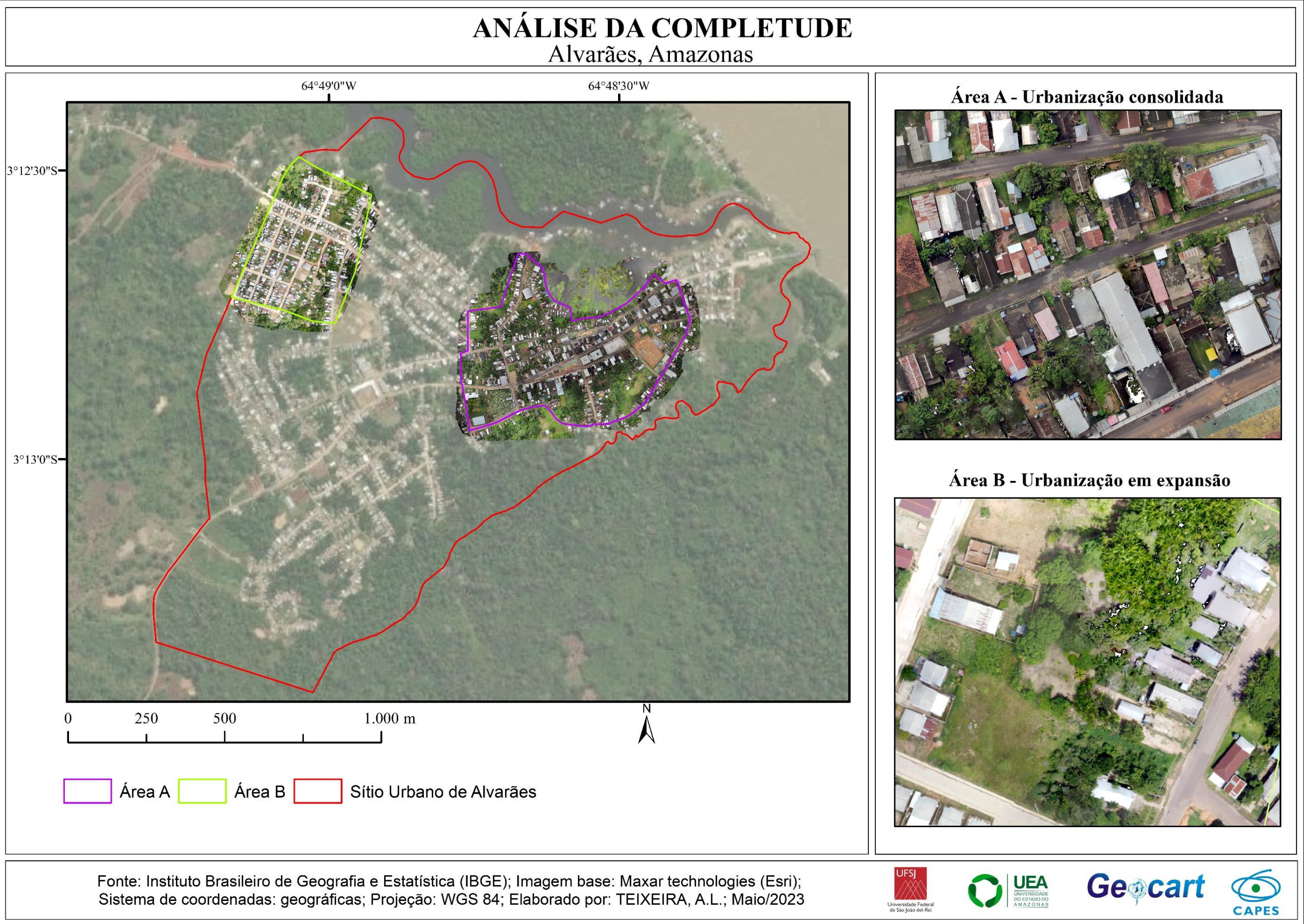
⁴⁰ Devido à autonomia de bateria da ARP utilizada na pesquisa, não foi possível o levantamento aéreo de todo local de estudo. Apesar disso, as áreas escolhidas apresentam características similares às outras áreas.

$$O=N1/N.$$

Onde C é a comissão de itens; N1 é o número de itens em excesso ou ausentes; N é o número de ocorrências na base de referência e; O é a omissão de itens.

As pesquisas de Elias (2019), Elias e Fernandes (2021), Kaur *et al.* (2017), Dalmolin e Leal (2001) e as publicações do IBGE (2017) e INDE (2016) aprofundam as discussões, aplicações e técnicas da completude e outros parâmetros da norma técnica em dados geoespaciais. A análise da completude utilizando duas áreas com características distintas permitiu elencar as limitações de produtos cartográficos gerados considerando os dados do OSM

Figura 25 - Áreas de análise da completude dos dados OSM



Fonte: Autora (2023).

4.1.2 Elaboração de produtos cartográficos

Na pesquisa buscou propor a elaboração de produtos cartográficos úteis ao poder público, apresentando suas potencialidades e limitações dos dados em formatos e escalas múltiplas e das tecnologias da IG. No quadro 9, apresentam-se as informações sobre os produtos cartográficos propostos.

Quadro 9 - Produtos cartográficos propostos			
Formato do dado	Ano de coleta	Tecnologias da Informação Geográfica	Produto cartográfico
Linha OSM + fotografias geolocalizadas	2022 e 2023	<i>OpenStreetMap</i> e <i>Mapillary</i>	Tipos de pavimentação
Linhas OSM	2023	<i>OpenStreetMap</i>	Logradouros de Alvarães
Polígonos OSM + Pontos OSM + Pontos com informações	2022	<i>OpenStreetMap</i> e <i>Kobo ToolBox</i>	Cadastro de comércio no município

Fonte: Autora (2023).

As análises dos produtos cartográficos elaborados a partir dos dados IGV coletadas permitiu atribuir potencialidades, bem como indicar caminhos acessíveis para o aprimoramento desses dados, por exemplo utilizando ortomosaicos e outras tecnologias. A projeção cartográfica utilizada nestes produtos foi padronizada a WGS 84, tendo em vista que a projeção inicial dos dados do OSM.

Diante do arcabouço teórico e prático detalhado até aqui, o próximo tópico tem como objetivo apresentar tecnologias que podem aprimorar a utilização desses dados gratuitos pelo Poder Público Municipal, como ARP e receptores GNSS.

4.2 Coleta e avaliação de dados fotogramétricos

Os procedimentos iniciais para coleta e análise de dados fotogramétricos oriundos da ARP DJI Mini 2 e do receptor U-blox Arduino GNSS RTK podem ser divididos em três etapas fundamentais para a validação dos produtos e dos equipamentos. São elas: planejamento, coleta e processamento dos dados. Os materiais e objetivos utilizados nessa etapa são descritos na Tabela 10.

Tabela 10 – Equipamentos e programas utilizados durante o último trabalho de campo

Material	Finalidade
<i>ARP DJI Mini 2</i> (Certificação Classe 3) ⁴¹	Realizar levantamento aerofotogramétrico.
Programa <i>QGround Control</i>	Elaboração das linhas de caminho e dos parâmetros de sobreposição.
Programa <i>Litchi</i>	Programação de voo.
U-blox Arduino GNSS RTK (base e <i>rover</i>) ⁴²	Rastreamento de coordenadas.
Aplicativo GNSS Master	Conectar o celular a base e fixar o ponto após as 4 horas de rastreamento
Aplicativo SW Maps	Gerar arquivos de observação e coleta de pontos com o <i>rover</i>
<i>OpenDroneMap (ODM)</i>	Processamento e ortorretificação de imagens.
<i>QGIS</i>	Análise da área e dos resultados do processamento dos dados

Fonte: Autora (2023).

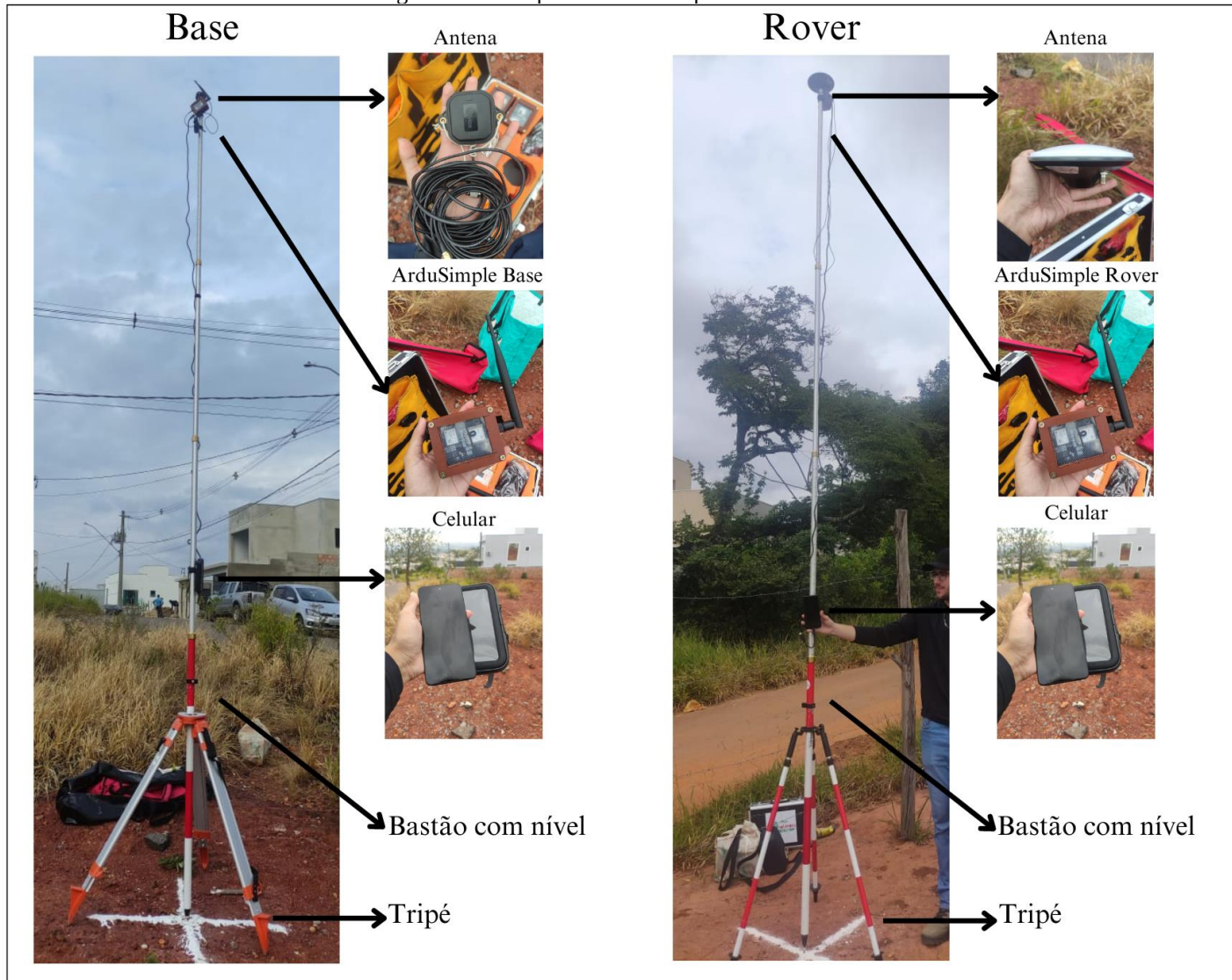
A interoperabilização nos programas *QGround Control* e *Litchi* foi utilizada para a elaboração do plano de voo e a definição dos parâmetros necessários para a elaboração dos produtos fotogramétricos. A ARP DJI Mini 2 foi analisada também como uma alternativa de baixo custo para coleta de dados.

Para o rastreamento das coordenadas com o objetivo de aumentar a acurácia dos produtos fotogramétricos, foi utilizado o RTK U-Blox Arduino com módulos base e *rover* (Figura 26). Para o pós-processamento dos dados e produtos, utilizaram-se o *software* de processamento de dados fotogramétricos gratuito ODM e o SIG QGIS.

⁴¹ A ARP e o programa *Litchi* foram cedidos pelo Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento da Universidade Federal de São João del-Rei e pelo Projeto Unificar Ações e Informações Geoespaciais pertencente à rede *Youthmappers*.

⁴² O receptor faz parte do projeto “Mapeamento colaborativo e inclusivo do Médio Solimões” financiado pelo *Humanitarian OpenStreetMap Team* – HOT Hub Latino Americano e Caribenhos.

Figura 26 – Componentes do receptor GNSS



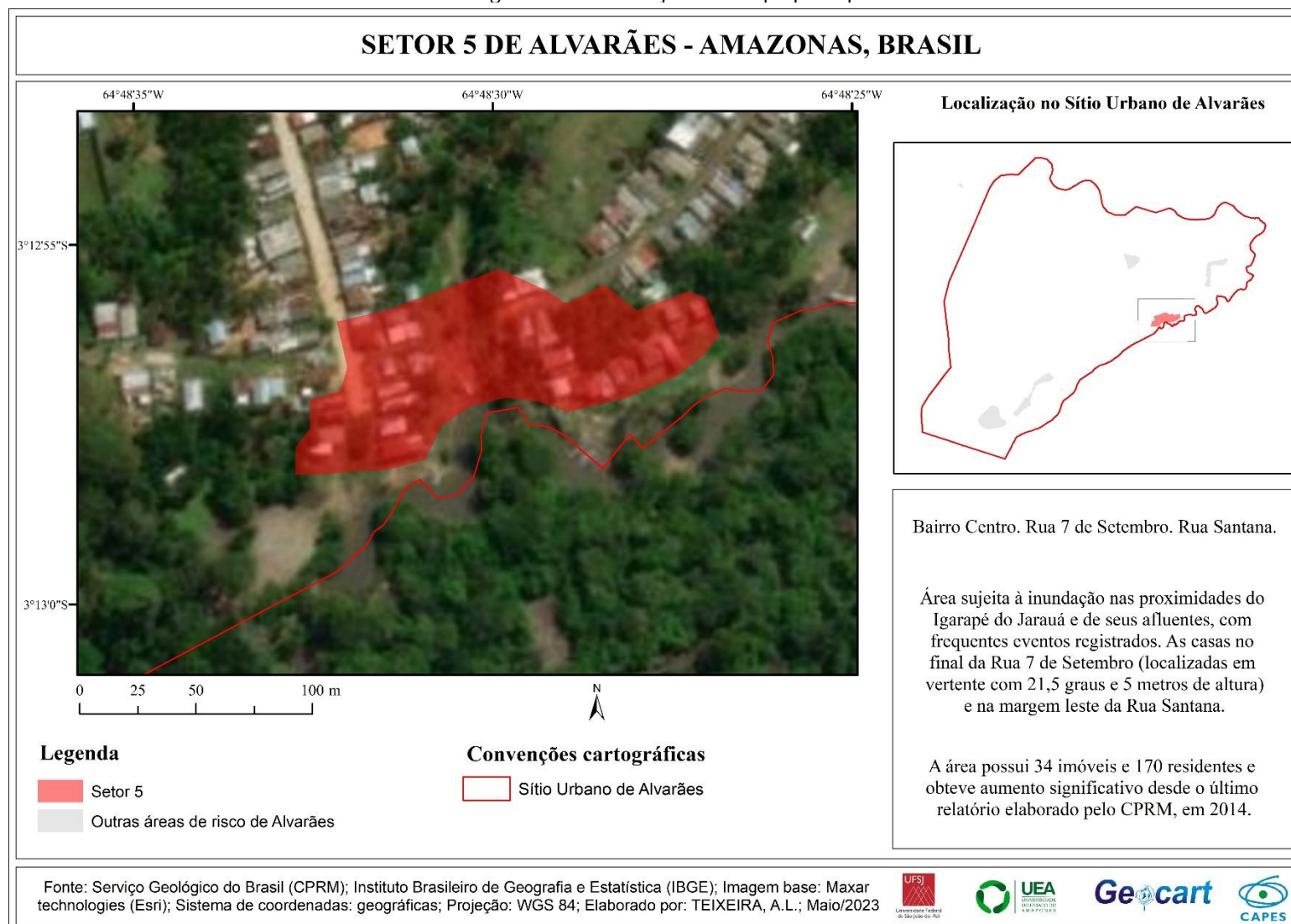
Fonte: Autora (2024).

A partir dos materiais utilizados, foram realizados testes da qualidade e aplicabilidade deles para o Poder Público Municipal.

Os procedimentos iniciais para o planejamento da coleta de dados com as tecnologias citadas consistiram em:

- Definição de uma área de risco (Figura 27) para a aplicabilidade das tecnologias ARP e receptor GNSS, além da divisão da área em duas, caso houvesse algum problema em campo;
- Programação do voo a partir da interoperabilização dos programas *QGround Control* e *Litchi* com os parâmetros necessários (80% de sobreposição lateral e 80% de sobreposição frontal) para um voo com 85 metros de altura;
- Definição do local onde a base do GNSS seria instalada a partir da análise de ortomosaicos obtidos em trabalhos de campo anteriores;
- Definição da espacialização dos locais de coleta dos pontos com o *rover* do GNSS também a partir da análise dos ortomosaicos;
- Método de identificação dos pontos (base e *rover*) nas imagens – materialização; e
- Logística de deslocamento da equipe e do equipamento para todos os locais de coleta de dados.

Figura 27 – Localização Setor 5 proposto pelo SGB.



Fonte: Autora (2024).

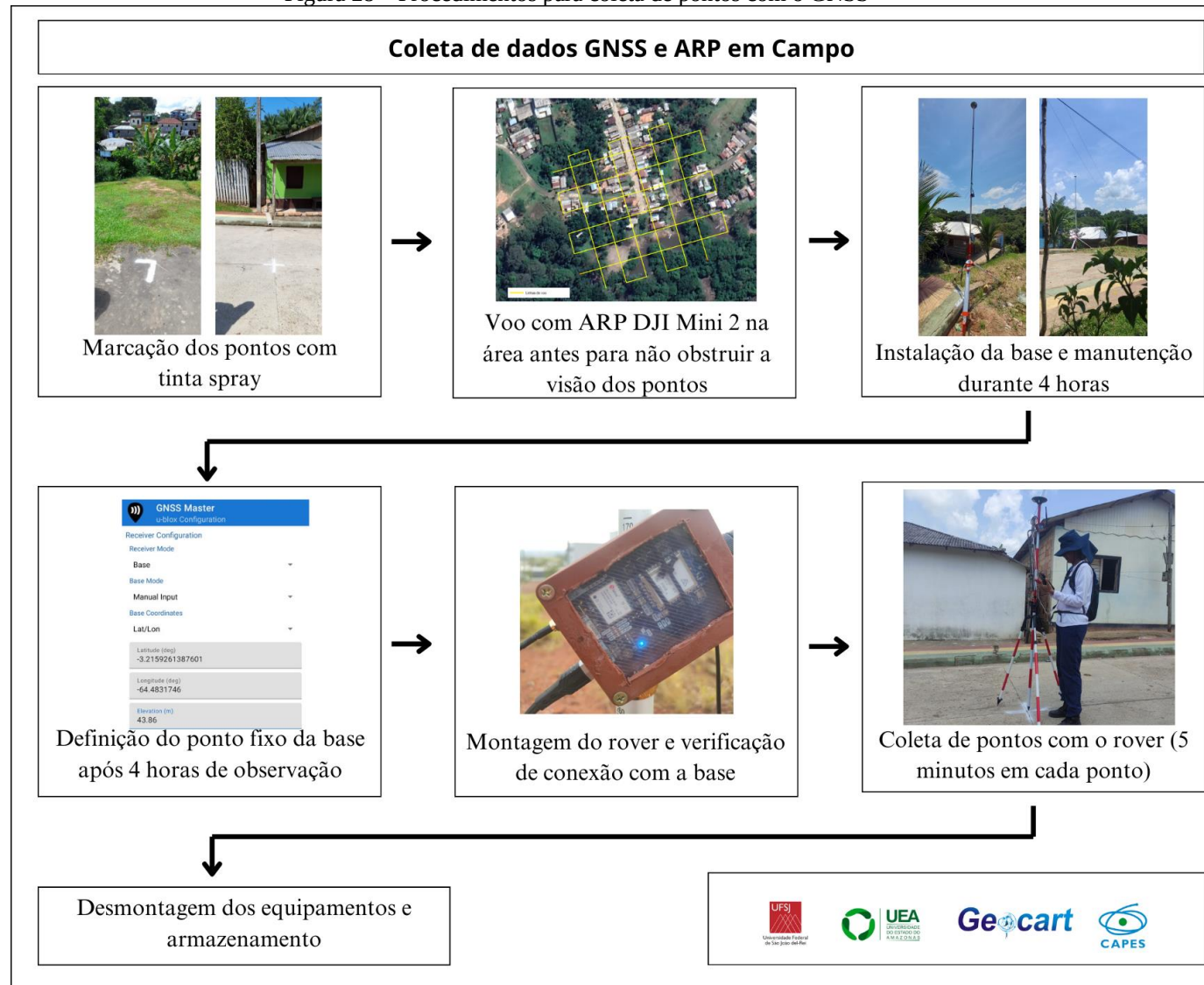
Ressalta-se que o Setor 5 foi escolhido devido a logística facilitada para o transporte de pessoas e equipamentos até o local.

A coleta a partir das tecnologias citadas ocorreu durante dois dias. Para a montagem e execução do receptor U-blox ArduinoSimple GNSS RTK e sua interação com a ARP DJI Mini 2, foram estabelecidos critérios de acordo com a literatura científica para minimizar erros e aumentar a acurácia dos pontos e, conseqüentemente, dos produtos. A Figura 28 ilustra os procedimentos realizados.

No primeiro dia, foi realizada a materialização dos pontos, o voo cruzado das duas áreas preestabelecidas no Setor 5 proposto pelo SGB (total de quatro voos) e a instalação da base para observação durante quatro horas. A materialização dos pontos foi feita com tinta *spray* anterior ao levantamento aéreo para que fosse possível identificar as marcações nas imagens. O voo foi feito após as marcações para que a base e o *rover* em cima dos pontos não atrapalhassem a identificação. Devido ao calor e à seca extrema da Amazônia no período do trabalho de campo, o celular superaqueceu e um cabo foi danificado. Por isso, os dados não puderam ser utilizados, obrigando a equipe a retornar no dia seguinte e a instalar a base novamente.

No dia seguinte, a equipe retornou à área de estudo para a reinstalação da base durante as quatro horas. Para mitigar os danos do dia anterior, foi utilizada uma bolsa estanque com água trocada frequentemente em contato com o celular para que ele não superaquecesse. Ao final das quatro horas, foram fixadas as coordenadas geográficas que estavam no aplicativo SW Maps na base para que o *rover* pudesse utilizá-las e foi gerado um arquivo no formato .ubx para o pós-processamento dos dados.

Figura 28 – Procedimentos para coleta de pontos com o GNSS



Fonte: Autora (2024).

A equipe realizou a coleta dos pontos com o *rover* em apenas metade da área do Setor 5 devido ao calor extremo e à ameaça às condições físicas de saúde dos integrantes da equipe. Tanto a base quanto o *rover* foram instalados utilizando tripés e bastões para que os receptores ficassem estáticos e nivelados durante a coleta. Ao final da coleta, foram gerados três tipos de arquivos fundamentais para o processamento dos dados. São eles:

- Arquivo *.ubx* das observações de quatro horas da base gerado pelo aplicativo SW Maps;
- Par de coordenadas geográficas que foram fixadas na base no aplicativo GNSS Master; e
- Tabela *Excel* com as coordenadas coletadas com o *rover* exportado dentro do aplicativo SW Maps.

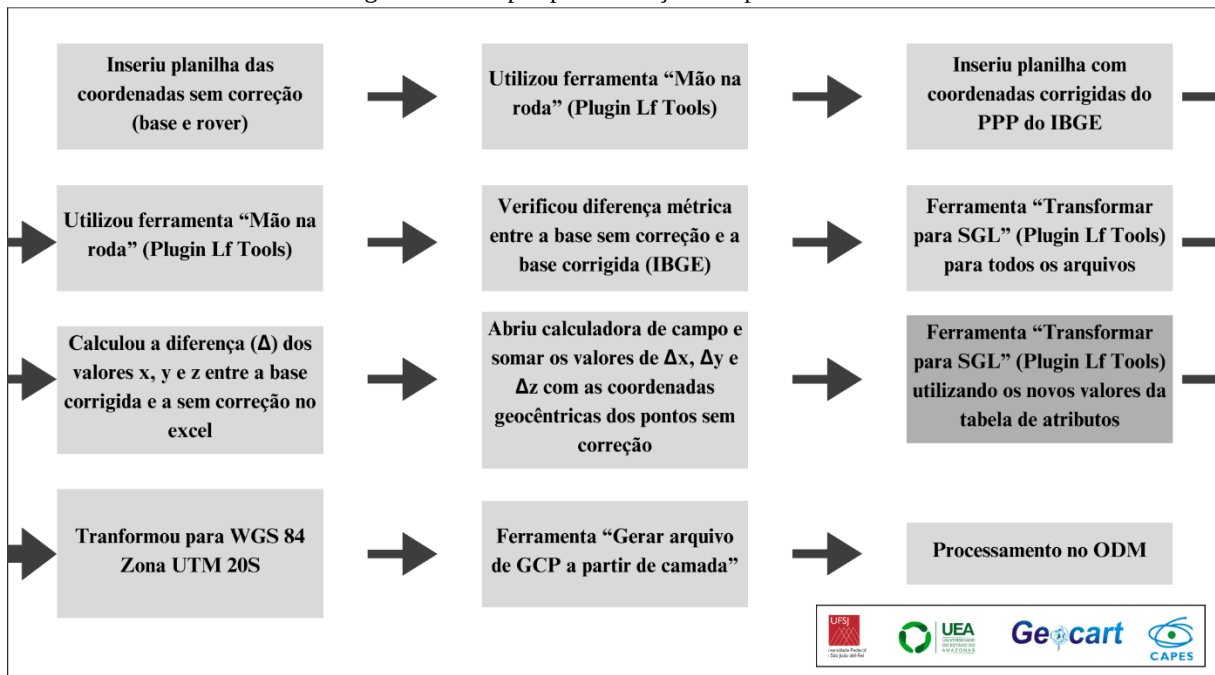
Inicialmente, analisaram-se os dados gerados em consonância com as informações coletadas em campo. O arquivo em *.ubx* das observações foi transformado em *RINEX* pelo aplicativo *EMLID Studio*. Esse aplicativo permite processar dados brutos coletados por receptores GNSS e realizar o pós-processamento para obter dados de alta precisão, já que usa algoritmos avançados que corrigem erros e melhoram a qualidade dos dados. No aplicativo, foi inserida a altura em que a base foi instalada em campo (4,6 metros) para que o arquivo *RINEX* tivesse essas informações. Após a geração do arquivo *RINEX*, este foi submetido à plataforma de pós-processamento de dados GNSS – PPP IBGE⁴³ para a geração do relatório de processamento e correção de efemérides e relógios de satélites. No relatório, são geradas as coordenadas (latitude, longitude e altitude) corrigidas de onde a base foi instalada.

Após a correção dos dados brutos, realizou-se a correção das coordenadas do *rover* a partir da diferença geocêntrica entre a base fixada em campo fornecida pelo aplicativo SW Maps e as coordenadas corrigidas de acordo com o relatório do PPP do IBGE. Essa correção foi realizada no *software* QGIS devido à precariedade da *internet* no local para a fixação do ponto corrigido na base antes da coleta dos pontos com o *rover*⁴⁴. As etapas realizadas são descritas na Figura 29.

⁴³ No site do IBGE, foi indicado o modelo de antena AS-ANT2BCAL NONE.

⁴⁴ As etapas utilizadas neste procedimento tiveram como base os cursos “Processamento de imagens de drone no WEBODM e QGIS” e “GNSS na prática” da plataforma GeoOne bem como aulas do professor Leandro França, do Instituto Federal da Paraíba (IFPB), e desenvolvedor *plugin* do QGIS LF Tools, que é gratuito e contém ferramentas para a produção cartográfica, levantamentos topográficos e mapeamento com drones, Processamento Digital de Imagens (PDI) e gerenciamento de banco de dados geográficos.

Figura 29 – Etapas para correção dos pontos RTK



Fonte: Adaptado de Leandro França (2024)

Para o desenvolvimento dessa etapa, foram utilizados o *Plugin LF Tools* e correções das diferenças no *Excel* e na tabela de atributos dos dados. No final do processamento, foi gerada uma camada de pontos em formato *Geopackage* com as coordenadas (x, y e z) corrigidas. A partir de todas as coordenadas corrigidas, criou-se um arquivo *.txt* para processamento em conjunto com as imagens obtidas com a ARP DJI Mini 2.

A partir dos procedimentos adotados para a coleta de dados com o GNSS e a utilização deles para o processamento fotogramétrico com o ODM, os dados corrigidos e validados permitiram a elaboração de produtos bem como a avaliação da qualidade deles descrita no tópico a seguir.

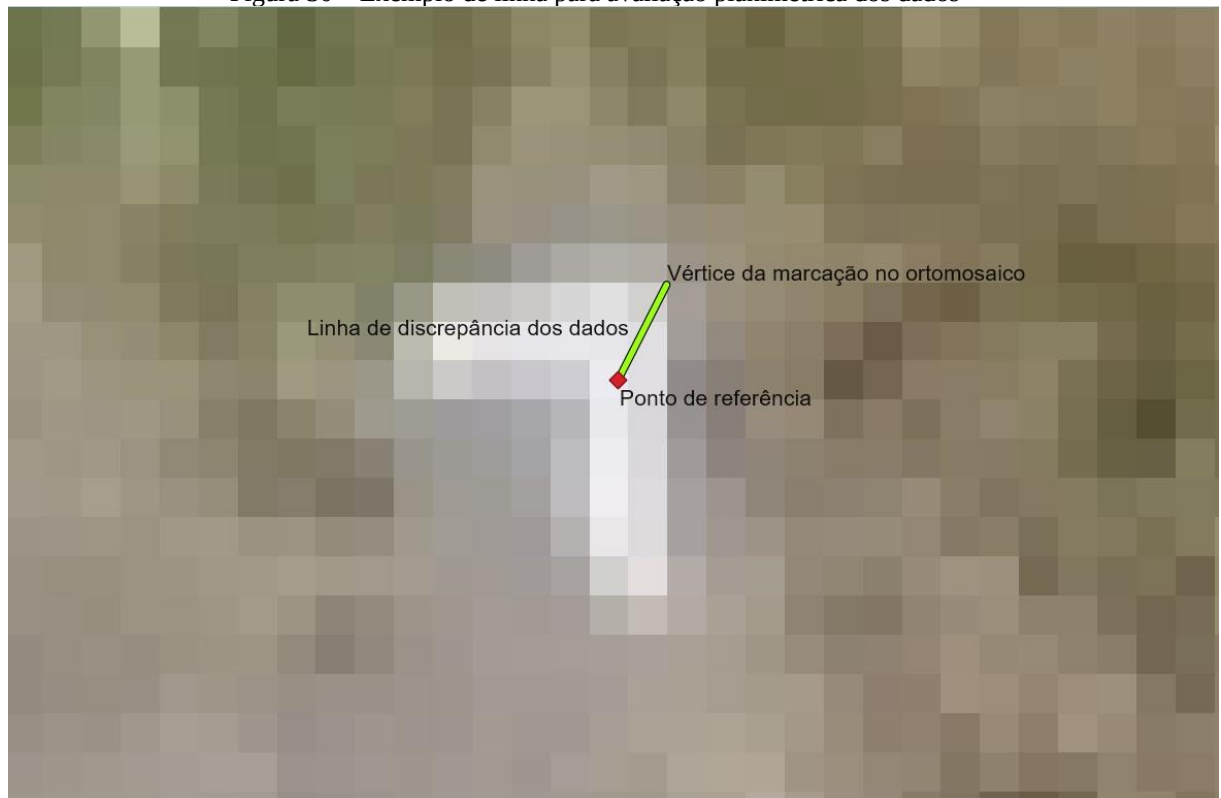
4.2.1 Avaliação da qualidade dos dados e elaboração de produtos cartográficos

A partir dos dados coletados em campo com as tecnologias da IG citadas (ARP DJI Mini 2 e receptor U-Blox Arduíno GNSS RTK), todos os dados, sendo eles imagens oriundas do levantamento aéreo com ARP e dados da base e dos *rover* em formato de texto, foram inseridos no programa *OpenDroneMap*. Por meio da linha de processamento do ODM, foram gerados o Ortomosaico e o Modelo Digital de Terreno (MDT).

Inicialmente, analisaram-se a ortorretificação no ortomosaico resultante e a presença de pontos nulos no ortomosaico e nos modelos digitais de elevação. Esses procedimentos foram realizados de forma visual no ambiente do SIG QGIS.

Posteriormente, analisou-se a acurácia posicional e altimétrica dos dados no SIG QGIS. Para a análise dos dados planimétricos, foram adquiridas linhas que começam no centro do alvo no ortomosaico processado com os pontos de controle até o ponto corrigido (Figura 30). Ressalta-se a necessidade de os dados de referência (pontos de controle em formato de ponto) e dados analisados (Ortomosaico) estarem com o mesmo sistema de projeção. Na pesquisa, adotou-se o Sistema de Referência Geodésico (Datum) WGS 84, que é o arquivo de saída dos dados do ODM.

Figura 30 – Exemplo de linha para avaliação planimétrica dos dados



Fonte: Autora (2024).

Após a aquisição de todas as linhas, utilizou-se o *script* disponibilizado pelo professor Leandro França no curso “Processamento de Imagens de drone no WEBODM e QGIS”. Para utilizá-lo, é necessário instalá-lo previamente no QGIS e executá-lo de acordo com as informações solicitadas. As feições de entrada para a ferramenta devem ser linhas de, apenas, dois vértices. O primeiro vértice deve corresponder ao ponto teste e o segundo vértice ao ponto de referência. Como saída do *plugin*, é gerado um relatório com os seguintes dados: cálculo

das discrepâncias em X e Y e relatório do Padrão de Exatidão Cartográfica com resultado REMQ e sua classificação conforme o PEC-PCD.

Para a avaliação do Modelo Digital de Elevação, adotou-se o MDT. Para a avaliação da qualidade do MDT, também foi utilizado um *script* disponibilizado pelo professor Leandro França no curso citado. O *script* utiliza a altura referência dos pontos coletados e corrigidos com o receptor GNSS e a altura correspondente do mesmo local no Modelo adotado utilizando o método Bilinear; no caso desta pesquisa, o MDT.

Realizou-se, também, a análise da nuvem de pontos gerada pela linha de processamento do ODM. A nuvem de pontos é o material que origina os demais produtos gerados por *softwares* de processamento. Ou seja, sua qualidade é crucial para a consequente qualidade dos demais produtos. Para a análise, também, foi utilizado o *script* disponibilizado através do curso do professor Leandro. Para esta análise, é necessária, antes da utilização da ferramenta, a transformação do arquivo com as extensões .Las/.Laz em um arquivo .txt que contenha as coordenadas X, Y e Z de todos os pontos da nuvem. Para essa transformação, utilizou-se a ferramenta LAsTools – conversão – las2txt. Como saída dos dados, o relatório de processamento (*script*) fornece o cálculo das discrepâncias em Z para o ponto da nuvem mais próximo do ponto de checagem e o relatório do Padrão de Exatidão Cartográfica com resultado do REMQ e classificação conforme o PEC-PCD.

Ressalta-se que as análises realizadas com os *scripts* podem ser feitas com ferramentas do *Excel* e da calculadora de campo do QGIS e com fórmulas para a geração dos parâmetros de qualidade posicional instituídas pela DSG.

A partir da avaliação dos produtos gerados no processamento dos dados da ARP e GNSS, optou-se por apresentar dois produtos fotogramétricos principais com projeção cartográfica utilizada na cartografia oficial no Brasil – SIRGAS 2000 (Tabela 11). Para a elaboração de ambos, foram utilizados os SIGs QGIS 3.28.14 e *ArcGIS Desktop 10.8*. Destaca-se que o objetivo da pesquisa foi mostrar as possibilidades na utilização das tecnologias abordadas. Por isso, optou-se por apresentar produtos que podem ser utilizados como base para mapeamentos temáticos e elaboração de outros produtos com acurácia posicional adequada ao Poder Público Municipal para áreas de interesse; por exemplo, as de risco.

Tabela 11 – Produtos cartográficos propostos

Formato do dado	Ano de coleta	Produto
Ortofoto	2023	Ortomosaico de parte do setor 5 (SGB)

Modelo Digital de Terreno	2023	Cartas planialtimétrica de parte do Setor 2 (SGB)
---------------------------	------	---

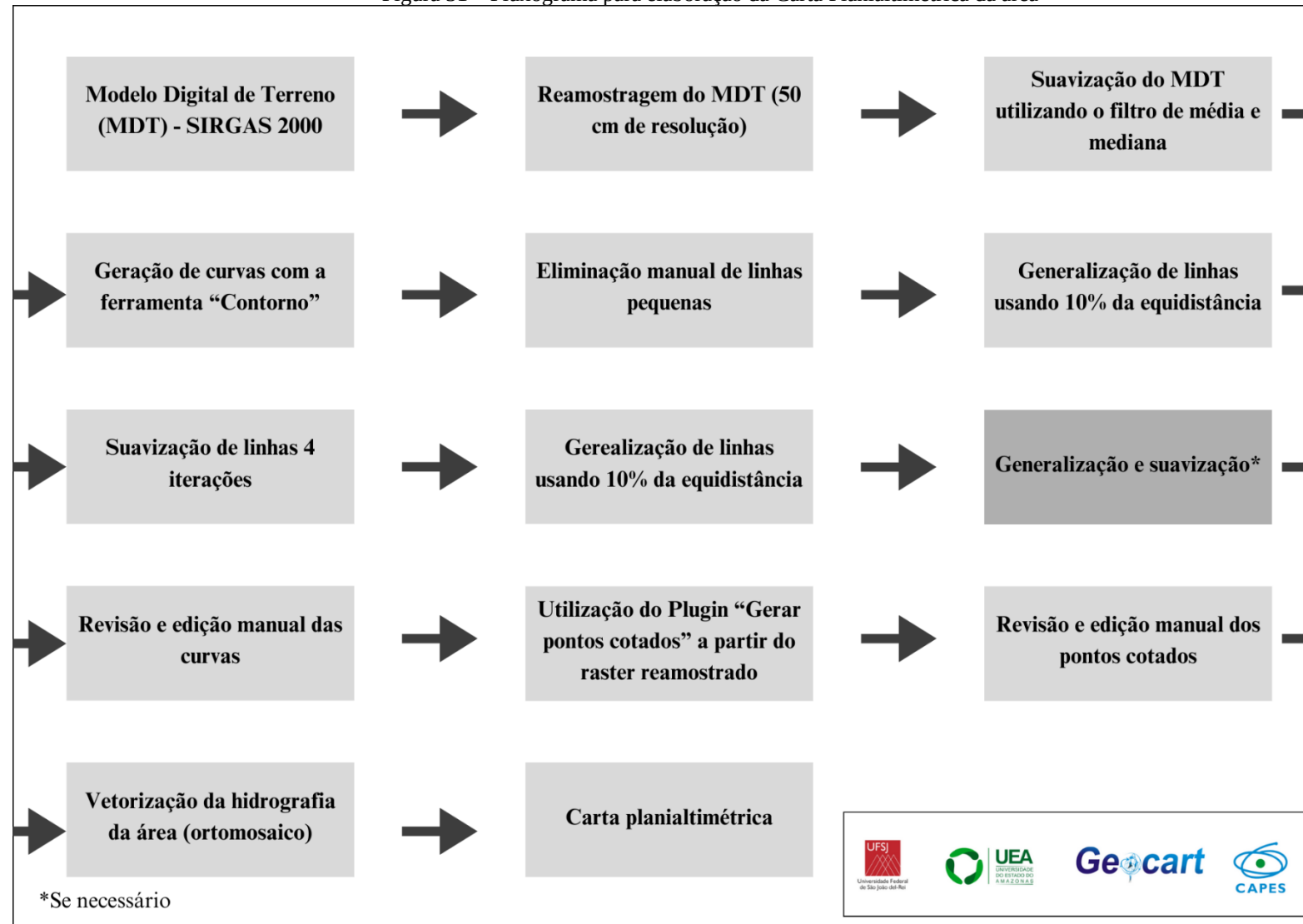
Fonte: Autora (2023).

Para a elaboração do ortomosaico da área proposta, foram considerados os aspectos limítrofes do produto gerado a partir da linha de processamento do ODM. Inicialmente, observaram-se os pontos nulos contidos no ortomosaico, a resolução (média do GSD), a ortorretificação e os erros de GPS⁴⁵ e GCPs inseridos nele. A partir dessa análise, foram citados mapas temáticos que podem ser elaborados a partir do produto, considerando suas limitações e potencialidades frente ao Poder Público Municipal de Alvarães.

As cartas planialtimétricas da área de estudo foram elaboradas a partir da geração de curvas de nível e pontos cotados. Inicialmente, definiu-se a escala em que o produto apresenta qualidade posicional satisfatória (classes A e B) para que fosse possível definir as equidistâncias das curvas de nível do material. A partir da definição das equidistâncias, é necessário o processamento dos dados para que os dados sejam fidedignos à realidade (Figura 31).

⁴⁵ Nomenclatura utilizada pelo ODM.

Figura 31 – Fluxograma para elaboração da Carta Planialtimétrica da área



Fonte: Autora (2024).

Para reamostrar o MDT, utilizou-se o método de média e definiu-se o valor de 50 cm para a resolução do arquivo de saída nas unidades georreferenciadas do alvo. Esse processo minimiza detalhes errôneos e ruídos que aparecem com a elaboração das curvas de nível a partir do MDT com 5 cm. Na suavização por média e mediana do MDT, utilizou-se o *plugin* LF Tools – Filtro de MDE. Essa ferramenta aplica a técnica de filtragem no raster pixel a pixel, baseando-se nos valores dos níveis de cinza dos pixels vizinhos. A partir dos primeiros processamentos, aplicou-se a ferramenta de “Contorno” para gerar as curvas que foram trabalhadas com equidistância de 2 e 5 metros. Esses valores foram definidos de acordo com os resultados obtidos com a avaliação da PEC.

Para a eliminação manual de linhas pequenas, adotou-se a ferramenta de seleção utilizando a tolerância de 15 metros; ou seja, curvas com perímetro inferior a 15 metros foram excluídas. Além desses parâmetros, verificaram-se outras curvas que poderiam ser excluídas a partir da análise visual utilizando o ortomosaico.

A generalização de linhas foi feita para eliminar vértices desnecessários das curvas e utilizou-se a ferramenta “Simplificar”. Esse algoritmo simplifica geometrias em uma camada de linha, criando uma camada semelhante à de entrada, porém com menos vértices. Nessa etapa, utilizaram-se o método de simplificação de distância (Douglas-Peucker) e uma tolerância de 0,2 e 0,5 metros. Posterior à generalização, as curvas foram suavizadas pela ferramenta “Suavização” com quatro iterações. Esse número determina a quantidade de iterações de suavização; quanto maior o número, mais suaves serão as geometrias. A partir das feições suavizadas, aplicou-se, novamente, a generalização com 10% das curvas; no caso desta pesquisa, 0,2 m e 0,5 m. Ao final, as curvas foram revisadas e realizaram-se edições manuais de acordo com a área.

Para a geração dos pontos cotados da área de ambas as cartas, utilizou-se a ferramenta do LF Tools “Gerar pontos cotados”. Essa ferramenta gera uma camada de pontos cotados a partir do raster de MDT e de uma camada vetorial do tipo linha correspondente às curvas de nível. A partir da geração dos pontos, realizaram-se a revisão e edição manual e, por fim, a vetorização da hidrografia a partir do ortomosaico gerado durante a pesquisa. Esses dados permitiram a elaboração da Carta Planialtimétrica, salvo suas limitações, de parte da área proposta.

Para a geração final dos produtos elaborados, adotou-se um quadrante de recorte de modo a excluir as bordas do levantamento aéreo. Os produtos elaborados – Ortomosaico e Cartas Planialtimétricas – foram projetados para SIRGAS 2000 e avaliados quanto à sua aplicabilidade para o Poder Público Municipal, onde inexistia base de dados cartográficos. Ao

longo das discussões acerca dos produtos, foram consideradas suas limitações e capacidades mediante a composição de uma base cartográfica consistente para o Poder Público de um município como Alvarães e que pode ser aplicada em qualquer outro lugar, salvo suas particularidades. Destaca-se que os métodos utilizados para a avaliação dos dados têm como base o IBGE e a DSG.

A seguir, apresentam-se os resultados.

5 RESULTADOS

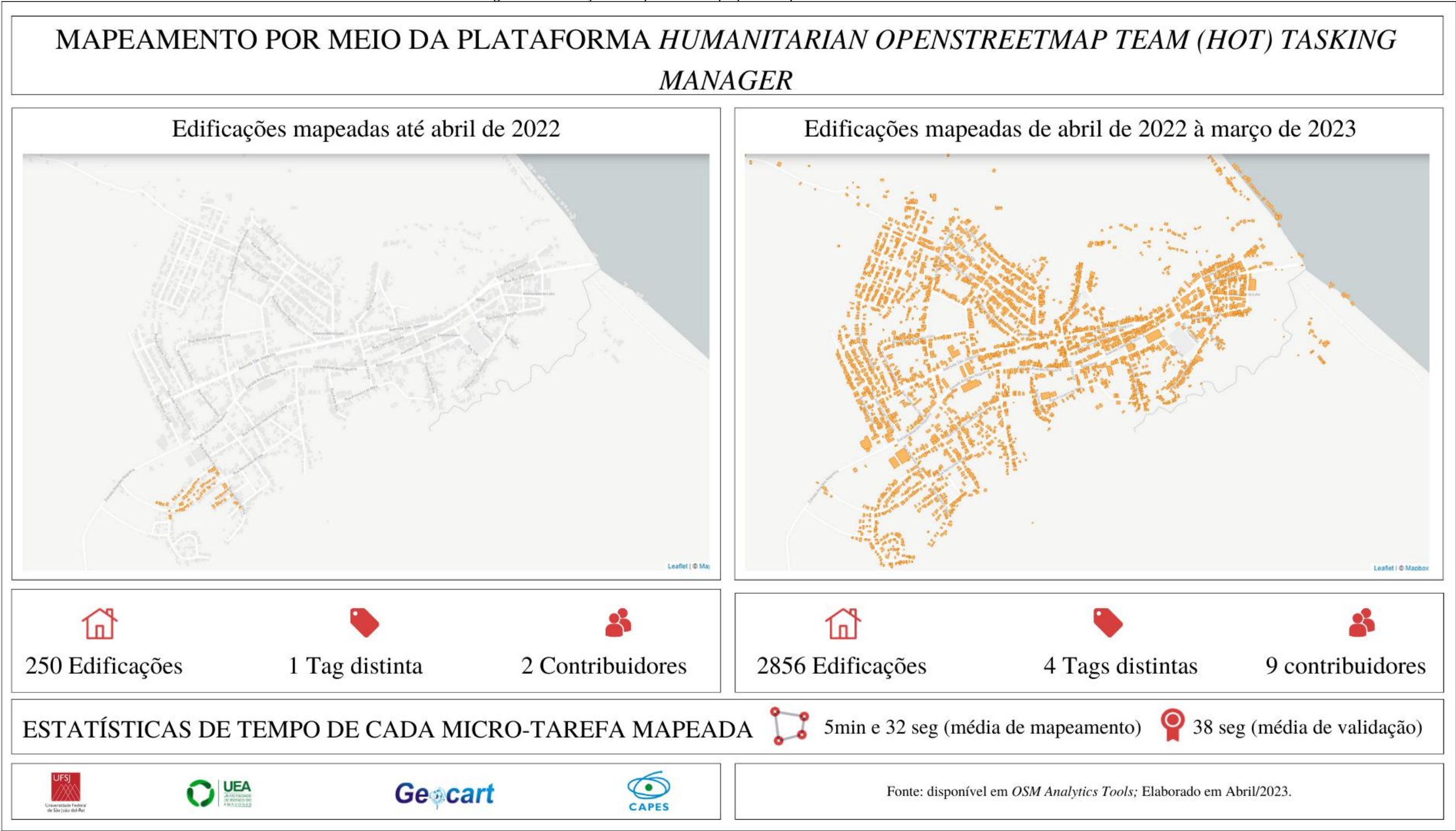
5.1 Etapas iniciais: Plataforma OSM e Mapillary

A análise dos dados na plataforma OSM mostrou que todas as vias da área urbana com quantidades significativas de edificações em Alvarães estavam mapeadas e que algumas possuíam topônimos. Além das vias, 10% das edificações já estavam vetorizadas, porém sem informações alfanuméricas (nomes, por exemplo). As terras Indígenas de Marajaí, Meria e Igarapé Grande, foram demarcadas em todo município pela FUNAI. As aldeias Olaria e Castanheirinha foram representadas por pontos e como fonte de inserção dos dados o IBGE. A rota do antigo porto do município, também, estava vetorizada em formato de linha. Na plataforma *Mapillary*, não constavam fotografias geolocalizadas da área de estudo e nem em outros locais do município.

A tarefa cadastrada na plataforma *HOT Tasking Manager* obteve sete contribuidores que totalizaram 2.940 edições no mapa, sendo divididos em 212 conjuntos de alterações. Todas as microtarefas correspondentes à primeira área cadastrada foram mapeadas e, posteriormente, validadas para que os erros fossem mitigados. A figura 32 apresenta esse quantitativo.

Esse aumento significativo nos dados após o cadastro da área apresenta resultados favoráveis quando há necessidade de geração rápida de dados sobre determinada área, por exemplo durante desastres, como ocorreu no Haiti em 2010 após o terremoto que atingiu o país (vide página 36) ou em desastres mais recentes como no Rio Grande do Sul. Para o Poder Público Municipal de locais que inexistem base de dados para a construção da cartografia básica, o cadastro da área e posterior validação se torna um procedimento que auxilia na logística da produção de dados e redução de recursos humanos e financeiros.

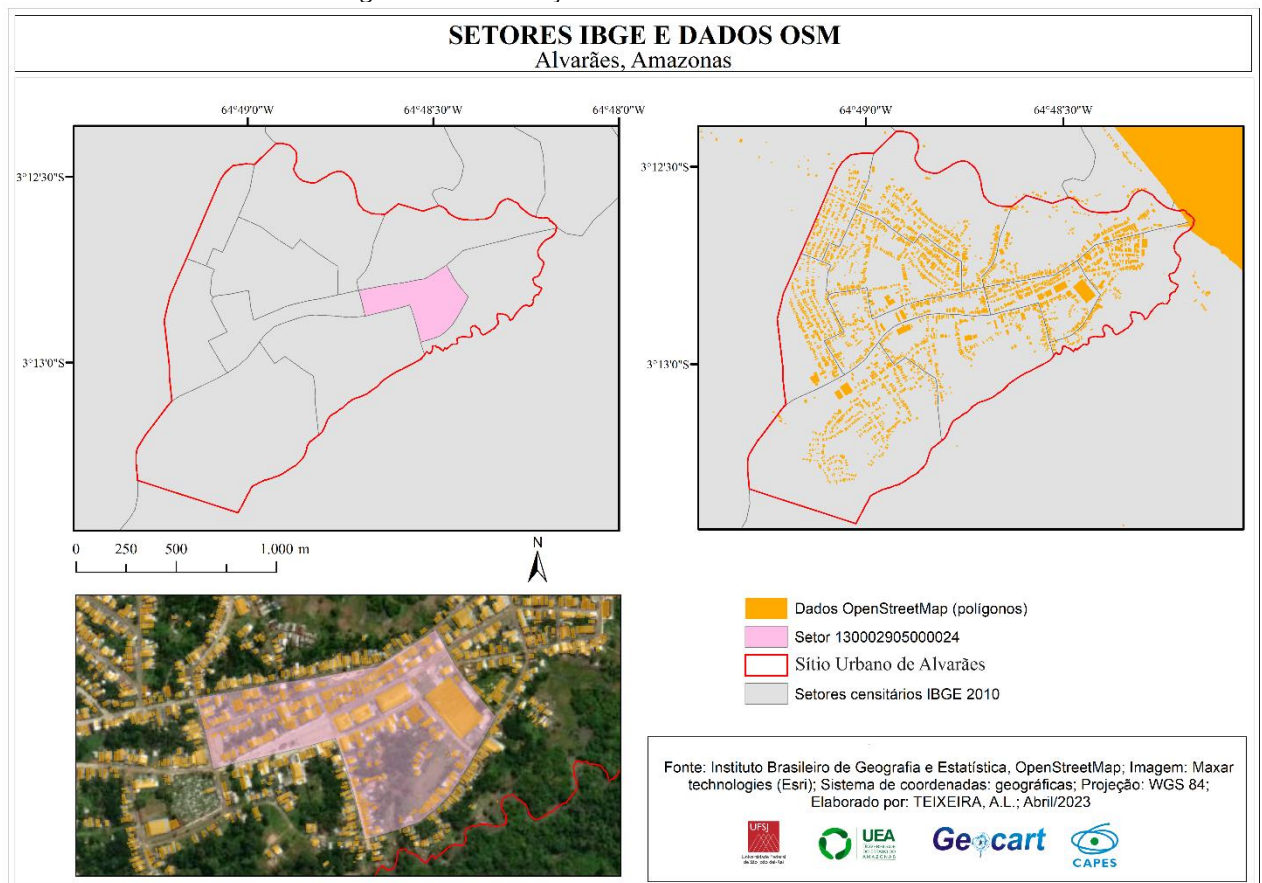
Figura 32 - Alterações no OpenStreetMap após o mapeamento das micro tarefas



Fonte: Autora (2013).

A análise dos dados OSM, em detrimento dos dados do IBGE de 2010, mostrou que apesar da extrema importância dos dados censitários para o desenvolvimento municipal, os polígonos homogêneos - separados por equipes de trabalho - dificultam a análise em escala de detalhe da área urbana no geral. Diante disso, a tomada de decisão utilizando apenas os setores do IBGE seria inviável, já que homogeneiza aspectos de uma área a todas as edificações. Por exemplo, o Setor 130002905000024 possui 183 Domicílios Particulares e Permanentes, destes 156 estão ocupados (IBGE, 2010). A importância desses tipos de dados é indiscutível, entretanto, se o gestor municipal de Alvarães, desejasse representar esses dados em um mapa para a proposição de políticas públicas precisaria recorrer a dados com escala maior (micro escalas com alto nível de detalhes), como os dados do *OpenStreetMap*. Apesar de os dados OSM não possuírem esse tipo de informação detalhada e não serem possíveis de realizar medições para saber a área e perímetro das edificações e terrenos, funcionários da prefeitura podem coletar os dados e inseri-los na plataforma do OSM, que é gratuita, ou até mesmo armazenar no banco de dados próprio, utilizando ferramentas gratuitas como o SIG QGIS e aplicativos de campo como o QField, tendo em vista que não seria necessário vetorizar todas as edificações novamente (Figura 33).

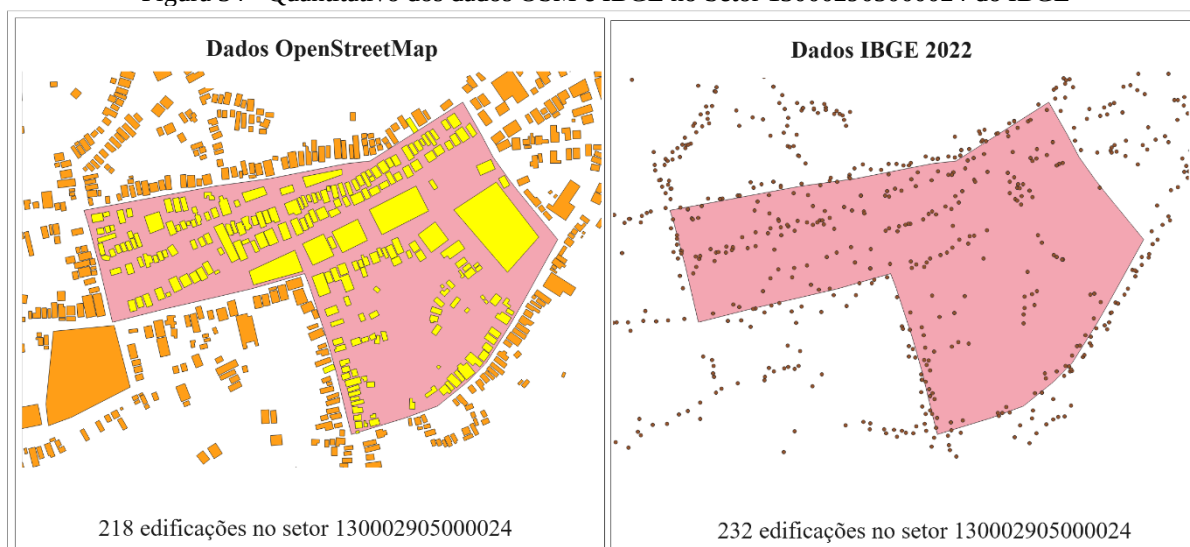
Figura 33 - Setorização censitária IBGE e dados OSM



Fonte: Autora (2023).

Em 2024, o IBGE divulgou pela primeira vez as coordenadas geográficas dos endereços do país de acordo com o censo de 2022⁴⁶. Essa divulgação torna os dados do OSM irrelevantes por um curto período de tempo para fins de contabilização de residências, tendo em vista a maior confiabilidade dos dados do IBGE. Entretanto, devido a atualização do censo ser demorada e por ser apenas representado por pontos, os dados OSM atualizados a partir de imagens anuais em conjunto com essas coordenadas geográficas dos endereços de todo o país podem compor uma base cartográfica consistente, permitindo que o poder público atualize e verifique sua base cadastral. A figura 33 representa o quantitativo dos dados de edificação do OSM no setor 130002905000024 e o quantitativo dos pontos das coordenadas de endereço disponibilizadas pelo IBGE sobre o censo de 2022 (Figura 34).

Figura 34 - Quantitativo dos dados OSM e IBGE no Setor 130002905000024 do IBGE



Autora (2024)

Apesar do quantitativo ser diferente, as análises mostraram grande concentração de pontos em um local específico da área. Nesses pontos, há grande ocorrência de “Estabelecimentos de outra finalidade”. A análise em detrimento do ortomosaico mostrou que o local estava passando por obras na imagem em que os dados OSM foram vetorizados e durante o levantamento aéreo com a ARP desta pesquisa, impossibilitando a conclusão do ocorrido (Figura 35).

⁴⁶ Disponível em <https://censo2022.ibge.gov.br/apps/pgi/#/mapa/>

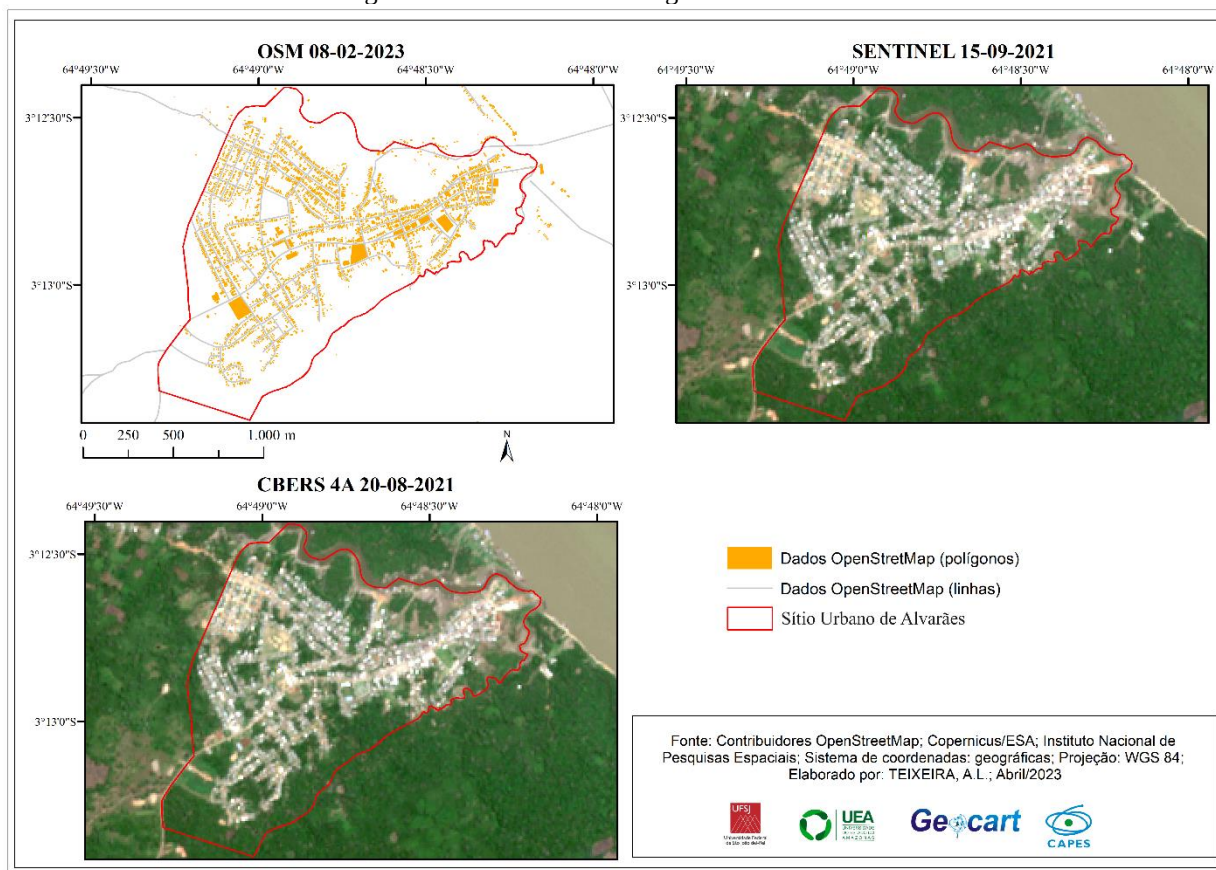
Figura 35 – Análise das coordenadas dos endereços com ortmosaico



Fonte: IBGE (2024).

A análise dos dados OSM, em detrimento das imagens *Sentinel* do ano de 2021, indicou que por meio dela não é possível realizar a identificação das edificações em consequência de sua resolução. Na prática, o período de revisita do satélite é de cerca de 5 dias, portanto, a utilização conjunta dos dados permitiria verificar a expansão urbana em uma escala temporal adequada. Apesar disso, em virtude da localização de Alvarães, situada em uma área com alta nebulosidade, e devido às condições atmosféricas não há imagens disponíveis de cinco em cinco dias.

Já a análise dos dados OSM, em detrimento das imagens *CBERS 4a* do ano de 2021, indicou que após a fusão das bandas é possível visualizar as edificações - mesmo que com certas limitações. Outra vantagem é a revisita do satélite a cada 31 dias, o que permite, também, a análise da expansão urbana e a verificação, pelo poder público, de novas construções. A figura 36 apresenta o comparativo dos dados disponíveis no OSM (mapeados a partir da imagem *Maxar Premium* com resolução maior ou igual a 50 cm) e as imagens *Sentinel* e *CBERS 4a* de 2021, ano com menor cobertura de nuvens.

Figura 36 - Dados OSM e imagens *Sentinel* e *CBERS*

Fonte: Autora (2023).

Além das imagens supracitadas, a análise dos dados OSM, em detrimento de imagens SRTM, apresentou que a inexistência de levantamentos planialtimétricos da área de estudo torna o SRTM um dado para análises limitadas sobre o relevo. Ademais, há uma base no OSM - *Open TopoMap* que permite a visualização do relevo com curvas de nível para todo o mundo com equidistância de 10 metros. Entretanto, essa base renderiza e interpola bases topográficas livres. Para a região Norte do Brasil, o único dado topográfico disponibilizado de forma gratuita é o SRTM cuja resolução espacial equivale a escala de 1:150.000, no mínimo. Além dele, existem apenas produtos comerciais ou do exército restrito. Portanto, a equidistância das curvas disponível no OSM, em locais como Alvarães, é incorreta e não deve ser utilizada. Já a utilização de ARPs em conjunto com receptores GNSS, podem auxiliar na elaboração de curvas de nível e plantas planialtimétricas de alguma área desejada, desde que sejam consideradas as suas limitações no planejamento, coleta e processamento dos dados.

Apesar das potencialidades e fidelidade na utilização de imagens de satélite, seu uso torna-se limitado em razão da demanda de fatores orçamentários como a contratação de recursos humanos, compra de computadores e programas para aquisição, processamento e

análises desses produtos. Além disso, como já destacado por Goodchild em 2007 (vide página 27), plataformas nas quais a população consegue interagir são capazes de espacializar fenômenos que imagens de satélite não permitem.

Os resultados da coleta de dados durante os trabalhos de campo e em laboratório permitiram a construção de uma base de dados para a elaboração de produtos cartográficos.

O primeiro campo realizado na área de estudo possibilitou a verificação da influência da cidade do médio curso do Rio Solimões. Como Alvarães é caracterizada como Centro-local, de acordo com as regiões de influência das cidades, ela apresenta maior domínio dentro do território municipal, por exemplo na oferta de serviços de saúde e educação, entretanto ainda possui dependência direta com a cidade de Tefé. O município de Alvarães é acessado via fluvial pelo Rio Solimões ou através do Lago de Tefé. Além disso, os moradores vão para Tefé em busca de serviços educacionais, econômicos e de saúde.

Durante o contato com o Poder Público Municipal, no período de realização dos trabalhos no primeiro campo, os funcionários relataram a ausência de produtos cartográficos que os auxiliem no planejamento, ordenamento e gestão. Dentre os principais fatores estão as limitações de internet em Alvarães, motivado pela distância das redes principais ou pelo valor da internet via satélite e de recursos humanos e financeiros para a elaboração e manutenção de uma base de dados. Os próximos dois tópicos têm como objetivo apresentar os resultados das coletas de dados em campo: IGV e de produtos fotogramétricos de modo a considerar as colocações elencadas até o momento.

5.2 Coleta e análise de dados IGV

Os resultados obtidos com as plataformas IGV durante os trabalhos de campo permitiram o levantamento de 21,98% da área de estudo fazendo uso do aplicativo *Mapillary*, já que antes não existiam dados. O levantamento possibilitou a visualização da cidade em dinâmica similar ao que é oferecida pelo *Google Street View* e possibilitou a observação de variáveis físicas e antrópicas do ambiente percorrido como, por exemplo, na identificação da pavimentação. Além disso, por ser considerada uma tecnologia IGV, todas as pessoas têm acesso aos dados e podem produzir informações atualizadas constantemente. A Figura 37 mostra a cobertura de dados *Mapillary* em Alvarães e exemplos das fotografias geolocalizadas.

Figura 37 - Dados Mapillary



Fonte: Autora (2023).

Os dados *Mapillary* da área são opostos aos resultados e análises apresentados por Juhász e Hochmair (2016) em razão de o *Google StreetView* apresentar maior cobertura em locais *on-road*, tendo em vista a inexistência de dados do *Google* para a área. Por serem dados heterogêneos que as pessoas coletam com seus *smartphones*, algumas imagens não seguem o padrão de levantamento e apresentam limitações na observação. Ademais, não é possível visualizar dados em 360° se foi utilizada uma câmera comum para captura (Figura 38).

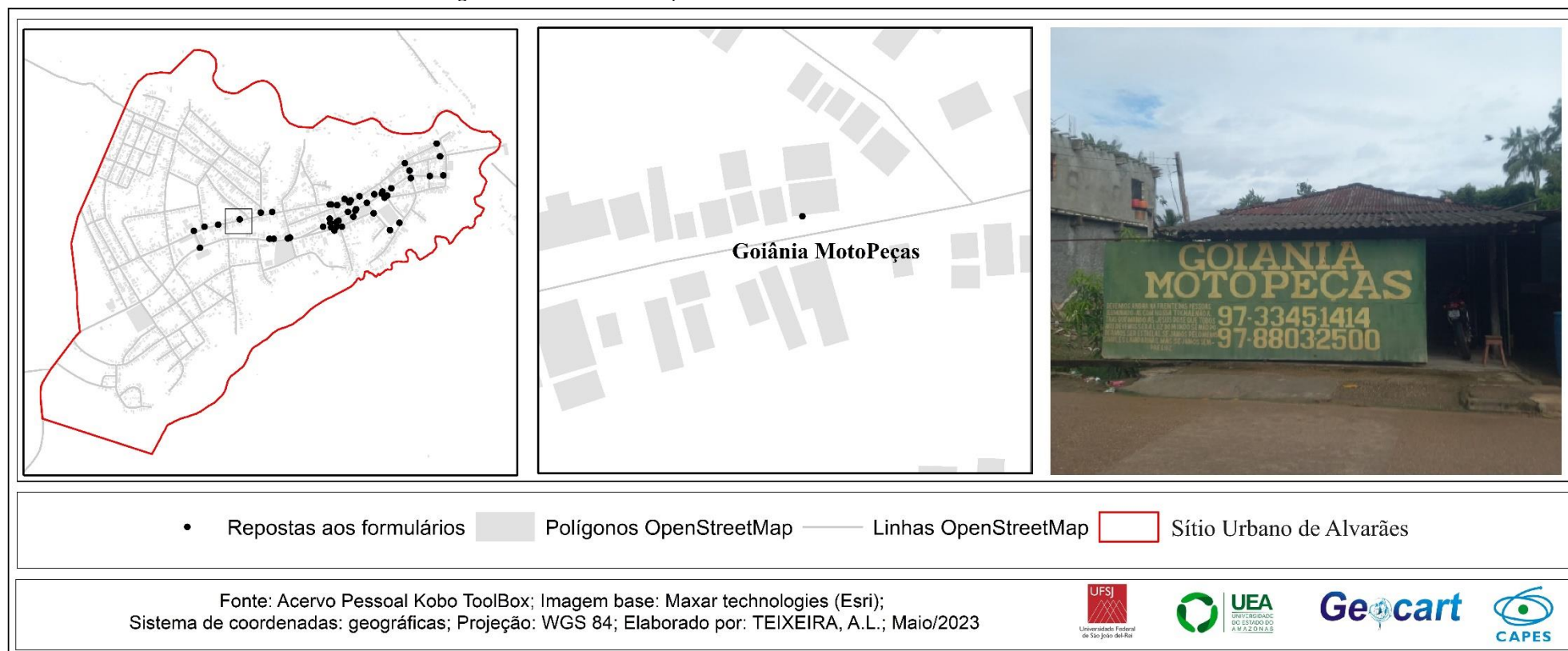
Figura 38 - Limitações das imagens *Mapillary*

Fotografia no <i>Mapillary</i>	Legenda descritiva
	Imagens capturadas por pessoas caminhando. Apresentam desnível devido a movimentos irregulares da pessoa que está coletando.
	Imagens capturadas por pessoas em motos. Devido à velocidade e movimentos irregulares, causam distorções e fenômenos de arraste.
	Fonte: Contribuidores <i>Mapillary</i>; Maio/2023

Fonte: Autora (2023).

O aplicativo gratuito de posicionamento *Geo Tracker* permitiu coletar coordenadas geográficas de 52 edificações da área de estudo. Após essa coleta, esses dados foram inseridos no formulário *online* do *Kobo ToolBox* com fotografias e descrição da estrutura urbana. A figura 39 mostra a síntese dos dados coletados através do *Geo Tracker* e, posteriormente, inseridos no formulário *online* do conjunto de ferramentas *Kobo* e um exemplo da espacialização desses dados.

Figura 39 – Síntese e exemplo de dados inseridos no formulário *Kobo Toolbox*.



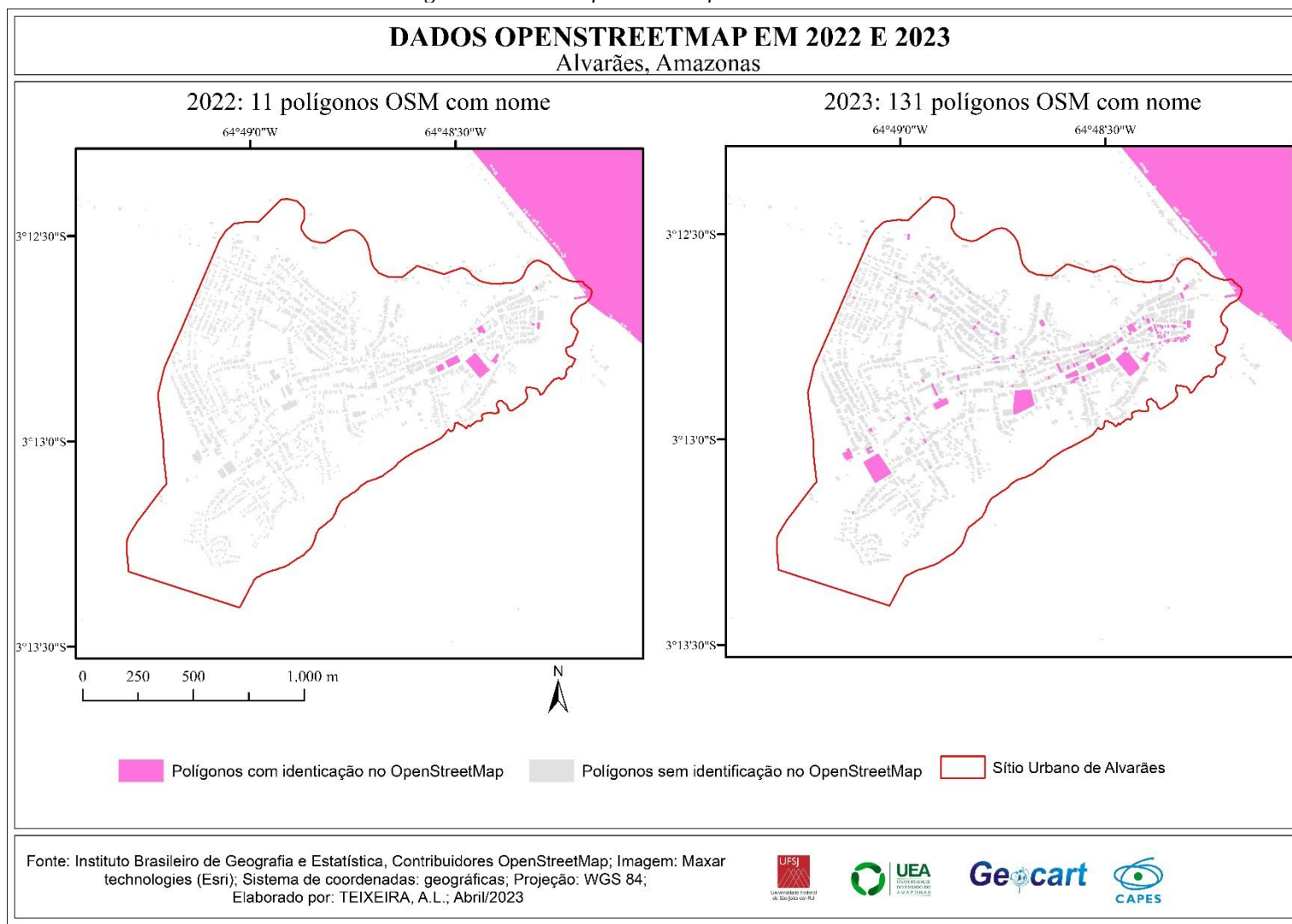
Fonte: Autora (2023).

Tais aplicativos podem ser importantes na atualização da base de edificações do OSM em conjunto com as coordenadas dos endereços do IBGE nos períodos entre a disponibilização dos dados do Censo pelo IBGE. Portanto, além da otimização do trabalho, a prefeitura teria sempre uma base de dados atualizadas com os endereços das residências, escolas, casas de saúde e outras.

Além das tecnologias já citadas, a inserção de informações sobre as edificações no *OpenStreetMap* na Web em 2022 e através do *StreetComplete* em 2023 (Figura 40), evidencia a importância de pessoas locais e/ou em campo inserirem dados no OSM com o objetivo de legitimar suas informações, atribuir potencialidades ao mapa e permitir sua utilização no planejamento, ordenamento e gestão de municípios⁴⁷. Apesar disso, a precariedade da internet da área de estudo possibilitou a inserção dos dados no OSM apenas no Centro de Estudos Superiores de Tefé.

A observação dos aspectos estruturais e organizacionais de Alvarães durante o campo permitiu a caracterização da área de estudo. No geral, as edificações localizadas na área central da cidade, dentre elas igrejas e prédios públicos, são de alvenaria, enquanto as mais distantes são de madeira ou construídas com os dois materiais. Na medida em que se aproxima dos recursos hídricos, a quantidade de casas de madeira aumenta. Essa realidade é herança dos antigos povos que habitavam as terras pertencentes a Tefé, incluindo Alvarães, dentre eles os Cambebas, os Axiuaris, os Omáguas, os Miranhas, os Yurimáguas, os Tupebas e tantas outras tribos documentadas nos levantamentos de Tástevin, Fritz, Augusto Cabrolîê, Parisier e Cônego Dupuy (GAMA; OFIR, 2020).

⁴⁷ Ressalta-se que nem todas as informações disponíveis foram inseridas por meio desta pesquisa, tendo em vista que todos podem editar o OSM.

Figura 40 - Dados *OpenStreetMap* em 2022 e 2023

Fonte: Autora (2023).

Além do material, as edificações de fora da área central seguem um padrão de tamanho e, muitas vezes, possuem diversas construções no mesmo lote, potencialmente da mesma família. A figura 41 ilustra alguns exemplos das edificações de Alvarães.

Figura 41 - a) Casas antigas de Alvenaria próximas ao porto; b) Casas de madeira fora da área central



Fonte: Autora - acervo pessoal (2023).

Os materiais utilizados recorrentemente nas vias municipais são cimento e asfalto. Alguns locais sofrem devido à falta de pavimentação urbana ou mesmo com as constantes obras em razão do alto índice pluviométrico da região, com média de 2100 mm por ano, de acordo com Nimer (1979), aliado à ineficiência da drenagem urbana. A cobertura cimentícia é muito utilizada em Alvarães quando comparada às cidades da região sudeste do Brasil, fato que revela os altos preços de cobertura asfáltica na região. Normalmente, são utilizados seixos, de outras regiões transportados de balsa, para a cobertura das vias (Figura 42).

Figura 42 - a) Pavimentação asfáltica e; b) Pavimentação cimentícia



Fonte: Autora - acervo pessoal (2023).

Diante das características inerentes à área de estudo e tendo em vista a inexistência de base de dados cartográficos que pode ser utilizado na melhoria da qualidade de vida da população mediante planejamento, ordenamento e gestão, os dados obtidos pelas tecnologias citadas durante a pesquisa podem ser aplicáveis na área desde que respeitadas suas limitações. Para um cadastro técnico multifinalitário, por exemplo, os dados do OSM não podem ser utilizados devido sua escala e precisões devem ser muito rigorosas e de acordo com as leis cabíveis. Em consequência de sua heterogeneidade, quantificar as edificações ausentes e em excesso, se torna um bom indicador de qualidade dos dados. O próximo resultado, descrito no item seguinte, vem ao encontro das discussões sobre a qualidade de dados OSM.

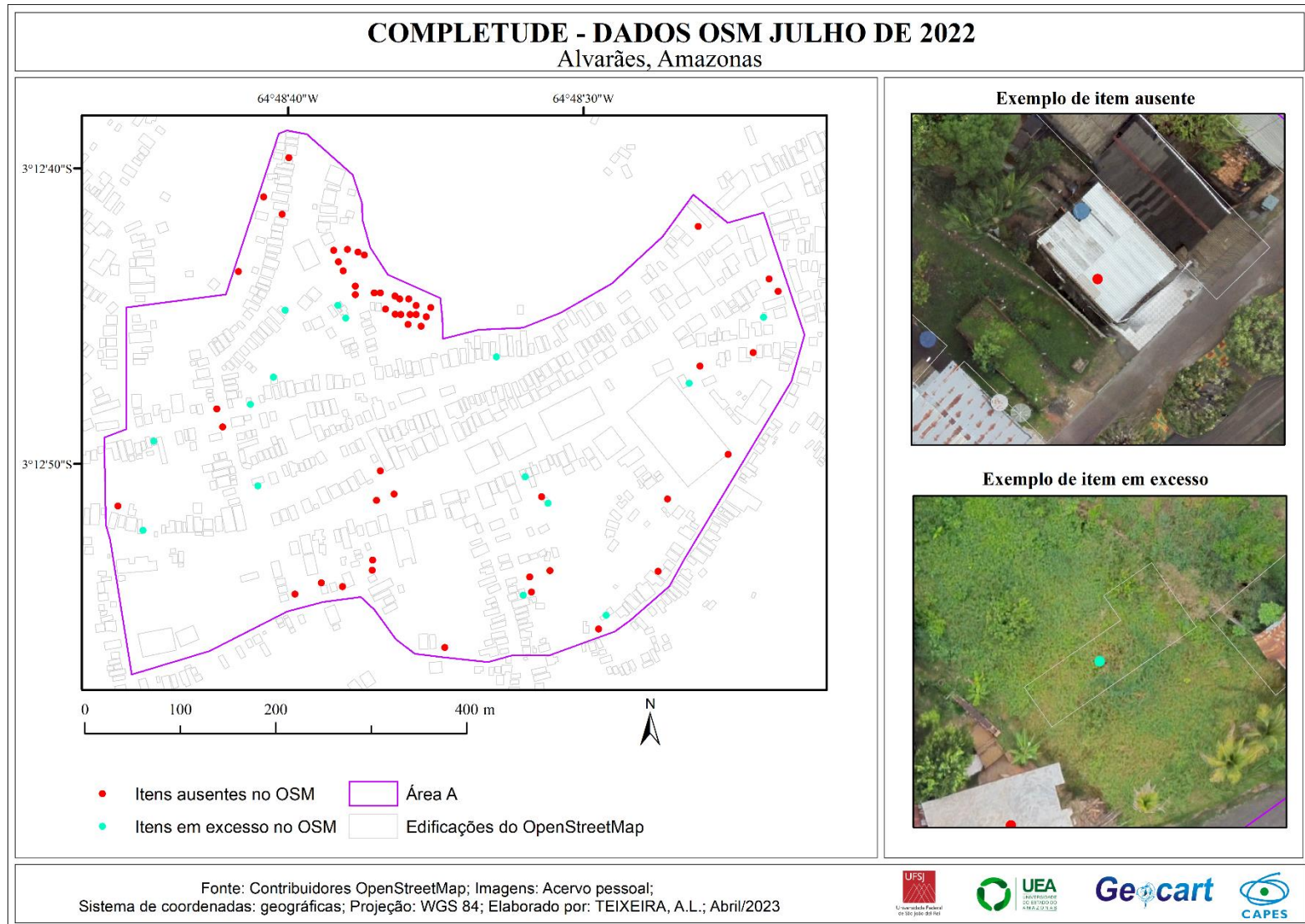
5.2.1 Análise da completude dos dados OSM

Inicialmente, a análise das edificações OSM adquiridas em julho de 2022 da Área A apresentou o total de edificações ausentes de 52 objetos, totalizando uma porcentagem de 9,09% de ausentes em detrimento de uma base de referência (ortomosaicos) com 572 edificações. O total de edificações que estavam mapeadas na plataforma e não estavam na base de referência foi de 15 itens em excesso (Figura 43).

Entretanto, ao analisar os dados considerando a imagem disponibilizada pela *Maxar Technologies* onde os polígonos foram vetorizados, esse número caiu para 39 ausentes (6,81%) e 1 item em excesso. Portanto, além de analisar os itens ausentes, foi necessário ver a defasagem temporal da imagem disponível na plataforma, datada de março de 2020.

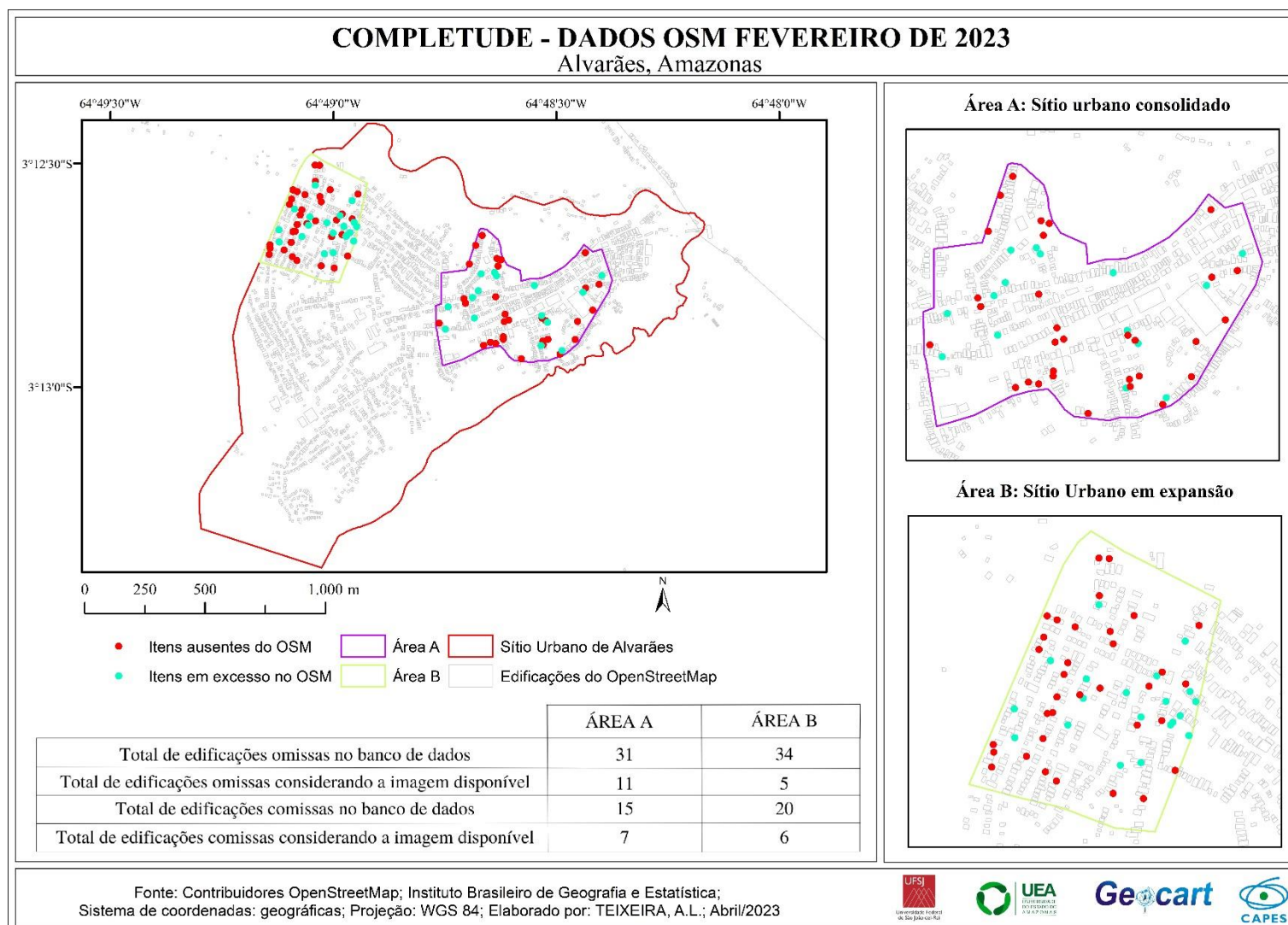
Após a inserção dos dados ao norte da área de estudo, os dados adquiridos no OSM, em fevereiro de 2023, apresentaram quantitativo diferente. A figura 44 ilustra a espacialização dos itens comissos e omissos nas áreas A (com urbanização consolidada) e B (com urbanização em expansão) utilizando os dados OSM de fevereiro de 2023.

Figura 43 - Análise da completude dos dados adquiridos em julho de 2022 (Área A)



Fonte: Autora (2023).

Figura 44 - Completude das áreas A e B

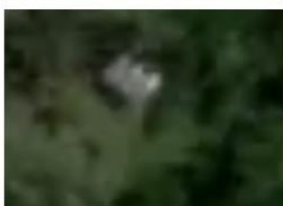


Fonte: Autora (2023).

A análise do padrão de omissões dos dados OSM permitiu a identificação das limitações do uso da imagem disponibilizada na plataforma OSM pela *Maxar Technologies*⁴⁸ (Figura 45). Neste caso, a utilização de ortomosaicos elaborados levando em conta imagens de ARP resolveria essa ausência dos dados. A utilização de algumas ARPs é demorada e custosa, dependendo de equipamentos necessários para processamento das imagens. Para realizar o levantamento aéreo de todo o sítio urbano de Alvarães, utilizando os parâmetros desta pesquisa, levaria 871 minutos, ou seja, cerca de 45 baterias para fazer todo o voo. Ao considerar o Poder Público Municipal de Alvarães, seria possível a divisão de todo o sítio urbano em blocos para a programação dos voos e realização deles. Essa divisão, também otimiza o processamento por computadores com poder de processamento menor. Em São João del-Rei, o escritório técnico do IPHAN, após formação continuada para possuírem recursos humanos especializados, realizou o levantamento de todo o Centro Histórico da cidade dividindo os blocos. O tempo médio entre as coletas de dados e a geração de produtos cartográficos foram de seis meses.

⁴⁸ Em 2024, a imagem utilizada para o mapeamento da área de estudo foi retirada da plataforma do OpenStreetMap. Por isso, os mapeamentos agora são realizados utilizando imagens antigas da área e desatualizando o mapeamento. As análises deste trabalho não foram prejudicadas pois foram realizadas antes da retirada da imagem. Diante disso, ressalta-se a importância de o poder público possuir uma base de dados em seu acervo para que não ocorra problemas em casos semelhantes a esse.

Figura 45 - Padrão de omissões nos dados OSM

PADRÃO DE OMISSÕES NO CONJUNTO DE DADOS		
Imagem do OSM	Legenda descritiva	Ortomosaico
	Casas próximas às outras, dificultando a identificação dos vértices durante o mapeamento.	
	Coberturas em telhados que se assemelham da tonalidade de pavimentação asfáltica dificultando a diferenciação entre eles.	
	Coberturas de zinco que causam distorções na imagem disponibilizada devido à reflectância do material ao satélite, dificultando a identificação dos vértices.	
	Edificações localizadas em baixo do dóssel de árvores, dificultando a identificação dos vértices.	
		Imagem de satélite: Maxar Technologies, disponível no OSMCha; Ortofoto: Acervo Pessoal; Março/2023

Fonte: Autora (2023).

Alguns problemas na identificação das edificações podem ser resolvidos por meio de fotografias aéreas e ortomosaicos de ARP, assim como se apresentou na figura 45. Apesar das limitações das imagens do OSM, se a prefeitura tiver um modelo de ARP semelhante ao utilizado nesta pesquisa, recursos humanos especializados para operá-lo e computador compatível com o ODM, essa limitação poderia ser resolvida. Portanto, o procedimento citado, em detrimento da contratação de alguma empresa especialista em levantamento aéreo, é mais viável ao orçamento de prefeituras de municípios como Alvarães.

Algumas edificações na área de estudo, ademais apresentaram dificuldades na identificação e no mapeamento constante mesmo às imagens da ARP. A solução nestes casos é a verificação dos dados em campo. A figura 46 apresenta algumas dessas características inerentes da área de estudo.

Figura 46 - Dificuldades de mapeamento de edificações na área de estudo

Edificação no OSM	Edificação no Ortomosaico	Legenda descritiva
		Casas e/ou comércios "flutuantes" que alteram o local durante as estações de cheia, enchente e vazante no Amazonas. A dinâmica impede a localização dessas edificações no <i>OpenStreetMap</i> e análises mais aprofundadas.
		Edificações muito próximas uma das outras e, muitas vezes, com a mesma cobertura de telhado, por exemplo telhas de fibrocimento. A característica impede a diferenciação das edificações.
		Edificações com diferentes tipos de cobertura em telhados, por exemplo fibrocimento e zinco. A diferenciação faz com que considerem várias edificações diferentes, ao contrário de apenas uma edificação.
		Imagem de satélite: Maxar Technologies, disponível no OSMCha; Ortofoto: Acervo Pessoal; Maio/2023

Fonte: Autora (2023).

Apesar de não ter considerado a acurácia posicional, na investigação, devido às diferentes escalas dos dois materiais – OSM e ortomosaico e a logística da pesquisa, o georreferenciamento das imagens por polinômio de segundo grau do *ArcGIS* facilitou a identificação dos itens. Além disso, a similaridade entre os polígonos do OSM e a forma das edificações nos ortomosaicos facilitaram a associação entre eles.

A identificação do padrão de omissões e comissões, bem como questões singulares da área de estudo permitiram a análise da base de dados como, por exemplo, no sentido de desconsiderar a localização das flutuantes⁴⁹ e também na elaboração de produtos cartográficos que condizem com a realidade. A partir disso, o próximo tópico tem como objetivo apresentar os produtos cartográficos desenvolvidos segundo o arcabouço teórico e resultados apresentados até aqui.

5.2.2 Produtos cartográficos propostos: potencialidades e limitações dos dados IGV

⁴⁹ Na área de estudo, bem como em diversos municípios do Amazonas, as flutuantes são caracterizadas por casas ou comércios e serviços que são construídas sobre madeira ou estrutura que flutua. Para estabilizarem, elas utilizam uma espécie de ancora, impedindo sua movimentação.

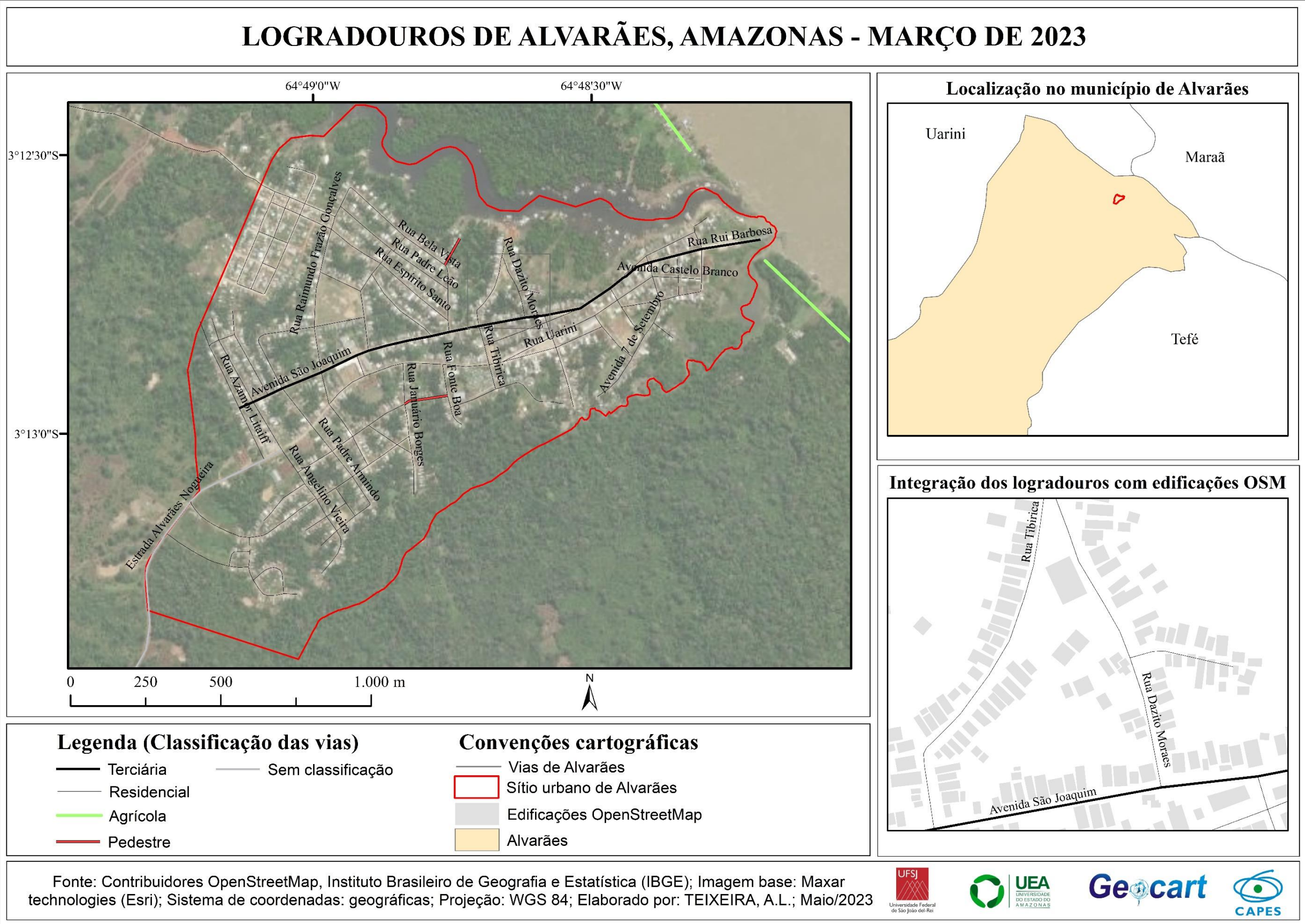
As publicações de Garson (2009), Machado e Camboim (2016), Elwood (2006), Zacharias (2006), Moura (2016) e outros citados ao longo dessa dissertação forneceram fundamentos teóricos essenciais referentes à importância de produtos cartográficos que auxiliem o poder público nas tomadas de decisão. Para a área de estudo, a aquisição de dados geográficos e a elaboração de produtos cartográficos foi orientada, inicialmente, pelas tecnologias da IG, bem como na usabilidade dos dados geográficos obtidos para auxiliar o poder público no planejamento, ordenamento e gestão do municipal.

Os resultados da junção dos dados lineares do *OpenStreetMap* mostram que essas linhas, para a área de estudo, são divididas em: estradas, ruas residenciais, caminhos e vias terciárias. Tal divisão, impossibilita a elaboração de mapas que determinem a hierarquia viária – obrigatório em Planos Diretores Municipais, de acordo com a Lei Federal 9.503 de 1977 (Brasil, 1977) e instrumento de diálogo e discussão de planos de mobilidade urbana (Albano, 2004). Não obstante, a partir da aquisição desses dados por parte do poder público e posterior inserção de dados na tabela de atributos de forma fidedigna a realidade, o tempo de trabalho é otimizado.

Os dados lineares do OSM podem compor uma base editável para a autoridade administrativa, os nomes das ruas, por exemplo, são informações cruciais para a análise espacial da cidade. Informações ausentes devem ser observadas e inseridas pelo município objetivando um mapa completo. A figura 47 apresenta o logradouro das vias disponíveis no OSM.

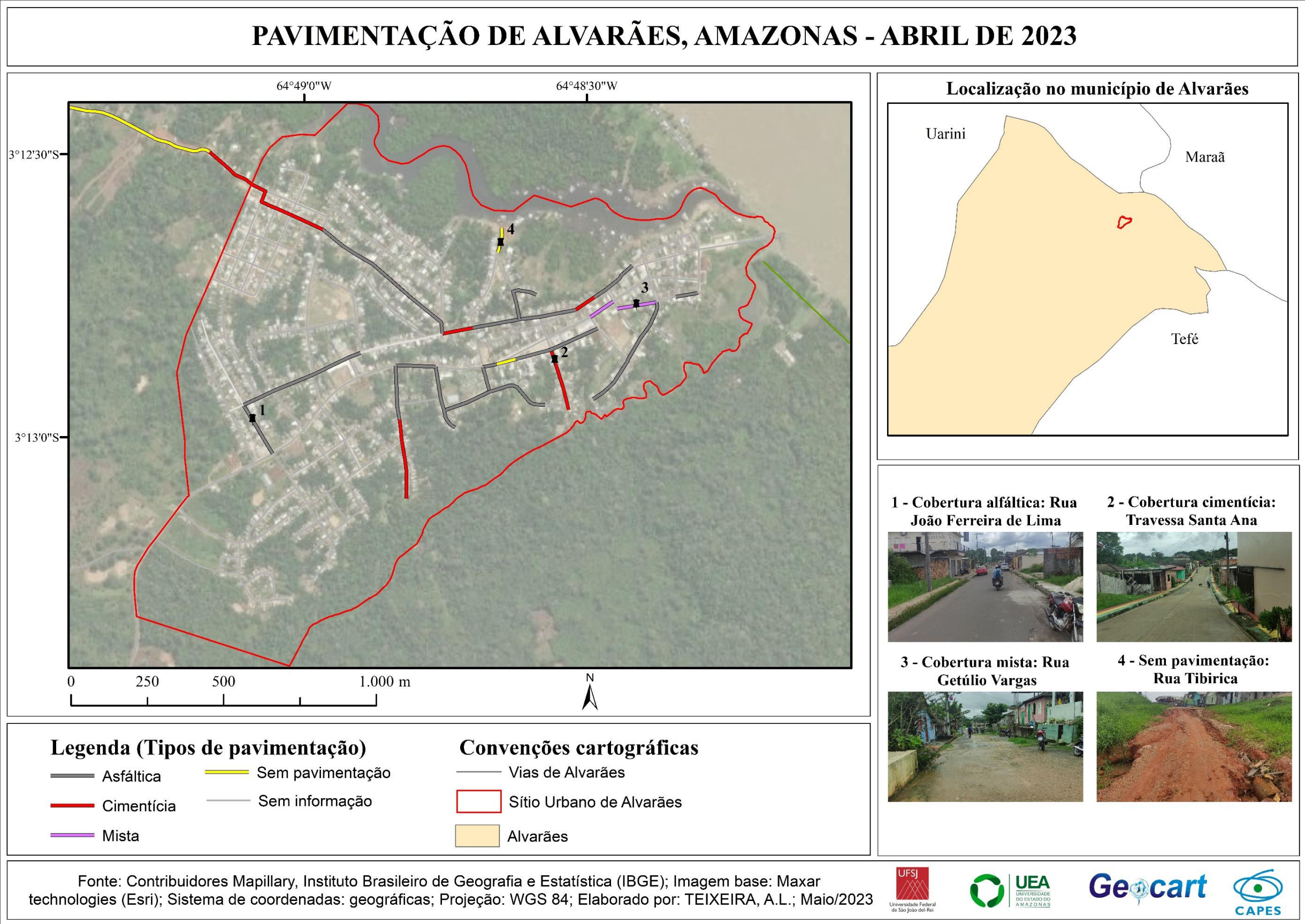
Além disso, os dados OSM em conjunto com os dados disponíveis no *Mapillary* permitem a elaboração de produtos cartográficos que auxiliam na avaliação da estrutura viária e na destinação de recursos humanos e financeiros. A figura 48 apresenta o Mapa de Pavimentação para a área de estudo utilizando dados OSM em formato de linha e a observação das fotografias em perspectiva horizontal da plataforma *Mapillary*.

Figura 47 – Logradouros da área de estudo



Fonte: Autora (2023).

Figura 48 – Pavimentação da área de estudo



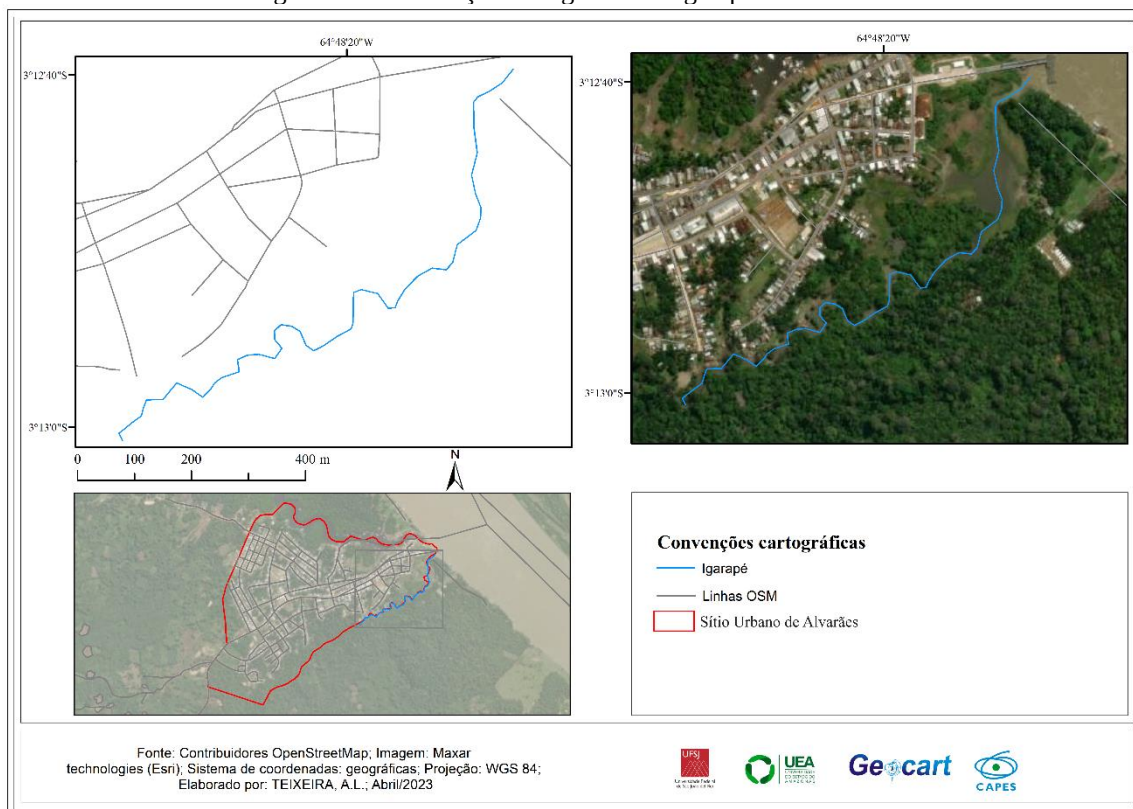
Fonte: Autora (2023).

O escritório técnico do IPHAN em São João del-Rei, Minas Gerais realizou um trabalho semelhante na identificação de elementos estruturais das edificações e conseguiu otimizar o tempo de trabalho de campo de 8 horas para 2 horas utilizando imagens geolocalizadas do *Mapillary* (EUZÉBIO *et al.*, 2021). Portanto, no cenário do Poder Público de Alvarães, o produto cartográfico pode ser utilizado em decisões de locais prioritários para receber pavimentação asfáltica ou cimentícia. A análise desses dados, integrada à outras variáveis físicas e antrópicas, permitem proposições de políticas que envolvem questões sociais, como na instalação de iluminação pública em bairros com maior número de edificações e/ou moradores. Além disso, as fotografias geolocalizadas asseguram a análise de um ano em relação ao outro sobre a situação das vias como, por exemplo, quando torna-se necessário localizar as áreas mais afetadas pelas chuvas e/ou pelo uso constante e, a partir dessa análise, propor a utilização de materiais mais resistentes.

Embora as informações contidas em plataformas IGV sejam heterogêneas (vide página 46), os dados disponíveis no *Mapillary* apresentam eficácia na produção de informações geográficas, considerando a dinamicidade de ambientes urbanos, ou seja, quando observadas as datas em que as informações foram produzidas. É necessário destacar, contudo, que devido aos sensores de coleta não serem estáticos ou acoplados em bases fixas, algumas imagens ficam ruins e impedem a análise das variáveis urbanas (vide exemplos na página 86).

Os produtos propostos podem compor a infraestrutura de um Diagnóstico para um Plano de Mobilidade Urbana. A Política Nacional da Mobilidade Urbana (PNMU), instituída pela Lei Federal nº12.587, tem como objetivo integrar os diferentes modos de transporte e a melhoria na acessibilidade e mobilidade de pessoas e de carregamentos para a efetivação dos princípios e diretrizes dessa política. Este deve ser integrado ao Plano Diretor e demais políticas municipais como o desenvolvimento urbano, saneamento básico, gestão e uso do solo e outros.

Também devem ser observadas questões referentes às convenções cartográficas utilizadas. Um exemplo é o Igarapé limítrofe à área de estudo, representado no mapa como uma linha, mas que possui largura superior à linha representada (Figura 49). O OSM possui campos para adição de informações adicionais aos objetos mapeados. Nestes podem-se inserir a metragem de ruas, calçadas, córregos e outros. A inserção de informações como, por exemplo, a dimensão de ruas, permitiria a elaboração de produtos cartográficos com mais variáveis, auxiliando o poder público na destinação de recursos.

Figura 49 – Convenção cartográfica do Igarapé⁵⁰

Fonte: Autora (2023).

Para o poder público, além da utilização dos dados disponíveis no OSM, a utilização de plataformas gratuitas como o *Kobo ToolBox* pode adicionar mais dados à base de dados municipal. A figura 50 apresenta os comércios cadastrados no OSM em conjunto com os dados que foram coletados com o formulário do conjunto de ferramentas *Kobo ToolBox*.

O formulário permite a adequação de acordo com a necessidade do poder municipal e de pesquisas, independente da área (vide página 46), tal como o levantamento de escolas do município para a elaboração do zoneamento escolar. Por ser um formulário que permite a utilização de forma *offline*, pode ser utilizado em locais onde inexistente sinal de celular, por exemplo em comunidades ribeirinhas do interior do Amazonas. A estrutura dos dados coletados via formulário pode ser visualizada na figura 51. Além da tabulação dos dados, a plataforma disponibiliza um relatório sobre os dados coletados e permite a interoperabilidade com os SIGs.

⁵⁰ Curso de água de pouca profundidade, estreito e navegável por pequenas embarcações. Origem: Tupi disponível em: <https://dicionario.priberam.org/igarap%C3%A9>.

Figura 50 – Comércio e serviços da área de estudo

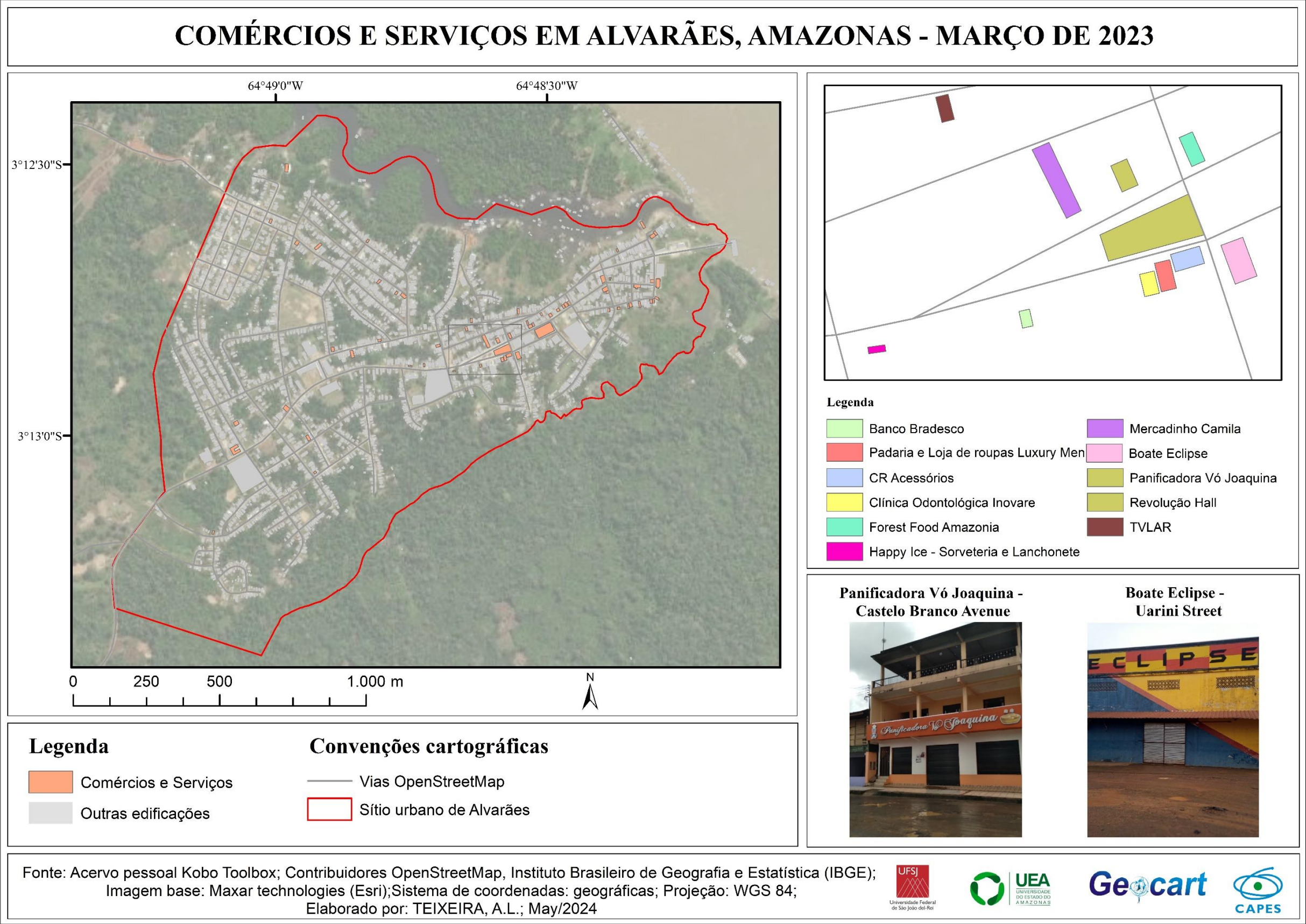
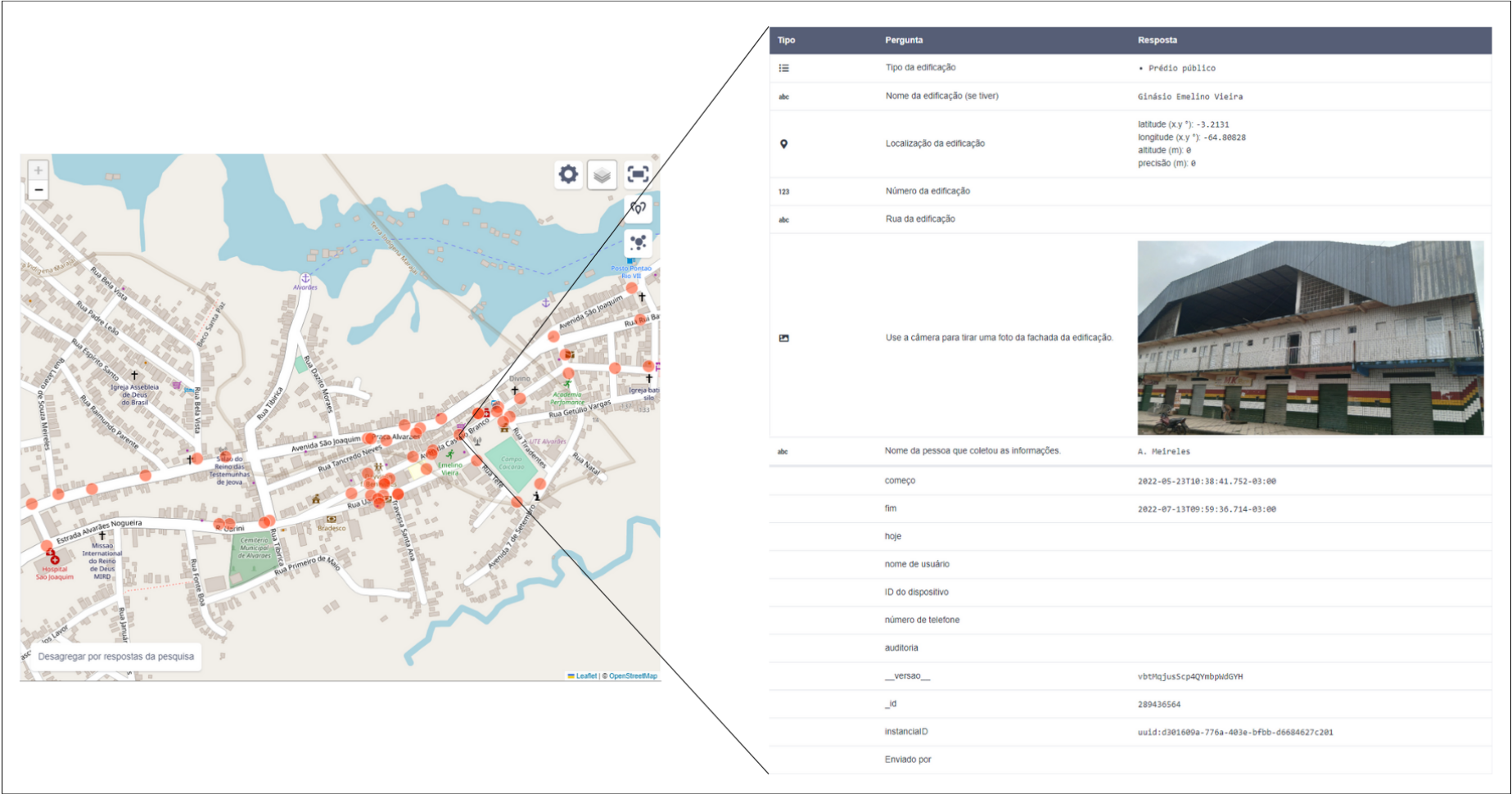


Figura 51 – Estrutura de um dado coletado por meio do *Kobo Toolbox*



Fonte: Autora (2023).

O *Kobo ToolBox* permite a coleta de dados geográficos sobre a cidade de acordo com a demanda do Poder Público Municipal, por exemplo na espacialização e avaliação da iluminação pública e escoamento pluvial. Os dados podem ser coletados por profissionais da prefeitura, como agentes de saúde, ou podem ser utilizados na criação de um fórum para que a população insira informações, como o aplicativo PBH App, criado pela prefeitura de Belo Horizonte.

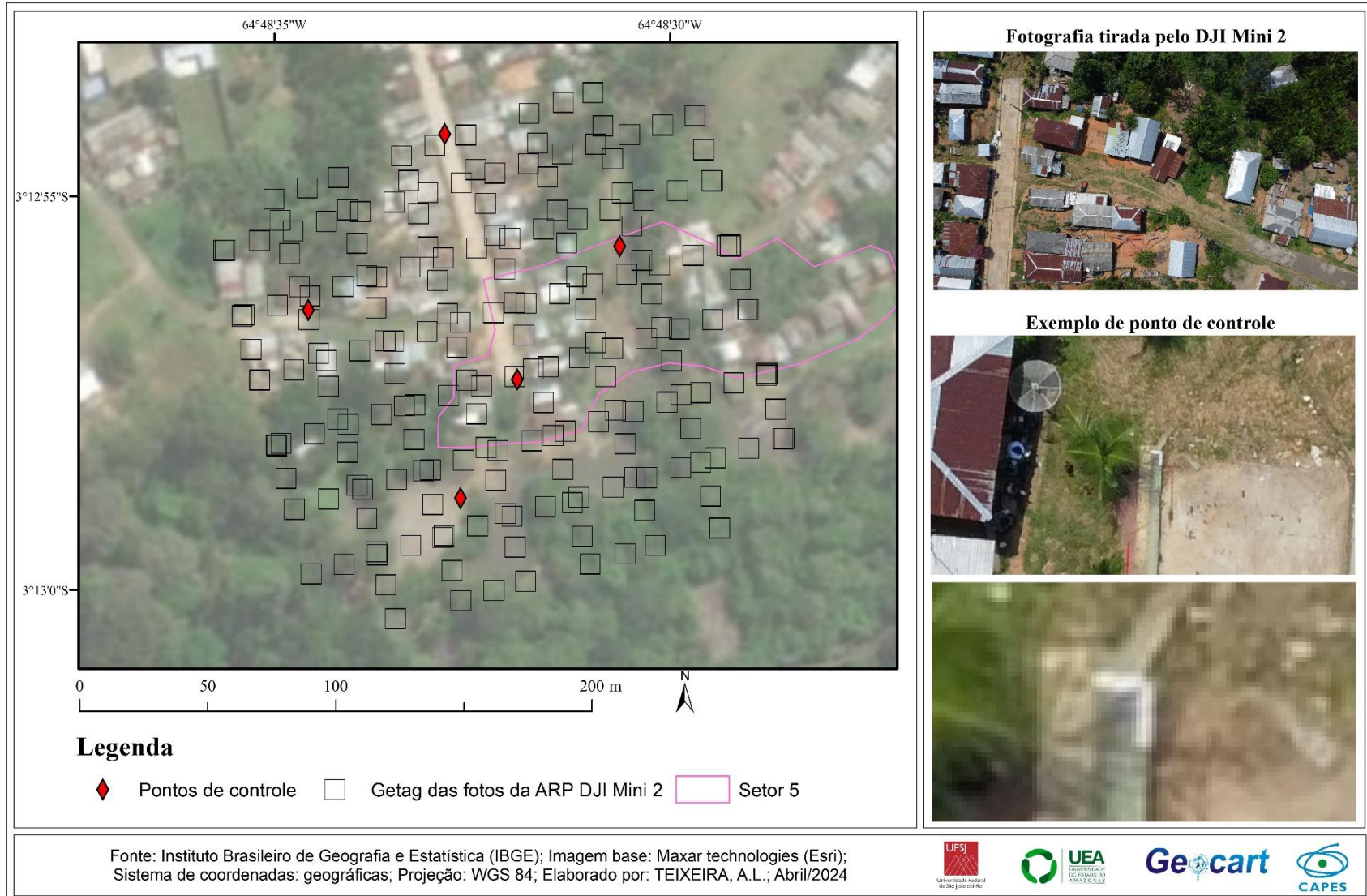
5.3 Coleta e análise de dados fotogramétricos e de GNSS

O planejamento de campo definiu que o Setor 5 proposto pelo SGB era o local mais apropriado para integrar os dados da ARP com GNSS bem como a logística de transporte dos equipamentos e distribuição dos pontos de controle (GCPs). Durante a coleta dos dados, foram materializados dez pontos e realizados quatro voos em todo o Setor, totalizando 451 fotografias. Devido ao calor e à seca extremos, não foi possível coletar os dados de toda a área. Por isso, adotou-se metade da área para a aplicação das tecnologias ARP DJI Mini 2 e receptor U-blox ArduínoSimple GNSS RTK. A área totalizou 202 fotografias e cinco GCPs (Figura 52). Os pontos foram espacializados e materializados com base na dinâmica local, como a limitação de se instalar um ponto no meio da floresta e muito próximo de casas.

Como os dados de observação do primeiro dia não puderam ser utilizados, os dados do segundo dia foram submetidos à plataforma PPP-IBGE e os resultados foram sigmas de 0,003 para latitude, 0,005 para longitude e 0,007 para a altitude geométrica (Anexo II). Devido à falta de *internet* em campo, o ponto fixado na base foi -3,21589616 (latitude), -64,80882531 (longitude) e 44,26 (altitude). A análise desses dados em relação aos dados pós-processados do IBGE mostra uma aproximação na casa dos milímetros entre as coordenadas x e y, o que corrobora a ideia da eficácia na utilização do GNSS pelo Poder Público Municipal, contanto que eles possuam recursos humanos especializados para sua operacionalização.

O pós-processamento dos dados do *rover* com a translação a partir da diferença geocêntrica entre a base fixada em campo e a base pós-processada do IBGE permitiu a correção dos dados do GNSS no SIG QGIS. Os dados corrigidos e transformados em arquivo *.txt* para o processamento com imagens obtidas a partir da ARP DJI Mini 2 permitiram a geração de ortomosaicos e modelos pelo *software* ODM.

Figura 52 – Localização das fotografias e pontos utilizados na pesquisa



Fonte: Autora (2024).

O relatório do ODM apresentou a utilização de 100% das imagens com uma reconstrução esparsa dos pontos de 81,3%, para 44.783 m², o que garante a qualidade dos produtos e a baixa quantidade de pontos nulos. O GSD resultante do processamento após 21 minutos⁵¹ foi de 4,2 cm e os erros de GPS e GCP foram, respectivamente, 9,78 metros e 0,05 metros (Figura 53). Esses resultados mostram a necessidade da utilização de pontos de controle coletados a partir de receptores GNSS para a melhor acurácia dos dados de saída do ODM (Anexo III).

Figura 53 – Detalhes dos erros do GPS, GCP e modelo 3D do ODM

GPS	Média	Desvio padrão	RMSE
Erro em x (m)	1.489	0.341	1.528
Erro em y (m)	-0.452	0.373	0.586
Erro em z (m)	-9.638	0.851	9.676
Total			9.775

GCP	Média	Desvio padrão	RMSE
Erro em x (m)	0.002	0.008	0.008
Erro em y (m)	-0.009	0.022	0.024
Erro em z (m)	0.037	0.080	0.088
Total			0.045

3D	Média	Desvio padrão	RMSE
Erro em x (m)	0.057	0.131	0.143
Erro em y (m)	0.054	0.142	0.152
Erro em z (m)	0.198	0.358	0.409
Total			0.228

Fonte: Autora (2024).

O pós-processamento de forma gratuita permite que Prefeituras com poucos recursos financeiros adquiram um GNSS similar ao adotado na pesquisa e, a partir de *softwares* gratuitos, realizem o levantamento de todo o município de forma gradativa e correta sem a necessidade de utilização de *internet* em campo. Uma limitação considerável é a necessidade de um computador com alta performance para o processamento de muitas imagens no ODM, como as desta pesquisa – superior a 100. Algumas Prefeituras com orçamento reduzido teriam que processar os dados, dividindo-os em blocos para que fosse realizado o levantamento de grandes áreas. Entretanto, existem procedimentos realizados em ambiente SIG que mitigam os erros e

⁵¹ O computador utilizado no LabCar foi adquirido para o processamento de dados com o ODM; portanto, possui configurações superiores a computadores do mercado em geral.

auxiliam no planejamento de voos que devem ser divididos em blocos. Dessa forma, mesmo ao considerar os custos para a aquisição de um computador com alta performance, este ainda teria custo mais baixo quando comparado à contratação de empresas privadas para a operacionalização do serviço.

Os procedimentos adotados durante a pesquisa e sua validação permitiram a orientação técnica da utilização do GNSS. Quanto à utilização do equipamento pelo Poder Público Municipal, sua adoção, respeitando os critérios científicos, pode ser realizada a partir do financiamento para treinar um funcionário bem como com parceria com pesquisadores de Instituições de Ensino Superior, como a Universidade do Estado do Amazonas. O tópico a seguir apresenta a análise da qualidade dos dados do GNSS em conjunto com a ARP de baixo custo bem como suas potencialidades.

5.3.1 Análise da qualidade dos dados e elaboração de produtos cartográficos

A análise do ortomosaico (tamanho do pixel de 0,04 m) mostrou que o produto apresentou pontos nulos para locais em que a quantidade de imagens não foi suficiente para uma boa ortorretificação. Há ferramentas nos SIGs e metodologias capazes de solucionar problemas relacionados à ortorretificação insuficiente de ortomosaicos. Todavia, não foram realizados nesta pesquisa. A Figura 51 apresenta um desses locais. Nesta pesquisa, os ortomosaicos não foram corrigidos por questões logísticas e devido ao enfoque principal ser analisar os produtos oriundos do DJI Mini 2, apontando suas limitações.

Figura 54 – Exemplos de pontos nulos no ortomosaico



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Também, foram observadas incongruências nos telhados de algumas edificações da área analisada (Figura 55).

Figura 55 – Incongruências em objetos na superfície

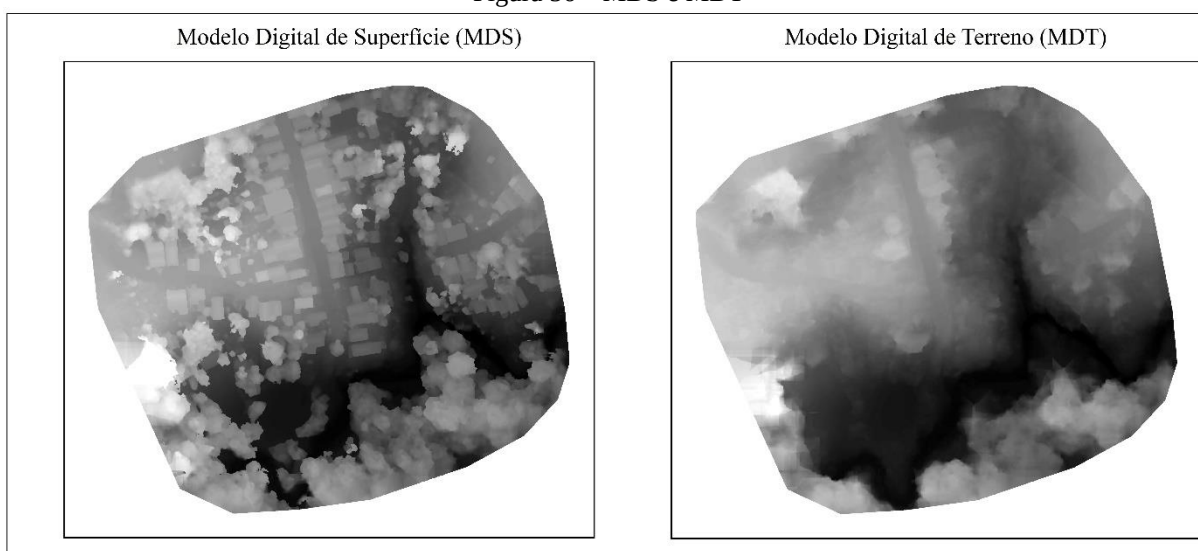


Fonte: Acervo pessoal (2024).

Pode-se atribuir esse tipo de erro devido a sombras causadas por objetos da superfície, como casas e árvores, desestabilização do *gimbal* da câmera da ARP por algum fator externo, como vento, ou por estar nas bordas do ortomosaico, local comum de acontecer baixa sobreposição de imagens. Diante disso, a recomendação é que a área desejada para o levantamento seja sempre centralizada dentro da área total onde será realizado o levantamento aéreo para que a sobreposição seja alta.

A análise visual do MDS e MDT (resolução do pixel de 0,04 m) (Figura 56) mostrou que a interpolação dos dados realizada dentro da linha de processamento do ODM faz com que eles não possuam pontos nulos. Apesar da qualidade do *raster* de ambos os modelos serem de aproximadamente 5 cm, recomenda-se a reamostragem dos dados antes de gerar outros produtos, como curvas de nível, de modo a diminuir o volume de dados e, consequentemente, a representação.

Figura 56 – MDS e MDT



Fonte: Autora (2024).

A análise da acurácia posicional do ortomosaico processado com os pontos de controle apresentou REMQ de 0,099 m com discrepância máxima em X e Y de 0,139 m e mínima de 0,052 m. Esses valores configuram o ortomosaico como Classe B para produtos derivados deste para escalas de 1:500 e Classe A para produtos derivados em escalas de 1:1.000 e menores (Quadro 12).

Quadro 12 - Avaliação de acurácia posicional planimétrica

Escala	Classe PEC-PCD
1:500	B
1:1.000 ou menor	A

Fonte: autora (2024).

A avaliação da acurácia posicional altimétrica do MDT apresentou REMQ de 0,019 m com desvio-padrão de 0,169 m e discrepância máxima e mínima respectivas de 0,352 m e -0,159 m. Os parâmetros estabelecidos configuram Classe A de acordo com o PEC-PCD para produtos com escala de 1:5.000 (Quadro 13). Essa escala permite a elaboração de curvas de nível, a partir do MDT, com equidistância de no mínimo 5 m sem a perda da qualidade posicional.

Quadro 13 - Avaliação de acurácia posicional altimétrica

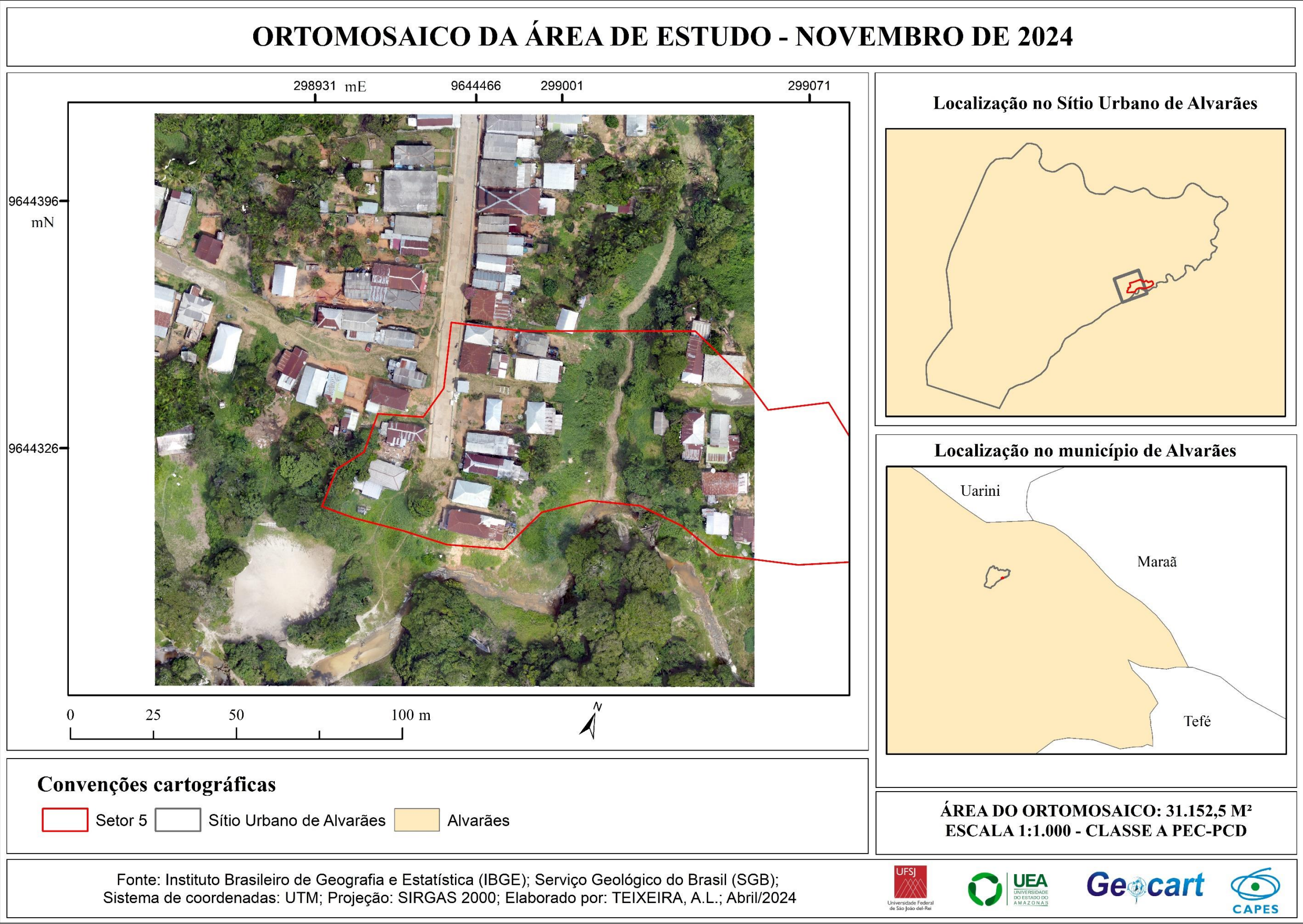
Escala	Classe PEC-PCD
1:500	D
1:1.000	B
1:2.000	B
1:5.000 ou menor	A

Fonte: Autora (2024).

A análise da nuvem de pontos mostrou desvio-padrão de 0,154 m – um pouco menor que o MDS, discrepância mínima de -0,169 m, máxima de 0,300 m e REMQ resultante de 0,171 m. Esses valores configuram o produto como classe A de acordo com o PEC-PCD para a escala de 1:2.000 (Anexo IV). A análise do MDS apresentou valores semelhantes à avaliação da acurácia posicional altimétrica do MDT, tendo em vista que os pontos de controle foram coletados no terreno, e não sob objetos na superfície.

Os resultados do processamento dos dados fotogramétricos utilizando as tecnologias descritas nesta pesquisa permitiram a elaboração de produtos cartográficos condizentes com a realidade da área escolhida. O Ortomosaico de parte do Setor 5 - SGB (Figura 54) mostrou que a média do seu GSD, aliada ao georreferenciamento Classe A para a escala de 1:1.000, configura a ARP e o receptor GNSS com possibilidades para o levantamento cartográfico de locais onde inexistem materiais cartográficos com escala grande.

Figura 57 – Ortomosaico de parte do Setor 5 - SGB

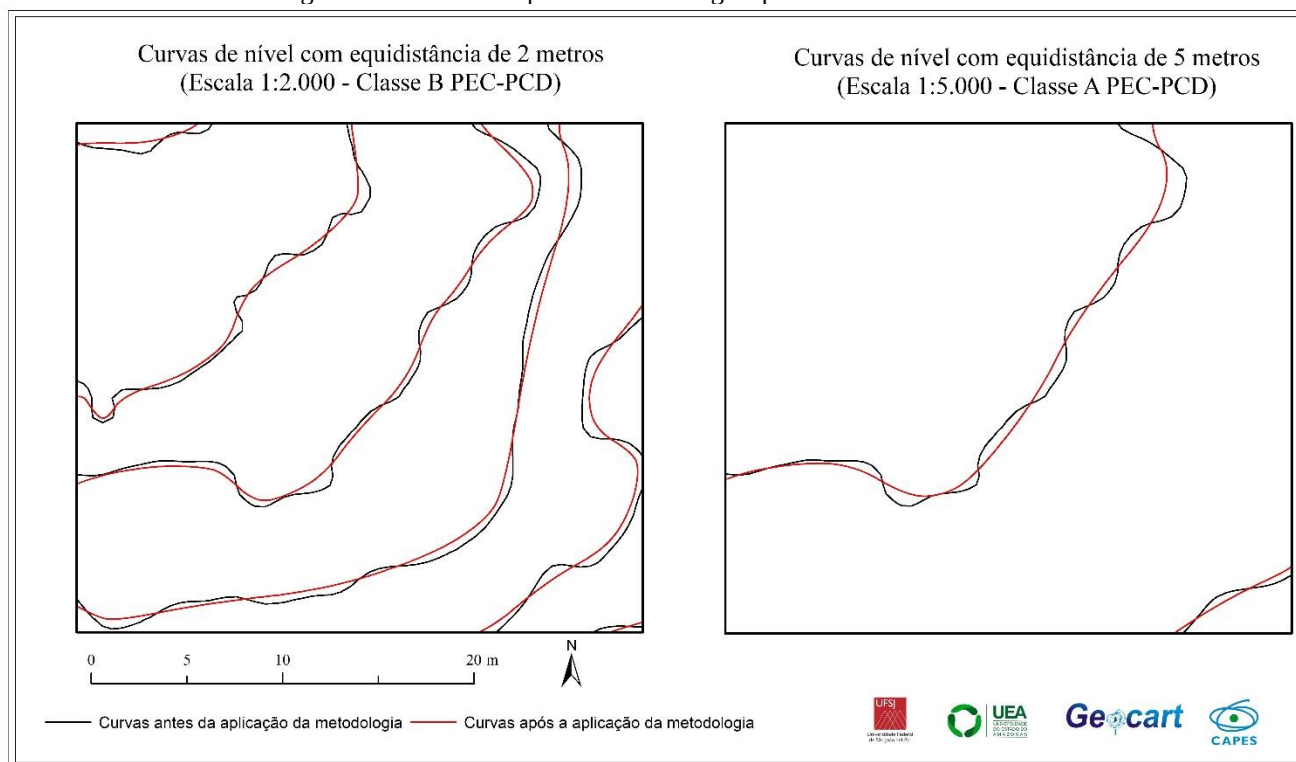


Fonte: Autora (2024).

Diante dos resultados obtidos através da avaliação dos dados a partir do PEC-PCD com Classe A para a escala de 1:1.000 utilizando as tecnologias citadas, o Poder Público Municipal pode elaborar mapas temáticos a partir do ortomosaico. Esse mapeamento é crucial frente a problemáticas urbanas em ações de planejamento, ordenamento e gestão municipais, como na identificação de áreas de expansão, preservação de encostas e definição de políticas de desenvolvimento, no monitoramento ambiental para avaliação de impactos de mudanças nos ecossistemas e na gestão de recursos naturais, como na identificação de zonas de recarga e conservação. Todos os mapas resultantes do ortomosaico podem auxiliar de modo preciso na tomada de decisões por parte dos setores público e privado e da população em geral.

Tendo em vista que a equidistância das curvas de nível foi de 2 metros (escala 1:2.000 – Classe B PEC-PCD) e 5 metros (escala de 1:5.000 - Classe A PEC-PCD), a generalização de linhas de 10% do valor da equidistância (20 cm e 50 cm) e a suavização dessas linhas tiveram que ser realizadas três vezes para a carta com equidistância de 2 metros e duas vezes para a carta com equidistância de 5 metros. Os resultados da geração de curvas de nível a partir da metodologia proposta nesta pesquisa se mostraram satisfatória, tendo em vista a aproximação da realidade e da morfologia correta de curvas de nível. A Figura 58 apresenta as curvas geradas a partir do raster reamostrado com 50 centímetros e as curvas após os procedimentos de generalização e suavização adotados.

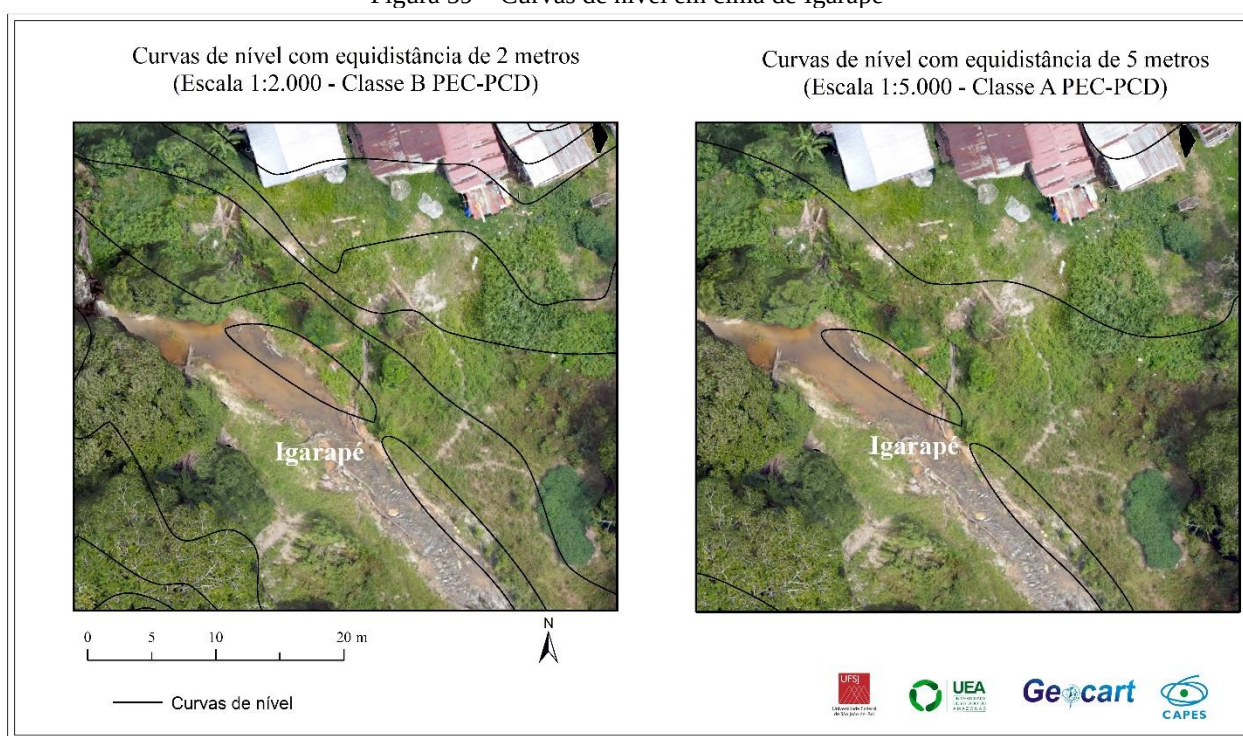
Figura 58 – Antes e depois da metodologia aplicada nas curvas de nível



Fonte: Autora (2024).

Além dos processos de generalização e suavização de linhas, é importante que os recursos humanos responsáveis pela geração de altimetrias oriundas de imagens de ARP saibam conceitos básicos de cartográfica e interpretação de relevo. A eliminação manual de linhas pequenas bem como a edição manual dessas curvas devem respeitar as normas da Cartografia Oficial para a elaboração de cartas planialtimétricas, por exemplo na impossibilidade de existirem curvas que sobrepõem os corpos de água (Figura 59).

Figura 59 – Curvas de nível em cima de Igarapé



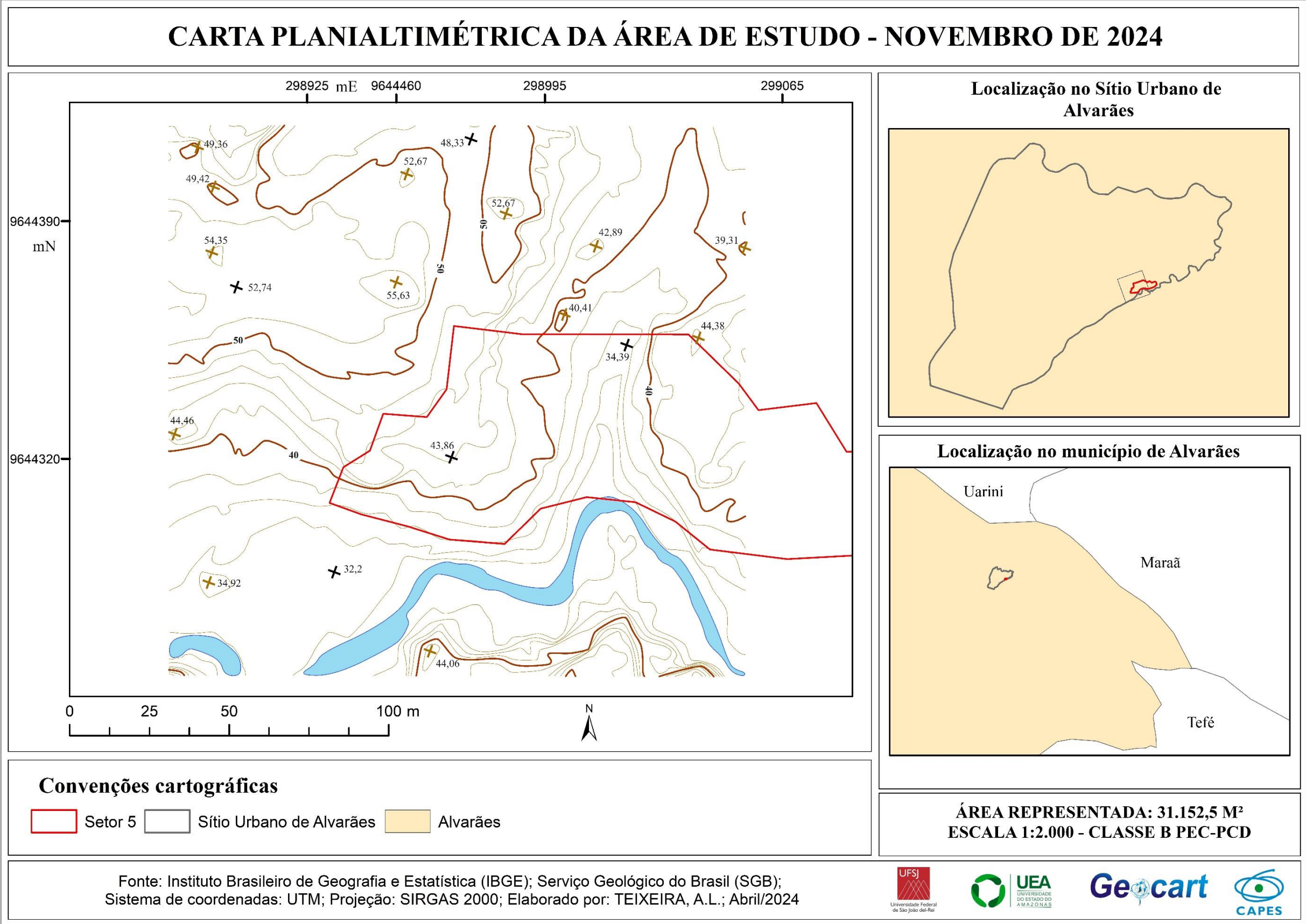
Fonte: Autora (2024).

A geração de pontos cotados a partir da ferramenta “Gerar pontos cotados” do *Plugin* LF Tools também se mostrou satisfatória quando utilizada em curvas de nível ajustadas de acordo com a metodologia. Por utilizar tanto a camada raster do MDT quanto a camada vetorial de linhas correspondentes às curvas de nível, quanto menor a equidistância das curvas, mais pontos cotados a ferramenta gerará. Na geração de pontos cotados para a carta com equidistância de 5 metros, foram gerados 20 pontos; enquanto para a carta de 1:2.000, foram gerados 20 pontos cotados. Estes foram posteriormente excluídos de acordo com a área representada. Além da geração automática utilizando o *plugin*, recomenda-se a geração de pontos de forma manual para melhor representação. Como foge do objetivo desta pesquisa, que

pretende apresentar as tecnologias da IG e suas limitações e potencialidades, não foram gerados pontos além dos coletados em campo com o GNSS e dos gerados a partir do *Plugin LF Tools*.

As cartas planialtimétricas propostas nesta pesquisa mostraram resultados importantes quanto à utilização da ARP de baixo custo e do receptor GNSS para sua elaboração. Apesar de o MDT apresentar Classe B para produtos cartográficos com escalas de 1:2.000 e 1:1.000, a equidistância de 2 metros, ou mesmo de 1 metro, para a carta planialtimétrica mostra detalhes do relevo da área, que são cruciais frente ao planejamento, ordenamento e gestão urbanos, inclusive de áreas de risco. Nesta pesquisa, optou-se por utilizar a de 2 metros, pois essa escala de maior detalhamento que a mostrada na Figura 60, já considera muitos aspectos do relevo em detrimento da escala de 1:5.000. A utilização dessas tecnologias da IG permite o mapeamento em escala local e sua atualização periódica pelo Poder Público Municipal.

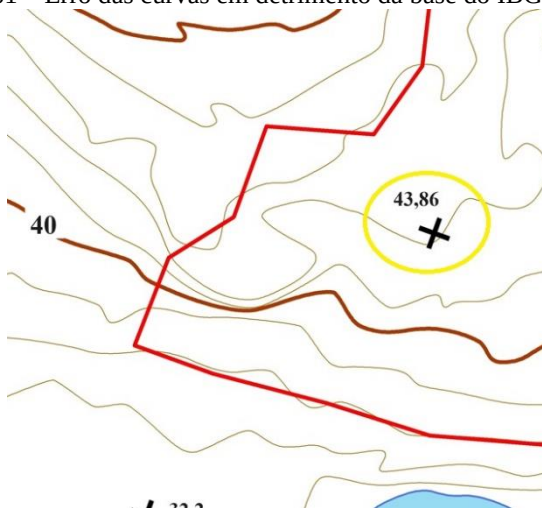
Figura 60 – Carta planialtimétrica de parte do Setor 5 (SBG) - 1:2.000 (Classe B PEC-PCD)



Fonte: Autora (2024).

A análise dos dados gerados pelas ferramentas do QGIS de curvas de nível e pontos cotados quando em detrimento dos dados coletados pelo GNSS mostraram uma diferença na carta de 1:2.000 no ponto cotado da base com altura de 43,86 (Figura 61). Esse erro pode ser atribuído à posição das curvas de nível que o algoritmo utilizou para sua geração ou mesmo da acurácia posicional. Ressalta-se que esse tipo de erro pode diminuir a qualidade da carta, mas, como se julga importante mostrar as potencialidade e limitações das tecnologias de IG para o Poder Público Municipal, não foi possível corrigi-lo. Como foge dos objetivos principais dessas análises, recomenda-se a realização de testes com outros equipamentos e, principalmente, de outros procedimentos. Entretanto, se esse tipo de erro ocorrer em um levantamento realizado pelo Poder Público, e este com disposição financeira e logística, pode coletar outros pontos na área para mitigar os problemas que acontecerem no processamento.

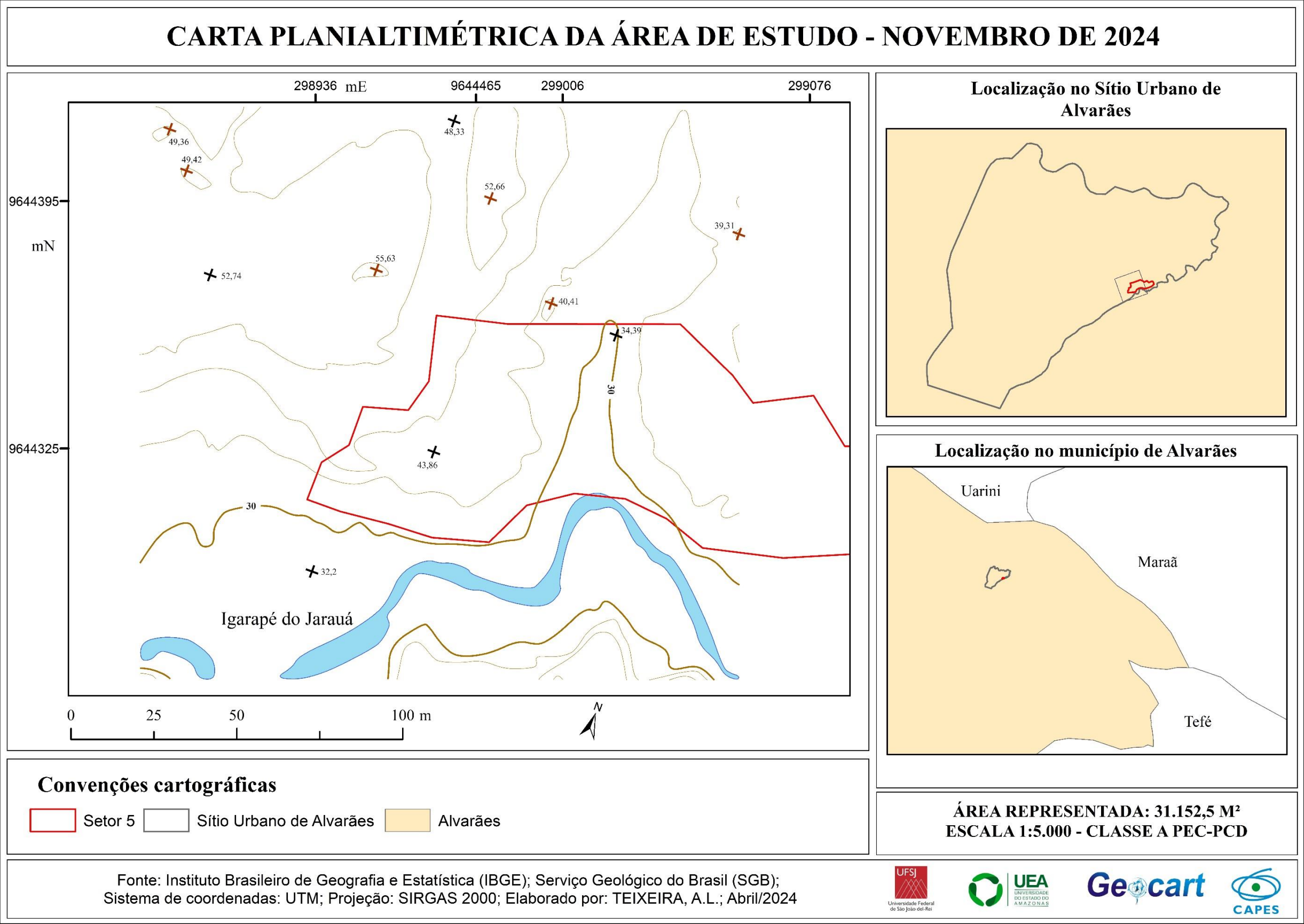
Figura 61 – Erro das curvas em detrimento da base do IBGE



Fonte: Autora (2024).

A carta planialtimétrica com escala de 1:5.000 (Classe A PEC-PCD) apresenta menos detalhamento em detrimento da carta com escala maior (Figura 62). Todavia, frente à inexistência de dados em escala grande para a maioria dos municípios brasileiros e considerando sua classificação em A, ela pode compor material base para o poder público. Além disso, o erro apresentado anteriormente não acontece quando a equidistância das curvas de nível é de 5 metros.

Figura 62 – Carta planialtimétrica de parte do Setor 5 (SGB) – 1:5.000 (Classe A PEC-PCD)

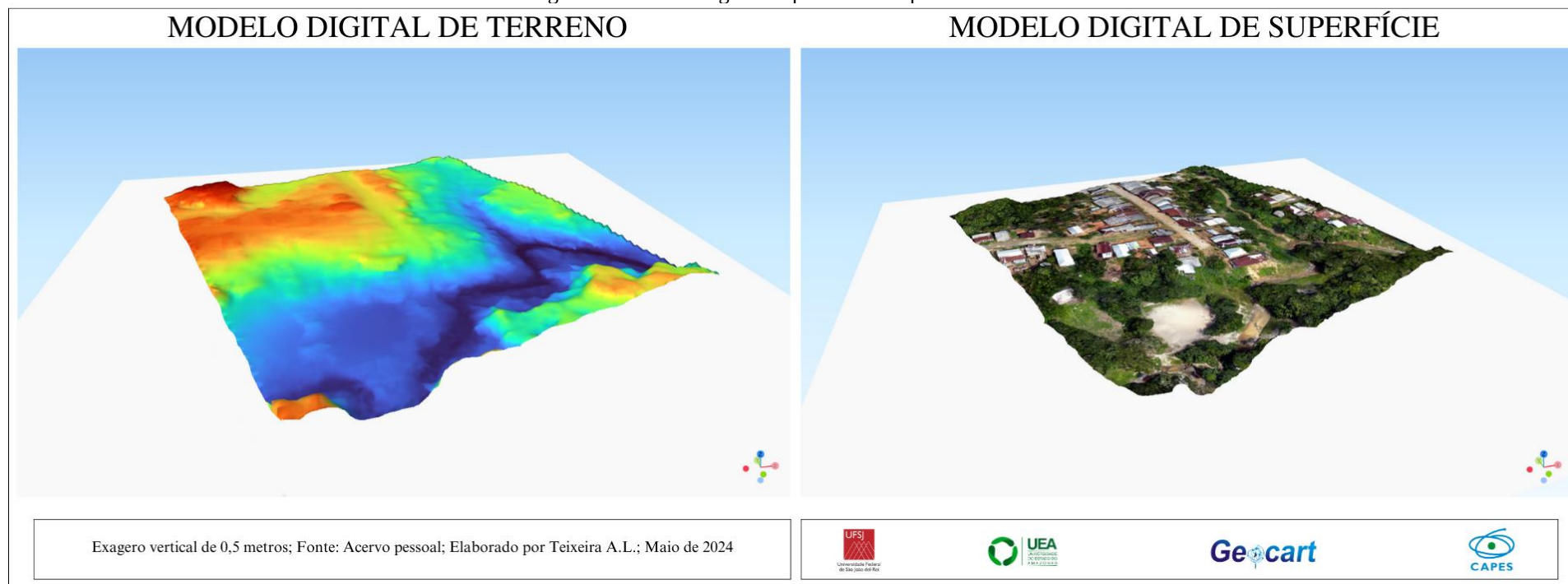


Fonte: autora (2024).

No que se refere à sua utilização para áreas de risco, o produto tem relevante utilização em detrimento de outros produtos, como curvas de nível de imagem SRTM e do **Google** com equidistância de 30 metros no mínimo, utilizados pelas Prefeituras e órgãos como o SGB.

Além dos resultados apresentados até aqui, a linha de processamento do ODM gera um Modelos Digitais de Terreno e Superfície da área onde é realizado o levantamento aéreo. Esses modelos podem ser utilizados na caracterização e representação da área de estudo. Quando validados e realizados outros procedimentos que possibilitam a formação de uma nuvem densa de pontos mais espessa, diversos outros produtos podem ser gerados. A Figura 63 apresenta os modelos.

Figura 63 – Modelos gerados pela linha de processamento do ODM



Fonte: Autora (2024).

A partir do MDS, é possível transformá-lo em MDT com outros procedimentos, calcular o volume de áreas e realizar análises sobre a altura das edificações entre outras aplicações. Nesta pesquisa, por questões logísticas, o MDS não foi trabalhado. Porém, julga-se importante também apresentar as potencialidades desse produto fotogramétrico gerado a partir das tecnologias de IG utilizadas.

Assim, os resultados obtidos com as tecnologias fotogramétricas se mostraram eficazes em relação à hipótese levantada. Ressalta-se que é necessária sua adequação considerando a área em que serão realizados os levantamentos e as análises. Ainda nesse contexto, por se tratar de metodologias recentes com poucas publicações que validem os equipamentos e as ferramentas, estes devem ser validados de outras formas. Ainda, faz-se necessária a apresentação dessas metodologias junto ao Poder Público Municipal para avaliar sua aplicabilidade no cotidiano de uma Prefeitura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A idealização da pesquisa relatada nesta dissertação surgiu a partir das inquietações para investigar tecnologias da IG para a mitigação da desigualdade cartográfica enfrentada em muitos locais do Brasil, agravada na Região Norte do País. Somada a esse fato, a escassez de dados em escala de detalhamento em nível municipal motivou a construção deste percurso metodológico, que teve como hipótese a premissa de que, a partir de dados geográficos oriundos de tecnologias da IG propostas, era possível elaborar produtos cartográficos para uso do Poder Público Municipal. Assim, traçou-se como objetivo geral da pesquisa a elaboração de produtos cartográficos a partir de dados oriundos de tecnologias da IG, que contribuíssem para auxiliar o poder público na tomada de decisões. Os caminhos metodológicos foram baseados nos princípios das Tecnologias da IG e do *Crowdsourcing*, que permitem a participação ativa de cidadãos, remotos ou locais, na criação de dados geográficos (Howe, 2006, 2008; Goodchild, 2007, 2010; Zook *et al.*, 2010; Young *et al.*, 2021; Elwood, 2006; Crampton, 2009; Kukreja *et al.*, 2023).

Na trajetória da coleta de dados, deparou-se com o desafio da sazonalidade hídrica das características inerentes da área de estudo: analisar e reestruturar técnicas e procedimentos para a coleta de dados devido à precariedade de *internet* na região e elaborar produtos cartográficos a partir de multiescalas e multidados dentre outros.

Para a elaboração dos produtos cartográficos propostos bem como as análises e avaliações, buscou-se considerar o mapeamento com alto nível de detalhamento (escalas maiores que 1:10.000) para representar a área de estudo em Alvarães e a viabilidade da utilização desses dados pelo Poder Público Municipal.

A investigação teórica abrangeu discussões referentes à Cartografia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, os avanços obtidos nas áreas ao longo do tempo e as limitações que ocorrem em países em desenvolvimento, como o Brasil. Também, foram discutidos aspectos da cobertura cartográfica desigual e desatualizada brasileira e a necessidade de mapear para compor cartografia base que auxilie no planejamento, ordenamento e gestão, por exemplo em áreas de risco.

As discussões referentes ao Capítulo 2 reforçam a importância da popularização de tecnologias da IG para suprir lacunas da Cartografia Oficial brasileira. Uma base composta por produtos em multiescalas e multidados e, acima de tudo, gratuita ou de baixo custo, propõe uma temática interessante à maioria dos municípios brasileiros. Além disso, as discussões acerca

dessas tecnologias permitiram entender a recente utilização delas no Brasil e as limitações frente a questões referentes aos mais diversos âmbitos, como a necessidade de recursos humanos especializados e conhecimentos técnicos e teórico-metodológicos.

Os caminhos metodológicos adotados nesta pesquisa se demonstraram suficientes, por ora, de acordo com os objetivos iniciais. A coleta de dados a partir das tecnologias propostas possibilita ao Poder Público Municipal a composição de cartografia base e a elaboração de produtos cartográficos condizentes com a realidade de acordo com a demanda principal. Esses materiais permitem a representação urbana, podendo auxiliar diferentes repartições municipais na atualização da base cartográfica e na orientação de políticas públicas, como ações de planejamento, ordenamento e gestão municipais. As análises dos dados IGV realizadas buscaram entender suas limitações diante da utilização para compor base e mapas. Mas, é considerado fundamental o aprofundamento da pesquisa, principalmente a sua viabilidade junto ao poder público. Já a avaliação dos dados fotogramétricos coletados a partir da ARP de baixo custo em conjunto com o receptor GNSS indicou resultados significativos de acordo com a avaliação utilizando os parâmetros estabelecidos no PEC-PCD. No entanto, torna-se necessária a avaliação de outros procedimentos e técnicas de levantamento aéreo com a integração das tecnologias utilizadas com o objetivo de validá-los de maneira significativa.

A validação das informações mapeadas foi realizada em campo, atribuindo confiabilidade aos dados coletados e, posteriormente, aos produtos elaborados. A validação das tecnologias e dados foi realizada em laboratório. Porém, ressalta-se a necessidade de pesquisas futuras, a fim de aplicar os procedimentos metodológicos em conjunto com o Poder Público Municipal.

Conclui-se que a investigação apresentada nesta dissertação respondeu às inquietações iniciais que motivaram o desenvolvimento desta pesquisa, confirmando a hipótese proposta. Destaca-se que a área proposta foi apenas para aplicação da metodologia. Ou seja, esta pode ser aplicada em outros locais desde que sejam considerados os aspectos físicos, estruturais e organizacionais da área. Para que a prefeitura consiga realizar esta proposta, é necessário investimento a longo prazo em recursos humanos, como destacado durante a dissertação. Entretanto, os investimentos em equipamentos, como smartphones, computadores, ARPs e receptores GNSS além de formação continuada de recursos humanos, tornaria possível a aplicação da metodologia proposta e geraria retorno para o município.

Por fim, é imprescindível ressaltar a relevância desta pesquisa em nível metodológico no Brasil devido à baixa aplicação das técnicas e tecnologias analisadas no País. Entende-se

que os procedimentos devem ser adaptados de acordo com as especificidades de cada área a as metodologias de análise e avaliação serem melhores testadas.

Além da importância e das limitações já destacadas sobre as tecnologias da IG, o potencial dos resultados apresentados conseguiu ilustrar as diversas utilizações dos dados para a elaboração de produtos cartográficos úteis à gestão pública. Esses produtos, somados ao conhecimento do local e à organização de dados mediado por uma cartografia base, podem atuar de modo a potencializar a resolução de problemas urbanos em aspectos sociais, econômicos e ambientais, além de auxiliar em ferramentas de planejamento urbano, como o Plano Diretor (Elwood, 2006; Machado; Camboim, 2019).

Os resultados apresentados contemplam uma gama de utilizações que devem ser consideradas e variadas de um lugar para o outro. Por terem apresentado diversas tecnologias da IG, muitos procedimentos tiveram que ser adaptados de acordo com a logística de uma pesquisa de mestrado – limitando algumas análises. Contudo, indica-se o aprofundamento das técnicas utilizadas para um doutorado ou outras pesquisas sobre tecnologias da IG.

Espera-se que esta pesquisa contribua para novas aplicações e análises no meio acadêmico, sobretudo em investigações junto ao Poder Público Municipal para análise da viabilidade dos dados, técnicas e outros. Nos produtos cartográficos apresentados, admitem-se aplicações não somente na análise das variáveis apresentadas como em diversas áreas do conhecimento que adotam a geolocalização e a utilização de elementos cartográficos na espacialização de informações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMOUDA, Ahmed; HOCHMAIR, Hartwig H. Using Volunteered Geographic Information to measure name changes of artificial geographical features as a result of political changes: a Libya case study. **GeoJournal**, [s. l], p. 237-255, 2018.
- ALBANO, João Fortini. **Vias de Transporte**. Porto Alegre: Bookman, 2016.
- AMRINE, John M. Spectral and Spatial Pattern Recognition in Digital Imagery. 1992. 346 f. Master's thesis – Faculty of the School Of Engineering- Air Force Institute Of Technologies Wright-Patterson Afb Oh, Ohio, 1992. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA258910>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- ANDERSON, P. S. **Fundamentos para Fotointerpretação**, Sociedade Brasileira de Cartografia, RJ, 1982.
- ANDRETTA, Elton Rodrigo; CALLEGARIO, Levi Souza (org.). **Setorização de Áreas de Risco Geológico**: Alvarães, Amazonas. Alvarães: CPRM, 2022. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22773>. Acesso em: 14 fev. 2023
- ANDJELKOVIC, I. Guidelines on nonstructural measures in urban flood management. **IHP-V, Technical Documents in Hydrology**, n. 50. Paris: UNESCO, 2001.
- ARCHELA, Rosely Sampaio. **Análise da cartografia brasileira**: bibliografia da cartografia na geografia no período de 1935-1997. 2000. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Acesso em: 21 mar. 2023.
- ARCHELA, Rosely Sampaio. Evolução Histórica da Cartografia no Brasil Instituições, formação profissional e técnicas cartográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, [s. l], v. 3, n. 59, p. 213-223, dez. 2007.
- ARCHELA, Rosely Sampaio; ARCHELA, Edison. Síntese cronológica da cartografia no Brasil. **Portal da Cartografia**, Londrina, v. 1, n. 1, p. 93-110, ago. 2008.
- ARCHELA, Rosely Sampaio; THÉRY, Hervé. Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos. **Confins**, [S.L.], n. 3, p. 1, 1 jul. 2008. OpenEdition. <http://dx.doi.org/10.4000/confins.3483>. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/3483>. Acesso em: 19 abr. 2023.
- ASSIS, Pablo Henrique de Souza; SANTIL, Fernando Luiz de Paula; MEIRELES, Tatiane Assis Vilela. Análise da acurácia posicional no processo de migração de dados e conversão entre sistemas de referência usando softwares para fins cadastrais. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 181-195, set. 2021.
- BARBOSA, Zileny Nelson Tavares. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de riscos Estudo de caso: Angra dos Reis -RJ. In: **XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2011, Curitiba. Anais [...]. Curitiba: Inpe, 2011, p. 4940-4949.

BARBOSA, Ricardo Luís *et al.* Mapeamento com Integração de Imagens Aéreas Obtidas com ARP e Imagens Terrestres Capturadas com Câmara Esférica. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 63-71, 2020.

BARROS, Rafael Silva de. Avaliação do modelo digital de elevação do SRTM na ortorretificação de imagens Landsat 7 – Área de aplicação: Angra dos Reis – RJ. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 12., 2005, Goiânia. Anais [...]. Goiânia: Inpe, 2005, p. 3997-4004.

BLÁZQUEZ, M.; COLOMINA, I. Relative INS/GNSS aerial control in integrated sensor orientation: models and performance. **Isprs Journal Of Photogrammetry And Remote Sensing**, [S.L.], v. 67, p. 120-133, jan. 2012. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2011.11.003>.

BRASIL. Constituição. **Decreto-Lei Nº311, de 2 de março de 1938**. Rio de Janeiro, 1938.

BRASIL. **Código de Trânsito Brasileiro**. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997.

BRASIL. **Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores**. Brasília, 2022.

BRASIL. Constituição. **Acordo de Cooperação Técnica nº 003, de 2008. Projeto Cartografia da Amazônia**. Brasília, DF, 2008.

BRASIL. Diretoria de Serviço Geográfico. **Norma da especificação técnica para controle de qualidade de dados Geoespaciais (ET-CQDG)**. Brasília, DF, 2016.

BURTCH, Robert. **Short History of photogrammetry**, 2008.

CALVARIO, Gabriela *et al.* A Multi-Disciplinary Approach to Remote Sensing through Low-Cost UAVs. **Sensors**, [S.L.], v. 17, n. 6, p. 1411, 16 jun. 2017. MDPI AG.
<http://dx.doi.org/10.3390/s17061411>.

CÂMARA, Gilberto; QUEIROZ, Gilberto Ribeiro de. Arquitetura de Sistemas de Informação geográfica. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: Inpe, 2001.

CARTER, J. G. Spatial planning, water and the Water Framework Directive: insights from theory and practice. **Geographical Journal**, v. 173, n. 4, p. 330-342, 2007. DOI: 10.1111/J.1475-4959.2007.00257.X.

CASINO, Vincent J. del Casino Jr. J. del; HANNA, Stephen P. Beyond The ‘Binaries’: A Methodological Intervention for Interrogating Maps as Representational Practices. **An International Journal For Critical Geographies**, [s. l], v. 4, n. 1, p. 34-56, 2015.

CÁUPER, G.C.B. **A Influência das atividades de exploração de petróleo e os impactos ambientais e socioeconômicos na cidade de Coari**. 2000. 148 p. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais e Sustentabilidade na Amazônia, Universidade Federal do Amazonas; Manaus, 2000.

CERVI, Walter Rossi *et al.* Avaliação da declividade oriunda de dados SRTM utilizando GNSS RTK como referência. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: Inpe, 2013. p. 764-770.

COELHO, Luiz; BRITO, Jorge Nunes (ed.). **Fotogrametria digital**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2007.

COLOMINA, I.; MOLINA, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: a review. **Isprs Journal Of Photogrammetry And Remote Sensing**, [S.L.], v. 92, p. 79-97, jun. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>.

CRAMPTON, Jeremy W. Cartography: maps 2.0. **Progress In Human Geography**, [S.L.], v. 33, n. 1, p. 91-100, fev. 2009. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0309132508094074>.

CUNHA, F.B.; APPI, V.T. **Controle geológico na definição de grandes domínios ambientais na planície Amazônica**. Petrobrás - Cenpés, S.I., p. 30-35, 1990

DALMOLIN, Quintino; LEAL, Evilázio da Mota. Análise da Qualidade Posicional em Bases Cartográficas Geradas em CAD. **Boletim Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 21-40, 2001.

DANDOIS, Jonathan P.; ELLIS, Erle C. High spatial resolution three-dimensional mapping of vegetation spectral dynamics using computer vision. **Remote Sensing Of Environment**, [S.L.], v. 136, p. 259-276, set. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2013.04.005>.

DAVIS JÚNIOR, Clodoveu Augusto. Geoprocessamento na Prefeitura de Belo Horizonte. **Educação & Tecnologia**, [S.L.], v. 4, n. 1/2, fev. 2011. ISSN 2317-7756. Disponível em: <<https://seer.dppg.cefetmg.br/index.php/revista-et/article/view/258/259>>. Acesso em: 17 jun. 2023.

DEUS, Rodolfo Alexandre da Silva Gomes de *et al.* O uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) Para geração de dados geocartográficos na Universidade de Pernambuco - Campus Garanhuns. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, [S.L.], p. 5543-5551, 2017. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP. <http://dx.doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2216>.

DIZON, Timothy John R. *et al.* Experiences in Using KoBo Collect and KoBo Toolbox in a Cross-Sectional Dog Population and Rabies Knowledge and Practices Household Survey in the Philippines. **Medinfo 2021: One World, One Health – Global Partnership for Digital Innovation**, [S.L.], p. 1082-1083, 6 jun. 2022. IOS Press. <http://dx.doi.org/10.3233/shti220278>.

ELIAS, Elias Nasr Naim. **Qualidade de dados Geoespaciais em plataforma de Mapeamento Colaborativo**. 2019. 187 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.

ELIAS, Elias Nasr Naim; FERNANDES, Vivian de Oliveira. Qualidade dos Dados Geoespaciais do OpenStreetMap para os indicadores de Acurácia Posicional, Acurácia Temática e Completude. **Geografia**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 255-275, jul. 2021.

ELWOOD, Sarah. Critical Issues in Participatory GIS: deconstructions, reconstructions, and new research directions. **Transactions In Gis**, [S.L.], v. 10, n. 5, p. 693-708, nov. 2006. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9671.2006.01023.x>.

EURIQUES, Jorge Felipe *et al.* Influência do emprego de parâmetros do centro de fase de antenas na componente vertical do posicionamento GNSS: avaliação de pontos de monitoramento em uma área suscetível a deslocamentos de massa. **Brazilian Journal Of Development**, S.I., v. 7, n. 8, p. 76896-76908, 2021.

SCOBAR, Iris Pereira *et al.* Reprocessamento digital das imagens SLAR geradas pelos Projetos RADAM e RADAMBRASIL, Projeto RADAM-D. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 12., 2005, Goiânia. Anais [...]. Goiânia: Inpe, 2005, p. 4395-4397.

EUZÉBIO, J *et al.* Openstreetmap e sua contribuição no mapeamento do patrimônio arquitetônico da cidade de São João Del-Rei? MG. In: **6º Jornada Científica da Geografia (UNIFAL-MG)**, 2021, Alfenas. **O conhecimento geográfico na interpretação do mundo contemporâneo?**, 2021. Disponível em: <https://www.unifal-mg.edu.br/jornadageografia/wp-content/uploads/sites/58/2021/12/27.pdf>. Acesso em 17 jun. 2023.

EMBRAPA. **O Novo Mapa de Solos do Brasil**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

EMBRAPA (ed.). **A evolução histórica dos Sistemas de Informações Geográficas**. Campinas: Embrapa Monitoramento Por Satélite, 2011.

ESTELLÉS-AROLAS, Enrique; GONZÁLEZ-LADRÓN-DE-GUEVARA, Fernando. Towards an integrated crowdsourcing definition. **Journal Of Information Science**, [S.L.], v. 38, n. 2, p. 189-200, 9 mar. 2012. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0165551512437638>.

FAZELI, Hamid Reza *et al.* A study of volunteered geographic information (vgi) assessment methods for flood hazard mapping: a review. **Jurnal Teknologi**, [S.L.], v. 75, n. 10, p. 127-134, 25 ago. 2015. Penerbit UTM Press. <http://dx.doi.org/10.11113/jt.v75.5281>.

FERRAZ, Caio Mário Leal *et al.* Uso de geotecnologias para mapeamento da suscetibilidade a inundações e escorregamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais: potencialidades e limitações. **Vozes dos Vales**, [s. l], v. 14, p. 1-31, out. 2018.

FERREIRA, Airtton Sena. **Uso de geoprocessamento e geotecnologias no mapeamento de áreas de vulnerabilidade a inundação no perímetro urbano do município de Humaitá, sudoeste da Amazônia**. 2019. 51 f. TCC - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, 2019.

FERRER-GONZÁLEZ, Ezequiel *et al.* UAV Photogrammetry Accuracy Assessment for Corridor Mapping Based on the Number and Distribution of Ground Control Points. **Remote Sensing**, [S.L.], v. 12, n. 15, p. 2447, 30 jul. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs12152447>.

FIGUEIREDO, Divino. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Companhia

Nacional de Abastecimento - CONAB. Brasília - DF, 2005. Disponível em: <https://encurtador.com.br/bkQRY>. Acesso em: 08 maio 2023.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em Sensoriamento Remoto.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FREITAS, M. I. C. DA CARTOGRAFIA ANALÓGICA À NEOCARTOGRAFIA: NOSSOS MAPAS NUNCA MAIS SERÃO OS MESMOS?. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], n. spe, p. 23-39, 2014. DOI: 10.11606/rdg.v0i0.544. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/85547>. Acesso em: 17 jun. 2023.

FONTE, C. C. *et al.* Vgi Quality Control. **Isprs Annals Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, [S.L.], v. -3/5, p. 317-324, 20 ago. 2015. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/isprsannals-ii-3-w5-317-2015>.

GABRLIK, Petr. The Use of Direct Georeferencing in Aerial Photogrammetry with Micro UAV. **Ifac-Papersonline**, [S.L.], v. 48, n. 4, p. 380-385, 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.07.064>.

GAMA, Joaquim; OFIR, José. **Alvarães - Terra dos Caiçaras.** Manaus: Reggo, 2020.

GARSON, Sol. Regiões metropolitanas – diversidade e dificuldade fiscal da cooperação. **Cadernos Metrôpole**, São Paulo, v. 11, n. 22, p. 435-451, dez. 2009.

GLASZE, Georg; PERKINS, Chris. Social and Political Dimensions of the OpenStreetMap Project: towards a critical geographical research agenda. **Lecture Notes In Geoinformation And Cartography**, [S.L.], p. 143-166, 2015. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-14280-7_8.

GONÇALVES, Leandro José Clemente. **A revolução em assuntos militares no contexto da Guerra de Secessão Americana (1861-1865).** 203 f. Tese (Doutorado) - Curso de Faculdade de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Paulista Julio de Mesquita Filho, Franca, 2015.

GOODCHILD, Michael F. Geographical information science. **International Journal Of Geographical Information Systems**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 31-45, jan. 1992. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/02693799208901893>.

GOODCHILD, Michael F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **GeoJournal**, [S.L.], v. 69, n. 4, p. 211-221, 20 nov. 2007. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>.

GOODCHILD, Michael F. Geographic information systems and science: today and tomorrow. **Annals Of Gis**, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 3-9, 20 nov. 2009. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/19475680903250715>.

GOODCHILD, Michael F. Twenty years of progress: giscience in 2010. **Journal Of Spatial Information Science**, [S.L.], n. 1, p. 3-20, 27 jul. 2010. Journal of Spatial Information Science. <http://dx.doi.org/10.5311/josis.2010.1.2>.

GOOGLE. Disponível em: <https://earthengine.google.com/platform/>. Acesso em: 22 mar. 2023.

GRASER, Anita; STRAUB, Markus; DRAGASCHNIG, Melitta. Is OSM Good Enough for Vehicle Routing? A Study Comparing Street Networks in Vienna. **Lecture Notes In Geoinformation And Cartography**, [S.L.], p. 3-17, 6 nov. 2014. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-11879-6_1.

GUIMARÃES, Alicita Miranda; CALBINO, Daniel; ALMEIDA, Mario Sergio. PBH APP: a experiência da prefeitura de belo horizonte na gestão do relacionamento com o cidadão. **Revista da Universidade do Vale do Rio Verde**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 1-10, 2019. Universidade Vale do Rio Verde (UninCor). <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v17i1.5138>.

GUIMARÃES, Miguel Julio Machado *et al.* Acurácia planimétrica de ortomosaico produzida com imagens obtidas por aeronave remotamente pilotada. **Revista Brasileira de Geomática**, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 501, 25 set. 2023. Universidade Tecnológica Federal do Parana (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/rbgeo.v11n2.16230>.

HAKLAY, Muki *et al.* **Crowdsourced Geographic Information Use in Government, Report to GFDRR**. Washington, Dc, Usa: The World Bank, 2014.

HARLEY, Brian. Mapas, saber e poder. **Confinos**, [s. l], p. 1-24, abr. 2009. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/agosto2011/geografia_artigos/6art_mapas_saber_poder.pdf. Acesso em: 20 mar. 2023.

HAWORTH, Billy; BRUCE, E; MIDDLETON, P. Emerginf technologies for risk reduction: assessing the potential use of social media and VGI for increasing community engagement. **Australian Journal Of Emergency Management**, S.I, v. 30, n. 3, p. 36-41, jul. 2015.

HORA, S. B. da; GOMES, R. L. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 2, n. 21, p. 57-75, ago. 2009. DOI: 10.1590/S1982-45132009000200005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/wvzfPmYwJXtsRBPWjHsrdJP/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 01 dez. 2020.

HOWE, Jeff. **The Rise of Crowdsourcing**. 2006. Disponível em: https://crowdsourcing.typepad.com/cs/2006/06/crowdsourcing_a.html. Acesso em: 13 fev. 2023.

HOWE, Jeff. **Why the Power of the Crowd Is Driving the Future of Business**. Califórnia: Three Rivers Press, 2008.

HOSSAIN, Mokter; KAURANEN, Ilkka. Crowdsourcing: a comprehensive literature review. **Strategic Outsourcing: An International Journal**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 2-22, 16 fev. 2015. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/so-12-2014-0029>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Avaliação da qualidade de dados geoespaciais**. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Cartografia, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse por Setores**. 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>. Acesso em: 01 mar. 2023.

IBGE. **Programa Especial de Dinamização da Cartografia Terrestre: 1978 – 1985**. Rio de Janeiro, 1978.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil dos Municípios brasileiros**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Linha do tempo – síntese da História do IBGE (1936-2016)**. 2017. Disponível em: <https://memoria.ibge.gov.br/images/memoria/linha-do-tempo/LinhaDoTempoSemImagem.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base Contínua do Brasil, Escala 1:250.000 - BC250**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2019/informacoes_tecnicas/Documentacao_bc250_v2019.pdf. Acesso em: 08 maio 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (org.). **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Geografia, 2017.

IBGE. **Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições da população brasileira**. IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

IBGE. **Banco de dados Geodésicos**. Disponível em: <http://www.bdg.ibge.gov.br/appbdg/>. Acesso em: 16 jan. 2024.

INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS. **EB80-N-72.004: Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais**. 1 ed. S.I: Boletim do Exército, 2016. Disponível em: https://bdgex.eb.mil.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=85&Itemid=357&lang=pt. Acesso em: 15 out. 2022.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **CBERS**. Disponível em http://www.cbers.inpe.br/sobre_satelite/usos_aplicacoes.php. Acesso em 06 junho 2021.

INPE. **CBERS-3/4: características e potencialidades**. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.14.19.08/doc/p1222.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2023.

JANOS, Daniel; KURAS, Przemysław. Evaluation of Low-Cost GNSS Receiver under Demanding Conditions in RTK Network Mode. **Sensors**, [S.L.], v. 21, n. 16, p. 5552, 18 ago. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/s21165552>.

JAVERNICK, Luke; BRASINGTON, James; CARUSO, Brian S. Modeling the topography of shallow braided rivers using Structure-from-Motion photogrammetry. **Geomorphology**, [S.L.], v. 213, p. 166-182, maio 2014. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.01.006>.

JEDLICKSKA, Zoé *et al.* Investigation of the Ideal Ground Control Point Quantity and Distribution with UAV in Bajna (Hungary) Sample Area. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON CARTOGRAPHY AND GIS**, 8., 2022, Nessebar, Bulgaria. **Proceedings [...]**. Nessebar, Bulgaria: Bandrova T., Konečný M., Marinova S., 2022, p. 211-219.

JENSEN, John R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**. 2. ed. São José dos Campos: Parênteses, 2011.

JUHÁSZ, Levente; HOCHMAIR, Hartwig H. User Contribution Patterns and Completeness Evaluation of Mapillary, a Crowdsourced Street Level Photo Service. **Transactions In Gis**, [S.L.], v. 20, n. 6, p. 925-947, 25 jan. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/tgis.12190>.

KAUR, Jasmeet *et al.* Systematic Literature Review of Data Quality Within OpenStreetMap. **2017 International Conference On Next Generation Computing And Information Systems (Icngcis)**, Jammu, Índia, p. 177-182, dez. 2017. IEEE.
<http://dx.doi.org/10.1109/icngcis.2017.35>.

KOBO ToolBox. Disponível em: <https://www.kobotoolbox.org/>. Acesso em: 23 mar. 2023.

KOSLOWSKI, Rey; SCHULZKE, Marcus. Drones Along Borders: border security uavs in the united states and the european union. **International Studies Perspectives**, [S.L.], v. 19, n. 4, p. 305-324, 25 maio 2018. Oxford University Press (OUP).
<http://dx.doi.org/10.1093/isp/eky002>.

KUCHARCZYK, Maja; HUGENHOLTZ, Chris H. Remote sensing of natural hazard-related disasters with small drones: global trends, biases, and research opportunities. **Remote Sensing Of Environment**, [S.L.], v. 264, p. 112577, out. 2021. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2021.112577>.

KUKREJA, Dhaval; GUPTA, Shikha; PATEL, Dheeraj; RAI, J N. Scientometric review of Web 3.0. **Journal Of Information Science**, [S.L.], 30 jun. 2023. SAGE Publications.
<http://dx.doi.org/10.1177/01655515231182073>.

KUPLICH, Tatiana Mora. Estudos florestais com imagens Radar. **Espaço & Geografia**, S.I., v. 6, n. 1, p. 71-96, fev. 2003.

LACOSTE, Yves. **A Geografia: isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra**. São Paulo: Sabotagem Contra Cultura, 1988.

LAKSHMINARASIMHAPPA, M C. s-Based and Smart Mobile App for Data Collection: Kobo Toolbox / Kobo Collect. **The Journal Of Indian Library Association (Jila)**, [s. l], v. 57, n. 2, p. 72-79, jun. 2021.

LATOUR, Bruno. The powers of association. In: LAW, John (ed.). **Power, action and belief. A new sociology of knowledge?** Boston: Routledge And Kegan Paul, 1986. p. 144-152.

LEAL, Paulo Roberto Guimarães. **Controle de qualidade em Cartografia**. 2007. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Ppgec, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

LEITE, Marcos Esdras; ROSA, Roberto. Geografia e Geotecnologias no estudo do urbano. **Caminhos da Geografia, Uberlândia**, v. 17, n. 17, p. 180-186, fev. 2006.

LEITE, Marcos E.; LEITE, Manoel R; CLEMENTE, Magno S. Geotecnologias e Gestão Urbana: Uma aplicação na identificação de terrenos públicos municipais. In: **XII Encuentro de Geógrafos de América Latina**, 2009, Montevideo: Universidad de la Republica, 2009.

LINHARES, Joiada Moreira da Silva *et al.* Mapeamento da Fragilidade Ambiental Potencial do Meio Físico da Área Urbana do Município de Lábrea – Sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S.L.], v. 72, n. 4, p. 651-664, 2020. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlandia. <http://dx.doi.org/10.14393/revbrascartogr>.

LI, Deren; SHAO, Zhenfeng. The new era for geo-information. **Science In China Series F: Information Sciences**, [S.L.], v. 52, n. 7, p. 1233-1242, jul. 2009. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11432-009-0122-9>.

LIU, Xiaoyu *et al.* Accuracy Assessment of a UAV Direct Georeferencing Method and Impact of the Configuration of Ground Control Points. **Drones**, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 30, 20 jan. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/drones6020030>.

LÓPEZ, Rolando Salas *et al.* Accuracy Assessment of Direct Georeferencing for Photogrammetric Applications Based on UAS-GNSS for High Andean Urban Environments. **Drones**, [S.L.], v. 6, n. 12, p. 388, 30 nov. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/drones6120388>.

LOPEZ, Francisco Javier Ariza. **Calidad en la Produccion Cartografica**. Paracuellos de Jarama: Ra-Ma, 2002.

MAPILLARY. Disponível em: https://www.mapillary.com/?locale=pt_PT. Acesso em: 23 mar. 2023.

MA, Dawei *et al.* The State of Mapillary: an exploratory analysis. **Isprs International Journal Of Geo-Information**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 10, 20 dez. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi9010010>.

MACHADO, Adriana Alexandria; CAMBOIM, Silvana Philippi. Diagnóstico da perspectiva do usuário na criação de infraestrutura de dados espaciais subnacionais: estudo de caso para a região Metropolitana de Curitiba. **Revista Brasileira de Cartografia**, S.I., v. 8, n. 68, p. 1633-1651, 2016.

MACHADO, Adriana Alexandria; CAMBOIM, Silvana Philippi. Mapeamento colaborativo como fonte de dados para o planejamento urbano: desafios e potencialidades. **Urbe. Revista**

Brasileira de Gestão Urbana, [S.L.], v. 11, p. 1-21, 2019. FapUNIFESP (SciELO).
<http://dx.doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180142>.

MAIA, Maria Adelaine Mansini; MARMOS, José Luiz (ed.). **Geodiversidade do Estado do Amazonas**: programa geologia do Brasil. Manaus: Cprm, 2010.

MARANHÃO, Vanessa Costa; CARNEIRO, Andrea F.T. Análise de Consistência Lógica conforme padrões de qualidade da norma ISO 19133. **Revista Cartográfica**, [S.L.], n. 92, p. 149-171, 27 set. 2019. Instituto Panamericano de Geografia e História.
<http://dx.doi.org/10.35424/rcarto.i92.442>.

MARCELINO, Emerson V.; NUNES, Luci H.; KOBIYAMA, Masato. Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 7, n. 17, p. 72-84, 2006.

MARTINELLI, Marcello. Os mapas da Geografia. In: **Anais CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA**. 2005, p. 1-12.

MAS, Jean Francois *et al.* Análise da disponibilidade de imagens Landsat e Sentinel para o Brasil. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [S.L.], v. 24, p. 1-19, 31 dez. 2020. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2236499461324>.

MASALA, Elena; PENSA, Stefano. O papel da Visualização no Planejamento Urbano: uma abordagem a partir dos conceitos por trás da imagem espacial. In: MOURÃO, Ana Clara Moura (org.). **Tecnologias de Geoinformação para Representar e Planejar o Território urbano**. Rio de Janeiro: Interciência, 2016, p. 1-303.

MEIJER, Albert; BOLÍVAR, Manuel Pedro Rodríguez. Governing the smart city: a review of the literature on smart urban governance. **International Review Of Administrative Sciences**, [S.L.], v. 82, n. 2, p. 392-408, 29 abr. 2015. SAGE Publications.
<http://dx.doi.org/10.1177/0020852314564308>.

MENDONÇA, Arianne Kelly dos Santos; BORGES, Maurício da Silva. Desastres ambientais na Amazônia: estudo de caso dos riscos de deslizamento de massa em Barcarena. **Journal Of Applied Hydro-Environment And Climate**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 1-21, 2021.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS**. 2. ed. S.I: Unesp, 2008.

MOURA, Ana Clara Mourão (org.). **Tecnologias de Geoinformação para Representar e Planejar o Território urbano**. Rio de Janeiro: Interciência, 2016.

NAGHAVI, Mohammad *et al.* VGI-based spatial data infrastructure for land administration. **Land Use Policy**, [S.L.], v. 114, p. 105969, mar. 2022. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105969>.

NASA. **Planetary**. Disponível em: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/>. Acesso em: 21 mar. 2023.

NEIS, Pascal; ZIPF, Alexander. Analyzing the Contributor Activity of a Volunteered Geographic Information Project — The Case of OpenStreetMap. **Isprs International**

Journal Of Geo-Information, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 146-165, 27 jul. 2012. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi1020146>.

NEUHOLD, Gerhard *et al.* The Mapillary Vistas Dataset for Semantic Understanding of Street Scenes. **2017 Ieee International Conference On Computer Vision (Iccv)**, [S.L.], p. 4490-4499, out. 2017. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/iccv.2017.534>.

NIEMANN, Rafaela Soares. **Comparação de métodos de filtragem e geração de modelos digitais de terreno a partir de imagens obtidas por veículo aéreo não-tripulado**. 2017. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Rio Claro, 2017.

NIETO, C. G.; LEVI, S. L. ESPACIO GEOGRÁFICO: epistemología y diversidad. In: OLIVEIRA, Patricia (org.). **ESPACIO GEOGRÁFICO: epistemología y diversidad**. México: Unam, 2003, p. 423-436.

NGUINGUIRI, Jean Claude *et al.* **Managing human–wildlife conflicts in central and southern Africa**, 2017. Disponível em: <https://agritrop.cirad.fr/591095/1/Unasylva249-2017-nguingui-tribuchon-lebel-cornelis-.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2023.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, Supren, 1979.

NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes; PONZONI, Flávio Jorge. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 2001.

O'REILLY, Tim. **What Is Web 2.0**. 2005. Disponível em: <https://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html?page=1>. Acesso em: 22 mar. 2023.

PADILHA, Víctor Luís. **Uso da neocartografia na gestão do território**. Medianeira: UTFPR, 2018.

PBH. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/pbhapp>. Acesso em: 23 mar. 2023.

PEDREIRA, W. J. P.; OLIVEIRA, J. de A.; SANTOS, P. S. AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA ALTIMÉTRICA USANDO A TECNOLOGIA VANT. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 21, n. 73, p. 209–222, 2020. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/48071>. Acesso em: 8 abr. 2024.

PEIXOTO, Regina Stella Savelli de Lorena. **Utilização de Sistemas de Informações Geográficas para Gerenciamento de Cidades de Pequeno Porte**. 1997. 194 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

PEREIRA, Kátia Duarte *et al.* Atualização da legislação cartográfica - necessidade nacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 11., 2003, Belo Horizonte. **Projeto Mudança do Referencial Geodésico**. Belo Horizonte: IBGE, 2003, p. 1-13.

PEREIRA, Gilberto Corso; SILVA, Bárbara Christine Nentwig. Geoprocessamento e Urbanismo. In: GERARDI, Lúcia Helena de O.; MENDES, Iandara Alves (org.). **Teoria, Técnica, Espaços e Atividades: temas de geografia contemporânea**. S.I: Ageteo; Unesp, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2001, p. 1-432.

PERKINS, Chris. Plotting practices and politics: (im)mutable narratives in openstreetmap. **Transactions Of The Institute Of British Geographers**, [S.L.], v. 39, n. 2, p. 304-317, 17 set. 2013. <http://dx.doi.org/10.1111/tran.12022>.

PINTO, Jorge Luis de O.; LIMA, Mozar L. de A.; SABINO, Herminio. Mapeamento aéreo com drone para planejamento urbano. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, [S.L.], p. 1-20, 2020. <http://dx.doi.org/10.23900/2359-1552v9-n4-2-2020-2-1-1>.

PINTO, Marcelo Solfa; AMORIM, Amilton. Ortoretificação de imagem Quickbird com diferentes modelos digitais de terreno: análise da qualidade geométrica. **Revista Brasileira de Cartografia**, [s. l], v. 63, p. 65-74, 2011.

POIANI, Thiago Henrique *et al.* Potential of Collaborative Mapping for Disaster Relief: a case study of openstreetmap in the nepal earthquake 2015. **2016 49Th Hawaii International Conference On System Sciences (Hicss)**, [S.L.], p. 188-197, jan. 2016. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/hicss.2016.31>.

POLOJU, Kiran Kumar *et al.* New Method Of Data Collection Using The Kobo Toolbox. **Journal of positive school psychology**, [s. l], v. 6, n. 4, p. 1527-1535, 2022.

PONTES, Davi Samuel Ferreira *et al.* Uso de Aeronave Remotamente Pilotada para análise de inundações: um estudo de caso a partir do complexo do passo da pátria, natal, brasil. **Revista de Estudios Latinoamericanos Sobre Reducción del Riesgo de Desastres - Reder**, S.I., v. 2, n. 4, p. 97-110, 2020.

RAHARDJO, N.; SANTOSA, Djarot H; MARHAENTO, Hero. Drone Application for Generating a High Precision Orthophoto to Support Village Boundary and Land Use Mapping in Indonesia. **International Journal Of Geoinformatics**, [s. l], v. 16, n. 2, p. 63-70, 2020.

RAJABIFARD, A., WILLIAMSON, Ian P. Spatial Data Infrastructures: an initiative to facilitate spatial data sharing. **Global environmental databases-present situation**; future directions, v. 2, 2002.

RIBEIRO, Érika Renata Farias *et al.* Contribuições à gestão ambiental e planejamento urbano em áreas de risco da cidade de Abaetetuba-Amazônia (Brasil) (Paper 382). **Papers do Naea**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-18, 7 abr. 2018. Universidade Federal do Pará. <http://dx.doi.org/10.18542/papersnaea.v1i1.11116>.

RIBEIRO, Carlos Antonio Alvares Soares *et al.* O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 203-212, abr. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622005000200004>.

RONCELLA, R., FORLANI, G., AND DIOTRI, F.: A MONTE CARLO SIMULATION STUDY ON THE DOME EFFECT, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B2-2021, 53–60, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2021-53-2021>, 2021.

ROSALEN, David Luciano. **Estudo do processo de imagens aplicado à fotogrametria digital**. 1997. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

SANTOS, Claudio João Barreto dos; CASTIGLIONE, Luiz Henrique Guimarães. A atuação do IBGE na evolução da cartografia civil no Brasil. **Terra Brasilis**, [S.L.], n. 3, p. 1-24, 25 jun. 2014. OpenEdition. <http://dx.doi.org/10.4000/terrabrasilis.942>.

SANTOS, César Clemente Pires dos *et al.* O uso de geotecnologias para planejamento urbano de áreas de risco associados a dinâmica fluvial no perímetro urbano da capital MatoGrossense Cuiabá. In: **CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL**, 9., 2021, S.I. Anais [...]. S.I.: Pluris 2021 Digital, 2021. p. 1-13.

SANTOS, Thiago Gonçalves dos. **A Cartografia de Síntese no inventário das zonas suscetíveis aos riscos de inundação e alagamento na área urbana de Lavras/MG: reconhecimento e detalhamento das interações sistêmicas na dinâmica da paisagem**. 2022. 184 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2022.

SEHRA, Sukhjit; SINGH, Jaiteg; RAI, Hardeep S. Using Latent Semantic Analysis to Identify Research Trends in OpenStreetMap. **Isprs International Journal Of Geo-Information**, [S.L.], v. 6, n. 7, p. 195, 1 jul. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi6070195>.

SHAH, Muhammad Syafiq Muhammad Zaly; ARIFF, Mohd Farid Mohd; RAZALI, Ahmad Firdaus. Accuracy Assessment of Airborne Mapping Based on Variation of Number and Distribution of Ground Control Points. **2022 Ieee 10Th Conference On Systems, Process & Control (Icspc)**, [S.L.], p. 88-93, 17 dez. 2022. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icspc55597.2022.10001799>.

SILVA, Daniel Carneiro da. Evolução da Fotogrametria no Brasil. **Revista Brasileira de Geomática**, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 81, 14 dez. 2015. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/rbgeo.v3n2.5467>.

SILVA, Eliane Alves da. 90 Anos da Missão Cartográfica Imperial Militar Austríaca no Exército Brasileiro – Relato Histórico da Fotogrametria (1920-2010). In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA HISTÓRICA**, 1., 2011, Paraty. Anais [...]. Paraty: S.I., 2011. p. 1-13.

SCHOR, T.; OLIVEIRA, J. A. Reflexões metodológicas sobre o estudo da rede urbana no Amazonas e perspectivas para a análise das cidades na Amazônia brasileira. **Revista Acta Geográfica**, [S.L.], p. 15-30, 2011. Universidade Federal de Roraima. <http://dx.doi.org/10.5654/actageo2011.0001.0001>.

SNIS, Instituto Água e Saneamento. Alvarães (AM). 2021. Disponível em: <https://encurtador.com.br/AHTW3>. Acesso em: 24 abr. 2023.

SLUTER, Claudia Robbi *et al.* A Proposal for Topographic Map Symbols for Large-Scale Maps of Urban Areas in Brazil. **The Cartographic Journal**, [S.L.], v. 55, n. 4, p. 362-377, 2 out. 2018. <http://dx.doi.org/10.1080/00087041.2018.1549307>.

SNAVELY, Noah. Scene Reconstruction and Visualization from Internet Photo Collections: a survey. **Ipsj Transactions On Computer Vision And Applications**, [S.L.], v. 3, p. 44-66, 2011. Information Processing Society of Japan. <http://dx.doi.org/10.2197/ipsjtcva.3.44>.

STEFFEN, Carlos Alberto. Introdução ao Sensoriamento Remoto. 2016. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. Disponível em: http://www.geociencias.ufpb.br/leppan/disciplinas/sensoriamento/pos/download/apostila_sensoriamento.pdf. Acesso em: 11 mai. 2023.

SOARES, Leandro Dilnei Viana *et al.* Uso de imagens ortorretificadas obtidas por drones para o planejamento de parcelamento do solo. **Revista Técnico Científica da Universidade Corporativa do Crea/Sc**, Santa Catarina, v. 1, n. 1, p. 289-306, 2023.

SOBREIRA, Frederico Garcia; SOUZA, Leonardo Andrade de. Cartografia Geotécnica aplicada ao Planejamento Urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, [s. l], v. 1, n. 2, p. 79-97, 2012.

SODEN, Robert; PALEN, Leysia. From Crowdsourced Mapping to Community Mapping: The Post-Earthquake Work of OpenStreetMap Haiti. **Coop 2014 - Proceedings Of The 11Th International Conference On The Design Of Cooperative Systems**, Nice (France), p. 1-16, 2014.

SOUZA JUNIOR, Carlos *et al.* Base de Informações Geográficas para a gestão ambiental municipal na Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, [s. l], v. 63, n. 3, p. 591-603, 2013.

SOUZA, Angela Maria Barbosa de; CARNEIRO, Andrea Flávia Tenório; SILVA, Daniel Carneiro. Análise dos Métodos Mistos de Atualização de Cartografia Urbana. In: **COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS**, 2007, Presidente Prudente. Anais [...]. Presidente Prudente: S.I., 2007, p. 483-489.

SOUZA, Vanessa Cristina Oliveira de; CÂMARA, Gilberto. Avaliação dos principais catálogos de imagens de Sensoriamento Remoto. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Natal: INPE, 2009, p. 4985-4992.

SOUZA, Mariany Kerriany Gonçalves. *et al.* Validação da acurácia posicional de imagens cbers-4a e Planet Scope usando alvos urbanos. **Revista Tamoios**, São Gonçalo, v.19, n. 1, p. 207-222, 2023. Disponível em: 10.12957/tamoios.2023.61140. Acesso em: 15 de mar. 2023.

SOUZA, Paulo Victor Barbosa de. **Mapas colaborativos na Internet**: um estudo de anotações espaciais sobre problemas urbanos. 2012. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Comunicação e Cultura Contemporânea, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes; OLIVEIRA, Mateus Gleiser; DELFINO, Elisa da Silveira. Ribeirinhos da FLONA de Tefé-AM: Cartografia Social na compreensão do modo de

vida. In: HEIDRICH, A.L.; PIRES, C. L. Z. (org.). **Ordagens e práticas da pesquisa qualitativa em Geografia e saberes sobre espaço e cultura**. Porto Alegre: Letra1, 2016, p. 103-127.

SUI, Daniel Z.. The wikification of GIS and its consequences: or angelina jolie's new tattoo and the future of gis. **Computers, Environment And Urban Systems**, [S.L.], v. 32, n. 1, p. 1-5, jan. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2007.12.001>.

TAHAR, K.N. An evaluation on different number of ground control points in unmanned aerial vehicle photogrammetric block. In Proceedings of the International Archives of the Photogrammetry, **Remote Sensing and Spatial Information Sciences**—ISPRS Archives, Istanbul, Turkey, 27–29 November 2013.

TEIXEIRA *et al.* Collaborative Cartography Making Riparian Communities Visible in Tefé, Amazonas, Brazil. In: Patricia Solís, Marcela Zeballos. (Org.). **Open Mapping towards Sustainable Development Goals**. 1ed.: Springer Cham, 2022, p. 1-382.

TEIXEIRA, Amandio Luís de Almeida ; GERARDI, Lucia Helena de Oliveira . Cartografia Assistida por Computador. Boletim de Estudos Geográficos, v. 23, n.86, p. 83-99, 1988. TOCANTINS, Leandro. **O Rio Comanda a Vida: uma interpretação da Amazônia**. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1973.

TOFFANIN, Piero. **OpendroneMap The Missing Guide**. S.I: Masseranolabs Llc, 2019.

TOMMASELLI, Antonio M. G. Introdução. In: TOMMASELLI, Antonio M. G. **Fotogrametria Básica**. 1. ed. [S.l.: s.n.], 2009. cap. 1, p. 1-2. v. 1. Disponível em: http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/891/introducao_a_fotogrametria.pdf . Acesso em: 23 mar. 2023.

TO NO MAPA. Disponível em: <https://tonomapa.org.br/>. Acesso em: 23 mar. 2023.

TURNER, A. Neocartography and the social web. In: **INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE**, 26., 2013, Dresden. Proceedings [...]. Dresden: Ica, 2013, p. 53.

UFLA. **Novo aplicativo ajuda a proteger motoristas e animais contra acidentes em estradas do País**. 2021. Disponível em: <https://ufla.br/noticias/pesquisa/14501-novo-aplicativo-ajuda-a-proteger-motoristas-e-animais-contr-acidentes-em-estradas-do-pais#:~:text=No%20futuro%2C%20o%20U%2DSafe,ajudar%20na%20prote%C3%A7%C3%A3o%20da%20biodiversidade..> Acesso em: 23 mar. 2023.

UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). **Terminology of Disaster Risk Reduction**. 2017. Disponível em: <https://www.undrr.org/terminology/disaster>. Acesso em: 02 mai. 2023.

UNMAPS. **Fundamentos do OSM**. 2023. Curso em português. Disponível em: <https://mappers.un.org/learning/?redirect=0>. Acesso em: 23 mar. 2023

VARGAS, Rogério Rodrigues. Desenvolvimento de um sistema de gerenciamento e acesso a informações de redes geodésicas eficiente. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 26-39, mar. 2020.

VERHOEVEN, Geert J. J. Providing an archaeological bird's-eye view – an overall picture of ground-based means to execute low-altitude aerial photography (LAAP) in Archaeology. **Archaeological Prospection**, [S.L.], v. 16, n. 4, p. 233-249, out. 2009. <http://dx.doi.org/10.1002/arp.354>.

VIANA, Virgílio M. Bolsa Floresta: um instrumento inovador para a promoção da saúde em comunidades tradicionais na amazônia. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 22, n. 64, p. 143-153, dez. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142008000300009>.

VIDAL, Bruno Sarkis; SILVA NETO, João Cândido André da. Sensoriamento remoto e clima urbano na Amazônia: análise de Alvarães, Amazonas, Brasil. **Revista Geonorte**, [S.L.], v. 14, n. 43, p. 43-62, 11 mai. 2023. <http://dx.doi.org/10.21170/geonorte.2023.v.14.n.43.43.62>.

YOUNG, Jason C. *et al.* Volunteer geographic information in the Global South: barriers to local implementation of mapping projects across africa. **GeoJournal**, [S.L.], v. 86, n. 5, p. 2227-2243, 8 abr. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10708-020-10184-6>.

ZACHARIAS, A. A. **Zoneamento ambiental e a representação cartográfica das unidades de Paisagens**: propostas e subsídios para o Planejamento Ambiental do município de Ourinhos – SP. 2006. 200f. Tese (Doutorado em Geografia) – IGCE – UNESP/Rio Claro, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/104436>. Acesso em: 07 mar. 2020.

ZÁRATE, Belizario A.; HAMDOUNI, Rachid; FERNÁNDEZ, Tomás. GNSS and RPAS Integration Techniques for Studying Landslide Dynamics: application to the areas of victoria and colinas lojanas, (loja, ecuador). **Remote Sensing**, [S.L.], v. 13, n. 17, p. 3496, 3 set. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs13173496>.

ZOOK, Matthew *et al.* Volunteered Geographic Information and Crowdsourcing Disaster Relief: a case study of the haitian earthquake. **World Medical & Health Policy**, [S.L.], v. 2, n. 2, p. 6-32, 21 jan. 2010. Wiley. <http://dx.doi.org/10.2202/1948-4682.1069>.

ANEXO I

29/05/23, 14:59

Prá

Prática Kobo ToolBox Alvarães

Tipo da edificação

- ☐ Uso Coletivo
- ☐ Prédio público
- ☐ Comércio
- ☐ Escola
- ☐ Outro

Nome da edificação (se tiver)

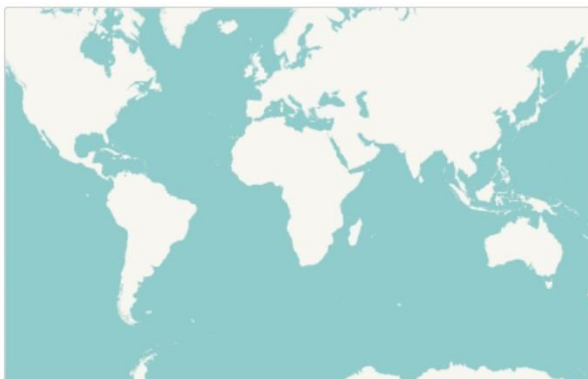
Localização da edificação

latitude (x.y °)

longitude (x.y °)

altitude (m)

precisão (m)



Número da edificação

Rua da edificação

Use a câmera para tirar uma foto da fachada da edificação.

Clique aqui para fazer o upload do arquivo. (<5MB)

Nome da pessoa que coletou as informações.

ANEXO II



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: N/A

Início:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2023/11/11 13:03:00,99
Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2023/11/11 17:09:06,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	AS-ANT2BCAL NONE
Órbitas dos satélites: ¹	FINAL
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma ² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena ³ (m):	4,600
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,23 GPS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,83 GPS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-3° 12' 57,3341"	-64° 48' 31,7464"	43,86	9644361.760	299005.242	-63
Na data do levantamento ⁵	-3° 12' 57,3255"	-64° 48' 31,7489"	43,86	9644362.024	299005.165	-63
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,003	0,005	0,007			

Coordenada Altimétrica

Modelo:	hgeoHNOR_IMBITUBA		
Fator para Conversão (m):	0,62	Incerteza (m):	0,14
Altitude Normal (m):	43,24		

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

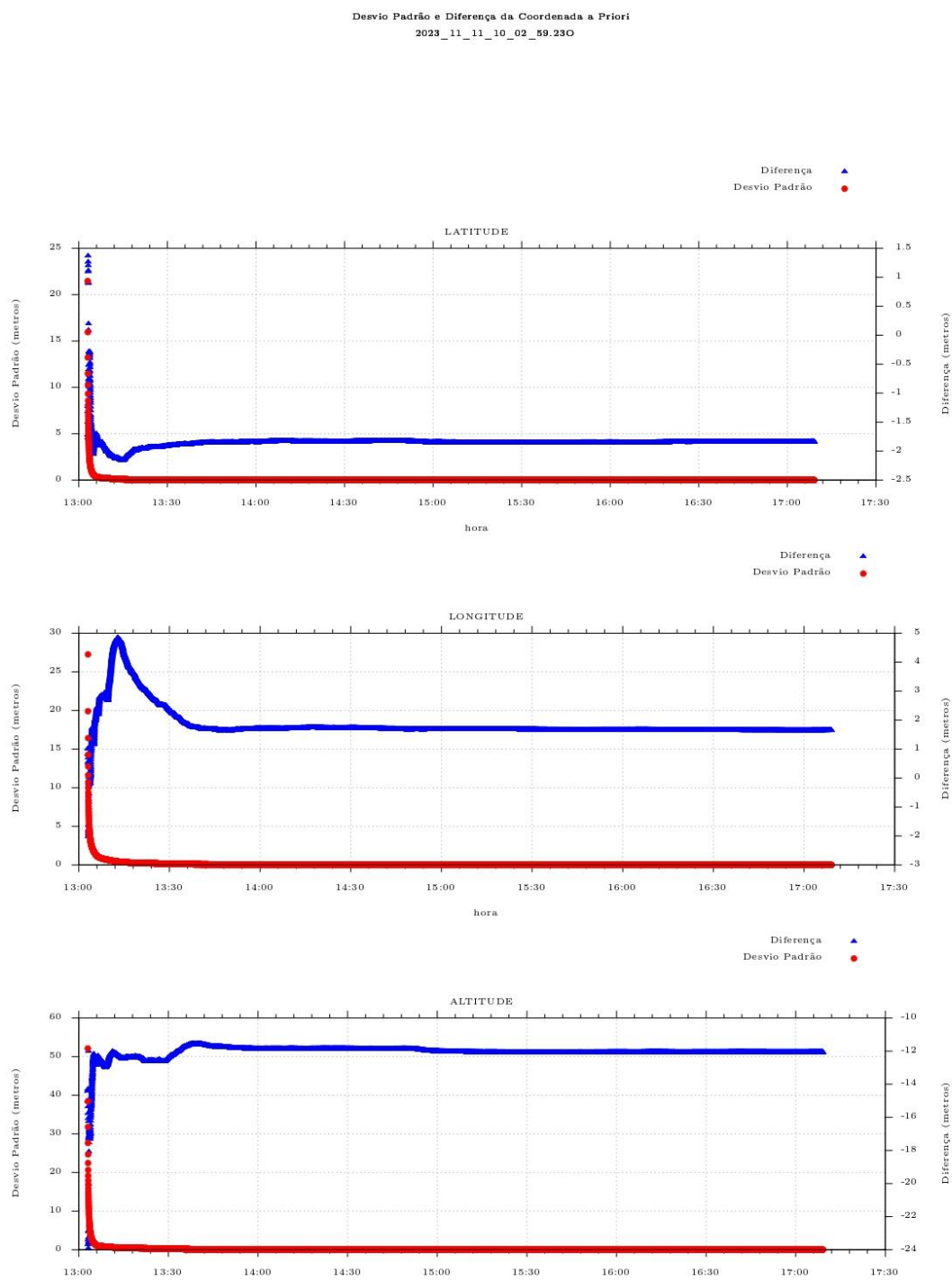
⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: <https://www.ibge.gov.br/atendimento.html> ou pelo telefone 0800-7218181. Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN).

Processamento autorizado para uso do IBGE.



ANEXO III

ODM Quality Report

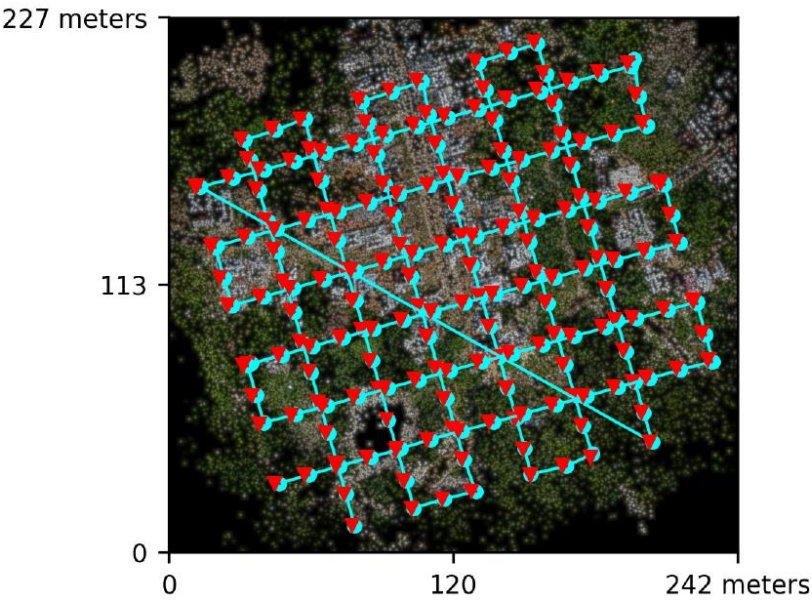
Processed with ODM version 3.3.1

Dataset Summary

Date	19/03/2024 at 09:21:14
Area Covered	0.044783 km²
Processing Time	21.0m:49.0s
Capture Start	10/11/2023 at 10:24:40
Capture End	10/11/2023 at 10:47:40

Processing Summary

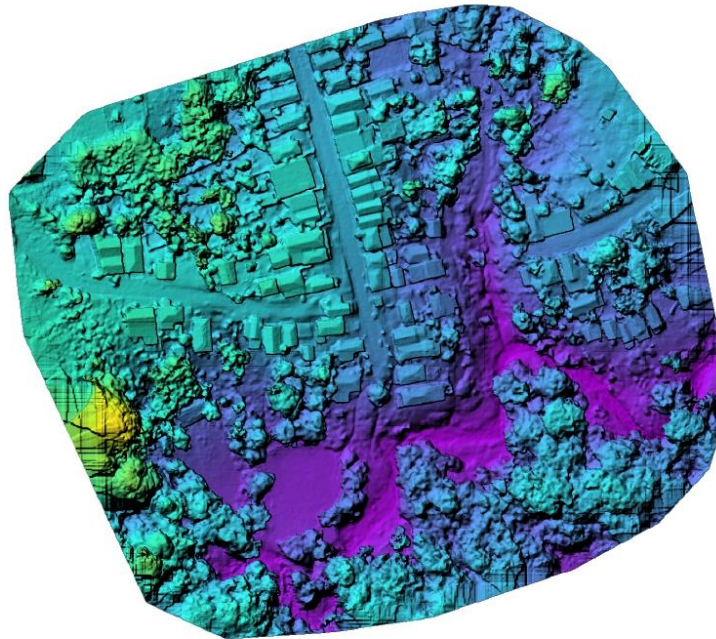
Reconstructed Images	201 over 201 shots (100.0%)
Reconstructed Points (Sparse)	166356 over 204599 points (81.3%)
Reconstructed Points (Dense)	9,145,011 points
Average Ground Sampling Distance (GSD)	4.2 cm
Detected Features	10,974 features
Reconstructed Features	3,317 features
Geographic Reference	GPS and GCP
GPS / GCP errors	9.78 / 0.05 meters



Previews



Orthophoto

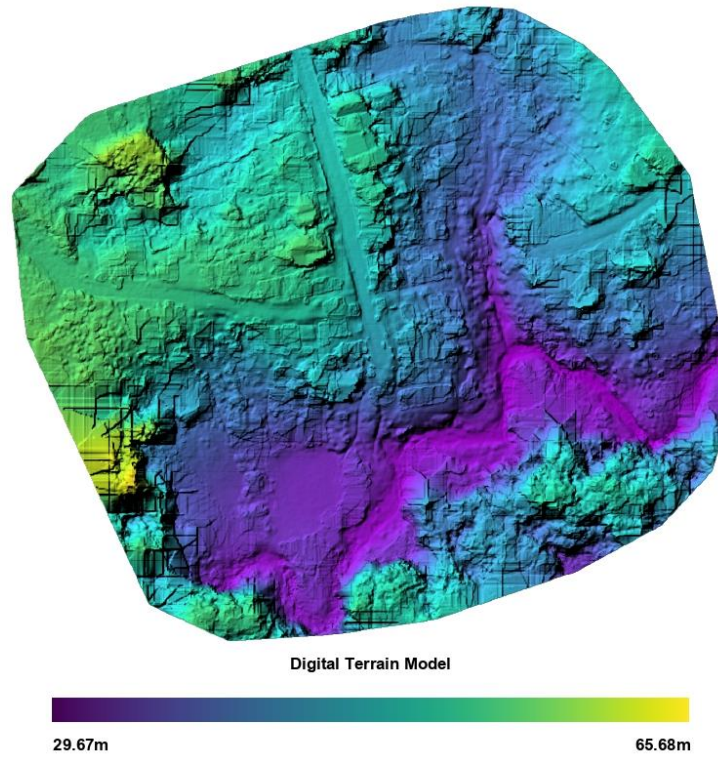


Digital Surface Model

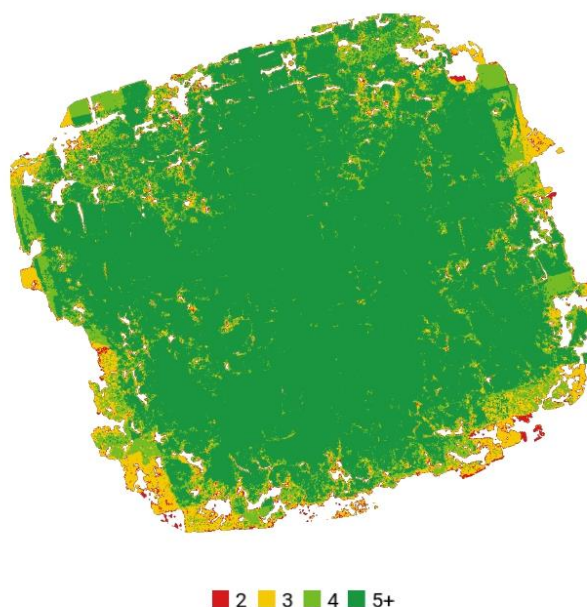


29.69m

76.30m



Survey Data



GPS/GCP/3D Errors Details

GPS	Mean	Standard Deviation	RMS Error
X Error (meters)	1.489	0.341	1.528
Y Error (meters)	-0.452	0.373	0.586
Z Error (meters)	-9.638	0.851	9.676
Total			9.775

GCP	Mean	Standard Deviation	RMS Error
X Error (meters)	0.002	0.008	0.008
Y Error (meters)	-0.009	0.022	0.024
Z Error (meters)	0.037	0.080	0.088
Total			0.045

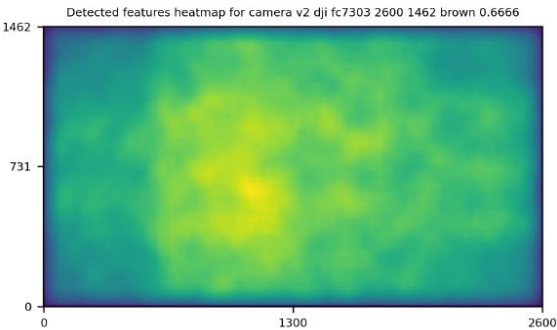
3D	Mean	Standard Deviation	RMS Error
X Error (meters)	0.057	0.131	0.143
Y Error (meters)	0.054	0.142	0.152
Z Error (meters)	0.198	0.358	0.409
Total			0.228

	Absolute	Relative
Horizontal Accuracy CE90 (meters)	0.057	0.168
Vertical Accuracy LE90 (meters)	0.195	0.413

Ground Control Point Error

ID	Error X (m)	Error Y (m)	Error Z (m)
R2	0.000	0.000	-0.001
R1	0.000	0.000	0.002
R4	-0.005	0.004	-0.015
B1	0.018	-0.054	0.195
R3	-0.001	0.002	0.002

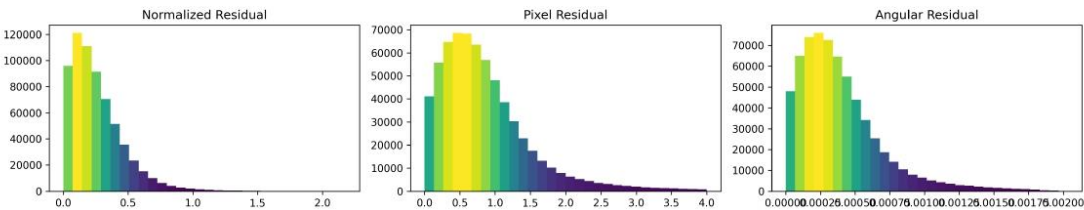
Features Details



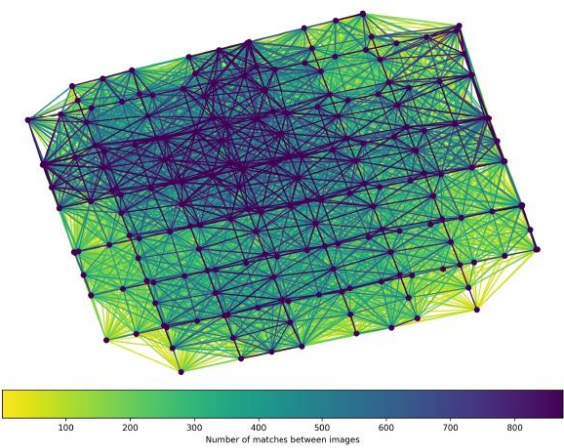
	Min.	Max.	Mean	Median
Detected	10010	13536	10961	10974
Reconstructed	681	6156	3296	3317

Reconstruction Details

Average Reprojection Error (normalized / pixels / angular)	0.26 / 0.85 / 0.00039
Average Track Length	3.98 images
Average Track Length (> 2)	6.11 images



Tracks Details

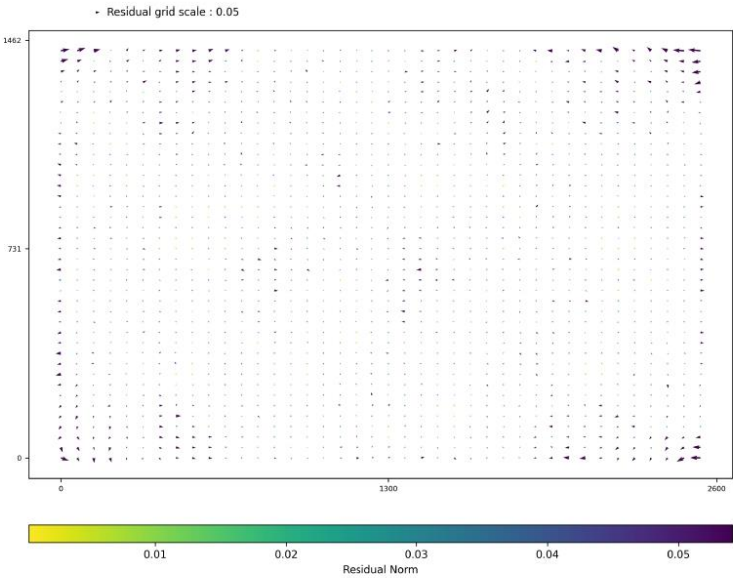


Length	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Count	85994	31835	13741	8056	5268	3739	2892	2329	1856

Camera Models Details

v2 dji fc7303 2600 1462 brown 0.6666

	k1	k2	k3	p1	p2	focal	aspect_ratio	cx	cy
Initial	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6667	1.0000	0.0000	0.0000
Optimized	0.0000	-0.0278	0.0300	-0.0002	0.0001	0.7540	1.0000	-0.0001	-0.0025



ANEXO IV

25/03/24, 15:32

ACURÁCIA POSICIONAL ALTIMÉTRICA

RELATÓRIO DE ACURÁCIA POSICIONAL ALTIMÉTRICA**1. Dados de entrada**

- a. Pontos de Checagem: coordenadas
- b. Nuvem de pontos: nuvem_pontos.txt
- c. total de pontos de checagem: 5

2. Relatório

- a. Discrepâncias em Z:
 - a.1. média das discrepâncias (tendência): 0.072 m
 - a.2. desvio-padrão (precisão): 0.154 m
 - a.3. discrepância máxima: 0.300 m
 - a.4. discrepância mínima: -0.169 m
 - a.5. REMQ: 0.171 m

3. Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC-PCD)

1:500	1:1.000	1:2.000	1:5.000	1:10.000	1:25.000	1:50.000	1:100.000	1:250.000
C	B	A	A	A	A	A	A	A

Leandro França 2023
Eng. Cartógrafo
email: contato@geoone.com.br

