

# Estudo da aplicação de drones para elaboração de cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana

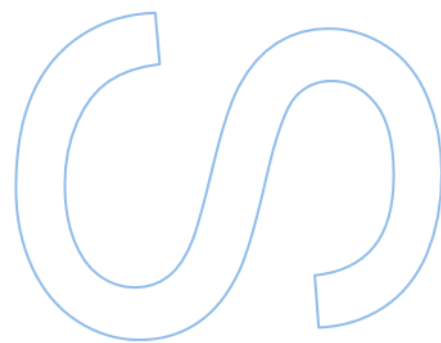
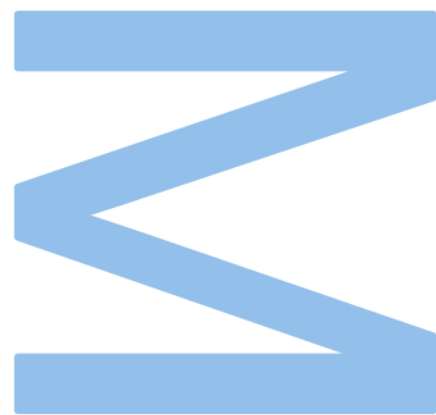
**Maria Pereira Carvalho**

Mestrado em Engenharia Geográfica

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território  
2023

**Orientador**

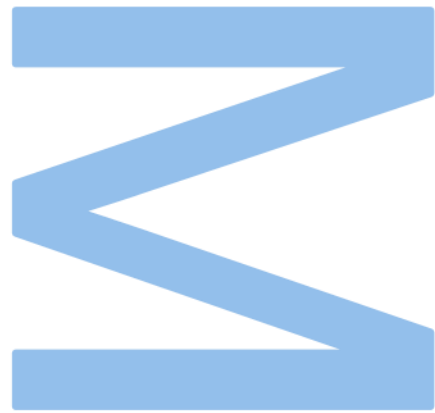
Professor Doutor José Alberto Álvares Pereira Gonçalves,  
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto





santa maria da feira  
câmara municipal

**U.** PORTO  
FC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
UNIVERSIDADE DO PORTO



## Agradecimentos

Ao Sr. Prof. Doutor José Alberto Álvares Pereira Gonçalves, meu orientador, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, quero expressar minha profunda gratidão pela paciência e apoio incansável que me concedeu, tanto durante o estágio quanto ao longo de todo o meu percurso acadêmico. O seu compromisso e orientação foram fundamentais para o meu crescimento, muito obrigada.

À Eng.<sup>a</sup> Alexandrina Meneses, minha coorientadora e Chefe da Câmara Municipal de Santa Maria da Feira, gostaria de agradecer por toda a colaboração incansável e pelo inestimável apoio que me proporcionou ao longo deste estágio, assim como, contribuiu significativamente para o meu crescimento profissional e inserção na carreira.

A todos os professores que tive a honra de conhecer ao longo da minha licenciatura e mestrado, quero expressar a minha profunda gratidão. Cada um de vocês desempenhou um papel vital na minha educação, enriquecendo o meu percurso acadêmico com conhecimento, inspiração e perspectivas únicas.

Aos meus colegas de curso. Compartilhamos risos, desafios e inúmeras experiências ao longo destes anos. O apoio mútuo e o companheirismo foram inestimáveis, tornando esta fase da minha vida não apenas educativa, mas também memorável.

Aos meus apreciados colegas de trabalho, gostaria de expressar o meu sincero obrigada. Desde o meu primeiro dia, fui calorosamente acolhida e a disposição para partilhar conhecimento e orientação tem sido notável. Obrigada por tornarem o meu ambiente de trabalho não apenas produtivo, mas também acolhedor e amigável.

Ao meu dedicado treinador, pela sua notável paciência e compreensão ao longo do período em que tive de ajustar e adaptar os treinos devido à escrita da minha tese. A sua flexibilidade e apoio foram fundamentais para equilibrar os desafios académicos com as metas atléticas.

Aos meus queridos pais e namorado, agradeço do fundo do meu coração, por demonstrarem compreensão, apoio e amor incondicional. Aos meus incansáveis pais, que foram alicerces cruciais em cada fase da minha vida. E ao meu namorado, por ser o meu porto seguro nos momentos mais desafiadores, por me acalmar e dar forças para enfrentar as adversidades. Sem a vossa presença e apoio, nada disto seria possível. O meu sucesso e crescimento são verdadeiramente reflexos da vossa bondade e suporte constantes.

# Resumo

Este trabalho pretende demonstrar que a aplicação de drones para a elaboração de cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana pode trazer uma série de benefícios para uma Câmara Municipal. Esta abordagem inovadora permite uma recolha eficiente e precisa de dados geográficos, através de uma análise detalhada das áreas urbanas a serem reabilitadas permitindo tomar decisões baseadas em informações concretas, reduzindo o tempo despendido na recolha e processamento de dados.

As Câmaras Municipais são instituições de extrema importância para o desenvolvimento e crescimento das regiões onde se inserem. Estas desempenham um papel fundamental na gestão e planeamento do município, promovendo o bem-estar da população e impulsionando o seu desenvolvimento socioeconómico. Assim, um dos elementos essenciais para uma gestão municipal eficiente é o conhecimento detalhado do território, que é possível através de uma cartografia rigorosa e atualizada. Através de mapas e representações gráficas precisas, a autarquia consegue visualizar a distribuição de recursos, identificar áreas de vulnerabilidade, planear a expansão urbana, estabelecer normas de ordenamento do território e administrar os espaços públicos de forma eficiente.

Assim, é estudada a componente prática de levantamento de Veículos Aéreos não Tripulados (VANT), desde o planeamento da aquisição fotogramétrica, os planos de voo, os processamentos das imagens, o controlo da qualidade posicional, o controlo da qualidade dos Ortofotos, análises dos efeitos das fotos oblíquas, classificação de pontos do terreno e a criação do Modelo Digital do Terreno (MDT ou DTM) e do Modelo Digital de Superfície (MDS ou DSM) assim como, a componente prática do desenho topográfico, desde a análise (SIG) até à elaboração da cartografia.

Foi efetuado um voo com um VANT equipado com recetor GNSS RTK, cobrindo uma área de 22 ha, com resolução de 2.5 cm. O planeamento de voo incluiu uma fiada oblíqua com o objetivo melhorar o rigor altimétrico. Fez-se o processamento fotogramétrico sem pontos de apoio, e em duas formas: considerando as imagens oblíquas e excluindo essas imagens. Verificou-se o rigor posicional do ortomosaico e do MDS resultantes. No caso da inclusão das imagens oblíquas verificou-se, utilizando pontos de verificação levantados com GNSS, que os erros médios quadráticos foram semelhantes à resolução da imagem (2.5 cm). A não inclusão das imagens oblíquas

resultou em erros altimétricos muito superiores, de cerca de 40 cm. Posteriormente fez-se uma análise da geração de informação altimétrica tradicional da cartografia (curvas de nível), que resultam excessivamente detalhadas. Verificou-se que uma abordagem intermédia, em que o utilizador seleciona pontos em locais do terreno, como se de um levantamento de campo se tratasse, extrai cotas do MDS e gera um MDT pelos processos tradicionais, produz os resultados mais adequados. Finalmente fez-se uma análise da informação que pode ser obtida por operadores, como tampas de saneamento, postes de iluminação e outros, avaliando erros de classificação e de completude, por comparação com dados de campo recolhidos em trabalhos anteriores.

Deste modo, reconhecendo a importância da cartografia como uma ferramenta indispensável para o desenvolvimento do município, os drones são utilizáveis como ferramentas de recolha de informação para atualização da mesma. Apresentam assim um papel importante, integrados com as técnicas tradicionais, permitindo uma importante redução de tempo na execução de trabalhos de levantamento para os planos de reabilitação urbana.

**Palavras-chave:** Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), Fotogrametria, Cartografia, Ortofoto, Modelo Digital do Terreno (MDT) e Modelo Digital de Superfície (MDS)

# Abstract

This work aims to demonstrate that the use of drones for cartography in support of urban rehabilitation plans can bring several benefits to a Municipal Council. This innovative approach allows for efficient and accurate collection of geographic data through a detailed analysis of the urban areas to be rehabilitated, enabling decisions based on concrete information and reducing the time spent on data collection and processing.

Municipal Councils are institutions of utmost importance for the development and growth of the regions they serve. They play a fundamental role in the management and planning of the municipality, promoting the well-being of the population and driving its socio-economic development. Therefore, one of the essential elements for efficient municipal management is a detailed knowledge of the territory, which is possible through rigorous and up-to-date cartography. Through precise maps and graphical representations, the municipality can visualize resource distribution, identify vulnerable areas, plan urban expansion, establish land use regulations, and efficiently manage public spaces.

Thus, the practical component of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) surveying is studied, from photogrammetric acquisition planning, flight plans, image processing, positional quality control, orthophoto quality control, analysis of oblique photos effects, ground point classification, and the creation of Digital Terrain Models (DTM) and Digital Surface Models (DSM), as well as the practical component of topographic drawing, from analysis (GIS) to cartography development.

A flight was conducted using a UAV equipped with an RTK GNSS receiver, covering an area of 22 hectares with a resolution of 2.5 cm. The flight planning included an oblique row with the aim of improving altimetric accuracy. Photogrammetric processing was performed without ground control points, and in two ways: considering the oblique images and excluding them. The positional accuracy of the resulting orthomosaic and DSM was verified. In the case of including the oblique images, using verification points collected with GNSS, the root mean square errors were similar to the image resolution (2.5 cm). Excluding the oblique images resulted in significantly higher altimetric errors, around 40 cm. Subsequently, an analysis of the generation of traditional altimetric information in cartography (contour lines) was performed, which was

excessively detailed. It was found that an intermediate approach, in which the user selects points on the terrain as if it were a field survey, extracts elevations from the DSM, and generates a DTM through traditional processes, produces the most suitable results. Finally, an analysis of the information that can be obtained by operators, such as sewage covers, lighting poles, and others, evaluating classification and completeness errors compared to field data collected in previous work.

In this way, recognizing the importance of cartography as an indispensable tool for the municipality's development, drones are used as information collection tools for its updating. They thus play an important role, integrated with traditional techniques, allowing for a significant reduction in the time required for survey work in urban rehabilitation plans.

**Keywords:** Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), Photogrammetry, Cartography, Orthophoto, Digital Terrain Model (DTM), and Digital Surface Model (DSM).

# Índice

<b>Resumo</b> .....	<b>2</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>4</b>
<b>Índice</b> .....	<b>6</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>8</b>
<b>Lista de tabelas</b> .....	<b>12</b>
<b>Lista de siglas e acrónimos</b> .....	<b>13</b>
<b>Capítulo I</b> .....	<b>1</b>
1. <i>Introdução</i> .....	1
1.1. <i>Objetivos</i> .....	1
1.2. <i>Estrutura do relatório</i> .....	2
<b>Capítulo II</b> .....	<b>3</b>
2. <i>Fundamentação teórica</i> .....	3
2.1. <i>Informação Geográfica</i> .....	3
2.2. <i>Cartografia</i> .....	4
2.2.1. <i>Cartografia nacional</i> .....	5
2.2.2. <i>Cartografia digital</i> .....	8
2.2.3. <i>Análise da qualidade da Cartografia Topográfica Vetorial e de Imagem</i> .....	10
2.3. <i>Topografia</i> .....	17
2.3.1. <i>Levantamento Topográfico</i> .....	17
2.4. <i>Fotogrametria</i> .....	18
2.4.1. <i>Posicionamento fotogramétrico</i> .....	19
2.4.2. <i>Aeronaves não tripuladas (UAS/Drones)</i> .....	24
2.4.3. <i>Fotogrametria UAS</i> .....	31
<b>Capítulo III</b> .....	<b>32</b>
3. <i>Município de Santa Maria da Feira</i> .....	32
3.1. <i>Enquadramento geográfico</i> .....	32
3.2. <i>Cartografia no Município</i> .....	33
3.2.1. <i>Representação e análise dos dados geográficos</i> .....	34
3.3. <i>Levantamento topográfico no Município</i> .....	40
<b>Capítulo IV</b> .....	<b>44</b>
4. <i>Componente prática de levantamento UAS</i> .....	44
4.1. <i>Equipamento utilizado</i> .....	44
4.1.1. <i>Phantom 4 RTK</i> .....	44
4.2. <i>Planeamento e aquisição fotogramétrica</i> .....	47
4.3. <i>Processamento do levantamento com UAS</i> .....	51
4.3.1. <i>Processamento com todas as imagens</i> .....	52
4.3.2. <i>Processamento sem as imagens oblíquas</i> .....	64

<b>Capítulo V .....</b>	<b>68</b>
5. <i>Componente prática do levantamento topográfico tradicional .....</i>	68
5.1. Equipamento utilizado .....	68
5.2. Planeamento e aquisição topográfica tradicional.....	69
5.3. Processamento do levantamento com GPS e estação total .....	71
<b>Capítulo VI .....</b>	<b>74</b>
6. <i>Qualidade dos dados obtidos no processamento do levantamento com AUS.....</i>	74
6.1. Controlo da exatidão posicional absoluta .....	74
6.1.1. Controlo da exatidão posicional planimétrica .....	76
6.1.2. Controlo da exatidão posicional altimétrica .....	78
6.2. Análise do DSM e DTM.....	80
6.3. Controlo da completude: omissão e comissão .....	84
<b>Capítulo VII .....</b>	<b>91</b>
7. <i>Conclusão e considerações finais .....</i>	91
7.1. Resultados do trabalho .....	91
7.2. Apreciação pessoal.....	91
<b>Referências .....</b>	<b>93</b>
<b>Apêndice .....</b>	<b>95</b>
<i>Levantamentos topográficos realizados .....</i>	95
<b>Anexos .....</b>	<b>120</b>
<i>ReNEP .....</i>	120
<i>Certificado de conclusão de curso de Categoria Aberta da Subcategoria A1/A3 da ANAC ..</i>	123
<i>Relatório do processamento com todas as fotos .....</i>	124
<i>Relatório do processamento sem as fotos da fiada oblíqua .....</i>	131
<i>Pontos de apoio fotogramétricos.....</i>	137
<i>Layers utilizadas pelo município para desenho CAD.....</i>	138
<i>Qualidade dos dados obtidos no processamento .....</i>	140
Controlo da exatidão posicional.....	140
Controlo da exatidão posicional planimétrica .....	140
Controlo da exatidão posicional altimétrica .....	142
Controlo da exatidão posicional absoluta.....	143

## Lista de figuras

Figura 1: Exemplo de conexões ausentes devido a undershoots (“Curva de nível”) (Direção de Serviços de Geodesia, 2020) -----	14
Figura 2: Exemplo de conexões ausentes devido a overshoot (Direção de Serviços de Geodesia, 2020) -----	14
Figura 3: Exemplo de interseções inválidas (Direção de Serviços de Geodesia, 2020) -----	15
Figura 4: Exemplo de sobreposições inválidas (Direção de Serviços de Geodesia, 2020) -----	15
Figura 5: Exemplo de áreas inválidas entre polígonos adjacentes (Direção de Serviços de Geodesia, 2020) -----	15
Figura 6: O par estereoscópico (João Casaca, 2000) -----	20
Figura 7: Sobreposição lateral (João Casaca, 2000) -----	20
Figura 8: Sobreposição longitudinal (João Casaca, 2000) -----	20
Figura 9: Sistema de coordenadas da imagem com a origem no pixel superior esquerdo -----	21
Figura 10: Sistema de coordenadas da imagem com a origem no centro da imagem. -----	21
Figura 11: Sistema de coordenadas do objeto -----	22
Figura 12: parâmetros de orientação interna -----	23
Figura 13: Eixos de rotação da câmara, <a href="https://www.immervision.com/drone-navigation-system/">https://www.immervision.com/drone-navigation-system/</a> -----	24
Figura 14: Modelo semântico da operação de aeronaves não tripuladas segundo as regras gerais da categoria aberta e atendendo às atuais zonas proibidas e de restrição operacional de aeroportos internacionais e heliportos de emergência médica (fonte: <a href="https://www.anac.pt/vPT/Generico/drones/categoria_aberta/Paginas/CategoriaAberta.aspx">https://www.anac.pt/vPT/Generico/drones/categoria_aberta/Paginas/CategoriaAberta.aspx</a> ) -----	27
Figura 15: Lado esquerdo: Modelos de UAS de asa fixa, lado direito: modelos de multirotores -----	29
Figura 16: WingtraOne Gen II com descolagem e aterragem vertical (VTOL) -----	29
Figura 17: Ortofotomapa de 2018 de Santa Maria da Feira -----	33
Figura 18: Triangulação da superfície representada, no software Carlson -----	35
Figura 19: Visualização das curvas de nível em 3D, no software Carlson -----	35
Figura 20: Visualização de um perfil criado através do software Carlson -----	36
Figura 21: Ambiente de trabalho do software GeoMedia com a ortofoto de 2018 do município e as freguesias existentes -----	37

Figura 22: Representação do Mirante web, via internet: <a href="https://mirante-smf.cm-feira.pt/">https://mirante-smf.cm-feira.pt/</a> ----	38
Figura 23: Representação do Mirante, via intranet -----	38
Figura 24: Esquema da representação dos dados geográficos no município de Santa Maria da Feira -----	39
Figura 25: Estação total robótica Leica TS16, tripé, bastão com nivela esférica, prisma e controladora CS20 -----	40
Figura 26: Rover Leica GS18T GNSS RTK, o respetivo bastão e o Tablet Leica CS30 -----	41
Figura 27: drone Autel Evo Pro II V3 -----	42
Figura 28: Estações da ReNEP utilizadas pelo Município de Santa Maria da Feira: Estação de Vila Nova de Gaia e de São João da Madeira-----	43
Figura 29: Drone Phantom 4 RTK e controladora da DJI -----	44
Figura 30: módulo RTK é integrado diretamente ao Phantom 4 RTK-----	45
Figura 31: Câmara incorporada no Phantom 4 RTK-----	46
Figura 32: Área de interesse para levantamento fotogramétrico com 217600 m <sup>2</sup> , (Santa Maria da Feira) -----	47
Figura 33: Planeamento de voo, com sobreposição longitudinal de 80% e lateral de 70%-----	48
Figura 34: Planeamento de voo, a uma altura de 91m e velocidade de 7.2m/s -----	48
Figura 35: Imagem obtida através do levantamento fotogramétrico com a geometria original da imagem -----	49
Figura 36: Estações permanentes GNSS em RTCM3.x (GPS+GLONASS)-----	50
Figura 37: Distribuição dos pontos de apoio pela área de estudo-----	50
Figura 38: Carregamento das imagens no Agisoft Photoscan Professional -----	52
Figura 39: Observação da informação contida nas imagens-----	53
Figura 40: Calibração da câmara-----	53
Figura 41: Configurações do comando “Align Photos” -----	54
Figura 42: Nuvem de pontos, processada com todas as fotos -----	54
Figura 43: Parâmetros de orientação interna -----	55
Figura 44: Distorção Radial-----	55
Figura 45: Avaliação dos erros, no processamento com todas as fotos -----	56
Figura 46: Configurações da nuvem densa-----	56
Figura 47: Nuvem densa de pontos -----	57
Figura 48: Nuvem densa de pontos com altitudes -----	57
Figura 49: Apenas os “ground points” (a partir destes constrói-se o DTM)-----	58
Figura 50: Classificação de “ground points” (a castanho), os restantes são os pontos não	

classificados (cinzento) e pontos considerados como ruído (rosa) -----	58
Figura 51: Configurações da Mesh -----	59
Figura 52: Mesh de triângulos -----	59
Figura 53: Modelo texturizado -----	60
Figura 54: Representação do modelo digital de superfície (DSM), processado com todas as fotos -----	61
Figura 55: Diferenças entre o DTM e o DSM, obtido de: <a href="https://www.cdema.org/virtuallibrary/index.php/charim-hbook/data-management-book/3-base-data-collection/3-2-digital-elevation-models">https://www.cdema.org/virtuallibrary/index.php/charim-hbook/data-management- book/3-base-data-collection/3-2-digital-elevation-models</a> -----	61
Figura 56: Representação do Modelo Digital do Terreno (DTM), processado com todas as fotos -----	62
Figura 57: A ortoretificação, obtido de (João Casaca, 2000) -----	63
Figura 58: Representação da ortofoto, processada com todas as fotos -----	64
Figura 59: Nuvem de pontos, processada sem as fotos oblíquas -----	64
Figura 60: Avaliação dos erros, no processamento sem fotos oblíquas -----	65
Figura 61: Representação do modelo digital de superfície (DSM), processado sem as fotos oblíquas -----	65
Figura 62: apresentação da ortofoto, processada sem as fotos oblíquas -----	66
Figura 63: Representação do Modelo Digital do Terreno (DTM), processado sem as fotos oblíquas -----	66
Figura 64: Site utilizado para determinar o valor da ondulação do geóide -----	67
Figura 66: Determinação do DEM (do segundo processamento) com as altitudes ortométricas nacionais -----	67
Figura 65: Determinação do DEM (do primeiro processamento) com as altitudes ortométricas nacionais -----	67
Figura 67: Resultado das Layers obtidas -----	67
Figura 68: Fotos do levantamento de campo -----	69
Figura 69: ficheiro de texto, obtido através da união dos diversos ficheiros de texto de todos os pontos do levantamento topográfico (total de 7840 pontos) -----	71
Figura 70: Criação do dwg para desenho do levantamento topográfico -----	72
Figura 71: Criação do ficheiro de coordenadas .crd -----	72
Figura 72: Leitura dos pontos no dwg -----	72
Figura 73: Desenho dos pontos obtidos através do levantamento de campo -----	73
Figura 74: Visualização do levantamento topográfico no software Carlson -----	73

Figura 75: Exemplos de pontos de verificação obtidos através do levantamento topográfico (a vermelho) e através da ortofoto (a laranja)-----	74
Figura 76: Criação da Shapefile dos pontos de apoio com as coordenadas (X, Y) da ortofoto (processada com todas as fotos) e cotas (Z) do DSM (processado com todas as fotos)----	75
Figura 77: Criação da Shapefile dos pontos de apoio com as coordenadas (X, Y) da ortofoto (processada sem as fotos oblíquas) e cotas (Z) do DSM (processado sem as fotos oblíquas)-----	76
Figura 78: Esquerda: Traço do perfil sobre a orto; Direita: Perfil do DSM e DTM sobre uma árvore-----	80
Figura 79: Esquerda: Traço do perfil sobre a orto; Direita: Perfil do DSM e DTM sobre o edifício-----	81
Figura 82: Criação de curvas de nível, exemplo 1 e 2 sobrepostos sobre a estrada-----	82
Figura 80: Criação de curvas de nível, exemplo 1 sobreposto sobre a estrada-----	82
Figura 81: Criação de curvas de nível, exemplo 2 sobreposto sobre a estrada-----	82
Figura 83: Criação de curvas de nível, sobre pequena elevação-----	83
Figura 84: Áreas de amostragem selecionadas-----	84
Figura 85: Alguns exemplos de erros na digitalização de tampas de infraestruturas sobre a orto-----	85
Figura 86: Alguns exemplos de erros na digitalização de árvores sobre a orto-----	87
Figura 88: Alguns exemplos de erros na digitalização de postes de iluminação sobre a orto---	88
Figura 89: Alguns exemplos de erros na digitalização de postes de telecomunicação sobre a orto-----	89

## Lista de tabelas

Tabela 1: Parâmetros das Projeções Transversas de Mercator utilizadas em Portugal	
Continental (José Alberto Gonçalves, 2008) .....	7
Tabela 2: Temas da Cartografia Topográfica (Direção de Serviços de Geodesia, 2020) .....	11
Tabela 3: Controlo da exatidão posicional planimétrica - Processamento com todas as fotos .	76
Tabela 4: Controlo da exatidão posicional planimétrica - Processamento sem as fotos oblíquas	
.....	77
Tabela 5: Cálculo da norma do erro planimétrico, média e desvio padrão para os diferentes	
processamentos .....	77
Tabela 6: Controlo da exatidão posicional altimétrica - Processamento com todas as fotos ....	78
Tabela 7: Controlo da exatidão posicional altimétrica - Processamento sem as fotos oblíquas	79
Tabela 8: Cálculo da norma do erro altimétrico, média e desvio padrão para os diferentes	
processamentos .....	80
Tabela 9: Cálculo do número de tampas de infraestruturas digitalizadas sobre a ortofoto e do	
número adquirido com recurso ao levantamento com GPS e estação total .....	85
Tabela 10: Cálculo do número de árvores digitalizadas sobre a ortofoto e do número adquirido	
com recurso ao levantamento com GPS e estação total .....	86
Tabela 11: Cálculo do número de postes de iluminação digitalizados sobre a ortofoto e do	
número adquirido com recurso ao levantamento com GPS e estação total .....	87
Tabela 12: Cálculo do número de postes de telecomunicação digitalizados sobre a ortofoto e	
do número adquirido com recurso ao levantamento com GPS e estação total .....	88

## Lista de siglas e acrónimos

VANT	Veículo Aéreo não Tripulados
DTM	Modelo Digital do Terreno
DSM	Modelo Digital de Superfície
DEM	Modelo Digital de Elevação
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
GNSS	Sistemas de Navegação Global por Satélite
RTK	Tempo Real Cinemático
UAV	Veículo Aéreo não Tripulado
UAS	Sistemas de Aeronaves não Tripuladas
CAD	Desenho Assistido por Computador
GPS	Sistema de Posicionamento Global
SCE	Serviços Cartográficos do Exército
IGeoE	Instituto Geográfico do Exército
HGA	Sistema Hayford-Gauss Antigo
HGM	Sistema Hayford-Gauss Militar
HG73	Sistema Hayford-Gauss 73
ETRS89	Sistema de Referência Terrestre Europeu 1989
WGS84	Sistema Geodésico Mundial 1984
UTM	Sistema Universal da Transversa de Mercator
DGT	Direção-Geral do Território
SQL	Linguagem de Consulta Estruturada
TIFF	Formato de Arquivo raster para imagens digitais
NdD1	Nível de Detalhe 1
NdD2	Nível de Detalhe 2
EPSG	Registro Público de Dados Geodésicos
EMQ	Erro Médio Quadrático
2D	2 Dimensões
3D	3 Dimensões
PF	Pontos Fotogramétricos
PT	Pontos Trigonométricos
GCP	Ponto de Controlo Conhecido
RPAS	Sistema de Aeronave Pilotado Remotamente
RGB	Sistema de Cores Aditivas

LiDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
ANAC	Autoridade Nacional para a Aviação Civil
ASAE	Autoridade de Segurança Alimentar e Económica
AT	Autoridade Tributária e Aduaneira
OPEN	Categoria de Operação Aberta
SPEC	Categoria de Operação Específica
STS	Cenários de Operação Declarativos da categoria específica
VLOS	Linha de Vista
VTOL	Vertical Take-Off and Landing
DWG	Drawing (ou AutoCAD Drawing)
DGN	Design (ou MicroStation Design)
DXF	Drawing Exchange Format
XML	Extensible Markup Language
BD	Base de Dados
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados
WebSIG	Sistema de Informação Geográfica na Web
RINEX	Receiver Independent Exchange Format
ReNEP	Rede Nacional de Estações Permanentes GNSS
RMS	Raiz Quadrada da Média
H	Altura de Voo
GSD	Pixel no Terreno
f	Distância Focal
CCD	Tamanho do Pixel
EDVD	Estação Fixa de São João da Madeira
SfM	Structure from Motion
SIFT	Scale Invariant Feature Transform
PPK	cinemática pós-processamento
RMSE	Root Mean Square Errors - média quadrática

# Capítulo I

## 1. Introdução

As Câmaras Municipais são de extrema importância para o desenvolvimento e crescimento dos territórios que administram. Desempenham um papel fundamental na gestão e planeamento dos municípios, promovendo o bem-estar da população e impulsionando o seu desenvolvimento socioeconómico. A gestão municipal requer informação detalhada do território, sendo por isso a cartografia, um dos elementos essenciais para uma gestão municipal eficiente. Através de mapas e representações gráficas precisas, a autarquia consegue visualizar a distribuição de recursos, identificar áreas de vulnerabilidade, planear a expansão urbana, estabelecer normas de ordenamento do território e administrar os espaços públicos de forma eficiente.

As tecnologias geoespaciais têm tido grande evolução, tendo surgido métodos de rápida aquisição de dados, como é o caso dos drones. Deste modo, reconhecendo a importância da cartografia como uma ferramenta indispensável para o desenvolvimento do município, os drones são utilizados como uma ferramenta de recolha de informação para atualização da mesma. Através da utilização de técnicas cartográficas modernas e da análise criteriosa dos dados geográficos, o município pode tomar decisões ecológicas, planear o crescimento urbano de forma sustentável e proteger a preservação do património natural e cultural. Assim, a cartografia é um instrumento fundamental na promoção do bem-estar da população e no progresso do município como um todo.

### 1.1. Objetivos

Este trabalho pretende demonstrar que a aplicação de drones para a elaboração de cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana pode trazer uma série de benefícios nomeadamente para uma Câmara Municipal. Esta abordagem inovadora permite uma recolha eficiente e precisa de dados geográficos, através de uma análise detalhada das áreas urbanas a serem reabilitadas permitindo tomar decisões baseadas em informações concretas, reduzindo o tempo despendido na recolha e processamento de dados.

## **1.2. Estrutura do relatório**

Este relatório encontra-se dividido em várias partes, constituindo cada uma delas um capítulo que, no seu conjunto, se consideram essenciais para a perceção dos trabalhos desenvolvidos no decorrer do estágio.

O presente capítulo, apresenta a introdução do problema em estudo neste estágio. No capítulo II é feita uma descrição teórica dos vários temas abordados ao longo do estágio, entre os quais se destaca a informação geográfica, a cartografia nacional e digital, a topografia e a fotogrametria, mais precisamente a fotogrametria UAS. O capítulo III contém uma descrição do município e as tecnologias/software e equipamentos usados para o tratamento da IG. O capítulo IV faz uma descrição do trabalho de base de aquisição de imagens com drone, o seu processamento e a geração dos produtos de informação geográfica a explorar. No capítulo V descreve-se a componente prática do levantamento topográfico tradicional para a mesma área de estudo e o seu desenho em CAD. No capítulo VI avalia-se a qualidade dos dados obtidos no processamento do levantamento fotogramétrico em comparação com o levantamento com GPS e estação total. Finalmente, o capítulo VII apresenta as principais conclusões obtidas e uma apreciação pessoal do estágio.

# Capítulo II

## 2. Fundamentação teórica

A reabilitação urbana é um processo complexo que envolve a revitalização e a melhoria de áreas urbanas degradadas, com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável, a qualidade de vida e o bem-estar dos cidadãos. A elaboração de planos eficientes para a reabilitação urbana requer o uso de tecnologias avançadas que possam fornecer informações precisas e atualizadas sobre as áreas em questão. Nesse sentido, a aplicação de drones na elaboração de cartografia surge como uma solução promissora, permitindo a obtenção de dados geoespaciais de alta resolução e com menor custo e tempo em comparação a métodos tradicionais.

### 2.1. Informação Geográfica

A evolução da informação geográfica ao longo do tempo tem sido marcada por avanços tecnológicos, metodológicos e conceituais que impulsionaram o campo e expandiram as suas aplicações. Desde os primeiros mapas rudimentares até aos modernos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e tecnologias de deteção remota, a informação geográfica passou por um processo contínuo de desenvolvimento e melhoria.

O campo das ciências da informação geográfica foi-se evidenciando como um domínio científico com autonomia, não simplesmente um instrumento e não somente uma junção ocasional de conhecimento de outras áreas. Na sua componente fundamental, inclui matérias de cartografia, posicionamento, sistemas de informação e computação gráfica. A incorporação de conceitos e a resolução de problemas específicos dos inúmeros domínios de aplicação congregou todas estas matérias no problema geral da modelação gráfica, incluindo as teorias e técnicas relacionadas com a aquisição de informação (Matos, 2001).

A informação geográfica refere-se aos dados e conhecimentos relacionados à localização espacial de objetos, fenômenos e eventos na superfície terrestre. Ela envolve a recolha, organização, análise e visualização de dados geográficos e representa-se numa projeção cartográfica (Longley, 2015).

A utilização da informação geográfica é ampla e diversificada. Ela é aplicada em áreas como o planeamento urbano, gestão de recursos naturais, monitorização ambiental, logística, análise de mercado, saúde pública, entre outras. Através da análise espacial e da visualização de dados geográficos, é possível identificar padrões, tendências e relações espaciais que auxiliam na tomada de decisões, sendo por isto a base da informação utilizada numa Câmara Municipal.

## **2.2. Cartografia**

A cartografia desempenha um papel crucial no processo de desenvolvimento municipal. Através da representação gráfica do território, a cartografia fornece informações detalhadas sobre as características físicas e socioeconômicas da área, permitindo uma melhor compreensão do espaço e facilitando a tomada de decisões.

Esta, como disciplina e prática, desempenha um papel fundamental na representação e compreensão do mundo que nos rodeia. Ao longo dos séculos, tem sido um meio poderoso de comunicar informações geográficas de forma visual e acessível.

O conceito da cartografia inclui várias vertentes. A cartografia ocupa-se da arte, ciência e tecnologia para a elaboração de mapas, encarados como: representações plantas, secções, modelos tridimensionais, globos terrestres, etc...

No passado, a lentidão dos métodos clássicos de levantamento foi ultrapassada pelo desenvolvimento dos métodos aerofotogramétricos, largamente difundidos após a segunda Guerra Mundial. Os Serviços Cartográficos do Exército (SCE), atualmente denominados por Instituto Geográfico do Exército (IGeoE), iniciam, em 1911, os levantamentos, pelo método clássico, para a Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000, concluídos, já pelo método aerofotogramétrico, em 1955. Sendo os pioneiros, em Portugal na utilização dos métodos aerofotogramétricos para a cartografia topográfica (João Casaca, 2000).

A representação cartográfica da informação relativa aos fenómenos que se distribuem pela superfície terrestre (informação geográfica) é realizada em duas fases. Na primeira fase (Geodesia), os pontos da superfície terrestre são “projetados” numa esfera ou num elipsoide de referência, previamente selecionado. Na segunda fase, a esfera ou o elipsoide de referência, são “projetados” numa superfície plana ou

planificável.

Sabendo que, a informação qualitativa e quantitativa, relativa aos fenómenos de natureza física, humanas, etc..., que se distribuem espacialmente sobre a superfície terrestre, é designada por informação geográfica. Cabe à cartografia topográfica a representação plana desta, designado por informação topográfica: o relevo, as linhas de água, a vegetação, construções, vias de comunicação, redes de transporte de energia, etc... A informação geográfica não topográfica é designada por informação temática e a sua representação sobre uma base topográfica é designada por cartografia temática.

A representação cartográfica da informação geográfica é realizada com o apoio da rede geodésica. Os vértices da rede geodésica são projetados no plano cartográfico. A informação geográfica, recolhida por diversos métodos entre os quais se salienta o método fotogramétrico, é representada no plano cartográfico com o enquadramento geométrico proporcionado pelas imagens dos vértices da rede geodésica (Matos, 2001).

### 2.2.1. Cartografia nacional

Os organismos oficiais de cada país têm a responsabilidade de estabelecer os diversos *data* locais. Qualquer que seja o *datum* adotado para um país, conhecidas as coordenadas dos vértices geodésicos distribuídos por todo o país, temos a possibilidade de os usar como referência para localizar qualquer trabalho de topografia.

Contudo, não é nada habitual nos trabalhos de topografia serem utilizadas coordenadas geográficas. O desenho cartográfico é feito em sistemas de coordenadas retangulares, normalmente as que resultam das projeções cartográficas (João Casaca, 2000).

Como *datum* geodésico foi adotado o *datum* Hayford – Castelo de S. Jorge (*Datum* Lisboa). O ponto central, é o Ponto Fictício, de origem nas coordenadas retangulares, situado muito perto do vértice geodésico da Melriça. Assim, denomina-se o Sistema Hayford-Gauss Antigo (HGA).

Devido a uma translação da origem das coordenadas do HGA, foi criado pelo Serviço Cartográfico do Exército (atual IGeoE), o Sistema Hayford-Gauss Militar (HGM). Através da translação:  $X_{HGM} = M_{HGA} + 200km$ ;  $Y_{HGM} = P_{HGA} + 300km$ . De modo ao

território de Portugal continental ter coordenadas cartográficas positivas (Matos, 2001).

Posteriormente, a origem do sistema geodésico foi alterada, fixando o elipsoide de Hayford no vértice geodésico de Melriça (*Datum 73*) e criado um Sistema Cartográfico, o Sistema Hayford-Gauss 73 (HG73).

Prestando atenção que o Ponto Fictício, do Sistema HGA e do HG73, apesar de terem as mesmas coordenadas geodésicas, não corresponde ao mesmo ponto no terreno uma vez que a origem geodésica de cada um dos sistemas cartográficos não é a mesma. Calculando a diferença entre os dois *data* (*Datum* Lisboa e 73), encontram-se valores de aproximadamente 7,6" e 2,8", respetivamente, em longitude e latitude, que correspondem a distâncias de cerca de 200 metros. Desta forma, para minimizar esta diferença entre as coordenadas retangulares de um ponto, a origem do HG73, sofre uma pequena translação no plano cartográfico, relativamente ao ponto central:  $M_{HG73} = M_{P_{central}} + 180.598m$ ;  $P_{HG73} = P_{P_{central}} - 86.990m$ . Assim, em território nacional a diferença entre as coordenadas retangulares de um mesmo ponto, em cada um dos sistemas cartográficos, fica resumida a poucos metros (Gaspar, 2000).

Atualmente, a tendência é substituir qualquer um destes *data* locais pelo *Datum* ETRS89 (*European Terrestrial Reference System 1989*), um sistema de coordenadas coincidente com o sistema WGS84 em 1989. O que traz inúmeras vantagens desde a maior facilidade na utilização do sistema GPS para fins cartográficos e uma maior compatibilidade da cartografia entre diferentes países. O IGP estabeleceu a projeção do *Datum* ETRS89 de forma semelhante aos nacionais, tal como o *Datum 73*, o objetivo consistiu em gerar coordenadas semelhantes às anteriores, através de um novo ponto central (José Alberto Gonçalves, 2008).

Além das projeções descritas anteriormente, também existem várias cartas produzidas em Portugal com o sistema UTM (*Universal Transverse Mercator*), como é exemplo a Carta Militar de Portugal de escala 1:25 000 do IGeoE. Esta projeção está dividida em fusos de 6º de longitude e Portugal Continental encontra-se no fuso 29. Apesar de este sistema não ser usado em Portugal Continental, para a topografia, é-o nas regiões autónomas dos Açores (o grupo ocidental projeta-se na zona 25 e o restante na zona 26) e da Madeira (zona 28) (DGT, Direção-Geral do Território, s.d.).

Os vários sistemas de coordenadas são observáveis na tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros das Projeções Transversas de Mercator utilizadas em Portugal Continental (José Alberto Gonçalves, 2008)

Sistema de coordenadas	Ponto Central	Transação de origem
Sistema Hayford-Gauss Antigo (HGA) - Datum Lisboa	$\lambda = 08^{\circ}07'54,862''W$ $\varphi = 39^{\circ}40'00,000''N$	$\Delta X = 0m$ $\Delta Y = 0m$
Sistema Hayford-Gauss Militar (HGM) - Datum Lisboa Militar	$\lambda = 08^{\circ}07'54,862''W$ $\varphi = 39^{\circ}40'00,000''N$	$\Delta X = 200,000m$ $\Delta Y = 300,000m$
Sistema Hayford-Gauss 73 (HG73) - Datum 73	$\lambda = 08^{\circ}07'54,862''W$ $\varphi = 39^{\circ}40'00,000''N$	$\Delta X = 180,598m$ $\Delta Y = -86,990m$
(Transversa de Mercator - Sistema de Referência Terrestre Europeu 1989) TM-ETRS89	$\lambda = 08^{\circ}07'59,19''W$ $\varphi = 39^{\circ}40'05,73''N$	$\Delta X = 0m$ $\Delta Y = 0m$
(Sistema Universal da Transversa de Mercator -Fuso 29N)  UTM-29N	$\lambda = 09^{\circ}00'00,000''W$ $\varphi = 00^{\circ}00'00,000''N$	$\Delta X = 500,000m$ $\Delta Y = 0m$

Para além, dos Sistemas de Referência já mencionados, também é importante conhecer os Sistemas de Referência Verticais. Juntos representam o conjunto de parâmetros que permite posicionar univocamente um objeto sobre a superfície da Terra (DGT, Direção-Geral do Território, s.d.).

Assim, ao contrário do que acontece na planimetria, em que as coordenadas são referentes a um elipsoide, as altitudes utilizadas na cartografia e na topografia são sempre altitudes referidas ao geóide. Com este objetivo de estabelecer referências altimétricas rigorosas, em cada país ou região é estabelecido um ponto ao qual é atribuída a altitude zero.

Em Portugal Continental, o marégrafo de Cascais é a referência altimétrica, a funcionar desde 1882. A marca fundamental da rede de nivelamento geométrico situa-se junto a este marégrafo, de modo a assegurar a ligação entre o nivelamento e o datum altimétrico. O sistema de referência vertical oficial do Continente é denominado por Cascais Helmert 1938, uma vez que o datum foi definido a partir da média dos níveis médios das águas do mar em Cascais para o período entre 1882 e o último dia do ano de 1938 (DGT, Direção-Geral do Território, s.d.).

Assim como acontece com os *data* horizontais, o *datum* altimétrico de um país não é coincidente com o de outro país adjacente, estas diferenças são normalmente conhecidas e devem ser consideradas nas ligações entre os países (José Alberto Gonçalves, 2008).

### **2.2.2. Cartografia digital**

A cartografia digital revolucionou a forma como interagimos com os mapas e a maneira como compreendemos e exploramos o mundo ao nosso redor. Através da combinação da ciência da cartografia com os avanços tecnológicos, a cartografia digital tem fornecido um meio mais preciso, eficiente e interativo de representar e analisar dados geográficos.

Na cartografia digital, existem duas abordagens principais para lidar com a representação e análise de dados geográficos: Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Desenho Assistido por Computador (CAD). Embora ambas as técnicas sejam utilizadas na cartografia digital, cada uma possui características distintas e concentram-se em diferentes aspetos.

Enquanto os SIG são ferramentas poderosas para a captura, armazenamento, manipulação, análise e visualização de dados geográficos, permitindo a integração de vários planos de informação, como imagens de satélite, dados topográficos, informações demográficas e qualquer outro tipo de dados geográficos, que podem ser organizados e relacionados espacialmente.

Por outro lado, o CAD é uma abordagem mais focada na criação e edição de desenhos técnicos, como plantas arquitetónicas, desenhos de engenharia e projetos de construção. É utilizado para criar representações gráficas e precisas de objetos físicos num ambiente digital. Embora o CAD permita trabalhar com elementos gráficos, este

não incorpora a mesma profundidade de informações geográficas associadas ao SIG. Os softwares CAD são projetados para criar formas gráficas, adicionar dimensões, definir atributos específicos dos objetos e gerar saídas de alta qualidade para projetos técnicos.

A generalidade, mas de modo algum a totalidade, dos sistemas de informação geográfica vetoriais operam com as três classes de objetos: pontos, linhas e polígonos, organizadas em estruturas topológicas. Ao nível desta estrutura apresentam-se cinco aspetos básicos como: a existência e o tipo de objetos; a estrutura que suporta a diferenciação destes por temas; o seccionamento; as propriedades topológicas; e a forma de inserção da informação alfanumérica (Matos, 2001).

A estrutura de diferenciação dos objetos deve ser feita com base numa estrutura de camadas de forma a garantir a facilidade de conversão para posterior utilização em SIG. Da mesma forma, a opção mais adequada para a integração em SIG é a cartografia contínua de forma a garantir posteriores edições.

Quanto às propriedades topológicas, relativas a características não métricas de constituição dos objetos e do seu relacionamento espacial, consistem basicamente no fecho de polígonos e na conectividade de linhas, como será mencionado posteriormente. Devem ser estabelecidos quais os objetos que deverão ser obrigatoriamente ser representados por polígonos fechados e quais as condições de conectividade a verificar numa estrutura de rede (as linhas devem ser cortadas nas interseções e só nas interseções). Da mesma forma, é importante garantir a adjacência dos polígonos assim como a supressão de vértices excedentes e a sobreposição de formas geográficas. A verificação deste tipo de condições é em geral automática em ambiente SIG (Matos, 2001).

As propriedades gráficas são talvez o aspeto menos relevante, dado que as opções sobre cores, espessura e tipo de linha, tipo de texto, etc... são facilmente alteráveis em qualquer fase da utilização cartografia.

Quanto ao formato em que é armazenada a cartografia digital pode ser um formato de transferência (por exemplo dxf) ou um formato de utilização (por exemplo dwg, dgn, shapefile).

### 2.2.3. Análise da qualidade da Cartografia Topográfica Vetorial e de Imagem

De forma que a representação do território seja rigorosa e com a qualidade adequada, a Direção de Serviços de Geodesia, Cartografia e Informação Geográfica da Direção-Geral do Território, divulgou, a 27 de março de 2020, um documento correspondente à especificação e definição do conteúdo, estrutura, representação e qualidade dos dados que constituem a Cartografia Topográfica vetorial e de imagem e os respetivos catálogos de objetos para as escalas 1:2 000 e 1:10 000 ([http://www.dgterritorio.pt/cartografia\\_e\\_geodesia/regulacao/](http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/regulacao/)).

Assim, compete à DGT promover a cobertura nacional através da criação e manutenção de bases de dados de informação geográfica, assegurando a sua publicação e distribuição; promover a aquisição de cartografia topográfica de base, de média escala, em formato vetorial e imagem; e elaborar normas técnicas nacionais de produção e reprodução cartográfica, apoiando e avaliando a sua aplicação (Direção de Serviços de Geodesia, 2020).

A estrutura do modelo da base de dados, expressa no referido documento, deve ser entendida como única não havendo lugar a variações da mesma. Garantindo a normalização quer da estrutura, quer dos dados da Cartografia Topográfica numa lógica de, e na fase inicial do processo, garantir a coerência e integridade dos dados e respetiva informação (Direção de Serviços de Geodesia, 2020).

Esta base de dados a utilizar na produção da cartografia está disponível através da plataforma GitHub. Base de Dados PostgreSQL/PostGIS | GeoTIFF: <https://github.com/dgterritorio/RECART/releases/tag/v1.1.2>. O formato dos dados vetoriais da Cartografia Topográfica corresponde a um script SQL da base de dados PostgreSQL/PostGIS e o formato do Modelo Digital do Terreno e dos Ortofotos é o GeoTIFF.

É importante referir que, as entidades do mundo real, a que correspondem objetos na base de dados, foram agrupadas por temas, 11 temas conforme descritos na tabela 2.

Tabela 2: Temas da Cartografia Topográfica (Direção de Serviços de Geodesia, 2020)

Id		NOME	DESCRIÇÃO
01		Unidades administrativas	Representação geográfica das unidades administrativas existentes em Portugal.
02		Toponímia	Nomes de áreas geográficas ou topográficas, localidades, cidades, corpos de água, áreas históricas, edifícios, entre outros.
03		Altimetria	Descrição da superfície terrestre referida ao Datum altimétrico oficial.
04		Hidrografia	Elementos hidrográficos e estruturas, naturais ou artificiais, associadas.
05		Transportes	Infraestruturas e locais associados ao transporte por cabo, aéreo, navegável, ferroviário e rodoviário.
06		Construções	Identificação e caracterização geográfica das construções existentes no território.
07		Ocupação do solo	Cobertura física e biológica, incluindo superfícies artificiais, áreas agrícolas, florestas e áreas seminaturais.
08		Infraestruturas e serviços de interesse público	Conjunto das infraestruturas ( <i>utilities</i> ) e serviços públicos existentes no território.
09		Mobiliário urbano e sinalização	Bens de utilidade pública destinados ao funcionamento do espaço urbano.
10		Ortofotos	Imagens ortorretificadas do território.
11		Auxiliar	Conjunto de dados de operacionalização da Cartografia Topográfica (tema acessório mas transversal aos demais).

Assim como, é relevante referir que, a Cartografia Topográfica considera dois níveis de detalhe: o nível de detalhe 1 (NdD1), previsto para representações cartográficas pormenorizadas de áreas circunscritas, e o nível de detalhe 2 (NdD2) previsto para a representação integral do território nacional. À semelhança do conceito

de escala de um mapa, também estes níveis traduzem diferentes abstrações da representação geográfica. O mesmo objeto, apesar de previsto para os dois níveis de detalhe, pode assumir formas de representação distintas em função da sua dimensão (Direção de Serviços de Geodesia, 2020).

Contudo, não se pressupõe que a informação geográfica tenha de ser necessariamente adquirida de raiz, podendo, caso tal se justifique, ser adaptada a partir de informação geográfica previamente recolhida e posteriormente adequada ao modelo mencionado.

A Cartografia Topográfica adota os sistemas de referência em vigor em Portugal, de acordo com o definido no Decreto-Lei nº 141/2014, de 19 de setembro, que estabelece os princípios a que deve obedecer a produção cartográfica no território nacional. Ou seja, para Portugal Continental, o Referencial Planimétrico PT-TM06/ETRS89 - EPSG: 3763 (Elipsoide referência: GRS80; Projeção cartográfica: Transversa de Mercator; Origem das Coordenadas Retangulares: Latitude 39° 40' 05",73 N e Longitude 08° 07' 59",19 W; Falsa origem: M=0 metros e P=0 metros e Coeficiente de redução de escala no meridiano central: 1) e o Referencial Altimétrico Datum: Cascais 1938 - EPSG: 5780 (Direção de Serviços de Geodesia, 2020).

É também significativo mencionar que, no tema da Altimetria [03] são ainda estabelecidas regras para o Modelo Digital do Terreno (MDT), uma vez que, a representação do relevo pode ser conseguida através dos dados vetoriais do Tema "Altimetria" ("Curva de nível", "Ponto cotado" e "Linha de quebra") e da restante informação geográfica da Cartografia Topográfica recolhida a 3 dimensões sobre o terreno, mas também através de uma superfície obtida de forma independente ou derivada da informação vetorial referida, ou seja, o MDT. Assim, este é constituído por pontos igualmente espaçados com o valor da altitude ortométrica (cota) no sistema de referência altimétrico adotado com a resolução espacial (espaçamento da grelha) de 2,00m no nível de detalhe 1 (NdD1) e de 10,00m no nível de detalhe 2 (NdD2) (Direção de Serviços de Geodesia, 2020).

Da mesma forma, no tema das Ortofotos [10], que é constituído por imagens aéreas ortorretificadas com 4 bandas radiométricas - Vermelho, Verde, Azul e Infravermelho próximo, ou apenas com 3 bandas radiométricas - Vermelho, Verde, Azul, recolhidas por satélites ou sensores aéreos, é estabelecida uma resolução geométrica

destas de 0,10m no nível de detalhe 1 (NdD1) e de 0.50m no nível de detalhe 2 (NdD2) (Direção de Serviços de Geodesia, 2020).

### 2.2.3.1. Qualidade dos dados

A qualidade da Cartografia Topográfica traduz-se pela conformidade dos seus dados com as especificações técnicas que a suportam, ou seja, o modelo de dados, e é aferida através dos seguintes elementos de qualidade: **completude**, **consistência** e **exatidão**. Estes elementos e parâmetros são baseados na ISO 19157:2013 - *Geographic information – Data quality* e nas especificações INSPIRE (DGT, Direção-Geral do Território, s.d.).

#### *Completude*

A avaliação da completude consiste na medição dos subelementos de qualidade: comissão e omissão. Sabendo que, a **comissão** representa o excesso de dados na base de dados comparado com as entidades existentes no mundo real, avaliada com uma tolerância de 5%, e que a omissão, pelo contrário, representa a ausência de dados na base de dados. A **omissão** de objetos avalia a ausência de objetos com uma percentagem de 5%. Assim como, a omissão de áreas nas ortofotos avalia a existência de fumo, nuvens, neblina, riscos ou manchas nestas ortofotos com a mesma percentagem de 5%. No entanto, a omissão no MDT avalia a ausência de informação deste sem percentagem de tolerância (0%) (Direção de Serviços de Geodesia, 2020).

#### *Consistência*

Quanto à consistência deverão ser considerados os subelementos de qualidade: consistência conceptual, consistência de domínio, consistência dos formatos e consistência topológica.

A **consistência conceptual** corresponde ao grau de coerência dos dados com as regras definidas no modelo conceptual, não será considerada nenhuma tolerância de inconformidades.

A **consistência de domínio** compreende o grau de aderência dos dados aos domínios de valores definidos, desde o domínio dos objetos (tolerância de 0 inconformidades), do domínio do MDT (tolerância de 0 pontos) e da consistência radiométrica das ortofotos (tolerância de 5% de pixéis com inconsistências). Sabendo

que, a consistência radiométrica das ortofotos é medida através dos indicadores do número de bandas; da percentagem de saturação de cada imagem nos extremos do histograma; da percentagem dos valores possíveis dos *pixels* utilizados; do coeficiente de variação dos valores dos *pixels*; da falta de homogeneidade de cor, de brilho e de contraste em cada imagem isoladamente e em comparação com as imagens adjacentes; e a existência de deformações ou arrastamentos na imagem provocados pela utilização de um MDT inadequado (Direção de Serviços de Geodesia, 2020).

A **consistência dos formatos** traduz o grau de coerência do formato de armazenamento dos dados com o definido nas especificações, sem tolerâncias a erros.

A **consistência topológica** consiste no grau de correção das características topológicas dos objetos explicitadas no modelo de dados, sem tolerâncias a erros. Medida à custa dos seguintes indicadores (figuras 1 a 5):

- Número de conexões ausentes devido a *undershoots*;

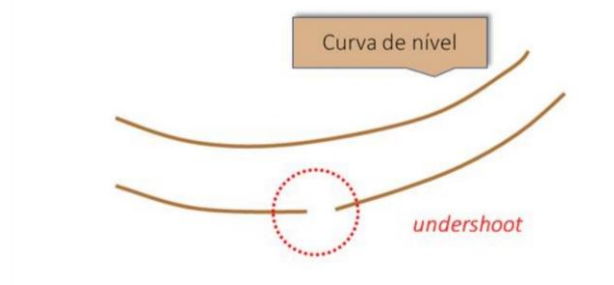


Figura 1: Exemplo de conexões ausentes devido a *undershoots* (“Curva de nível”) (Direção de Serviços de Geodesia, 2020)

- Número de conexões ausentes devido a *overshoots*;

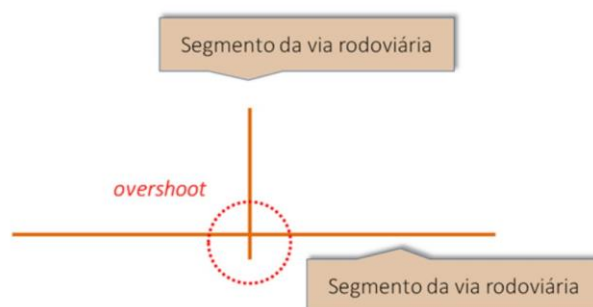


Figura 2: Exemplo de conexões ausentes devido a *overshoot* (Direção de Serviços de Geodesia, 2020)

- Número de interseções inválidas;

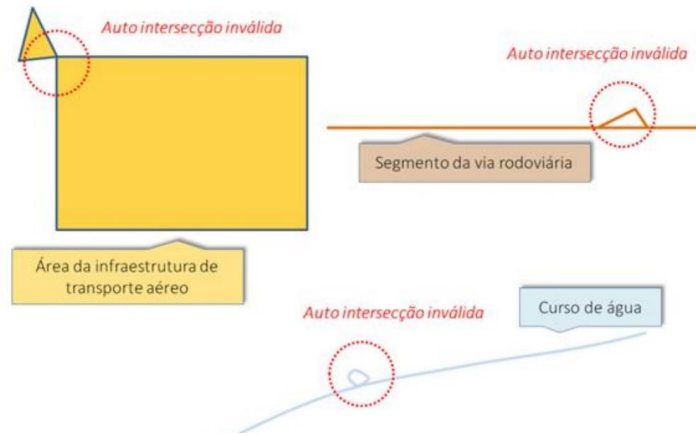


Figura 3: Exemplo de interseções inválidas (Direção de Serviços de Geodesia, 2020)

- Número de sobreposições inválidas;

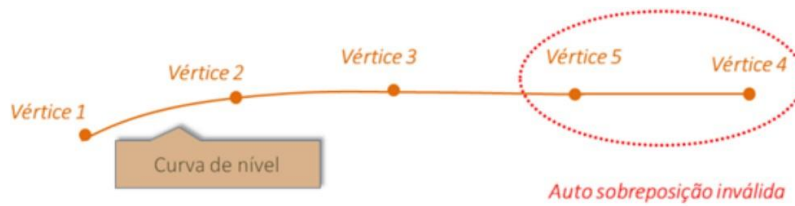


Figura 4: Exemplo de sobreposições inválidas (Direção de Serviços de Geodesia, 2020)

- Número de áreas inválidas entre polígonos adjacentes.

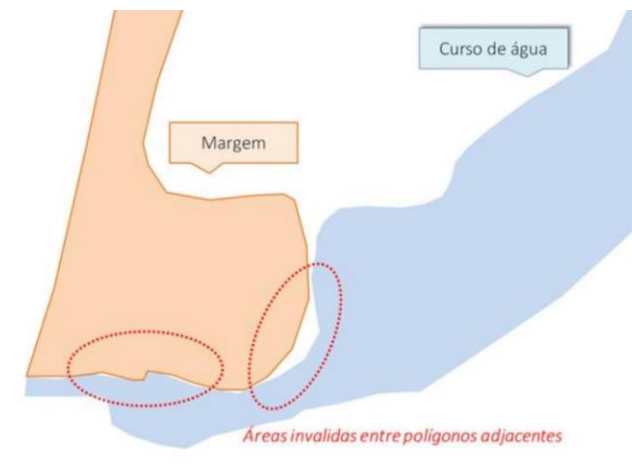


Figura 5: Exemplo de áreas inválidas entre polígonos adjacentes (Direção de Serviços de Geodesia, 2020)

### Exatidão

Por fim, para avaliar a qualidade da Cartografia Topográfica também é importante ter em causa a exatidão, que é medida pelos subelementos de qualidade: exatidão posicional absoluta, exatidão posicional relativa e exatidão temática.

A **exatidão posicional absoluta** resume-se na proximidade das coordenadas dos dados com as coordenadas dos objetos no mundo real. Esta é avaliada através do erro médio quadrático (EMQ), que consiste numa medida estatística para a medição da qualidade das observações, para o caso planimétrico, pela fórmula:

$$EMQ_{MP} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ((M_{iT} - M_{iC})^2 + (P_{iT} - P_{iC})^2)}{n}}$$

em que:  $n$ : número de pontos da amostra;  $M_{iT}$ ,  $P_{iT}$ : coordenadas planimétricas exatas do ponto  $i$ ;  $M_{iC}$ ,  $P_{iC}$ : coordenadas planimétricas do ponto  $i$  medidas na representação dos objetos (Direção de Serviços de Geodesia, 2020).

E, para o caso altimétrico, pela fórmula:

$$EMQ_Z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_{iT} - Z_{iC})^2}{n}}$$

em que:  $n$ : número de pontos da amostra;  $Z_{iT}$ : coordenada altimétrica exata do ponto  $i$ ;  $Z_{iC}$ : coordenada altimétricas do ponto  $i$  medida na representação dos objetos (Direção de Serviços de Geodesia, 2020).

Assim, a tolerância do EMQ, para a exatidão posicional absoluta dos objetos, deve assumir valores iguais ou melhores a 0,30m no NdD1 e de 1,50m no NdD2, no caso planimétrico, e de 0,40m no NdD1 e de 1,70m no NdD2, no caso altimétrico. Assim como, para a exatidão posicional absoluta do MDT, o EMQ das cotas dos pontos da grelha deve assumir valores iguais ou melhores a 0,45m no NdD1 e de 1,80m no NdD2 de exatidão posicional altimétrica. Por último, mas não menos importante para a exatidão posicional absoluta dos ortofotos, o EMQ dos pormenores topográficos ao nível do terreno ou em estruturas elevadas ortorretificadas deve assumir valores iguais ou melhores a 0,30m no NdD1 e de 1,50m no NdD2 de exatidão posicional planimétrica (Direção de Serviços de Geodesia, 2020).

Por fim, a **exatidão posicional relativa** compreende o rigor posicional entre objetos, sem tolerâncias a erros de interseções inconsistentes. E a **exatidão temática** diz respeito à exatidão do valor de um atributo qualitativo das formas geográficas resultantes de acidentes naturais e culturais, com uma tolerância de 5% de objetos classificados incorretamente (Direção de Serviços de Geodesia, 2020).

## **2.3. Topografia**

A topografia, numa definição algo simplista, tem como objetivo representar detalhadamente a superfície da Terra. A aquisição da informação que conduz a essas representações recorre a diversas técnicas de medição, juntamente com a observação das características dos objetos que se pretende representar. Estuda as técnicas de posicionamento, ou seja, de determinação de coordenadas tridimensionais dos pontos (José Alberto Gonçalves, 2008).

### **2.3.1. Levantamento Topográfico**

Sabendo que um levantamento topográfico consiste num conjunto de operações de campo e de gabinete que procuram recolher e processar a informação geográfica de um dado local é importante compreender os três métodos possíveis de aquisição desta informação topográfica.

Assim como, é notável perceber qual é o método mais adequado para cada levantamento, uma vez que depende de vários fatores, entre os quais a escala do levantamento, a área a ser levantada, a precisão pretendida, as características do terreno, os meios técnicos e humanos disponíveis e o fim a que se destina o levantamento.

#### **2.3.1.1. Método clássico**

Nos métodos clássicos medem-se ângulos, distâncias e diferenças de nível por intermédio de teodolitos, distanciómetros, níveis óticos ou estações totais (João Casaca, 2000).

Estes métodos normalmente, são utilizados em levantamentos de grande escala, de áreas pouco extensas e de fácil acesso. O levantamento clássico também deve ser considerado em trabalhos que exijam nivelamentos geométricos ou medições rigorosas de ângulos e de distâncias. Como são exemplo os levantamentos para projetos e

monitorização de construção de obras.

Atualmente, o instrumento utilizado neste método clássico é a estação total, com a vantagem de já existir no mercado estações totais robóticas que permitem a realização de algumas tarefas de forma automática, sem a interferência humana, como, por exemplo procurar um prisma, encontrá-lo, centralizar, realizar a leitura e acompanhar o seu movimento, por exemplo, sobre um bastão enquanto o operador de campo se movimenta.

### **2.3.1.2. Método fotogramétrico**

Os métodos fotogramétricos empregam a medição de distâncias ou coordenadas sobre imagens aéreas métricas ou imagens numéricas multiespectrais de satélites artificiais.

Atualmente, este método fotogramétrico já é muito utilizado em levantamentos de média e pequena escala ou em levantamentos de grande escala que cubram vastas extensões. Sempre que as características físicas ou de ocupação do terreno permitem demonstram-se mais rentáveis do que os restantes métodos, simplificando muito as deslocações ao terreno.

### **2.3.1.3. Método espacial - Sistema de Posicionamento Global (GPS)**

Dentro dos métodos espaciais de levantamento sobressai o Sistema de Posicionamento Global (GPS), o método mais utilizado atualmente. Independente dos outros métodos, mas apto de ligação entre eles.

Através da receção de recetores de sinais emitidos pelos satélites de cada constelação dos sistemas de posicionamento e navegação, permitem a determinação de coordenadas geodésicas e cartográficas de pontos situados à superfície da Terra (João Casaca, 2000).

## **2.4. Fotogrametria**

A fotogrametria é a disciplina que se ocupa da medição, análise e interpretação de fotografias com vista à classificação e determinação da posição e dimensões dos objetos nelas representados. É de considerar que atualmente corresponde a uma área

da deteção remota.

Sabendo que, a deteção remota consiste na designação dos métodos para recolha da informação geográfica, ou seja, da informação referente a fenómenos distribuídos espacialmente pela superfície da Terra, por medição e interpretação de imagens obtidas a partir da energia eletromagnética (João Casaca, 2000).

Atualmente, a fotogrametria é um processo sofisticado onde a informação extraída para criar mapas e modelos tridimensionais precisos, não se baseia apenas nas fotografias aéreas com finalidades fotogramétricas extraídas das câmaras métricas aerotransportadas por aeronaves tripuladas ou satélites, fotogrametria clássica.

Esta prática combina uma adaptação da fotogrametria clássica precedente de aeronaves, satélites, ou mesmo fotogrametria de curto alcance para imagens capturadas com sistemas de aeronaves não tripuladas (UAS), introduzindo novas possibilidades para projetos fotogramétricos graças à sua flexibilidade de planeamento de rotas, dispositivos de navegação GNSS integrados ou dados inerciais sincronizados com disparos. Com os mesmos objetivos de obter modelos digitais de superfície de altíssima resolução, ortofotos e nuvens de pontos que representam a morfologia do terreno.

## **2.4.1. Posicionamento fotogramétrico**

### **2.4.1.1. Pares estereoscópicos**

Os pares estereoscópicos referem-se a duas imagens estéreo, geralmente fotografias aéreas ou imagens capturadas de diferentes posições, que têm um ponto de vista ligeiramente deslocado um em relação ao outro. Isso cria uma ilusão de profundidade quando vistas através de um estereoscópio ou usando a visão estereoscópica humana, permitindo a interpretação da topografia, relevo e elevações do terreno.

Assim, o problema da determinação das coordenadas topográficas de um ponto, a partir das suas fotocoordenadas e dos parâmetros da imagem, é resolvido com recurso a um par de imagens do mesmo elemento da superfície do terreno obtidas, em fotogrametria aérea, em duas posições próximas ao longo da linha de voo (João Casaca, 2000), como se mostra na figura 6.

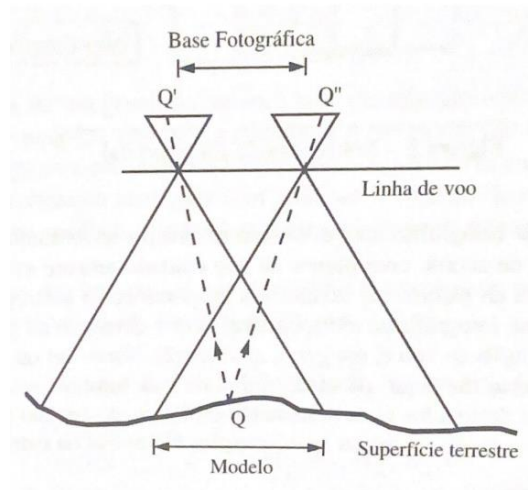


Figura 6: O par estereoscópico (João Casaca, 2000)

Desta forma, para coberturas estereoscópicas, os voos para obtenção de fotografias aéreas, são efetuados garantindo sempre a mesma altura e as imagens são adquiridas ao longo de tiras, garantindo sobreposições longitudinais e laterais, (figuras 7 e 8).

Normalmente, os voos são realizados em fiadas paralelas, com uma tolerância de 5°, espaçadas de tal modo que as imagens contíguas apresentam uma sobreposição lateral entre 15% e 35% e longitudinal de 55% e 65% (João Casaca, 2000).

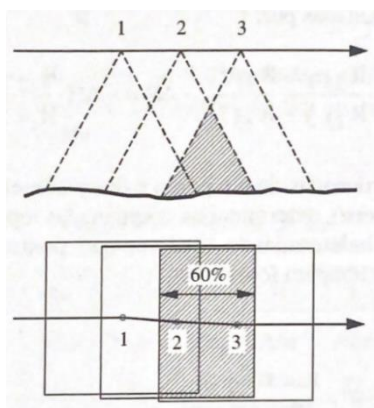


Figura 8: Sobreposição longitudinal (João Casaca, 2000)

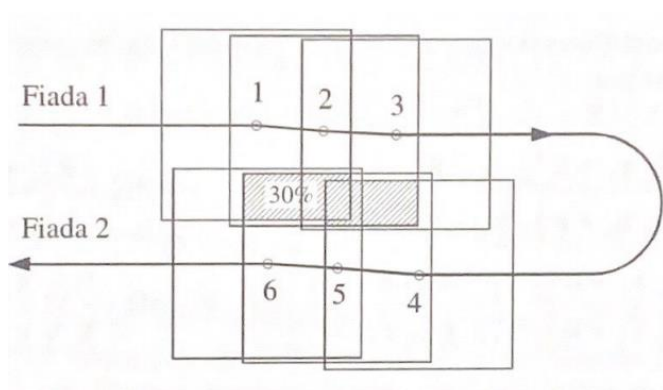


Figura 7: Sobreposição lateral (João Casaca, 2000)

Usualmente, as configurações aplicadas nos UAS são de 80% de sobreposição longitudinal e 60% ou 70% lateral. Sabendo que, este aumento de sobreposição evita o risco de lacunas e aumenta a redundância originando mais fotos, ou seja, mais precisão.

### 2.4.1.2. Fototriangulação

A determinação de coordenadas 3D envolve o cálculo das posições tridimensionais de pontos específicos no espaço a partir de informações capturadas em imagens estereoscópicas. Isso geralmente requer o uso de algoritmos fotogramétricos para relacionar as coordenadas 2D nas imagens com as coordenadas 3D no mundo real.

Uma única foto não permite a determinação da profundidade. Isso é conseguido com a segunda foto por meio de uma interseção geométrica de duas linhas retas no espaço 3D.

A partir das coordenadas da imagem, obtêm-se as coordenadas do terreno num sistema de referência geoespacial. É necessário saber quais são os possíveis sistemas a serem usados:

- Sistemas de coordenadas da imagem (2D):

Origem no pixel superior esquerdo.  
 Posição do pixel (coluna, linha)  
 na matriz da imagem.  
 Expresso em unidades de pixel.  
 (Figura 9)

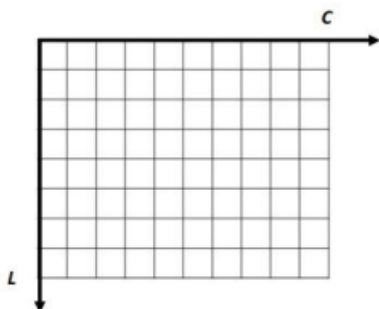


Figura 9: Sistema de coordenadas da imagem com a origem no pixel superior esquerdo

Origem no centro da imagem.  
 Eixo Y apontando para o topo da imagem.  
 As coordenadas podem estar em pixels ou milímetros.  
 (Figura 10)

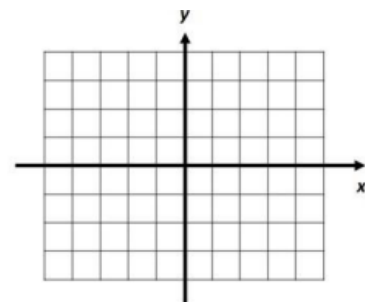


Figura 10: Sistema de coordenadas da imagem com a origem no centro da imagem.

- Sistemas de coordenadas do terreno (3D):

O sistema é definido pelas fotografias, sabendo que o z coincide com o eixo ótico da fotografia 1 e o x é definido pela base ( $O_1 O_2$ ). É importante ter em consideração as rotações dos eixos, a translação de origem e a projeção do mapa, como se mostra na figura 11.

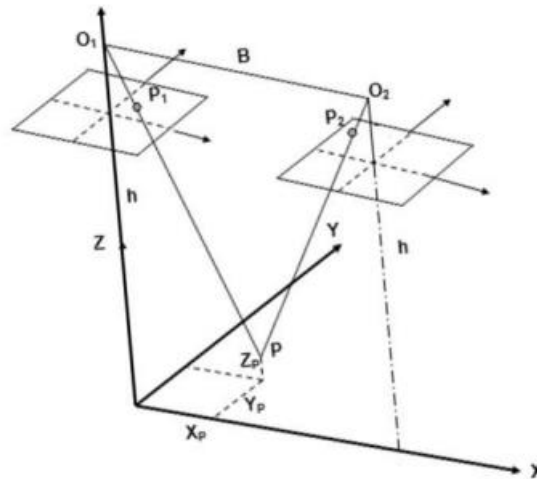


Figura 11: Sistema de coordenadas do objeto

Este método de posicionamento é designado por triangulação fotogramétrica ou simplesmente por fototriangulação. Os pontos do terreno cujas coordenadas são determinadas por fototriangulação são designados por pontos fotogramétricos (PF), em oposição aos pontos cujas coordenadas são determinadas por métodos topográficos convencionais que são designados por pontos trigonométricos (PT) (João Casaca, 2000).

Na prática, os parâmetros das imagens, com exceção da distância focal da câmara, não são conhecidos, tornando-se necessária a sua determinação prévia para levar a cabo a fototriangulação. A determinação dos parâmetros de orientação das imagens é designada por orientação do par estereoscópico.

### 2.4.1.3. Orientação interna

A orientação interna refere-se à descrição matemática e geométrica da posição e orientação da câmara em relação ao plano da imagem. Isso inclui parâmetros como a distância focal da câmara, a distorção da lente, a posição do ponto principal (pode não

ser o centro da imagem), tamanho do sensor (número de pixels e tamanho físico em mm) e outros parâmetros intrínsecos da câmara.

As câmaras fazem uma projeção central e idealmente, a linha percorre uma linha reta a partir de um ponto de objeto,  $P$ , passa pelo centro de projeção da lente e atinge o sensor no ponto  $P'$ . (Figura 12)

No caso de câmaras métricas, esses parâmetros são calibrados em laboratório. As câmaras a bordo dos UAS não são, normalmente, câmaras métricas.

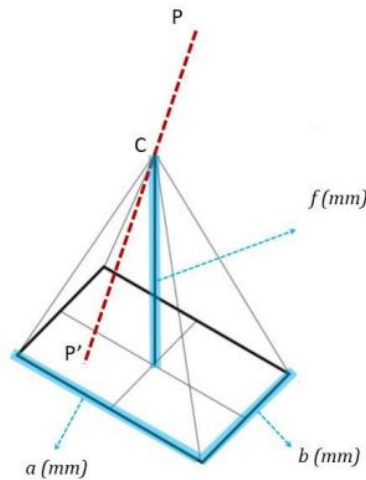


Figura 12: parâmetros de orientação interna

#### 2.4.1.4. Orientação externa

A orientação externa envolve a determinação da posição e orientação da câmara em relação ao espaço tridimensional do mundo real. É essencial para mapear as coordenadas da imagem para coordenadas do terreno. Geralmente, a orientação exterior é calculada usando pontos de controlo conhecidos no terreno e as coordenadas correspondentes nas imagens.

Para esta orientação, é importante saber as seguintes informações sobre cada fotografia: a posição da câmara quando a imagem é tirada ( $X_C, Y_C, Z_C$ ) e a direção do eixo da câmara, ou seja, os 3 ângulos de rotação, *roll* (rotação em torno de  $X$ ), *pitch* (rotação em torno do eixo  $Y$ ) e *yaw* (rotação em torno de  $Z$ ). Através dos GPS e sensores inerciais, na maioria das vezes sem a precisão necessária, (figura 13). Ou então, como já foi mencionado, com pontos de controlo conhecidos (GCPs).

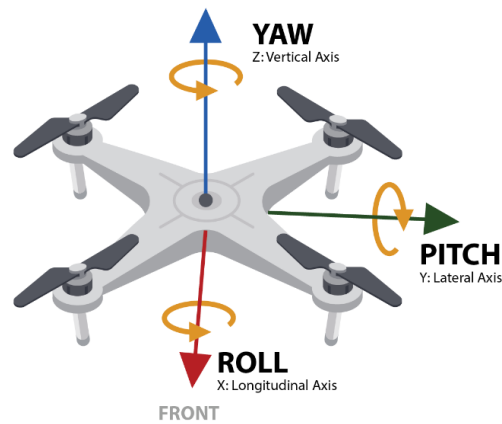


Figura 13: Eixos de rotação da câmara,  
<https://www.immervision.com/drone-navigation-system/>

#### 2.4.2. Aeronaves não tripuladas (UAS/Drones)

Um sistema de aeronave não tripulada (UAS), corresponde a uma aeronave não tripulada, acompanhada do equipamento para a controlar à distância (unidade de controlo). É importante referir que drone é o termo coloquial para um tipo de sistema de aeronave não tripulada (ANAC, s.d.).

Existem outras terminologias como UAV, que é uma abreviação em inglês de *Unmanned Aerial Vehicle*. RPAS, outra abreviação em inglês de *Remotely Piloted Aircraft Systems*. E VANT, a designação portuguesa de veículo aéreo não tripulado.

Os UAS são utilizados na fotogrametria com o fim de mapeamento e tem a capacidade de adquirirem imagens verticais, principalmente RGB, mas também podem transportar outros sensores como câmaras multiespectrais, câmaras térmicas e sensores LiDAR. Eles são altamente dependentes do GPS (GNSS) para navegações autônomas.

É imprescindível saber que existem regras e procedimentos para as operações de UAS, relativas ao domínio da aviação civil. Estas vem introduzir na legislação da União Europeia as bases para a regulamentação harmonizada no âmbito dos UAS. Cabe à Autoridade Nacional para a Aviação Civil (ANAC) a responsabilidade, nomeadamente pela execução dos requisitos do Regulamento de Execução da União Europeia de 2019. Sendo esta uma parte ativa na coordenação quanto à supervisão de segurança, participando em ações de fiscalização e supervisão, quando necessário. Em

conjunto com a Autoridade de Segurança Alimentar e Económica (ASAE) e a Autoridade Tributária e Aduaneira (AT), Autoridade de fiscalização do mercado e Autoridade de controlo das fronteiras, respetivamente.

Desta forma, é crucial entender que as operações UAS estão divididas em categorias, correspondentes à categoria de operação Aberta (OPEN), Específica (SPEC) e Certificada, com base no tamanho, peso, resistência, alcance e altitude de voo do UAS. A Categoria Aberta (OPEN) está dividida em 3 subcategorias, A1, A2 e A3.

#### **2.4.2.1. Competências dos Pilotos Remotos**

É também fundamental, o registo do operador de UAS na plataforma eletrónica disponibilizada pela ANAC, sempre que for operador da categoria aberta e a aeronave não tripulada tenha uma massa máxima à descolagem igual ou superior a 250g ou, que em caso de impacto possa transferir a uma pessoa uma energia cinética superior a 80 Joules; ou sempre que a aeronave não tripulada se encontre equipada com um sensor capaz de capturar dados pessoais (i.e. sempre que tem uma câmara fotográfica, vídeo, sensor ou microfone que possa obter dados, tem de se registar); e de todos os operadores da categoria específica (ANAC, s.d.).

Esta formação é ministrada pelas Autoridades competentes, em Portugal pela ANAC, e varia consoante a categoria de operação em que o piloto pretenda trabalhar. A formação e a verificação destas competências são avaliadas por meio de exames, através de uma plataforma eletrónica acessível através do endereço <https://rp.anac.pt>, comportando formação online/à distância gerida pelo próprio candidato. Tendo em atenção que: o exame A1/A3 é efetuado à distância/online imediatamente após o curso; e o exame A2 e STS (cenários de operação declarativos da categoria específica - *standard scenarios*) são efetuados presencialmente na ANAC, devendo o candidato ler as orientações publicadas na plataforma a fim de propor-se ao exame presencial (ANAC, s.d.).

#### **2.4.2.2. Categorias dos UAS**

Na categoria Aberta (OPEN), enquadram-se todos os UAS com uma massa máxima à descolagem inferior 25 kg e não é necessária uma autorização operacional da ANAC para voo, (modelo semântico da operação na figura 14). No entanto, existem algumas regras gerais para os operadores (ANAC, s.d.):

- Não podem voar sobre concentrações de pessoas;
- Operam em VLOS (do termo em inglês *Visual Line of Sight*), ou seja, na linha de vista;
- Operam no máximo até 120m acima do terreno;
- Podem ser operados até 120m acima do terreno, mas nunca 120m acima do piloto remoto (piloto remoto no topo de uma montanha a operar a aeronave sobre um vale);
- Podem voar 15m acima de um obstáculo artificial que tenha mais de 105m de altura, desde que não se afaste mais do que 50m do obstáculo e seja a pedido da entidade responsável;
- Devem cumprir com as condições operacionais ou de acesso das zonas geográficas, que estão publicadas no Regulamento da ANAC (altura máxima permitida na zona 1: <30m; zona 2: <60m; zona 3: <80m);
- Não podem voar em zonas proibidas ou de restrição operacional de aeroportos ou de heliportos;
- Operam em aeródromos e heliportos civis, até 120m da superfície, mas com a autorização do Diretor do Aeródromo;
- Podem voar de noite e de dia;
- não podem operar dentro de zonas em que esteja em curso uma operação de salvamento/socorro.



Figura 14: Modelo semântico da operação de aeronaves não tripuladas segundo as regras gerais da categoria aberta e atendendo às atuais zonas proibidas e de restrição operacional de aeroportos internacionais e heliportos de emergência médica (fonte: [https://www.anac.pt/vPT/Generico/drones/categoria\\_aberta/Paginas/CategoriaAberta.aspx](https://www.anac.pt/vPT/Generico/drones/categoria_aberta/Paginas/CategoriaAberta.aspx))

As operações de Categoria Específica (SPEC) são consideradas sempre que não seja cumprida uma ou mais condições de operação da Categoria Aberta e das suas demais subcategorias.

Da mesma forma que, na Categoria Certificada devem ser consideradas todas as operações (ANAC, s.d.):

- Que envolvam UAS com uma dimensão característica igual ou superior a 3 m; seja concebido para o transporte de pessoas ou mercadorias perigosas;
- Que voam sobre ajuntamentos de pessoas;
- E sempre que a ANAC, com base na avaliação do risco considere que o risco da operação não pode ser adequadamente mitigado sem a certificação do UAS e do respetivo operador e, sempre que tal for aplicável, sem o licenciamento do piloto remoto (à distância). A ANAC decide após verificar a análise de risco do operador de aeronave não tripulada.

### 2.4.2.3. Finalidades dos UAS

No passado, o desenvolvimento de sistemas e plataformas de UAS foi motivado principalmente por objetivos e aplicações militares, onde a vigilância, o reconhecimento e o mapeamento de áreas inimigas eram os seus principais objetivos.

Atualmente, têm diversas utilizações e em diversas áreas, graças às suas atividades e capacidade de voar em locais de difícil acesso. O uso desta tecnologia continua em expansão à medida que novas funcionalidades e capacidades são desenvolvidas, são alguns exemplos destas aplicações:

- O mapeamento e topografia: o ponto mais interessante para o estudo deste trabalho, uma vez que podem ser usados para criar mapas precisos e modelos 3D de áreas geográficas;
- A fotografia e videografia aérea: comumente usados em produções cinematográficas, eventos desportivos, marketing imobiliário, fotografias de casamentos, entre outros;
- A agricultura de precisão: drones com sensores espectrais, como câmaras multiespectrais, capazes de ajudar os agricultores a gerir a saúde das plantas, como melhorar a eficiência da aplicação de fertilizantes;
- A inspeção e manutenção de infraestruturas: como edifícios, pontes, torres elétricas, linhas de transmissão, óleos e gasodutos, edifícios, antenas de telecomunicações, turbinas eólicas, e outras estruturas industriais para detetar defeitos ou desgaste;
- A fiscalização e segurança: órgãos de segurança e elementos da lei através do controlo de multidões em eventos, buscas e resgates, investigação de fugitivos, identificação de atividades suspeitas, entre outros;
- Busca e salvamento: drones com câmaras térmicas e sensores podem ser usados em operações de busca e salvamento para localizar pessoas desaparecidas em áreas vastas ou perigosas;
- O controlo ambiental: drones capazes de acompanhar mudanças

ambientais, como desflorestação, poluição do ar e da água, erosão e comportamentos de vida selvagem;

- Entretenimento: drones com fins recreativos, como corridas, acrobacias aéreas, entre outros.

#### 2.4.2.4. Características dos UAS

As características dos UAS podem variar consideravelmente de um modelo para outro, dependendo da sua especificidade, tamanho e capacidade. No entanto, estas são as características mais comuns:

- Tamanho e Design: Os UAS tem uma enorme variedade de tamanhos e formas. Estes podem ser pequenos e portáteis, como drones brinquedo, ou maiores e mais complexos, como drones comerciais e militares. No entanto, o design pode incluir configurações de asa fixa ou multirotores, como quadricópteros, hexacópteros e octacópteros, (figura 15).



Figura 15: Lado esquerdo: Modelos de UAS de asa fixa, lado direito: modelos de multirotores

- Decolagem: atualmente, já existem UAS com decolagem e aterragem vertical (VTOL Vertical Take-Off and Landing), como o exemplo do drone WingtraOne GEN II, (figura 16).



Figura 16: WingtraOne Gen II com decolagem e aterragem vertical (VTOL)

- Peso: O peso pode variar desde gramas até centenas de quilogramas,

afetando a capacidade de carga, o tempo de voo e a estabilidade.

- **Autonomia de Voo:** A autonomia de voo refere-se à quantidade de tempo que pode permanecer no ar com uma única carga de bateria ou um tanque de combustível. Normalmente, UAS menores têm uma autonomia de voo mais curta (minutos), enquanto UAS maiores podem voar por várias horas.
- **Propulsão:** A maioria utiliza motores elétricos e hélices para propulsão. Isto é especialmente comum em UAS multirotores, como os quadricópteros. Os maiores podem usar motores de combustão interna.
- **Sistemas de Navegação:** UAS equipados com sistemas de navegação que podem incluir GPS, sensores de altitude, bússolas e acelerômetros. Esses sistemas permitem que os drones mantenham a posição, a altitude desejada e executem tarefas autônomas.
- **Câmaras e Sensores:** Muitos UAS estão equipados com câmaras de alta resolução e sensores especializados, como câmaras infravermelhas, câmaras multiespectrais, LiDAR (*Light Detection and Ranging*) e sensores de ultrassom.
- **Controlo Remoto:** São controlados remotamente por um operador através de aplicações de telemóvel ou tablet, ou até mesmo por meio de comandos de voz em alguns modelos.
- **Alcance e Comunicação:** O alcance da comunicação entre o drone e o operador é importante para determinar até que ponto poderá ser operado com segurança. Este pode variar de algumas centenas de metros a vários quilômetros, dependendo do modelo.
- **Carga Útil:** A capacidade de carga útil de um UAS refere-se à quantidade de peso que ele pode transportar.
- **Regulamentação:** Em Portugal, como na União Europeia, a operação de UAS é regulamentada, como já foi mencionada anteriormente. O que pode incluir requisitos de registo, limitações de altitude, zonas de voo restritas, entre outras.

- Modos de Voo e Funções Especiais: Alguns UAS têm modos de voo independentes, como seguir uma trajetória predefinida, retornar automaticamente à base, manter uma posição fixa e funções especiais, como evitar obstáculos ou seguir objetos e pessoas, entre outras.
- Portabilidade e Dobrável: Alguns drones são projetados para serem dobráveis ou portáteis, facilitando o transporte e o armazenamento.

É importante observar que as características dos UAS podem evoluir rapidamente devido ao avanço tecnológico e as novidades podem ser adicionadas com o tempo, tornando os drones ainda mais versáteis e capazes de atender a uma ampla variedade de necessidades.

### **2.4.3. Fotogrametria UAS**

A fotogrametria UAS de facto abre várias novas aplicações no domínio aéreo de curto alcance e introduz também alternativas de baixo custo à fotogrametria aérea tripulada clássica.

No entanto, para que uma operação fotogramétrica com drones, tenha sucesso, é necessário que exista um plano elaborado para esse projeto, assim como um conjunto de etapas a serem desenvolvidas. As primeiras e mais importantes decisões a serem tomadas numa operação deste tipo podem ser sintetizados nas seguintes fases (Aguiar, 2018):

- Planeamento do voo fotogramétrico e determinação do tempo total de voo;
- Planeamento do levantamento dos pontos de controle de campo;
- Voo e recolha das imagens dos dados;
- Processamento dos dados (alinhamento de imagem, inserir GCPs, ajuste das suas posições, autocalibração da câmara, análise de precisão, geração de uma nuvem densa de pontos 3D, criação de um modelo digital de elevação (DEM), ortoretificação de imagens e construção de ortomosaicos, exportação para SIG);
- Possível completagem de campo.

# Capítulo III

## 3. Município de Santa Maria da Feira

### 3.1. Enquadramento geográfico

O conselho de Santa Maria da Feira, situado no norte do distrito de Aveiro, na região Centro de Portugal, apresenta um perfil demográfico e de urbanização que tem evoluído ao longo das décadas, (visível um ortofotomapa na figura 17).

O crescimento populacional observado em Santa Maria da Feira pode ser atribuído a diversos fatores. A cidade beneficia-se da sua proximidade com o Porto, a segunda maior cidade de Portugal, que atrai muitas pessoas em busca de oportunidades de trabalho e acesso a serviços. Além disso, a região oferece um ambiente de vida agradável, com um equilíbrio entre zonas urbanas e rurais, bem como um acesso facilitado às praias da costa atlântica.

Os dados dos Censos revelam essa transformação: no ano de 1960, Santa Maria da Feira contava com uma população residente de 83.483 habitantes. Ao longo dos anos, houve um crescimento notável, atingindo 109.531 em 1981, 118.641 em 1991 e 135.964 em 2001. Em 2011, a população registada foi de 139.312 habitantes. No entanto, os Censos mais recentes de 2021 mostraram um ligeiro decréscimo, com a população reduzida para 136.674 habitantes (Santos, 2021).

Quanto à urbanização, o município tem experimentado um desenvolvimento constante. Em 1960, havia 19.370 edifícios em Santa Maria da Feira. Essa tendência de crescimento persistiu, e em 1991, o número havia aumentado para 32.819 edifícios. Em 2001, o município contava com 39.124 edifícios, um número que continuou a crescer até 43.611 em 2011 e 44.564 em 2021 (Santos, 2021).

Estes dados demográficos e de urbanização ilustram a evolução ao longo das décadas em Santa Maria da Feira, com um aumento significativo na população e desenvolvimento de infraestruturas urbanas, embora os números mais recentes indiquem uma ligeira variação. Esta dinâmica molda a cidade e a prepara para continuar a enfrentar os desafios e oportunidades do futuro.

Em resposta a esse crescimento populacional, Santa Maria da Feira tem vindo

a criar condições para habitação e urbanização. Novos bairros e empreendimentos residenciais têm surgido para acomodar a crescente demanda por habitação na região. Esses esforços são direcionados para garantir que a cidade continue a ser um local atraente para se viver, com infraestruturas modernas e serviços que atendam às necessidades da sua população em expansão.

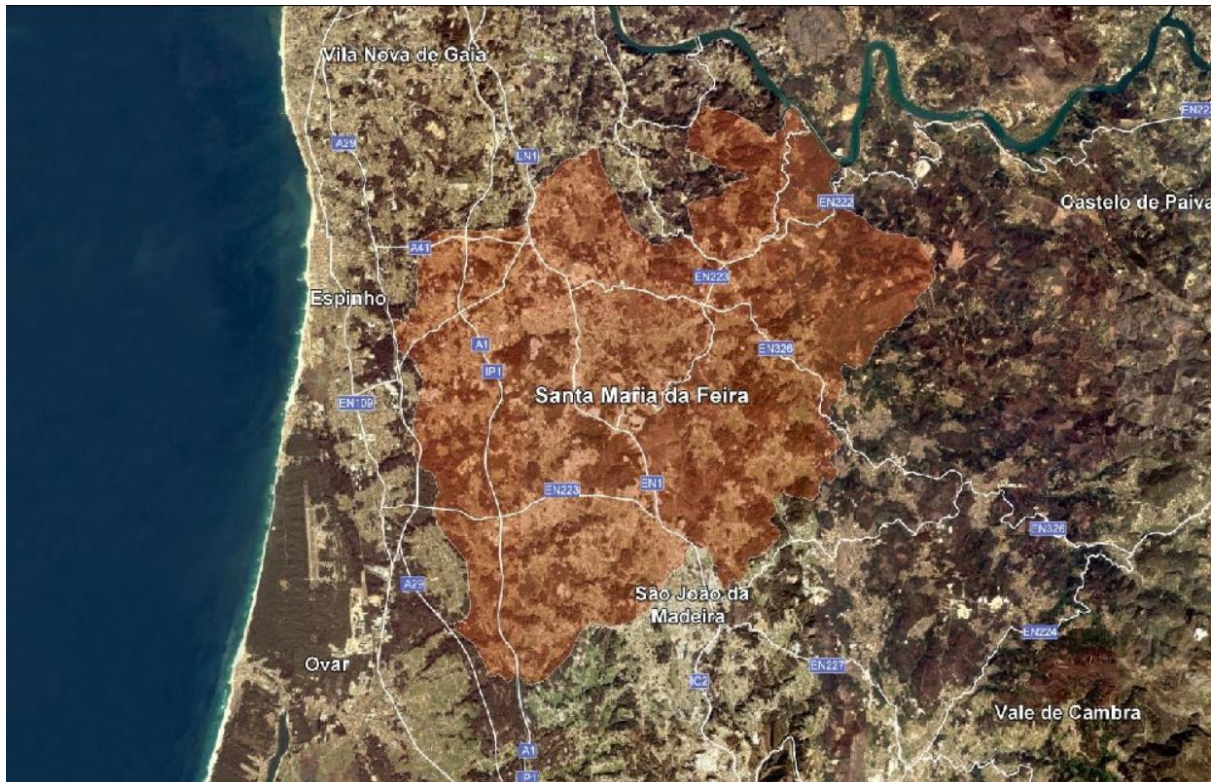


Figura 17: Ortofotomapa de 2018 de Santa Maria da Feira

### 3.2. Cartografia no Município

Atualmente, no Município de Santa Maria da Feira, ainda encontramos trabalhos cartográficos no sistema de coordenadas Hayford-Gauss Datum 73, uma vez que até ao ano de 2007, foi o sistema adotado pelo município. No entanto, este sistema tornou-se obsoleto e, de acordo com as normas recomendadas pela DGT, foi substituído pelo sistema de coordenadas PT-TM06/ETRS89. Este sistema de coordenadas utiliza o datum ETRS89 (equivalente a WGS84), que é um datum geodésico global. Este datum usa o elipsoide de referência GRS80 e a projeção cartográfica PT-TM06 ou Transversa de Mercator, como já foi mencionado anteriormente.

Sabendo que, a diferença entre os sistemas ETRS89 e WGS84 é de cerca de 50 centímetros, esta pode ter algum impacto no posicionamento topográfico de alta precisão. No entanto, para muitas aplicações, os dois sistemas podem ser considerados

indistinguíveis. Ao fazerem-se observações GPS com recetores de navegação obtêm-se coordenadas WGS84, e uma vez que a precisão das coordenadas que se obtêm com este tipo de equipamento é inferior à diferença entre estes dois sistemas, pode considerar-se, nestes casos, que não existem diferenças entre o ETRS89 e o WGS84 (Aguiar, 2018).

### **3.2.1. Representação e análise dos dados geográficos**

Referente a uma abordagem mais focada na criação e edição de desenhos técnicos, desenhos de engenharia e projetos de construção os softwares utilizados pelo município para o Desenho Assistido por Computador, CAD são:

#### **3.2.1.1. Carlson Survey e Civil**

O Software Carlson foi projetado para complementar as operações de levantamento topográfico e fornece uma variedade de recursos de levantamento para processar dados desde a modelagem de superfície até o ajuste de rede de mínimos quadrados. Permitindo aos utilizadores trabalhar perfeitamente entre o escritório e o campo, utilizando estilos de design compatíveis para toda a equipa com facilidade de uso e eficiência.

Este software foi adotado recentemente pelo município e ao longo deste ano tivemos a oportunidade de receber diversas formações para conciliar as suas variadas funcionalidades.

As principais características deste consistem: na sua construção em IntelliCAD 11; na configuração do projeto (métodos de armazenamento de dados flexíveis); na limpeza de desenho, uma vez que permite a correção de erros comuns de desenho; e na compatibilidade de dados, pois é possível importar e exportar arquivos DWG, DGN, DXF, LandXML para formatos de arquivo nativos alternativos, como IntelliCAD, AutoCAD, LandDesktop, Civil 3D (Carlson, 2023).

Quanto às superfícies, este software permite a sua construção, por triangulação (figura 18) ou grades retangulares; a criação de curvas de nível (figura 19), contorno de entidades 3D, bem como contorno de arquivos de superfície; a gestão destas superfícies, alterando as suas propriedades de exibição e ajustando as funções de forma a adicionar e remover pontos e linhas obrigatórias e trocar arestas; e permite o cálculo de volumes, desde volumes de terraplenagem entre superfícies de triangulação

ou grade.

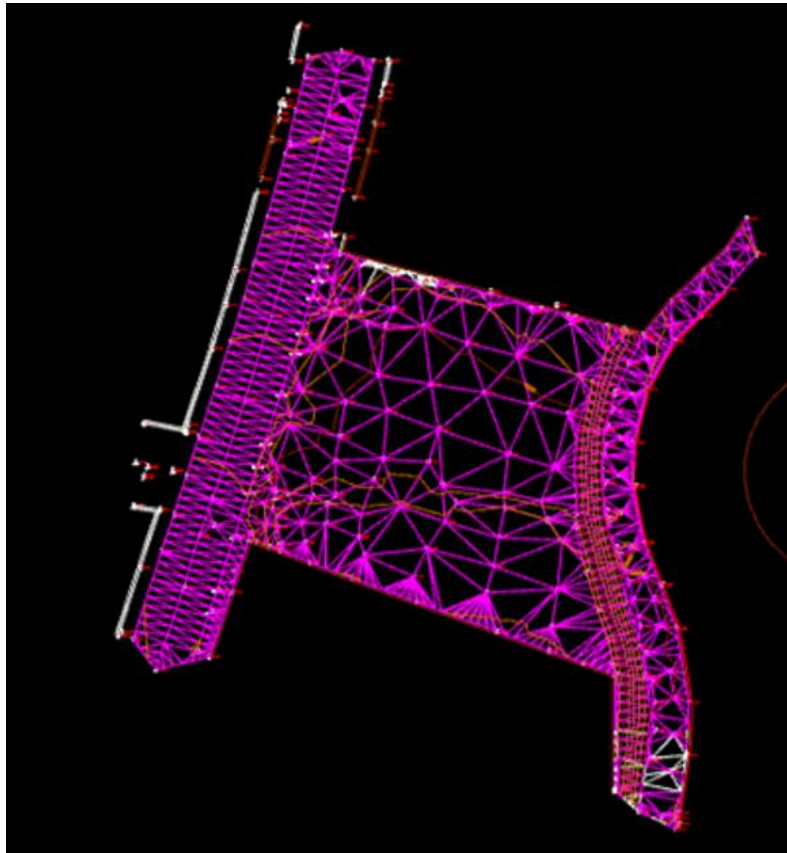


Figura 18: Triangulação da superfície representada, no software Carlson

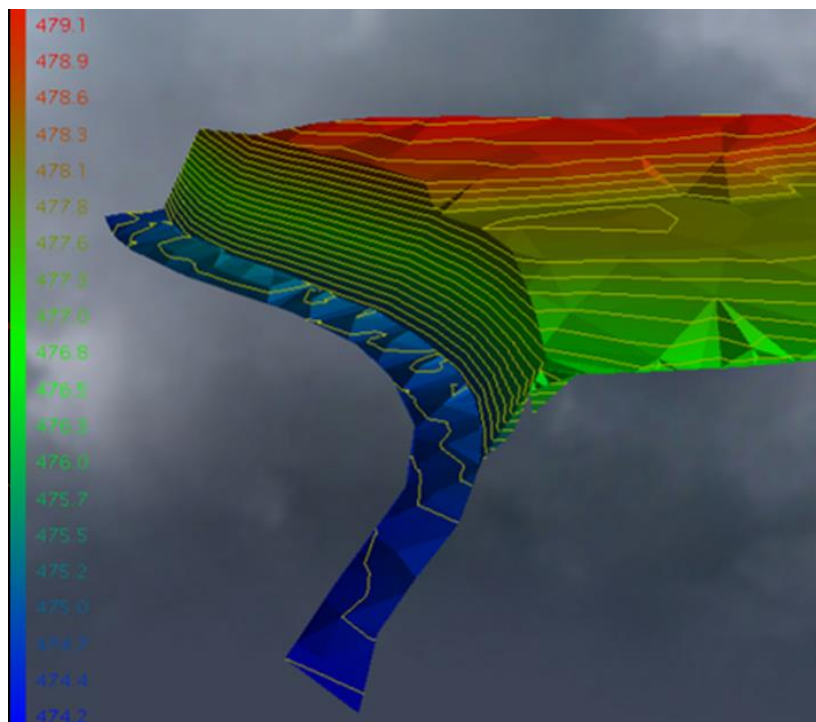


Figura 19: Visualização das curvas de nível em 3D, no software Carlson

Entre outras qualidades, este software também permite, a criação de perfis (figura 20), a partir de superfícies, entidades de tela, pontos na linha central, etc...; e também a criação de perfis rápidos numa etapa com atualização em tempo real enquanto se ajusta a linha central.



Figura 20: Visualização de um perfil criado através do software Carlson

Desta forma, ao longo do anexo, disponível neste relatório, é possível observar diversos trabalhos, realizados no âmbito profissional, de levantamentos topográficos executados com o software mencionado.

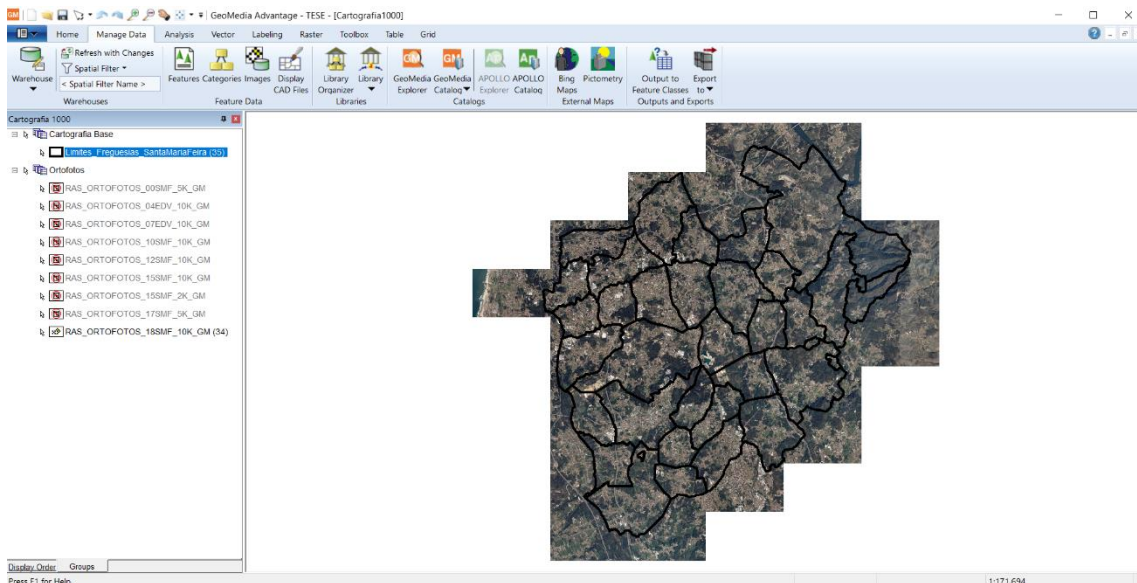
Por outro lado, para além de CAD, o município adotou para representação e análise dos dados geográficos os seguintes Sistemas Municipais de Informação Geográfica:

### 3.2.1.2. Intergraph GeoMedia Professional

O GeoMedia Professional é uma ferramenta de visualização e de análises, capaz de produzir mapas e relatórios provenientes de diferentes fontes, formatos e sistemas de projeção, tudo num único ambiente operacional (Hexagon, 2023) (Figura 21).

Entre as suas capacidades, destaca-se também a habilidade de produzir diferentes tipos de ambientes para impressão de mapas, de acordo com os padrões pré-estabelecidos, como é o caso da Divisão de Topografia e Informação Geográfica.

Este SIG é empregado no município desde 2000 e surgiu com o objetivo do tratamento da informação cartográfica de base.



*Figura 21: Ambiente de trabalho do software GeoMedia com a ortofoto de 2018 do município e as freguesias existentes*

Para além da plataforma de SIG o município também conta com um sistema de disponibilização da informação geográfica online, um WebSIG municipal que democratiza o acesso à informação geográfica do concelho de Santa Maria da Feira, disponibilizando essa informação aos vários departamentos do município, aos cidadãos e às entidades externas (Feira, s.d.).

### **3.2.1.3. Mirante**

Desde a implementação do Mirante nos serviços municipais a atualização da informação geográfica municipal é constante e continua, através de canais de informação simples com esforço repartido pelos vários intervenientes, de modo a garantir um repositório de informação geográfica e alfanumérica com qualidade (Feira, s.d.).

Esta plataforma existe no município desde 2008 e encontra-se neste momento em atualizações. Este sistema está ao dispor do município via internet através do Mirante web, para consulta pública, assim como, via intranet, através do Mirante ResPublica Intranet, para utilizadores internos, ou seja, funcionários do município, (figura 22). Desta forma, via internet, é possível ter acesso a informação georreferenciada e alfanumérica, tal como, é permitida a emissão de plantas, download de cartografia, consulta de toponímia e números de polícia, assim como o acesso a

mapas interativos, que através do seu dinamismo demonstram as alterações que vão decorrendo no território do município a qualquer momento. Disponibilizando assim, informações sobre os processos urbanísticos, as áreas de reabilitação urbana, o plano diretor municipal, a toponímia, entre outros.

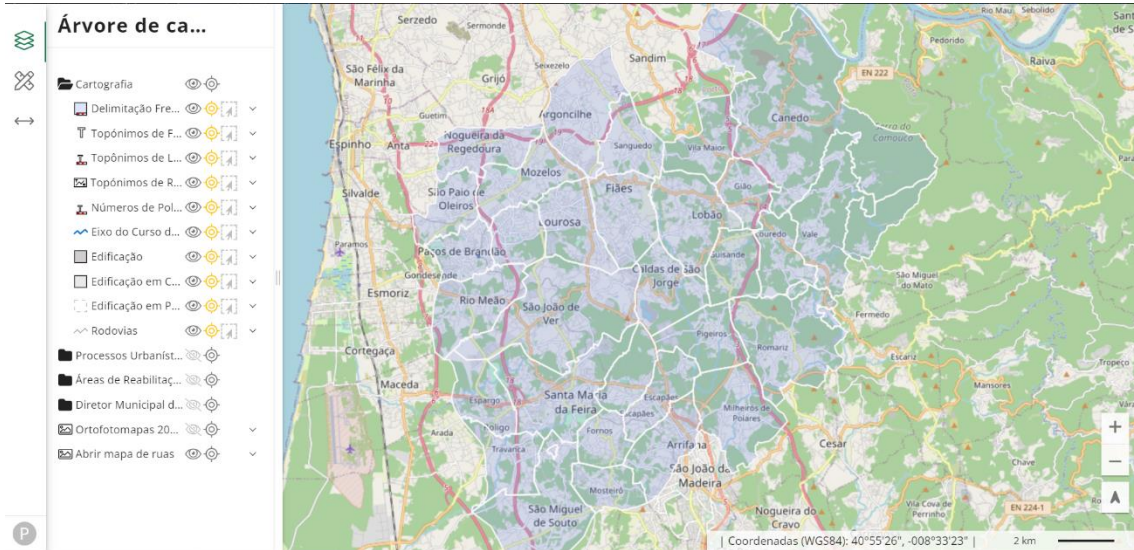


Figura 22: Representação do Mirante web, via internet: <https://mirante-smf.cm-feira.pt/>

Paralelamente, via intranet, para além do acesso a toda a informação geográfica é possível aos utilizadores internos a constante atualização desta. Mediante esta plataforma é então possível a inserção de levantamentos topográficos, a inserção de cadastro, de cedências, de compromissos, transações, entre outras garantindo a atualização cartográfica no âmbito dos processos urbanísticos, (Representação do Mirante, via intranet na figura 23).

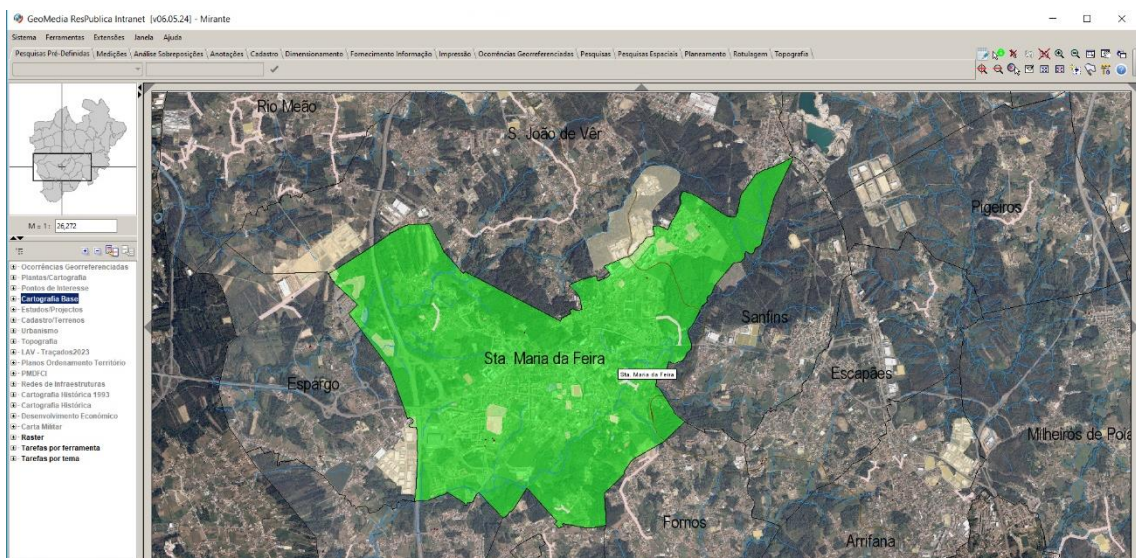


Figura 23: Representação do Mirante, via intranet

Deste modo, para a disponibilização destes dados em SIG nas plataformas já mencionadas (GeoMedia e Mirante) o município optou por armazenar esta informação geográfica em bases de dados, tal como já é exigido atualmente, para produção cartográfica.

Sabendo que, uma base de dados (BD) é um conjunto de dados que se relacionam entre si e que um sistema de gestão de base de dados (SGBD) consiste no software que permite criar e manipular essa base de dados. Desde 2005 o município elegeu como SGBD o Oracle Database e o Microsoft SQL Server, garantindo a manipulação do grande volume de dados do concelho que são significativos e devem ser guardados.

Por conseguinte, no Oracle Database, os objetos inseridos nas suas tabelas podem ser visualizados e/ou editados, uma vez que este SGBD é dinâmico e este encontra-se diretamente ligado ao Mirante. Ao contrário do Microsoft SQL Server, que toda a informação armazenada nas suas tabelas é estática, ou seja, os seus objetos apenas podem ser consultados, como é o caso dos produtos *raster*, como por exemplo os ortofotomapas (Aguiar, 2018).

Esquema da representação dos dados geográficos no município visível na figura 24.

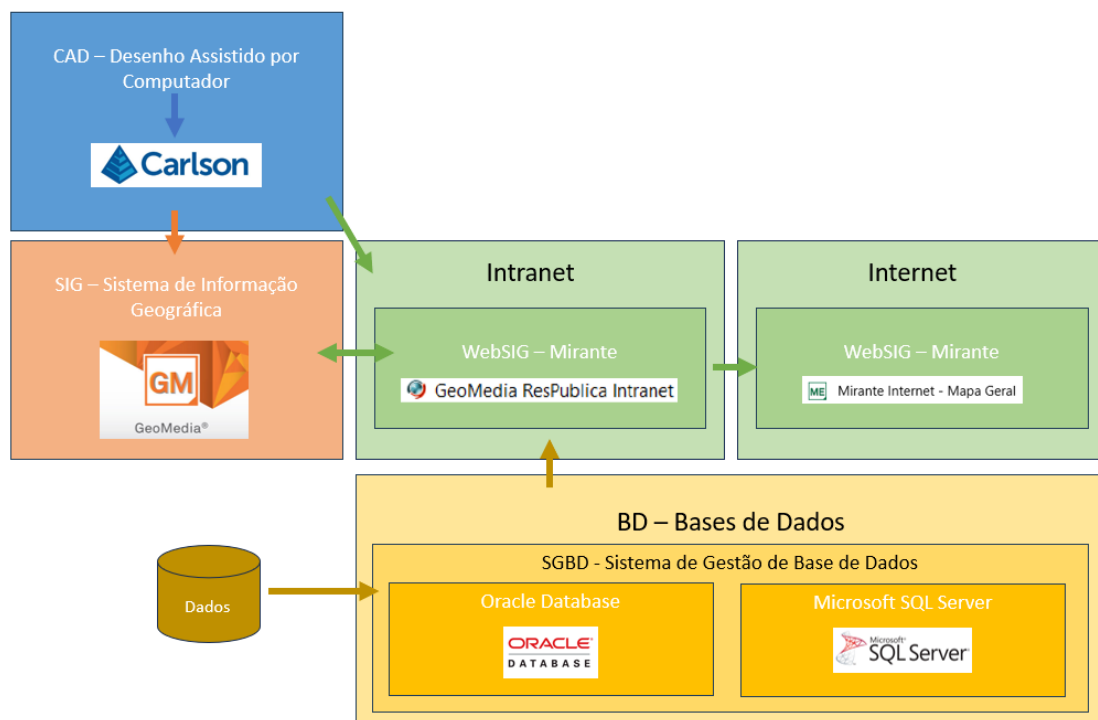


Figura 24: Esquema da representação dos dados geográficos no município de Santa Maria da Feira

### 3.3. Levantamento topográfico no Município

No presente, a divisão de topografia e informação geográfica do município de Santa Maria da Feira pode contar com os três métodos de aquisição de informação geográfica mencionados.

Para além dos softwares já mencionados anteriormente, de CAD, SIG e o WebSIG para o processamento desta informação, temos ao dispor de toda a equipa técnica dos melhores equipamentos topográficos, assim como, assistentes técnicos para nos auxiliarem nos mesmos levantamentos (porta miras).

Desde os métodos mais convencionais do posicionamento topográfico, que se baseiam na medição de ângulos azimutais, ângulos verticais, distâncias e desníveis ortométricos. Temos ao dispor dos engenheiros e topógrafos as estações totais e as respetivas cadernetas para a realização de levantamentos clássicos.

Para a realização deste trabalho académico e trabalho profissional foram me atribuídos os seguintes equipamentos: estação robótica Leica TS16 e controladora CS20, equipados com o software de campo Leica Captive, (Figura 25).



*Figura 25: Estação total robótica Leica TS16, tripé, bastão com nivela esférica, prisma e controladora CS20*

O município também conta, desde 2015, com diversos GPS e as respetivas controladoras. Atualmente, foi-me atribuído o Rover Leica GS18T GNSS RTK igualmente equipado com o software de campo Leica Captivate, com compensação de inclinação baseada na fusão de sensores IMU e GNSS. Esta compensação de inclinação do GS18 T é imune a perturbações magnéticas e funciona imediatamente sem calibração. E o respetivo controlador, o Tablet Leica CS30, versátil e projetado para durabilidade. É pequeno o suficiente para ser levado para qualquer lugar, mas tem capacidade para realizar uma variedade de trabalhos de levantamento, usar sensores de imagem e trabalhar com desenhos, (Figura 26).



*Figura 26: Rover Leica GS18T GNSS RTK, o respetivo bastão e o Tablet Leica CS30*

Por fim, quanto aos levantamentos topográficos pelo método fotogramétrico, a divisão de topografia e informação geográfica, adquiriu este mês (setembro), o seu primeiro veículo aéreo não tripulado (VANT), o drone Autel Evo Pro II V3, assim como, os seus softwares de processamento (Carlson Photo Capture e Carlson Point Clouds Advanced) com o objetivo de dar início a este método de aquisição de informação geográfica, impulsionado pelo desenvolvimento deste relatório de estágio, sendo-me atribuída a responsabilidade de pilotá-lo, através do certificado de conclusão do curso de pilotos de veículos aéreos não tripulados na categoria aberta de subcategoria A1/A3, lecionado pela Autoridade Nacional de Aviação Civil (ANAC), (Certificado disponível nos anexos), (Figura 27).



Figura 27: drone Autel Evo Pro II V3

Para a realização destes levantamentos topográficos, o município utiliza a ReNEP, que é um serviço público de geoposicionamento prestado pela Direção-Geral do Território (DGT) que, no âmbito das suas atribuições de manutenção do Referencial Geodésico Nacional, disponibiliza aos utilizadores de equipamentos GPS dados que facultam a determinação de coordenadas geográficas com precisão melhor que 10 cm (DGT, Rede Nacional de Estações Permanentes GNSS, s.d.).

É constituída por Estações GPS/GNSS, de observação contínua, que difundem observações nos Sistemas de Referência ETRS89 (continente) e ITRF93 (regiões autónomas), para posicionamento em tempo-real, utilizando a técnica RTK, ou para pós-processamento com ficheiros RINEX (DGT, Rede Nacional de Estações Permanentes GNSS, s.d.).

Dos produtos disponibilizados ao município por parte da ReNEP, disponíveis para visualização nos anexos, estes são os utilizados:

- Porta 2101 - produtos "Base Única Manual" das Estações Permanentes GNSS em RTCM3.x (GPS + GLONASS):

<i>Mount Point</i>	Localidade
EDVD	S. João da Madeira
GAIA	Gaia

- Porta 2102 - produtos "Base Única Manual" das Estações Permanentes GNSS em RTCM3 MSM5 (GPS + GLONASS + GALILEO):

<i>Mount Point</i>	Localidade
GAIA	Gaia

- Porta 2106 - produtos "Estação mais Próxima":

*Mount Point* Produto (*Nearest Site*)

NSRT23	NS RTCM2.3 (GPS + GLONASS)
NSRT	NS RTCM3 (GPS + GLONASS)
NSR5	NS RTCM3 MSM5 (GPS + GLONASS + GALILEO + BEIDOU)

- Porta 2108 - produtos de "Correções de Rede":

*Mount Point* Produto (*Automatic Cells*)

ACRT	AC RTCM3 (GPS + GLONASS)
ACR5	AC RTCM3 MSM5 (GPS + GLONASS + GALILEO+BEIDOU)

É possível visualizar na figura 28 as estações da ReNEP utilizadas pelo Município de Santa Maria da Feira.

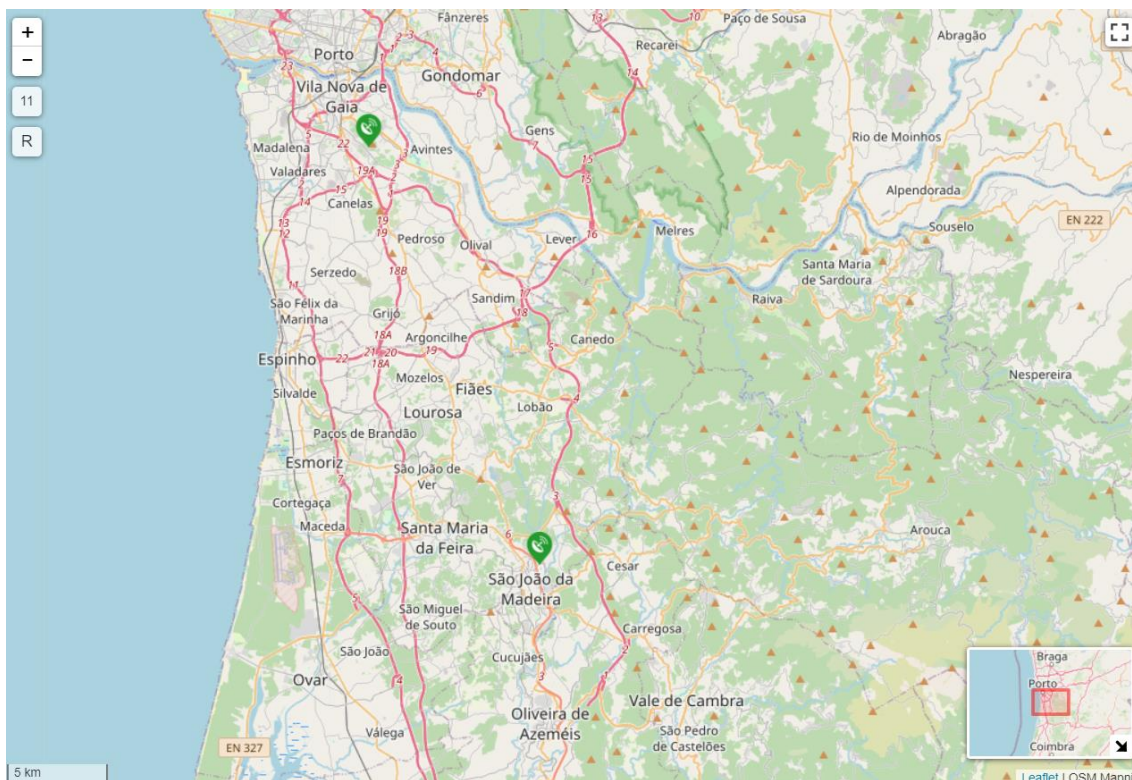


Figura 28: Estações da ReNEP utilizadas pelo Município de Santa Maria da Feira: Estação de Vila Nova de Gaia e de São João da Madeira

# Capítulo IV

## 4. Componente prática de levantamento UAS

A 16 de junho de 2022, foi realizado um levantamento fotogramétrico com o drone Dji Phantom 4 RTK com o objetivo principal deste estágio, na Câmara Municipal de Santa Maria da Feira, de estudar a sua aplicação para elaboração de cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana.

Para tal, a primeira componente prática deste estudo consistiu na captura de informações geográficas por meio de fotografias aéreas para posteriormente repetição do processo, mas desta vez através de um levantamento topográfico clássico, com a estação total robótica Leica TS16, conduzindo uma análise comparativa entre a cartografia obtida através da utilização de um drone e a cartografia obtida por meio dos métodos convencionais.

### 4.1. Equipamento utilizado

#### 4.1.1. Phantom 4 RTK

Uma vez que o drone utilizado no trabalho descrito neste relatório de estágio corresponde ao Phantom 4 RTK é importante explorar as suas características e perceber as suas capacidades, (figura 29).



*Figura 29: Drone Phantom 4 RTK e controladora da DJI*

Como tal, é fundamental saber que o que o distingue dos demais é a sua tecnologia RTK (“*Real-Time Kinematic*”) que permite que o drone obtenha informações de posição com uma precisão centimétrica em tempo real, utilizando sinais de satélites e estações de base terrestre, (figura 30). Isso significa que o drone pode voar de forma muito precisa e capturar dados geoespaciais com uma precisão sem precedentes.



*Figura 30: módulo RTK é integrado diretamente ao Phantom 4 RTK*

Desta forma, este drone, desenvolvido pela empresa chinesa DJI, representa um avanço significativo na recolha de dados geoespaciais de alta precisão, abrindo novas possibilidades e oportunidades para uma variedade de setores, entre as quais a cartografia de alta precisão.

Sabendo que a georreferenciação usando pontos de controlo no terreno (GCPs) é a estratégia mais comum na modelagem fotogramétrica usando imagens adquiridas por UAS. Com um sistema global de navegação por satélite cinemático em tempo real (GNSS RTK) a bordo, a georreferenciação sem GCPs poderá tornar-se uma alternativa promissora, sendo uma vantagem deste equipamento em economia de tempo e reduzindo o trabalho de campo.

Mais especificamente, possui um módulo GNSS de frequência única e de alta sensibilidade: GPS + BeiDou + Galileo (Ásia); e GPS + GLONASS + Galileo (outras regiões), assim como, GNSS RTK de alta precisão nas frequências: GPS: L1/L2; GLONASS: L1/L2; BeiDou: B1/B2; e Galileo: E1/E5a, com precisões de posicionamento: vertical de 1,5 cm + 1 ppm (RMS) e horizontal de 1 cm + 1 ppm (RMS), ou seja, o erro aumenta 1 mm para cada 1 km de movimento da aeronave (DJI, s.d.).

Além da precisão de posicionamento, o Phantom 4 RTK também oferece uma série de recursos avançados, como a capacidade de voar de forma autónoma usando tecnologia de *waypoint* (pontos de passagem, ou seja, são localizações ou pontos de referência que são gravados e armazenados na unidade de GPS) e um sistema de visão avançado que evita obstáculos, tornando o UAS mais fácil de operar.

Outro benefício deste UAS é sua portabilidade, uma vez que pesa apenas 1391 gramas. É relativamente compacto e pode ser transportado facilmente para locais remotos ou áreas de difícil acesso, permitindo a recolha dos dados nos locais solicitados. O seu tempo máximo de voo é aproximadamente 30 minutos e a sua velocidade máxima varia de 50 km/h a 58 km/h dependendo do modo de voo (DJI, s.d.).

Além disso, este drone é altamente eficiente em termos de custo. Comparado com os métodos tradicionais de levantamento topográfico, que muitas vezes envolvem equipamentos caros e demorados, o uso do Phantom 4 RTK pode economizar tempo e recursos significativos.

O Phantom 4 RTK também oferece uma qualidade de imagem excepcional. A sua câmara, (visível na figura 31), captura fotos de alta resolução e vídeos nítidos, com um sensor CMOS de 1 polegada e 20 megapixéis. A lente tem distância focal de 8,8 mm (equivalente a 24 mm em câmaras SLR de 35 mm) e abertura de f/2.8 - f/11. O tamanho máximo de imagem é de 5472x3648 pixels (proporção 3:2) (DJI, s.d.).

Devido à alta resolução, o Phantom 4 RTK pode atingir uma dimensão de pixel no solo (GSD, "Ground Sampling Distance") de 2,74 cm a 100 metros de altitude de voo, ou seja, H/36,5 cm/pixel, onde H significa a altura da aeronave em relação ao solo (DJI, s.d.).

Para garantir que oferece uma precisão elevada, cada unidade saída de fábrica passa por um rigoroso processo de calibração, com parâmetros armazenados nos metadados de cada imagem, permitindo que o software de pós-processamento se ajuste exclusivamente para cada utilizador.



*Figura 31: Câmara incorporada no Phantom 4 RTK*

## 4.2. Planeamento e aquisição fotogramétrica

O local escolhido para o levantamento foi uma área de interesse do Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade, no qual a Divisão de Topografia e Informação Geográfica está inserida, uma vez que, foi pedido para um projeto de mobilidade e acessibilidades, localizado mesmo no centro de Santa Maria da Feira.



Figura 32: Área de interesse para levantamento fotogramétrico com 217600 m<sup>2</sup>, (Santa Maria da Feira)

A área de estudo, visível na figura 32 a vermelho, representa aproximadamente 217 600 m<sup>2</sup>, correspondendo a uma área consideravelmente grande, onde é possível observar uma elevada concentração urbanística, com os mais diversos objetos, desde casas, ruas, lancis, árvores, infraestruturas como tampas de saneamento, postes de iluminação e telecomunicação, entre outros, de grande importância para este estudo, uma vez que estes podem limitar ou provocar erros na posterior digitalização cartográfica.

Assim, depois de conhecida a área de interesse, é importante planejar o voo, que foi efetuado com o drone da Dji Phantom 4 RTK, disponibilizado pela faculdade, (já especificado anteriormente).

Para tal, foi utilizada a aplicação de planeamento do Phantom RTK, onde foram definidos os critérios necessários para o levantamento: sobreposições longitudinal e lateral e a altura de voo. Mantiveram-se as sobreposições pré-definidas no programa de

planeamento de voo: 80% de sobreposição longitudinal e 70% de sobreposição lateral.

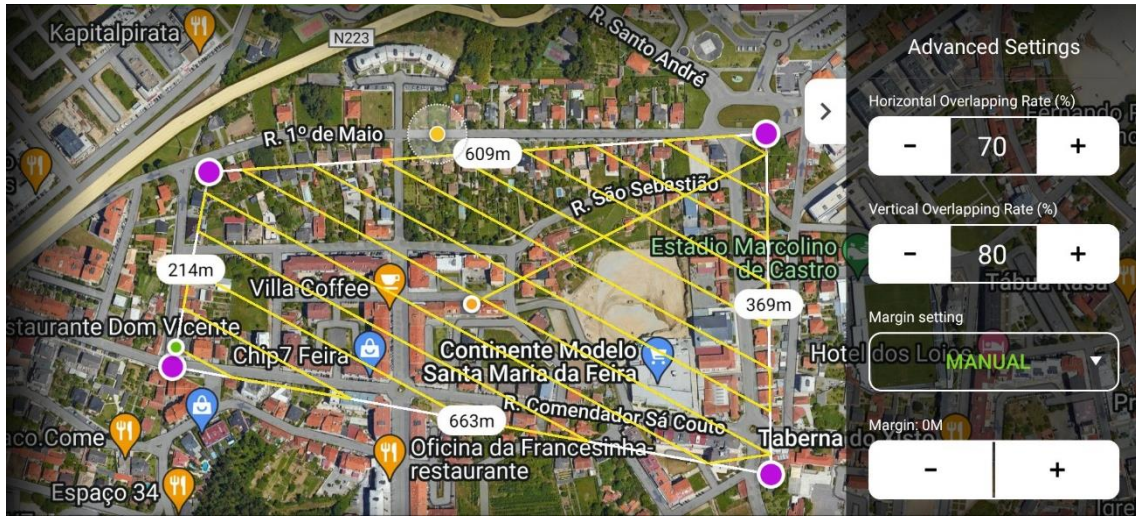


Figura 33: Planeamento de voo, com sobreposição longitudinal de 80% e lateral de 70%

Quanto à altura de voo (H), esta foi ajustada de forma a se obter um pixel no terreno (GSD) de aproximadamente 2.5 cm. Sabendo que, a distância focal (f) era de 8.8 mm e que o tamanho de pixel (CCD) é de aproximadamente 2.4 μm, calculou-se H através da fórmula de proporção entre estas variáveis:

$$\frac{H}{f} = \frac{GSD}{CCD} \Leftrightarrow H = \frac{f \times GSD}{CCD} = \frac{0.0088 \times 0.0249}{0.0000024} \approx 91m$$

Em relação à velocidade, como estava selecionada a opção “Timed shooting mode”, com o valor de 2 segundos de tempo de disparo entre duas fotos, o drone ajustou a velocidade de voo ao valor 7.2 m/s, de forma a garantir a sobreposição longitudinal pedida (80%), com esse tempo de disparo (figura 34).

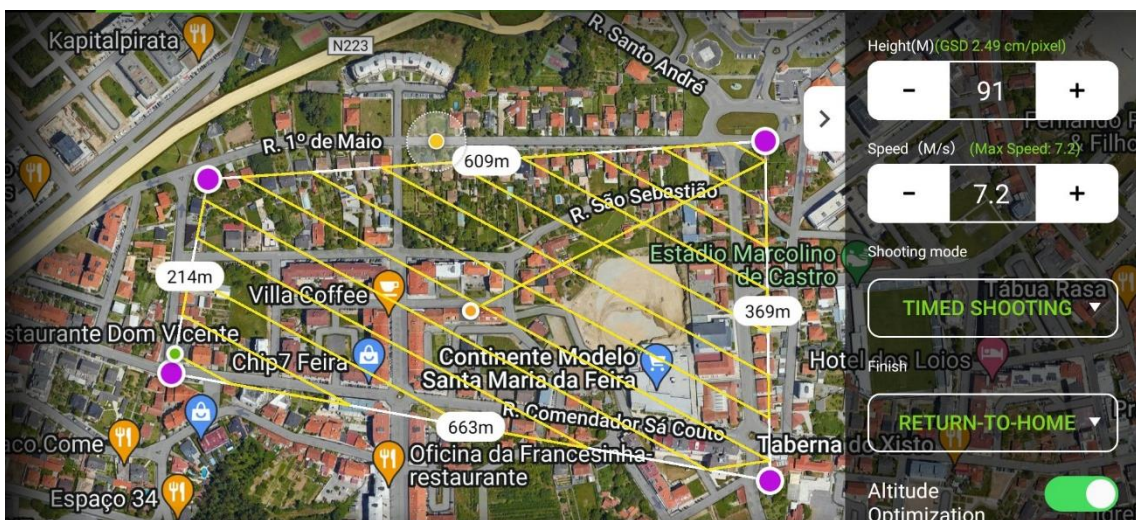


Figura 34: Planeamento de voo, a uma altura de 91m e velocidade de 7.2m/s

Também é importante referir que se acionou a opção “Return to home”, que faz com que o drone volte ao local de partida, quer na conclusão do trabalho, quer numa situação de emergência.

Como se pode observar na figura 34 foi ativada a opção “Altitude optimization”, que corresponde a fazer uma fiada oblíqua, que se referirá mais à frente. O tempo de voo estimado era inferior a 20 minutos, o que permitiu a aquisição das imagens apenas com uma bateria. Este planeamento de voo correspondeu a um total de 369 fotografias.

Foi mantida a geometria original da imagem, que contem uma distorção (visível na figura 35) através da curvatura de linhas das estradas que sabemos serem retas) que será modelada na autocalibração da câmara durante o alinhamento.



*Figura 35: Imagem obtida através do levantamento fotogramétrico com a geometria original da imagem*

Para a ligação RTK do drone, foi necessário conectar às redes de estações GNSS permanentes, através das credenciais de acesso disponibilizadas pela ReNEP (utilizador, palavra-passe e endereço IP).

Foi utilizada a porta 2101 e a estação permanente EDVD, ou seja, foi escolhida uma base única manual, a de São João da Madeira, por ser a mais próxima do local de

trabalho.



Figura 36: Estações permanentes GNSS em RTCM3.x (GPS+GLONASS)

Subsequentemente ao voo, foram levantados pontos de controlo, ou pontos fotogramétricos (PF), no entanto, ao contrário do que acontece com os drones sem RTK, o processamento foi todo ele feito sem estes pontos. Eles foram importantes para verificar se o resultado é satisfatório para a finalidade pretendida.

Os PF utilizados com drones podem ser naturais ou sinalizados. No caso presente não foi necessária nenhuma pré-sinalização destes pontos uma vez que o local dispõe de muitas pinturas de pavimento e outros objetos bem definidos que servem para usar como pontos de verificação dos resultados a obter.

Para tal, foi utilizado o recetor GNSS RTK da câmara municipal, Leica GS18T, o respetivo bastão e o controlador Tablet Leica CS30. Recolheram-se 26 PF espalhados pela área de estudo (visíveis na figura 37 e com mais detalhe nos anexos).

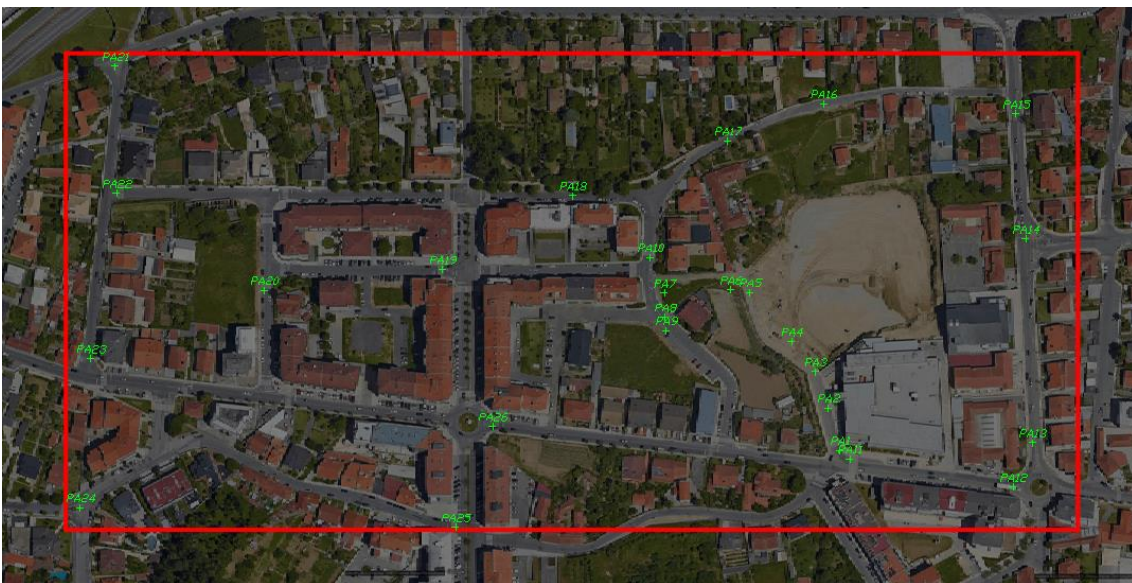


Figura 37: Distribuição dos pontos de apoio pela área de estudo

### 4.3. Processamento do levantamento com UAS

As metodologias de processamento comumente usadas são amplamente automatizadas, por exemplo, por pacotes de software comercial, como Pix4D, Agisoft Photoscan e Trimble UAS Master, ou código aberto, como MicMac. Estas metodologias, em parte originárias da visão computacional, são designadas como “Structure from Motion” (SfM). É necessário aplicar algoritmos semelhantes ao SIFT (Scale Invariant Feature Transform), que fornecem muitos pontos conjugados entre imagens sobrepostas. De seguida, fazer um ajuste para obter uma orientação relativa de todas as imagens. Esta operação é chamada na abordagem SfM, "Alinhamento de imagem". As posições GPS da câmara são utilizadas a fim de realizar uma triangulação aérea, incorporando uma calibração automática.

Posteriormente, algoritmos de correspondência densa são usados para gerar uma nuvem de pontos densa, através da correspondência multi-estéreo, isto é, usando todas as imagens em que o ponto surge. Um modelo digital de superfície em grelha regular (DSM) é obtido a partir dessa nuvem de pontos. As imagens são ortorretificadas (orto verdadeiro se o DSM for usado) e um mosaico contínuo é construído. Esse fluxo de trabalho é semelhante em vários programas.

Desta forma, será descrita a metodologia essencialmente automática para orientação, ortorretificação e composição de mosaicos de blocos de fotografias aéreas, usando o software Agisoft Photoscan Professional, com o intuito principal de se obter um ortomosaico que posteriormente será usado para atualizar a cartografia.

É importante referir que este processamento foi repetido duas vezes. Inicialmente, com todas as fotografias obtidas do levantamento, incluindo as imagens oblíquas e posteriormente sem elas com o objetivo de estudar o rigor altimétrico (“altitude optimization”).

Para a calibração da câmara considera-se uma calibração automática, na qual é possível escolher quais os parâmetros que se pretendem ajustar. O modelo de distorção usado é o modelo de distorção Brown, que considera os seguintes parâmetros para descrever uma câmara:  $f$  – a distância focal,  $c_x$ ,  $c_y$  - coordenadas do ponto principal,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  - coeficientes polinomiais de distorção radial,  $p_1$ ,  $p_2$  – coeficientes de distorção tangencial.

### 4.3.1. Processamento com todas as imagens

É criado o projeto que será armazenado num ficheiro com extensão PSX (Tese\_FotosTodas.psx) e numa pasta com os ficheiros criados (projeto.files). Esta diretoria contém os ficheiros gerados. As imagens serão externas ao projeto.

#### 4.3.1.1. Carregamento de imagens e informações da câmara

De seguida, as imagens são carregadas com o comando Workflow/Add images, ou alternativamente poderão ser arrastados para a janela Workspace, do ambiente do Metashape (figura 38). Poderão existir vários grupos de imagens designados como chunks (é um conjunto de imagens que se adiciona ao projeto, ex: pode-se utilizar diferentes chunks para diferentes câmaras). Neste caso usou-se apenas um chunk.

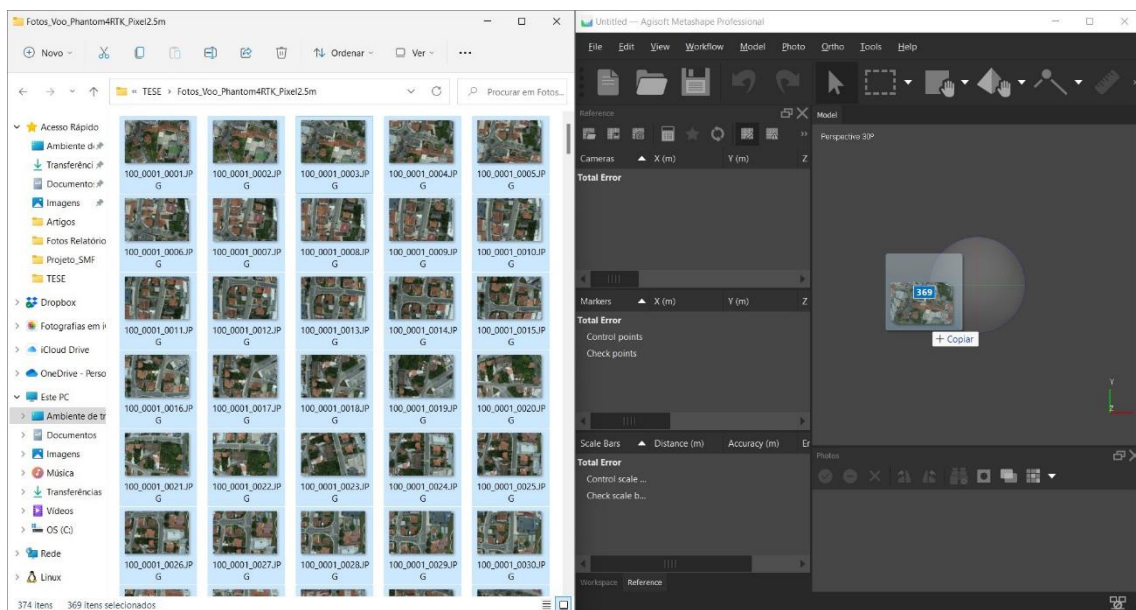


Figura 38: Carregamento das imagens no Agisoft Photoscan Professional

Primeiramente, foi necessário verificar se todas as fotografias obtidas anteriormente possuíam nas suas características a informação sobre os valores da altitude do ponto de referência das mesmas. Este valor deve corresponder ao somatório da altitude do local com a altura de voo. Ou seja, confirmar se todas mantiveram o RTK fixo. Se tal não se verificasse, que não foi o caso, seria necessário fazer o pós-processamento cinemático (PPK), um método de correção dos dados do GPS após o levantamento. Pode ser feito com o programa RTKLib) com o ficheiro Rinex do voo e o ficheiro Rinex da estação base. No caso presente não foi necessário.

Cameras	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Yaw (°)	Pitch (°)	Roll (°)	Accuracy (°)
✓ 100_00...	-8.547326	40.925128	289.286000	0.01448/0.01268/0.02578		5.600	0.000	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547321	40.925237	289.317000	0.01541/0.01305/0.02691		0.000	0.100	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547319	40.925402	289.340000	0.01442/0.01263/0.02588		358.700	0.000	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547319	40.925564	289.371000	0.01484/0.01296/0.02617		359.300	0.100	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547319	40.925728	289.345000	0.01446/0.01264/0.02596		359.700	0.100	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547319	40.925894	289.359000	0.01485/0.01294/0.02618		359.600	0.000	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547319	40.926058	289.341000	0.01456/0.01270/0.02613		359.700	0.100	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547318	40.926222	289.337000	0.01493/0.01303/0.02634		359.900	0.100	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547319	40.926387	289.343000	0.01459/0.01275/0.02616		359.800	0.100	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547318	40.926551	289.345000	0.01489/0.01299/0.02625		359.600	0.100	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547319	40.926715	289.352000	0.01443/0.01262/0.02596		359.800	0.100	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547318	40.926879	289.292000	0.01473/0.01293/0.02615		359.900	0.100	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547319	40.927042	289.287000	0.01453/0.01272/0.02615		0.000	0.000	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547319	40.927206	289.310000	0.01483/0.01298/0.02625		0.000	0.100	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547320	40.927371	289.319000	0.01443/0.01266/0.02598		359.600	0.000	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547320	40.927535	289.303000	0.01466/0.01290/0.02603		0.000	0.100	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547321	40.927699	289.350000	0.01432/0.01262/0.02582		0.000	0.100	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547320	40.927863	289.343000	0.01462/0.01288/0.02596		0.900	0.100	0.000	10.000
✓ 100_00...	-8.547317	40.928010	289.325000	0.01448/0.01280/0.02579		0.000	0.100	0.000	10.000

Figura 39: Observação da informação contida nas imagens

A informação contida nos cabeçalhos EXIF das imagens JPEG deverá ser importada para o projeto. A figura 39 mostra essa informação.

Relativamente à orientação interna, os parâmetros são a distância focal (8.8 mm) e o tamanho do pixel (aproximadamente 2.4 μm). Com o comando Tools/Camera calibration verificam-se se esses valores são os mesmos da câmara (Figura 40).

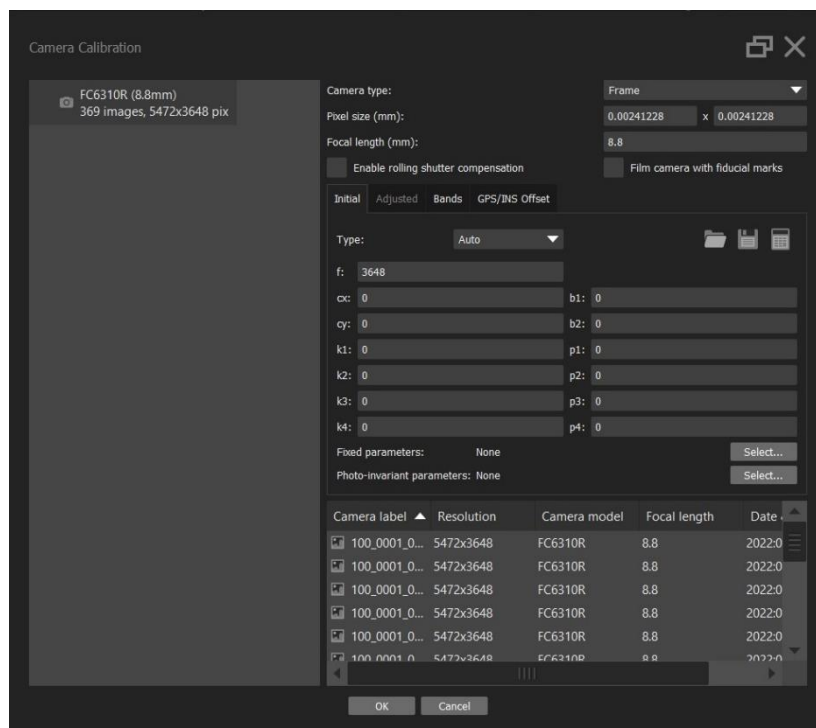


Figura 40: Calibração da câmara

Quanto à informação externa, é possível observar a posição aproximada do centro de projeção da câmara, normalmente contida no cabeçalho das imagens

adquiridas com o DJI Phantom 4 RTK, deverá ser importada, em coordenadas geográficas WGS84 (EPSG:4326). Clicando no botão Settings pode-se verificar qual o sistema de coordenadas e alterar as precisões posicionais da câmara.

#### 4.3.1.2. Orientação automática do bloco (“Image Alignment”)

De seguida, é realizada a orientação automática do bloco. Executa-se a operação Workflow/Image align, com a opção “High” (figura 41), que corresponde a detetar pontos conjugados usando as imagens na sua resolução completa.

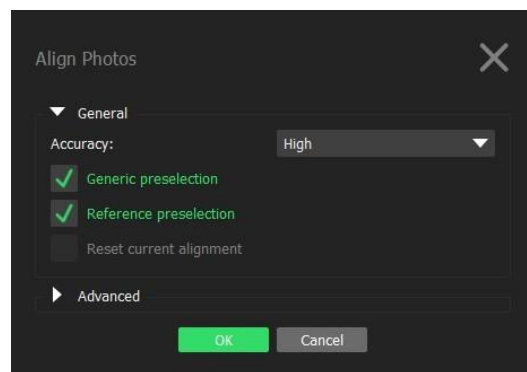


Figura 41: Configurações do comando “Align Photos”

Depois da operação ser finalizada é possível observar um grande número de pontos conjugados que foram obtidos automaticamente. No botão “View Points”, vê-se que as cores azul e cinza representam ponto aceite / não aceite. Procedeu-se então à eliminação dos pontos não aceites.

No final, é possível observar os pontos da nuvem esparsa gerada neste processo (figura 42). O programa nesta fase escolhe a combinação que minimiza os resíduos. É conveniente analisar a localização dos pontos da nuvem esparsa.

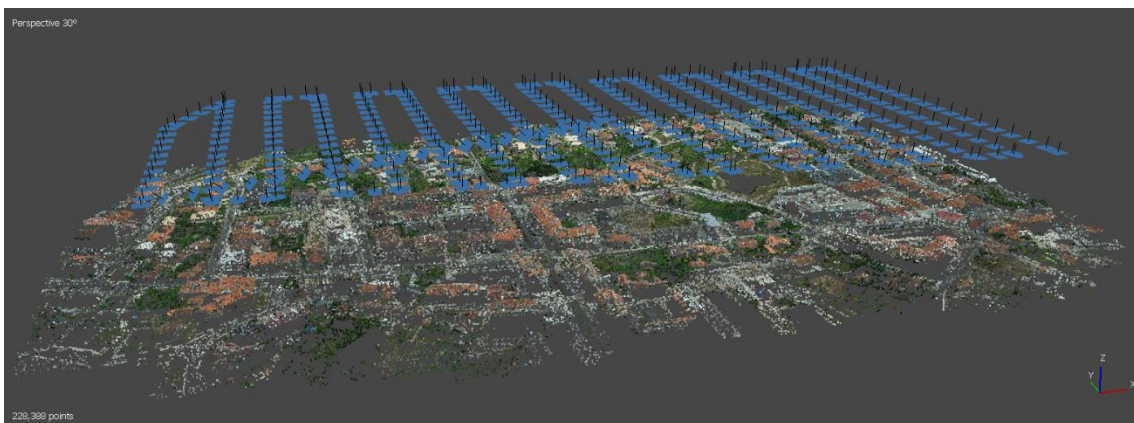


Figura 42: Nuvem de pontos, processada com todas as fotos

Ao contrário do que acontece com os drones sem RTK, este processamento foi todo feito sem qualquer ponto de apoio.

### 4.3.1.3. Otimização da orientação

Assim, para otimizar o projeto, utiliza-se o botão Optimize e escolhe-se os parâmetros de orientação interna a considerar na otimização da orientação externa. Este processo de recálculo dos parâmetros de orientação externa também leva em conta alguns elementos nos parâmetros da câmara.

Como as câmaras dos UAS não são câmaras métricas, apenas se sabe o valor nominal da distância focal, logo, é escolhido para otimizar, uma vez que um valor mais preciso gera um maior rigor topográfico. É também sugerido a escolha da posição do ponto principal ( $C_x$ ,  $C_y$ ) e os 3 primeiros coeficientes do polinómio da distorção radial ( $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ). Pode haver uma distorção radial da lente (mesmo que nas imagens não seja visível a olho nu). Também são otimizados os coeficientes de transformação de conexão e inclinação ( $b_1$ ,  $b_2$ ).

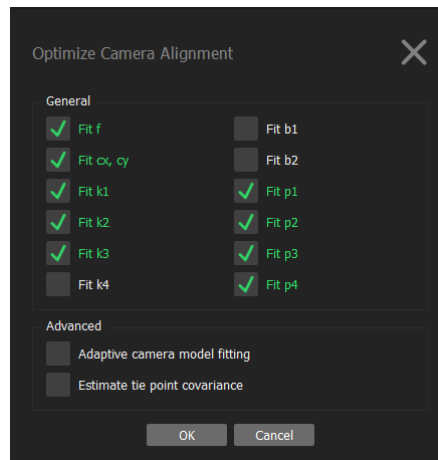


Figura 43: Parâmetros de orientação interna

A distorção radial é normalmente modelada por um polinómio:  $\Delta r = k_1 r^3 + k_2 r^5 + k_3 r^7$ . (exemplo na fig. 44). Também pode se considerada um componente tangencial ( $p_1$ ,  $p_2$ ). A fórmula geral é a seguinte:

$$x' = x(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6 + \dots) + (P_2(r^2 + 2x^2) + 2P_1xy)$$

$$y' = y(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6 + \dots) + (P_1(r^2 + 2y^2) + 2P_2xy)$$

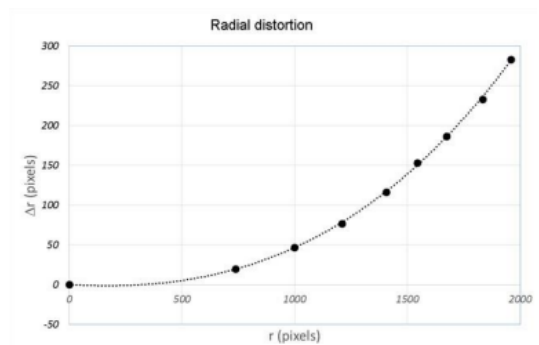


Figura 44: Distorção Radial

#### 4.3.1.4. Análise de precisão

Podem ser testadas diferentes combinações de parâmetros de otimização, para isso devem ser analisados, em qualquer teste que se faça, os valores dos erros (RMSE: Root Mean Square Errors [média quadrática]). Estas estimativas de erro atuam como um controlo de qualidade do processo.  $RMSE_x=0.5$  cm;  $RMSE_y=0.4$  cm;  $RMSE_z=0.9$ cm.

Para fazer esses testes é utilizado o botão View errors. Os erros devem manter-se em valores baixos (1 ou 2 pixels). De acordo com a coluna Error (pix), pode-se observar que estes valores se compreendem entre 0 e 1 pixels (figura 45), logo estão dentro dos parâmetros indicados.

Cameras	Long. err (m)	Lat. err (m)	Alt. err (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Yaw err (°)	Pitch err (°)	Roll err (°)	Accuracy (°)	Error (°)	Projections	Error (pix)
✓ 100...	0.009078	-0.003429	0.006901	<b>0.01375/0...</b>	0.011907	-5.024	-0.053	-0.520	10.000	5.051	2357	0.574
✓ 100...	0.010839	-0.002122	0.010747	<b>0.0134/0.0...</b>	0.015410	-5.171	-0.046	-0.587	10.000	5.204	2324	0.564
✓ 100...	0.014289	-0.002164	0.007230	<b>0.01505/0...</b>	0.016160	-5.213	0.057	-0.654	10.000	5.254	2576	0.558
✓ 100...	0.011933	0.000204	0.016243	<b>0.01342/0...</b>	0.020156	-5.253	-0.032	-0.663	10.000	5.294	2503	0.526
✓ 100...	0.015152	0.000307	0.013830	<b>0.01377/0...</b>	0.020517	-5.259	-0.023	-0.719	10.000	5.308	2479	0.532
✓ 100...	0.013184	0.001238	0.008763	<b>0.01345/0...</b>	0.015879	-5.366	0.083	-0.767	10.000	5.422	2411	0.544
✓ 100...	0.010225	-0.000472	0.011175	<b>0.01377/0...</b>	0.015154	-5.351	0.099	-0.749	10.000	5.404	2376	0.531
✓ 100...	0.007918	-0.000377	0.008521	<b>0.01347/0...</b>	0.011638	-5.436	0.197	-0.776	10.000	5.495	2259	0.563
✓ 100...	0.012434	0.000013	0.004377	<b>0.01377/0...</b>	0.013182	-5.433	0.101	-0.816	10.000	5.495	2194	0.571
✓ 100...	0.018270	0.007879	0.012708	<b>0.01344/0...</b>	0.023608	-5.449	0.116	-0.801	10.000	5.509	2293	0.658
<b>Total Error</b>	<b>0.005297</b>	<b>0.004093</b>	<b>0.008817</b>		<b>0.011070</b>	<b>5.683</b>	<b>0.313</b>	<b>0.651</b>		<b>5.729</b>		

Figura 45: Avaliação dos erros, no processamento com todas as fotos

#### 4.3.1.5. Geração da nuvem densa de pontos 3D

Uma vez aceite a orientação externa passou-se para a extração da nuvem densa. Isso é feito no menu *Workflow/Build dense cloud*. Foi escolhida a opção *High*, que corresponde a uma densidade de um ponto por cada 2x2 pixels da imagem. A nuvem densa pode ser vista clicando no botão “*Dense cloud*”, figura 46.

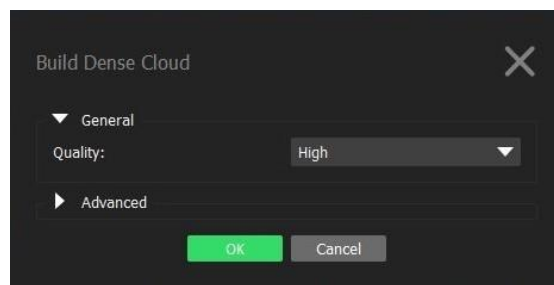


Figura 46: Configurações da nuvem densa

A conceção da nuvem densa de pontos é um passo essencial para a produção do Modelo Digital de Superfície (DSM) e do Ortomosaico, que é o produto sobre o qual irá ser feita a atualização cartográfica. As figuras 47 e 48 mostram a nuvem em duas formas: cor da imagem e cor relacionada com a altitude.



Figura 47: Nuvem densa de pontos

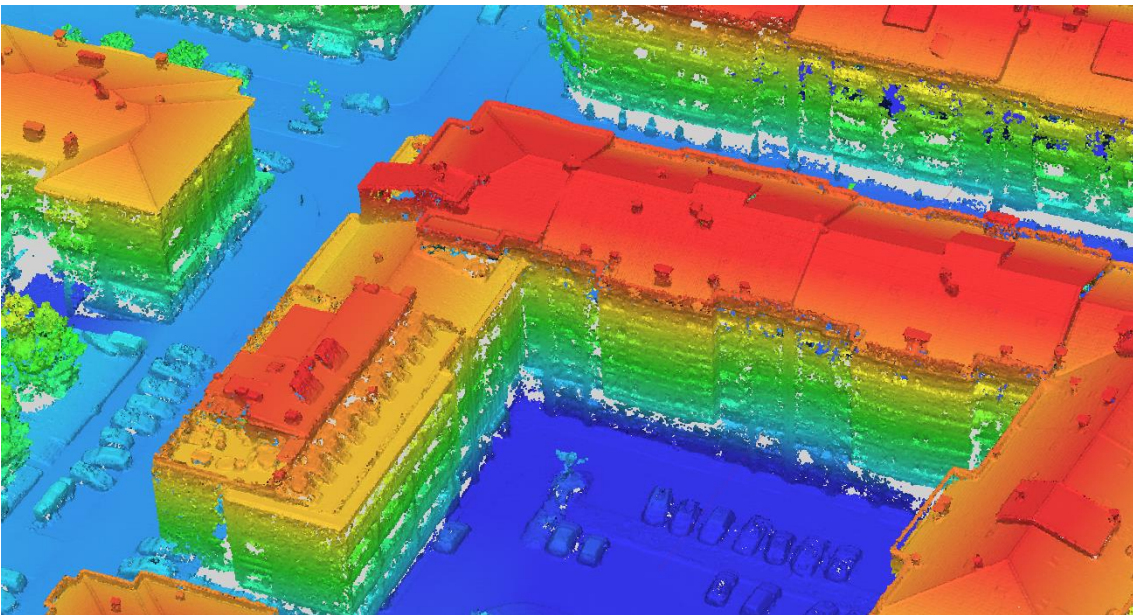


Figura 48: Nuvem densa de pontos com altitudes

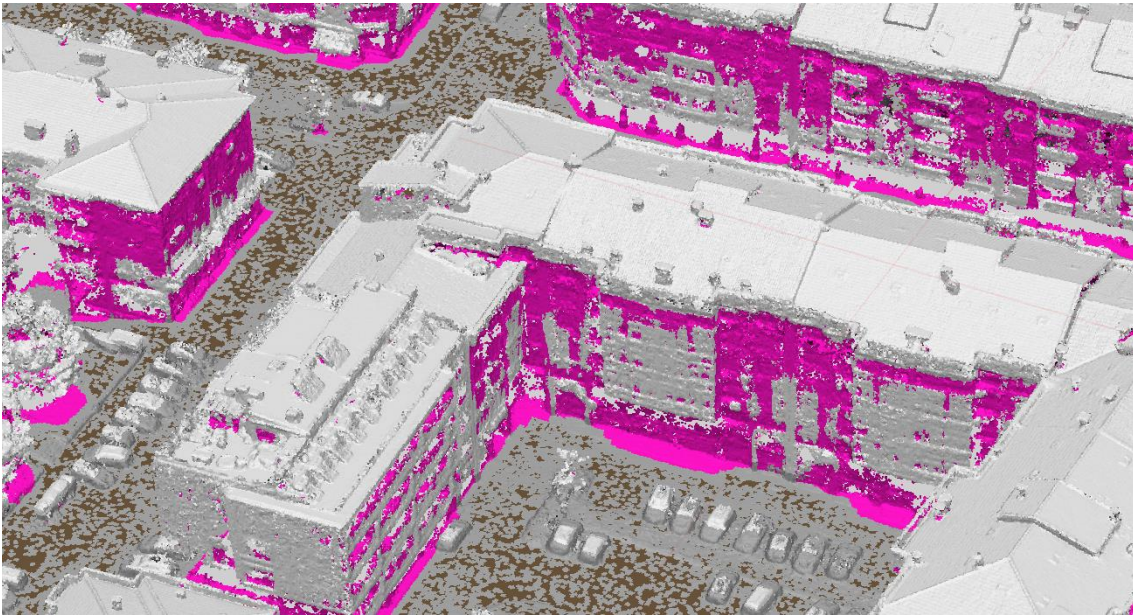
#### 4.3.1.6. Classificar pontos do terreno

Existem duas opções de classificação da nuvem de pontos densa, através da divisão automática de todos os pontos em duas classes, ou seja, pontos do terreno e demais pontos, ou a seleção manual de um grupo de pontos a serem colocados em uma determinada classe da lista padrão.

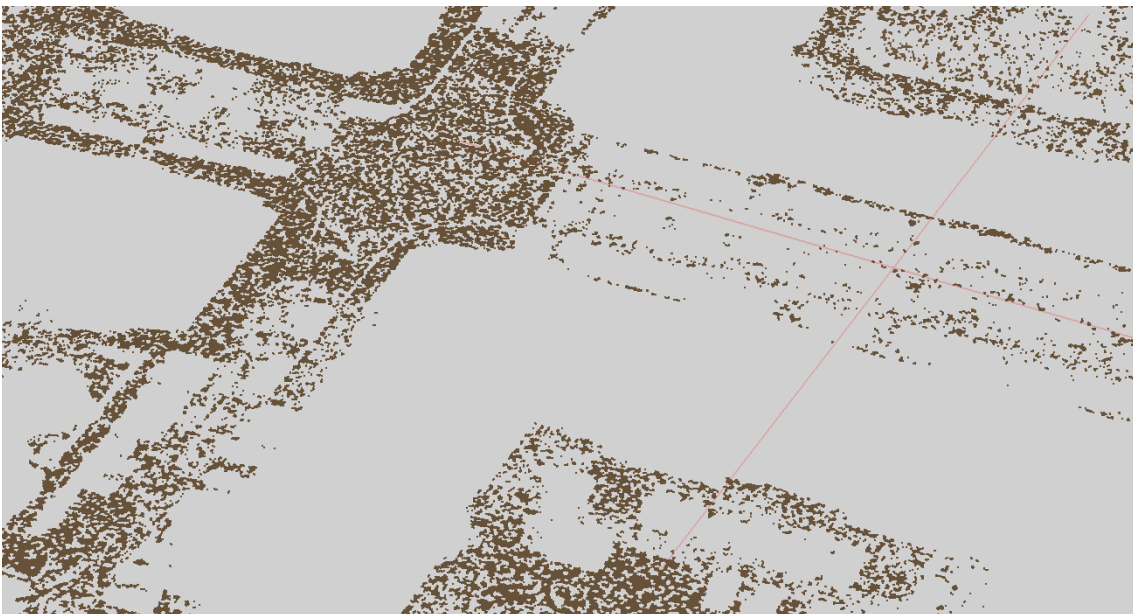
Esta classificação de pontos da nuvem densa abre um caminho para a personalização deste modelo, uma vez que é possível escolher que tipo de objetos são

aceitáveis reconstruir e indicar a classe de ponto correspondente como fonte de dados para a geração de um modelo tridimensional.

Por exemplo, se a superfície contínua do modelo tridimensional for baseada apenas em pontos terreno, é possível determinar o DTM, em vez do DSM que é baseado na nuvem de pontos densa completa. As figuras 49 e 50 mostram, respetivamente, os pontos todos classificados e os do terreno apenas.



*Figura 50: Classificação de “ground points” (a castanho), os restantes são os pontos não classificados (cinzento) e pontos considerados como ruído (rosa)*



*Figura 49: Apenas os “ground points” (a partir destes constrói-se o DTM)*

#### 4.3.1.7. Geração da rede de triângulos (Mesh)

A nuvem de pontos criada anteriormente pode ser transformada numa mesh, ou seja, numa superfície contínua formada por polígonos cujos vértices são os pontos da própria nuvem de pontos. É possível fazê-lo através do menu Workflow/Build Mesh, Considerando a nuvem de pontos como dado de origem, o tipo de superfície 3D e a qualidade elevada, figura 51.

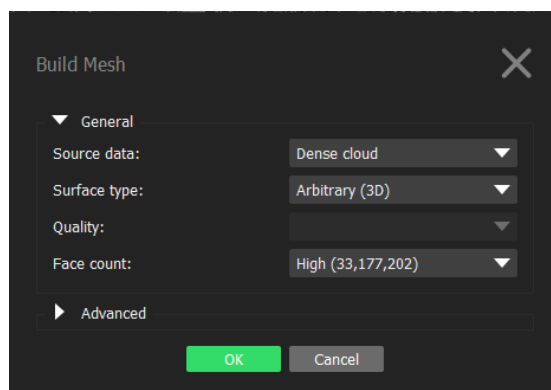


Figura 51: Configurações da Mesh

A superfície de triângulos representada poderia ser mais detalhada nas fachadas dos edifícios caso tivessem sido incluídas mais fotos oblíquas para além da única fiada de fotos oblíquas correspondentes à fiada de retorno ao local de partida do UAS, figura 52.

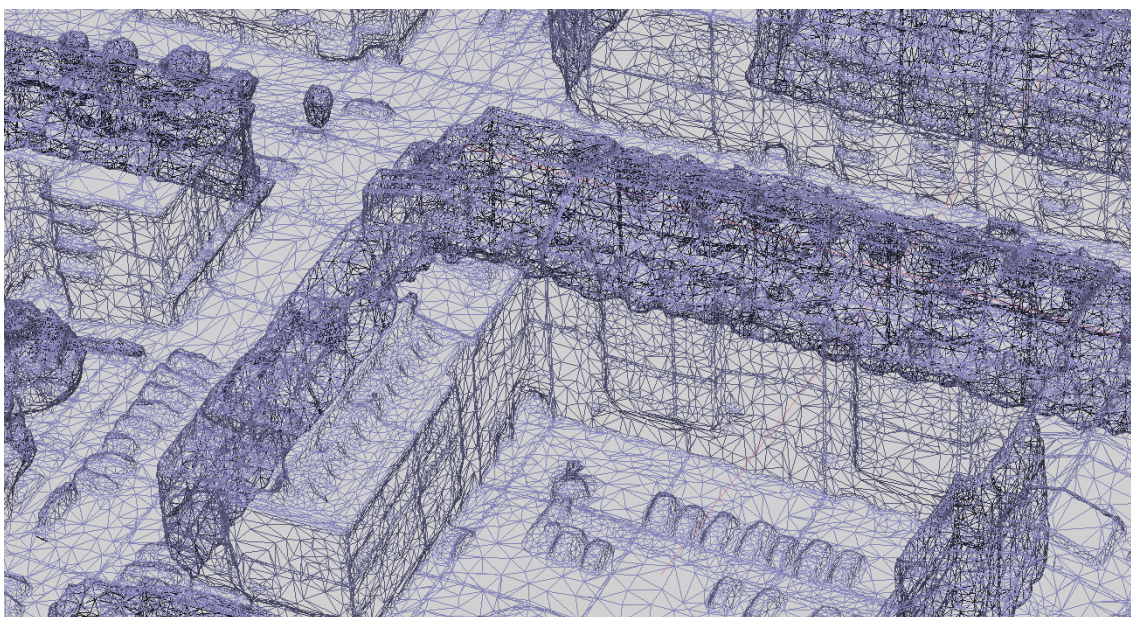


Figura 52: Mesh de triângulos

#### 4.3.1.8. Geração do modelo texturizado

Esta etapa não é realmente necessária no fluxo de trabalho de exportação da ortofoto, mas pode ser útil dispor desta mesh texturizada para melhor perceber o território. A texturização pode ser feita através do menu Workflow/Build Texture, definindo a ortofoto como modo de mapeamento, e desativando a opção da correção de cores. Esta opção apenas seria útil se o processamento contivesse dados com uma variação extrema de brilho, mas como não é o caso, é economizado tempo de processamento, figura 53.



*Figura 53: Modelo texturizado*

#### 4.3.1.9. Criação do DSM

Sabendo que um modelo digital de superfície (DSM) captura as características naturais e construídas/ artificiais do ambiente na superfície da Terra, incluindo a sua altura. Por exemplo, a altura dos edifícios, das copas de árvores, entre outros. Este fica definido pela nuvem de pontos completa criada anteriormente, que representa a altimetria do terreno e das suas estruturas.

Desta forma, manteve-se o sistema de coordenadas ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763), definiu-se a nuvem de pontos como sendo os dados de origem, ativou-se a interpolação e deixaram-se por defeito a resolução e o tamanho total do pixel, figura 54.



Figura 54: Representação do modelo digital de superfície (DSM), processado com todas as fotos

#### 4.3.1.10. Criação do DTM

O Modelo Digital do Terreno (DTM) consiste num modelo que representa o relevo da superfície do terreno, gerado com dados resultantes de diversos tipos de informação geográfica tridimensional, com especial destaque para dados altimétricos e hidrográficos.

O DTM na forma raster consiste numa grelha de células com a elevação do terreno, ou seja, não considerando outros objetos como as edificações. Pode também ser denominado por Modelo Digital de Elevação (DEM).

Para a criação da DEM usamos a função Workflow/Build DEM. Manteve-se o sistema de coordenadas ETRS89 e as restantes opções. Criou-se um DEM só com os “ground points” da nuvem classificada anteriormente, ou seja, conceitualmente um DTM e não um DSM, que era o DEM anterior (figura 55).

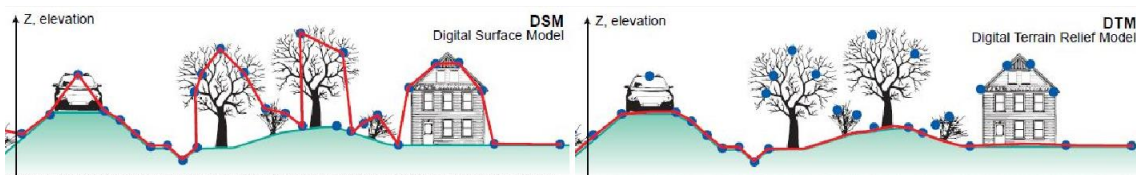


Figura 55: Diferenças entre o DTM e o DSM, obtido de: <https://www.cdema.org/virtuallibrary/index.php/charim-hbook/data-management-book/3-base-data-collection/3-2-digital-elevation-models>

Diferentemente do DSM, este é utilizado para geração de curvas de nível e ortofotos, uma vez que se limitam apenas ao terreno. No final exporta-se os conjuntos de dados gerados, no formato Geotiff, através da função File Export, para se conseguir utilizar em programas de tratamento de informação geográfica, como o ArcGIS ou o QGIS.

File/Export DEM, formato TIFF – É criado um ficheiro raster Geotiff, do tipo Float32 (números reais de 4 bytes, precisão simples). Foi escolhida a projeção EPSG:3763 e manteve-se os limites e resolução propostos. Foi mantida também o “Nodata value” (isto é o valor para os pixéis sem altitude extraída).

A figura 56 mostra o DTM com cores associadas à altitude e sombreamento do relevo.

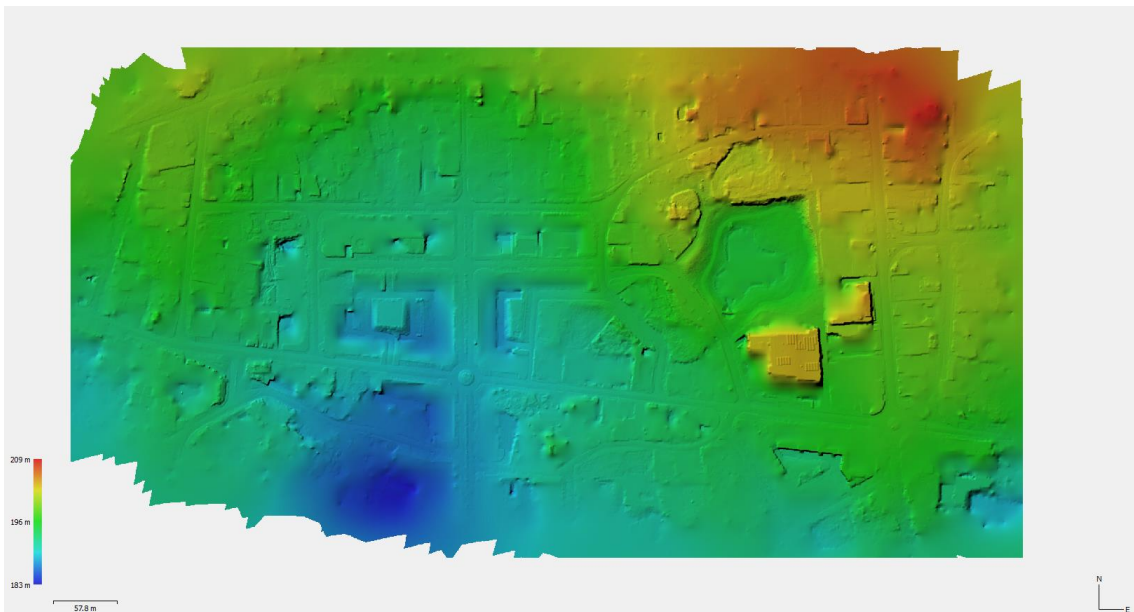


Figura 56: Representação do Modelo Digital do Terreno (DTM), processado com todas as fotos

#### 4.3.1.11. Criação do ortomosaico

A ortorretificação é o processo que conduz à transformação da imagem original numa imagem georreferenciada, designada por ortofotografia, também conhecida como ortofoto ou ortoimagem, semelhante à que resultaria de uma perspetiva paralela do terreno, segundo uma direção vertical (figura 57). A ortofoto apresenta uma escala constante e possibilita o uso métrico da informação de modo semelhante a uma planta topográfica baseada numa projeção cartográfica conforme. (João Casaca, 2000)

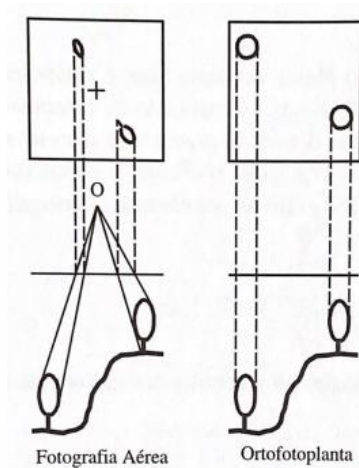


Figura 57: A ortorretificação, obtido de (João Casaca, 2000)

O ortomosaico é uma imagem combinada criada pela fusão contínua das imagens originais projetadas na superfície do objeto e transformadas na projeção selecionada, onde cada imagem é corrigida de todas as suas distorções (relevo e inclinação) e torna-se georreferenciada.

Resumindo, são ortorretificadas, corrigindo as suas distorções geométricas e georreferenciadas, onde são associadas a um sistema de coordenadas geográficas. O modelo poligonal (Mesh) ou um modelo digital de elevação (DEM) podem ser selecionados como a superfície onde as imagens serão projetadas.

Caso as condições de iluminação mudassem significativamente durante a aquisição fotogramétrica, que não foi o caso, seria recomendado usar a opção *Calibrate Colors* no menu *Tools* antes do procedimento de construir o ortomosaico. Esta opção ajuda a uniformizar o brilho e o equilíbrio de branco nas imagens do conjunto de dados.

No final é novamente exportado o conjunto de dados gerado através do menu *File/Export Orthomosaic*, no formato TIFF, e é criado um ficheiro Geotiff, que tem a informação de georreferenciação no cabeçalho e abre diretamente no QGIS ou no ArcGIS. Manteve-se a resolução e os limites propostos.

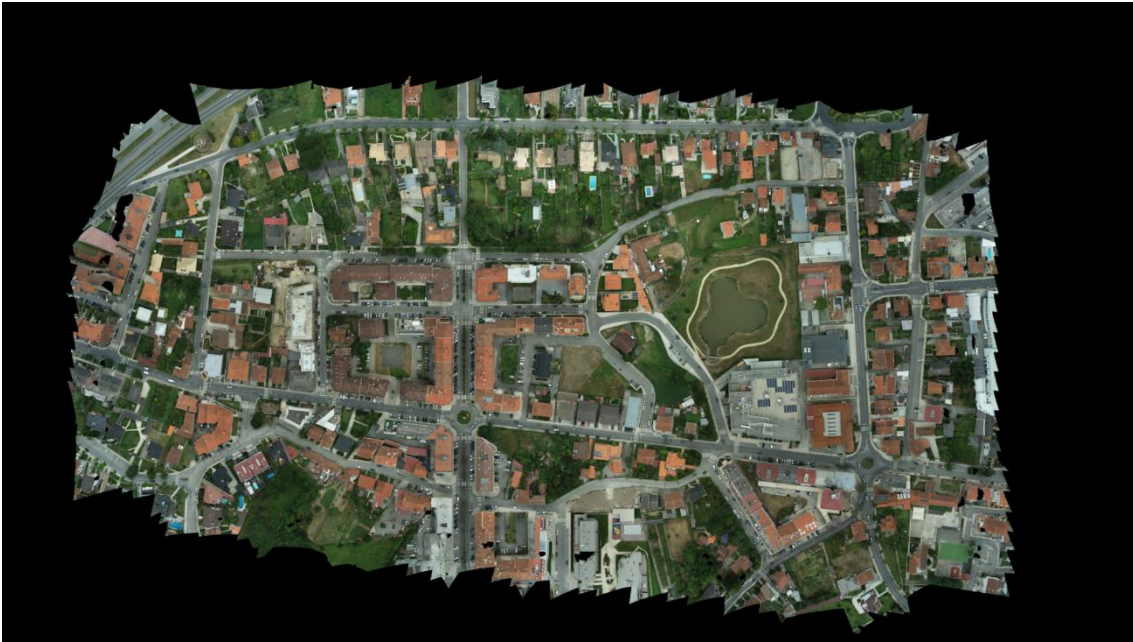


Figura 58: Representação da ortofoto, processada com todas as fotos

### 4.3.2. Processamento sem as imagens oblíquas

De seguida, tal como foi mencionado, repetiu-se todo o processamento no Agisoft, descrito anteriormente, mas desta vez sem as fotos da fiada oblíqua, com o objetivo de posteriormente ser avaliado o seu rigor altimétrico.

Foi criado um projeto com extensão PSX (Tese\_SemOblíquas.psx) e carregadas as respetivas imagens (um total de 350 fotos). Posteriormente, foi realizada a orientação automática do bloco ("Image Alignment"), a otimização dos parâmetros de orientação interna da câmara (figura 59).

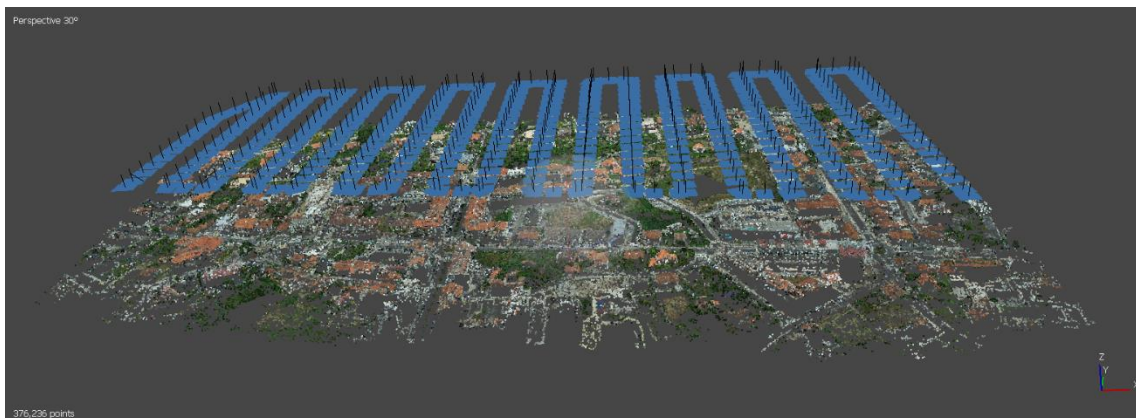


Figura 59: Nuvem de pontos, processada sem as fotos oblíquas

Avaliou-se também os erros pelo mesmo processo e obtiveram-se:  $RMSE_x=0.4$  cm;  $RMSE_y=0.4$  cm;  $RMSE_z=0.7$ cm (figura 60).

Cameras	Long. err (m)	Lat. err (m)	Alt. err (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Yaw err (°)	Pitch err	Roll err (°)	Accuracy (°)	Error (°)	Projection:	Error (pix)
✓ 100_00...	0.006351	0.001441	-0.011417	0.01371/0.0...	0.013144	-5.897	-0.013	-0.265	10.000	5.903	3909	0.494
✓ 100_00...	0.007799	0.002332	-0.002971	0.01396/0.0...	0.008666	-5.625	-0.130	-0.378	10.000	5.640	3838	0.465
✓ 100_00...	0.004204	0.004523	-0.003519	0.01377/0.0...	0.007108	-5.527	-0.202	-0.512	10.000	5.554	3740	0.442
✓ 100_00...	0.005629	-0.002116	-0.003410	0.01788/0.0...	0.006914	-5.448	-0.275	-0.656	10.000	5.494	3588	0.449
✓ 100_00...	0.004872	0.003076	-0.005487	0.01375/0.0...	0.007956	-5.283	-0.211	-0.722	10.000	5.336	3540	0.458
✓ 100_00...	0.003236	0.001508	0.000269	0.01344/0.0...	0.003580	-5.237	-0.333	-0.820	10.000	5.311	3879	0.460
✓ 100_00...	0.002565	0.003369	-0.003928	0.01375/0.0...	0.005776	-5.215	-0.362	-0.892	10.000	5.304	3775	0.448
✓ 100_00...	-0.001535	0.005341	0.005810	0.0135/0.01...	0.008040	-4.994	-0.286	-0.953	10.000	5.092	3573	0.448
✓ 100_00...	0.000582	0.003878	0.015799	0.0143/0.01...	0.016278	-4.988	-0.384	-0.997	10.000	5.101	3591	0.432
✓ 100_00...	0.003813	-0.005215	0.006101	0.015/0.013...	0.008886	-4.905	-0.309	-1.117	10.000	5.040	3439	0.446
<b>Total Error</b>	<b>0.005314</b>	<b>0.004563</b>	<b>0.009197</b>		<b>0.011561</b>							

Figura 60: Avaliação dos erros, no processamento sem fotos oblíquas

Consecutivamente, após a aceite a orientação externa procedeu-se à geração da nuvem de pontos e à sua classificação através do método automático, descrito anteriormente.

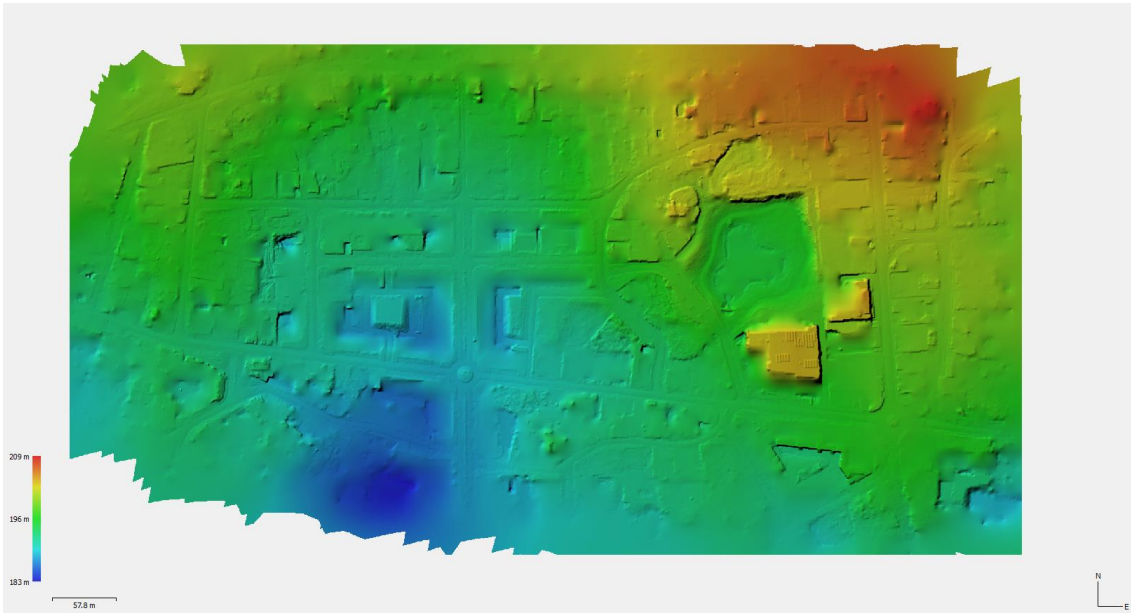
Prosseguiu-se com o mesmo método, gerando a rede de triângulos (a Mesh) e a sua texturização, para finalmente criar o DTM, através da Mesh classificada e o DSM, sobre a nuvem de pontos densa completa.

Equivalentemente, foi criado o ortomosaico, mas sem as fotos oblíquas, sendo estas corrigidas quanto às suas distorções geométricas e georreferenciadas.

Por fim, foram extraídos os produtos: DSM, DTM e Ortofoto, para posteriores avaliações (figuras 61, 62 e 63).



Figura 61: Representação do modelo digital de superfície (DSM), processado sem as fotos oblíquas



*Figura 63: Representação do Modelo Digital do Terreno (DTM), processado sem as fotos oblíquas*



*Figura 62: apresentação da ortofoto, processada sem as fotos oblíquas*

Uma vez que os processamentos foram feitos com as coordenadas do drone obtidas por RTK, com a altitude referente ao elipsoide, os modelos digitais de elevação (DEM), dos dois processamentos, também estão com cotas acima do elipsoide.

Para efeito de todo o trabalho posterior interessa-nos corrigi-las para altitudes ortométricas nacionais. Para isso obteve-se o valor de ondulação do geóide nos quatro cantos da região de trabalho, utilizando o site <https://yapinhal.pt/ProjGridTransform/>, que faz uso do modelo de geóide da DGT (figura 64).

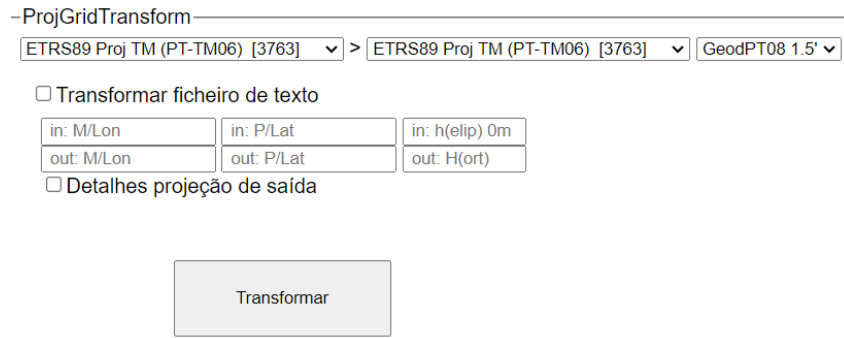


Figura 64: Site utilizado para determinar o valor da ondulação do geóide

Concluiu-se que o valor é praticamente constante (diferenças inferiores a 1 cm), pelo que se usou a média dos 4 pontos das extremidades: 55.09 m.

Para a transformação, fez-se a subtração deste valor aos modelos de elevação do processamento de todas as fotos e sem as fotos oblíquas, na ferramenta Raster Calculator do programa de SIG escolhido, o QGIS (figuras 65 e 66).

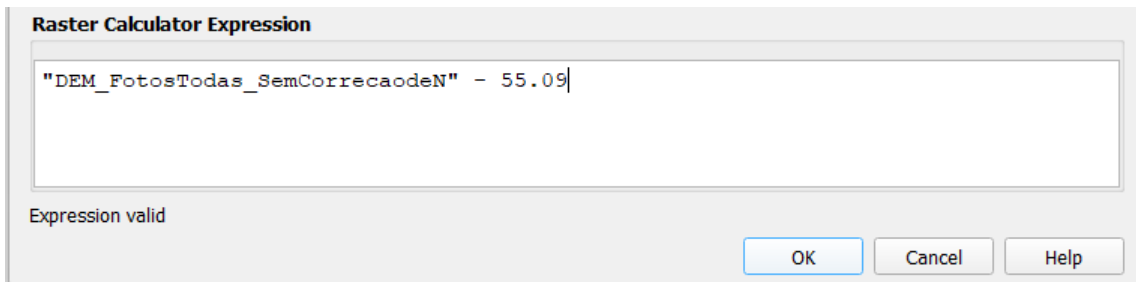


Figura 66: Determinação do DEM (do primeiro processamento) com as altitudes ortométricas nacionais

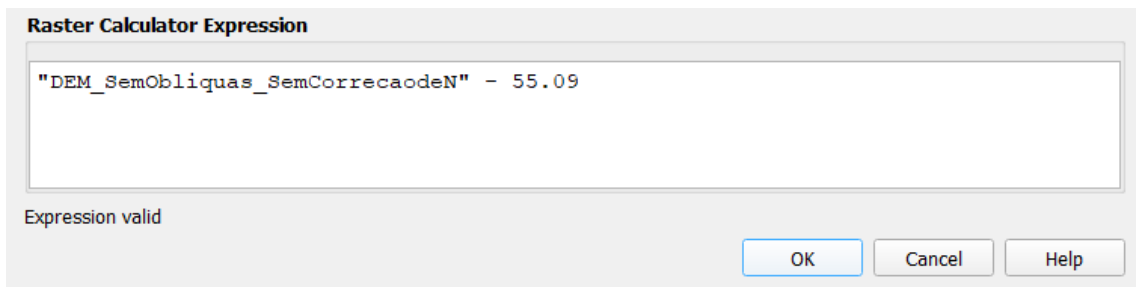


Figura 65: Determinação do DEM (do segundo processamento) com as altitudes ortométricas nacionais

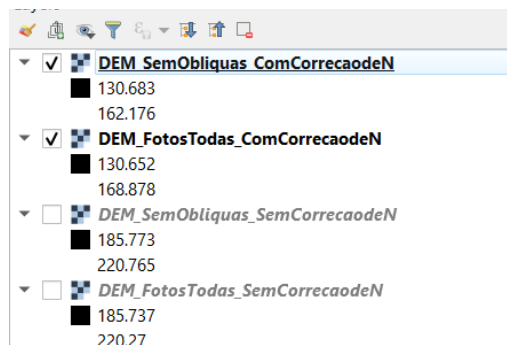


Figura 67: Resultado das Layers obtidas

# Capítulo V

## 5. Componente prática do levantamento topográfico tradicional

Com o objetivo de posterior comparação ao método de levantamento topográfico por aquisição fotogramétrica, a mesma área de estudo, com 217600 m<sup>2</sup>, foi levantada recorrendo aos métodos tradicionais.

O levantamento foi feito com o equipamento GNSS já referidos atrás (recetor RTK Leica), o método mais utilizado, e através do método clássico com estação total (figura 68), quando não era possível a utilização do recetor GNSS.

### 5.1. Equipamento utilizado

Para a realização deste levantamento topográfico com estação total e GPS, no âmbito profissional, foram utilizados os equipamentos da câmara municipal, assim como foram cumpridas todas as suas regras de segurança, para a precisão e eficiência do processo.

Desta forma, foram utilizados:

- Estação total robótica Leica TS16;
- Respetivo tripé da estação total (com nivelas esféricas);
- Prisma para medições de distâncias e ângulos;
- Respetivo bastão (com nivelas esféricas) de medição para direcionar a estação total;
- controladora CS20;
- Bateria recarregável e carregador para a estação total;
- Fita métrica;
- Pregos de estação, estacas, martelo, bisnagas de tinta ou spray;

- Rover Leica GS18T GNSS RTK;
- Respetivo bastão do GPS (com nivelas esféricas);
- Bateria recarregável e carregador para o recetor GPS;
- Colete de alta visibilidade;
- Botas resistentes à água e ao terreno.



Figura 68: Fotos do levantamento de campo

## 5.2. Planeamento e aquisição topográfica tradicional

Inicialmente, em gabinete é planeada a área, da área total, que se vai levantar para o referente dia, uma vez que não é possível levantar tamanha área de uma só vez.

Através do Google Earth, programa de computador e serviço online, é possível visualizar a área de interesse e ter uma perceção antecipada do que se poderá encontrar no terreno. Apesar de nem sempre corresponder à realidade, pois pode estar desatualizado, é muito útil para definir o método a utilizar (GPS ou Estação Total) e desta forma levar para o terreno o equipamento necessário, através da observação de por exemplo vegetação densa ou edificações altas. Este é um procedimento importante, uma vez que os equipamentos podem estar a fazer falta aos restantes colegas de equipa.

É importante referir que o início do levantamento tem sempre de depender do GPS, uma vez que o método clássico com a estação total, é suportado por este. Ou seja, para usar a estação total recorre-se primeiro à determinação de coordenadas de dois pontos de apoio pelo GPS, independentemente de estes estarem sobre a área de interesse ou se tem de estar mais deslocados para uma boa cobertura do sinal.

O método utilizado pelo município é o levantamento por irradiação, onde após a obtenção dos pontos de apoio, é possível estacionar num desses vértices e a partir daí visar todos os pontos de pormenor necessários para o levantamento.

Nos locais onde não existia sinal de GPS, ou era fraco, e a área não era visível com apenas uma estação, recorreu-se ao levantamento com várias estações, calculadas a partir das anteriores (construção de uma poligonal), podendo a orientação ser conseguida por visadas mútuas entre estações.

O Rover Leica GS18T GNSS RTK foi conectado à estação GPS/GNSS, de observação contínua da ReNEP, EDVD, de São João da Madeira, através da porta 2101, para determinar um posicionamento em tempo-real, utilizando a técnica RTK no sistema de coordenadas ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763).

Este levantamento, como já foi mencionado, foi pedido para um projeto de acessibilidades da Divisão de Mobilidade e Transportes e como tal, requer muito rigor, sendo necessário levantar todos os objetos representados no terreno com uma dimensão superior a 10cm, correspondendo a uma escala de 1/500.

Este rigor será o mesmo que se terá em conta para avaliar o levantamento fotogramétrico, uma vez que este estudo consiste na utilização de drones para elaboração de cartografia, como o caso de estudo pedido.

Tanto no levantamento com o GPS, como na estação total, as coordenadas dos pontos são levantadas juntamente com códigos de apoio definidas pelo utilizador, para mais fácil interpretação tanto em campo, como posteriormente em gabinete.

Atualmente, já é possível a utilização de códigos “field to finish” (do campo ao gabinete), que para além da descrição do ponto para uma maior facilidade de desenho, esta opção já permite, através de uma tabela de códigos pré-definida, dar informações sobre as características do desenho, como iniciar e fechar linhas, iniciar e fechar curvas, desenhar círculos, quadrados, inserir blocos, entre outros. Desta forma, é criado um ficheiro de texto que quando é importado no software CAD procede à importação não só dos pontos, mas também já faz o desenho automático dos códigos utilizados. Apesar de ser uma opção um pouco mais demorada no campo (requer prática do utilizador), requer pouco tempo no desenho em gabinete.

Este método foi utilizado noutros levantamentos topográficos deste estágio, a

pedido do município, mas não utilizados neste projeto, havendo por isso uma boa experiência. O resultado obtido das diversas idas ao campo, para este levantamento topográfico consistiu num ficheiro de texto apenas com a identificação do ponto (ID), das suas coordenadas (X, Y, Z) e da descrição, separados por vírgulas (figura 69).

```

SantaMariadaFeira_Centro.txt
Ficheiro Editar Ver
RSS0207,-34984.642,139970.353,150.05800,SAR
RSS0208,-34984.629,139970.729,150.08600,SAR
RSS0209,-34983.991,139970.740,150.09200,SAR
RSS0210,-34987.965,139970.010,150.06200,M
RSS0211,-34987.975,139970.299,150.08600,M
RSS0212,-34986.527,139970.284,150.12300,ME
RSS0213,-34985.284,139970.294,150.11100,ME
RSS0214,-34984.509,139970.283,150.03400,ME
RSS0215,-34984.007,139970.275,150.02400,ML
RSS0216,-34983.709,139970.508,150.09800,PI
RSS0217,-34982.731,139970.485,150.11900,PTEL
RSS0218,-34980.828,139976.232,150.28800,ME
RSS0219,-34976.302,139976.228,150.25400,M.VED
RSS0220,-34969.277,139976.129,150.35500,M.VED
RSS0221,-34968.901,139976.120,150.36600,ME
RSS0222,-34967.934,139976.108,150.34400,ME
RSS0223,-34968.469,139970.172,150.23000,M
RSS0224,-34967.466,139975.407,150.31800,IF
RSS0225,-34967.490,139975.723,150.34400,IF
RSS0226,-34967.164,139975.721,150.33000,IF
RSS0227,-34955.665,139970.334,150.31300,PTEL
RSS0229,-34952.367,139976.120,150.40000,
RSS230,-34952.367,139976.108,150.40000,M
RSS0231,-34950.833,139976.359,150.44800,M
RSS0239,-34952.322,139970.155,150.26700,M
RSS0242,-34950.584,139973.167,150.37100,GAS.0.1
Ln 7840, Col 1 100% Windows (CRLF) UTF-8

```

Figura 69: ficheiro de texto, obtido através da união dos diversos ficheiros de texto de todos os pontos do levantamento topográfico (total de 7840 pontos)

Como é possível observar na figura, para a área em questão foram levantados um total de 7840 pontos topográficos, com os quais posteriormente se procedeu ao desenho.

### 5.3. Processamento do levantamento com GPS e estação total

Uma vez terminado o trabalho de campo, chegou o procedimento de dar origem a representações em desenho CAD. Para tal foi utilizado o software Carlson, já caracterizado anteriormente.

Começou-se por criar um projeto DWG, com o Template já pré-definido e usado pela Divisão de Topografia e Informação Geográfica. O projeto foi denominado por LevTop\_SantaMariaFeira\_Tese.dwg, e encontrava-se nas coordenadas ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763), como se observa na figura 70.

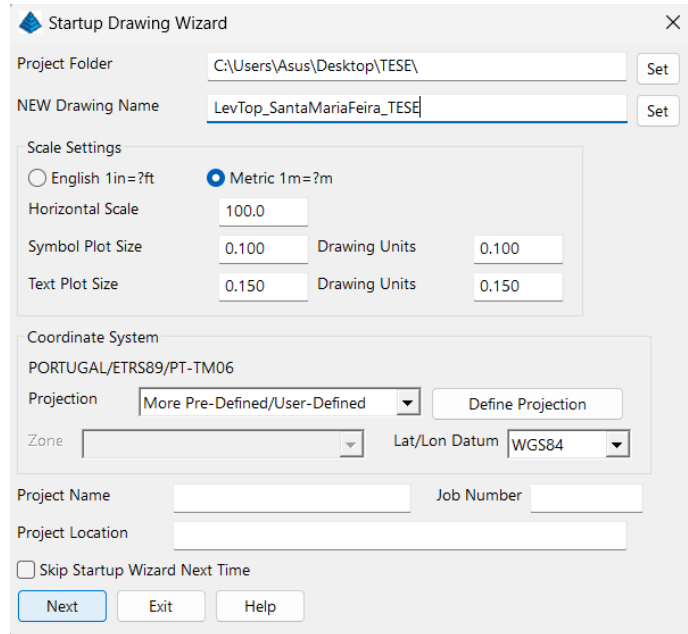


Figura 70: Criação do dwg para desenho do levantamento topográfico

Posteriormente foi criado o ficheiro de coordenadas associado ao projeto que foi denominado por LevTop\_SantaMariaFeira\_Tese.crd e importado o ficheiro de texto dos pontos obtidos em trabalho de campo (figura 71).

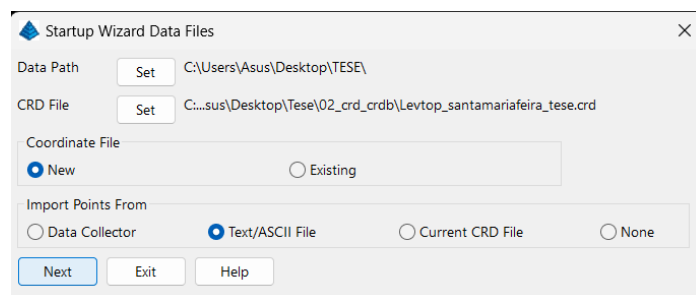


Figura 71: Criação do ficheiro de coordenadas .crd

O seguinte passo consistiu na importação e desenho dos pontos do ficheiro de texto para esse ficheiro de coordenadas (figura 72).



Figura 72: Leitura dos pontos no dwg

Importados os pontos, obteve-se o seguinte resultado (figura 73):

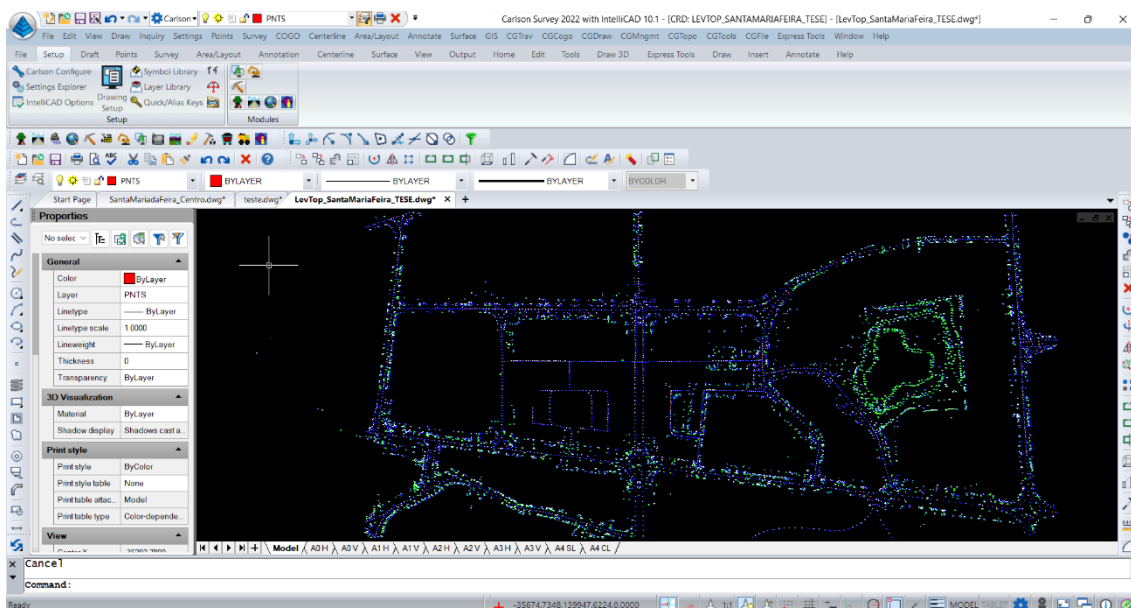


Figura 73: Desenho dos pontos obtidos através do levantamento de campo

Posteriormente, procedeu-se ao desenho das entidades levantadas, usando as Layers pré-definidas pelo município, visíveis nos anexos, obtendo-se o seguinte resultado (figura 74):

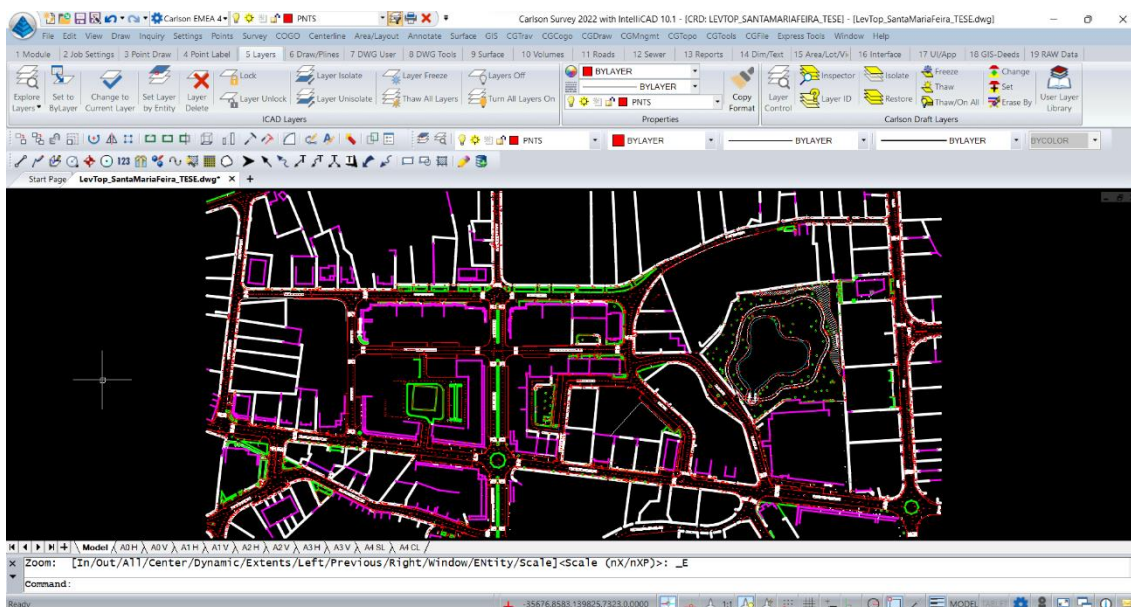


Figura 74: Visualização do levantamento topográfico no software Carlson

Por fim, o levantamento foi inserido no Mirante, para partilha via intranet.

# Capítulo VI

## 6. Qualidade dos dados obtidos no processamento do levantamento com AUS

### 6.1. Controlo da exatidão posicional absoluta

Como já foi referido anteriormente, procedeu-se ao levantamento de 26 pontos de controlo no terreno com GNSS, ligados à mesma estação EDVD (visíveis na tabela dos anexos). Estes são cruciais para o controlo da qualidade posicional, uma vez que as suas coordenadas vão ser comparadas às coordenadas obtidas através do levantamento fotogramétrico. Serão avaliados os produtos obtidos tanto no processamento com todas as fotos, como no processamento sem incluir as fotos da fiada oblíqua.

Para tal, serão avaliados os erros planimétricos sobre as ortofotos criadas (com e sem as fotos oblíquas) e os erros altimétricos sobre o DEM (com e sem as fotos oblíquas).

Desta forma, através do sistema de informação geográfica escolhido, o QGIS, começou-se por importar a ortofoto e o DEM, já corrigido em relação à ondulação do geoide, assim como a Shapefile dos 26 pontos de controlo, obtidos por GNSS.

Foi necessário criar, uma nova Shapefile, de pontos (PontosApoio\_DSMeOrto\_FotosTodas.shp), e desenhar os mesmos pontos levantados pelo método clássico, mas desta vez observados através da ortofoto. A figura 75 mostra exemplos dos pontos utilizados.



Figura 75: Exemplos de pontos de verificação obtidos através do levantamento topográfico (a vermelho) e através da ortofoto (a laranja)

De seguida, extraíram-se as coordenadas (X,Y) dos pontos criados, através do comando “Add X/Y fields to layer”, que adiciona campos X e Y (ou latitude/longitude) a à camada de pontos no sistema de referência de coordenadas ETRS89 / Portugal TM06 (EPSG::3763).

Por fim, é necessário obter os valores da cota, que devem ser extraídos através do DSM. Para tal, foi necessário instalar o Plugin Point Sampling Tool, criado para realizar amostragens de valores numa camada raster (DSM) com base em pontos de uma camada vetorial (Shapefile). A sua principal função é extrair os valores dos pixels do raster que correspondem às localizações dos pontos na camada vetorial.



*Figura 76: Criação da Shapefile dos pontos de apoio com as coordenadas (X, Y) da ortofoto (processada com todas as fotos) e cotas (Z) do DSM (processado com todas as fotos)*

O mesmo procedimento foi repetido, mas desta vez sobre os produtos obtidos do processamento sem as fotos oblíquas (DSM e Orto).

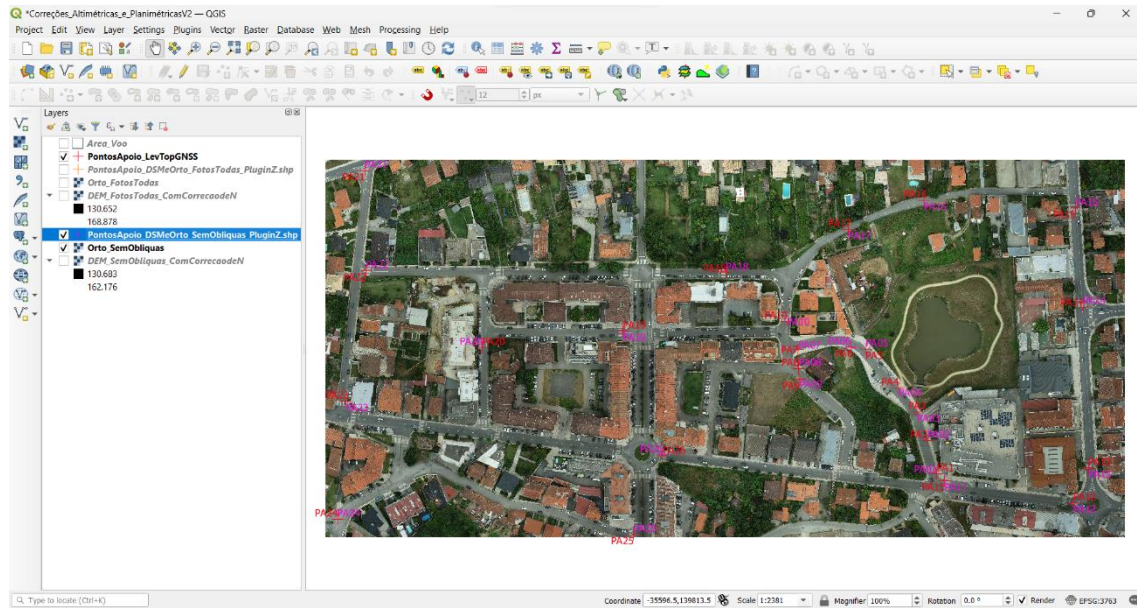


Figura 77: Criação da Shapefile dos pontos de apoio com as coordenadas (X, Y) da ortofoto (processada sem as fotos oblíquas) e cotas (Z) do DSM (processado sem as fotos oblíquas)

### 6.1.1. Controlo da exatidão posicional planimétrica

A exatidão posicional é avaliada através do erro médio quadrático (EMQ), que consiste numa medida estatística para a medição da qualidade das observações, para o caso planimétrico do primeiro processamento obtivemos os seguintes erros (tabela 3):

Tabela 3: Controlo da exatidão posicional planimétrica - Processamento com todas as fotos

Pontos de Apoio	X (m) - GPS	Y (m) - GPS	X (m) - Orto (Corrigido ao elipsoide)	Y (m) - Orto (Corrigido ao elipsoide)	Erro de X (m) - dos valores do GPS e da Orto (Corrigido ao elipsoide)	Erro de Y (m) - dos valores do GPS e da Orto (Corrigido ao elipsoide)
P1	-35059,974	139733,461	-35059,925	139733,476	0,049	0,015
P2	-35067,883	139761,779	-35067,816	139761,766	0,067	-0,013
P3	-35076,622	139786,209	-35076,575	139786,232	0,047	0,023
P4	-35092,351	139806,476	-35092,299	139806,474	0,052	-0,002
P5	-35120,391	139839,474	-35120,355	139839,478	0,036	0,004
P6	-35133,327	139841,234	-35133,272	139841,260	0,055	0,026
P7	-35177,859	139839,062	-35177,808	139839,098	0,051	0,036
P8	-35177,418	139822,977	-35177,368	139822,985	0,050	0,008
P9	-35176,686	139813,918	-35176,667	139813,937	0,019	0,019
P10	-35187,389	139863,014	-35187,374	139862,999	0,015	-0,015
P11	-35053,316	139727,690	-35053,270	139727,686	0,046	-0,004
P12	-34943,566	139708,826	-34943,506	139708,807	0,060	-0,019
P13	-34930,814	139738,494	-34930,774	139738,503	0,040	0,009
P14	-34935,088	139875,457	-34935,062	139875,467	0,026	0,010
P15	-34941,642	139959,339	-34941,590	139959,367	0,052	0,028
P16	-35070,891	139966,159	-35070,896	139966,133	-0,005	-0,026
P17	-35135,423	139941,259	-35135,410	139941,278	0,013	0,019
P18	-35239,578	139904,402	-35239,525	139904,401	0,053	-0,001
P19	-35327,020	139854,865	-35326,981	139854,830	0,039	-0,035
P20	-35446,876	139840,912	-35446,823	139840,889	0,053	-0,023
P21	-35546,961	139991,307	-35546,936	139991,300	0,025	-0,007
P22	-35545,922	139906,088	-35545,900	139906,100	0,022	0,012
P23	-35563,253	139795,179	-35563,256	139795,193	-0,003	0,014
P24	-35570,266	139694,972	-35570,252	139694,943	0,014	-0,029
P25	-35318,133	139681,908	-35318,078	139681,883	0,055	-0,025
P26	-35293,220	139749,533	-35293,204	139749,574	0,016	0,041

Relativamente aos dados do segundo processamento os erros constam da tabela 4:

Tabela 4: Controlo da exatidão posicional planimétrica - Processamento sem as fotos oblíquas

Pontos de Apoio	X (m) - GPS	Y (m) - GPS	X (m) - Orto (Corrigido ao elipsoide)	Y (m) - Orto (Corrigido ao elipsoide)	Erro de X (m) - dos valores do GPS e da Orto (Corrigido ao elipsoide)	Erro de Y (m) - dos valores do GPS e do DSM (Corrigido ao elipsoide)
P1	-35059,974	139733,461	-35060,004	139733,485	-0,030	0,024
P2	-35067,883	139761,779	-35067,814	139761,758	0,069	-0,021
P3	-35076,622	139786,209	-35076,547	139786,202	0,075	-0,007
P4	-35092,351	139806,476	-35092,314	139806,469	0,037	-0,007
P5	-35120,391	139839,474	-35120,405	139839,478	-0,014	0,004
P6	-35133,327	139841,234	-35133,283	139841,260	0,044	0,026
P7	-35177,859	139839,062	-35177,823	139839,100	0,036	0,038
P8	-35177,418	139822,977	-35177,383	139822,982	0,035	0,005
P9	-35176,686	139813,918	-35176,675	139813,928	0,011	0,010
P10	-35187,389	139863,014	-35187,372	139862,983	0,017	-0,031
P11	-35053,316	139727,690	-35053,277	139727,673	0,039	-0,017
P12	-34943,566	139708,826	-34943,532	139708,806	0,034	-0,020
P13	-34930,814	139738,494	-34930,791	139738,492	0,023	-0,002
P14	-34935,088	139875,457	-34935,084	139875,479	0,004	0,022
P15	-34941,642	139959,339	-34941,608	139959,346	0,034	0,007
P16	-35070,891	139966,159	-35070,888	139966,148	0,003	-0,011
P17	-35135,423	139941,259	-35135,399	139941,197	0,024	-0,062
P18	-35239,578	139904,402	-35239,500	139904,408	0,078	0,006
P19	-35327,020	139854,865	-35327,003	139854,836	0,017	-0,029
P20	-35446,876	139840,912	-35446,899	139840,933	-0,023	0,021
P21	-35546,961	139991,307	-35546,950	139991,326	0,011	0,019
P22	-35545,922	139906,088	-35545,906	139906,115	0,016	0,027
P23	-35563,253	139795,179	-35563,244	139795,164	0,009	-0,015
P24	-35570,266	139694,972	-35570,263	139694,948	0,003	-0,024
P25	-35318,133	139681,908	-35318,003	139681,956	0,130	0,048
P26	-35293,220	139749,533	-35293,334	139749,556	-0,114	0,023

Foi então efetuado, para os dois casos, o cálculo da média quadrática de X, de Y e a norma planimétrica, assim como, a média e o desvio padrão dos erros de X e Y (tabela 5). Todas as distâncias são métricas:

Tabela 5: Cálculo da norma do erro planimétrico, média e desvio padrão para os diferentes processamentos

Erros Planimétricos	Processamento com todas as fotos				Processamento sem as fotos oblíquas			
	$RMS = \sqrt{\frac{\sum e_i^2}{n}}$	Média Quadrática - RMS do Erro de X (m) - dos valores do GPS e do DSM	0,041	Norma do Erro planimétrico - dos valores do GPS e do DSM	0,046	Média Quadrática - RMS do Erro de X (m) - dos valores do GPS e do DSM	0,048	Norma do Erro planimétrico - dos valores do GPS e do DSM
	Média Quadrática - RMS do Erro de Y (m) - dos valores do GPS e do DSM	0,021	Média Quadrática - RMS do Erro de Y (m) - dos valores do GPS e do DSM			0,025		
$\mu = \frac{\sum e_i}{n}$	Média do Erro de X (m) - dos valores do GPS e do DSM	0,036	Média do Erro de Y (m) - dos valores do GPS e do DSM	0,002	Média do Erro de X (m) - dos valores do GPS e do DSM	0,022	Média do Erro de Y (m) - dos valores do GPS e do DSM	0,001
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (e_i - \mu)^2}{n - 1}}$	Desvio Padrão do Erro de X (m) - dos valores do GPS e do DSM	0,020	Desvio Padrão do Erro de Y (m) - dos valores do GPS e do DSM	0,021	Desvio Padrão do Erro de X (m) - dos valores do GPS e do DSM	0,044	Desvio Padrão do Erro de Y (m) - dos valores do GPS e do DSM	0,025

Desta forma, foi possível concluir que RMS cumpre os requisitos para a escala 1/500, tendo um erro de 0,05m, ou seja, 5cm corresponde a um erro de 0,1mm, na carta. O processamento fotogramétrico com a fiada de fotos oblíquas não provocou grandes alterações no rigor planimétrico. É possível observar os gráficos dos erros dos dois processamentos nos anexos.

### 6.1.2. Controlo da exatidão posicional altimétrica

De forma semelhante ao processo de controlo da exatidão posicional planimétrica, mencionado anteriormente procedeu-se agora ao controlo da qualidade altimétrica, através da avaliação dos valores da cota obtidos do DSM em relação aos valores adquiridos por GNSS.

Primeiramente, este controlo foi realizado para o processamento que incluiu todas as fotografias. No planeamento foi usada a opção de fazer uma fiada de fotos oblíquas, com o objetivo de melhorar o rigor altimétrico (“altitude optimization”). Este procedimento permite verificar se tal se sucedeu e se é importante a sua aquisição. Os erros nos pontos de verificação apresentam-se na tabela 6.

*Tabela 6: Controlo da exatidão posicional altimétrica - Processamento com todas as fotos*

Pontos de Apoio	Cota (m) - GPS	Cota (m) - DSM (Corrigido ao elipsoide)	Erro de Cota (m) - dos valores do GPS e do DSM (Corrigido ao elipsoide)
P1	139,617	139,617	0,000
P2	140,156	140,154	-0,002
P3	140,298	140,285	-0,013
P4	141,672	141,644	-0,028
P5	142,091	142,074	-0,017
P6	141,833	141,803	-0,030
P7	140,222	140,248	0,026
P8	139,373	139,343	-0,030
P9	139,344	139,320	-0,024
P10	141,205	141,194	-0,011
P11	139,465	139,458	-0,007
P12	141,626	141,619	-0,007
P13	142,403	142,392	-0,011
P14	146,382	146,369	-0,013
P15	149,832	149,835	0,003
P16	148,885	148,893	0,008
P17	145,871	145,855	-0,016
P18	139,155	139,153	-0,002
P19	136,909	136,897	-0,012
P20	137,240	137,195	-0,045
P21	144,329	144,261	-0,068
P22	141,999	141,953	-0,046
P23	138,276	138,254	-0,022
P24	137,809	137,799	-0,010
P25	132,855	132,882	0,027
P26	134,204	134,174	-0,030

Desta forma, avaliando a diferença de cotas entre os valores do GPS e do DSM, do processamento com todas as fotos, é possível observar que os erros são, em geral, de poucos centímetros.

Seguidamente, procedeu-se de forma semelhante, mas para determinar os erros de cota dos valores do GPS e do DSM, do processamento sem as fotos da fiada oblíqua, obtendo-se os seguintes resultados (tabela 7):

*Tabela 7: Controlo da exatidão posicional altimétrica - Processamento sem as fotos oblíquas*

Pontos de Apoio	Cota (m) - GPS	Cota (m) - DSM (Corrigido ao elipsoide)	Erro de Cota (m) - dos valores do GPS e do DSM (Corrigido ao elipsoide)
P1	139,617	140,330	0,713
P2	140,156	140,276	0,120
P3	140,298	140,307	0,009
P4	141,672	141,796	0,124
P5	142,091	142,242	0,151
P6	141,833	141,963	0,130
P7	140,222	140,317	0,095
P8	139,373	139,354	-0,019
P9	139,344	139,461	0,117
P10	141,205	141,269	0,064
P11	139,465	139,627	0,162
P12	141,626	141,741	0,115
P13	142,403	142,714	0,311
P14	146,382	146,444	0,062
P15	149,832	149,871	0,039
P16	148,885	148,946	0,061
P17	145,871	147,513	1,642
P18	139,155	139,324	0,169
P19	136,909	137,083	0,174
P20	137,240	137,542	0,302
P21	144,329	144,319	-0,010
P22	141,999	142,157	0,158
P23	138,276	138,284	0,008
P24	137,809	137,821	0,012
P25	132,855	133,378	0,523
P26	134,204	135,638	1,434

Consequentemente, foi possível determinar para os dois processamentos o cálculo do EMQ de cota (Z), assim como, a média e o desvio padrão (tabela 8). Todas as distâncias são métricas.

Tabela 8: Cálculo da norma do erro altimétrico, média e desvio padrão para os diferentes processamentos

Erros Altimétricos	Processamento com todas as fotos		Processamento sem as fotos oblíquas	
	$RMS = \sqrt{\frac{\sum e_i^2}{n}}$	Média Quadrática - RMS do Erro de Cota (m) - dos valores do GPS e do DSM	0,025	Média Quadrática - RMS do Erro de Cota (m) - dos valores do GPS e do DSM
$\mu = \frac{\sum e_i}{n}$	Média do Erro de Cota (m) - dos valores do GPS e do DSM	-0,015	Média do Erro de Cota (m) - dos valores do GPS e do DSM	0,256
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (e_i - \mu)^2}{n - 1}}$	Desvio Padrão do Erro de Cota (m) - dos valores do GPS e do DSM	0,021	Desvio Padrão do Erro de Cota (m) - dos valores do GPS e do DSM (Corrigido ao elipsoide, sem utilizar fotos oblíquas)	0,412

O EMQ do primeiro caso é muito pequeno, com valor de 2.5 cm, enquanto no segundo é muito superior, próximo de 0.5 m. Os erros também apresentam tendência sistemática para serem positivos. Conclui-se assim que a fiada oblíqua é crítica para conseguir um bom resultado altimétrico, sem pontos de apoio.

## 6.2. Análise do DSM e DTM

Como já foi mencionado anteriormente, a criação do DTM teve como base a classificação da nuvem de pontos densa, ou seja, foi produzido apenas sobre os pontos de interesse (ground points), enquanto o DSM, por outro lado, é um produto da nuvem densa de pontos completa.

Utilizando o plugin Profile Tool do QGIS traçaram-se perfis do DSM e do DTM, em zonas construídas e zonas com vegetação (figuras 78 e 79).

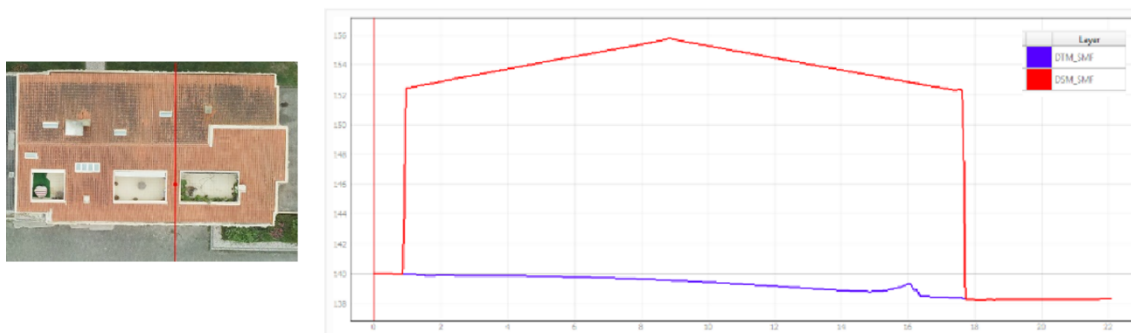


Figura 78: Esquerda: Traço do perfil sobre a orto; Direita: Perfil do DSM e DTM sobre o edifício

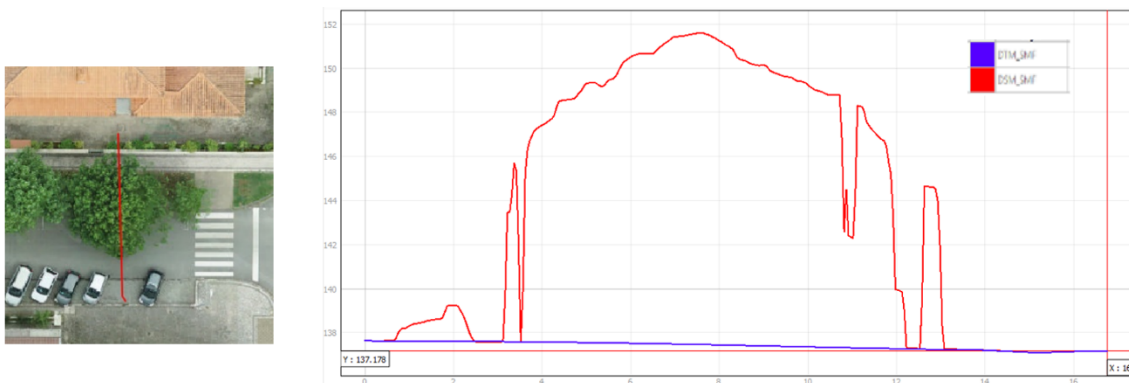


Figura 79: Esquerda: Traço do perfil sobre a orto; Direita: Perfil do DSM e DTM sobre uma árvore

Estes dois conjuntos de dados apresentam a grande vantagem de permitirem uma estimativa de alturas dos objetos, casas ou vegetação. Analisou-se também a geração de curvas de nível, mas observou-se que são, nos dois casos, excessivamente detalhadas e obrigariam a muita edição para produzir um resultado aceitável para um desenho topográfico.

Testou-se também a criação de curvas de nível de forma mais suavizada, não a partir do DTM original, que tinha uma grelha de 5 cm, mas sim de um novo DTM com menor resolução, obtido por média dos valores do DTM original. O DTM suavizado foi criado com o comando GDALWARP:

```
gdalwarp -tr 0.5 0.5 -r average DTM_SMF.tif DTM_SMF_50cm.tif
```

Neste comando definiu-se a resolução da saída com a opção `-tr` (target resolution) e a forma de reamostragem com a opção `-r` (resampling) através de média de píxeis. As opções deste comando podem ser encontradas em: <https://gdal.org/programs/gdalwarp.html>.

A partir deste gerou-se uma shapefile de curvas de nível, com equidistância de meio metro:

```
gdal_contour -i 0.5 -a cota DTM_SMF_50cm.tif cniv_equid-50cm.shp
```

Este comando gera uma shapefile de curvas de nível (`cniv_equid-50cm.shp`) a partir de um raster (`DTM_SMF_50cm.tif`), neste caso com equidistância de meio metro (`-i` de interval). O valor do raster é armazenado num atributo da base de dados da shapefile com o nome COTA (definido pela opção `-a`). As opções deste comando podem ser encontradas em: [https://gdal.org/programs/gdal\\_contour.html](https://gdal.org/programs/gdal_contour.html). As curvas de nível geradas apresentam-se nas figuras 80, 81 e 82. A figura 83 apresenta um caso de uma

pequena elevação de terreno, suave, em que o traçado de curvas de nível poderia ser mais aceitável. Contudo a zona com água gera curvas de nível erradas que teriam de ser eliminadas.



*Figura 80: Criação de curvas de nível, exemplo 1 sobreposto sobre a estrada*



*Figura 81: Criação de curvas de nível, exemplo 2 sobreposto sobre a estrada*



*Figura 82: Criação de curvas de nível, exemplo 1 e 2 sobrepostos sobre a estrada*

O processo gera curvas de nível com excesso de detalhe. Mesmo depois da suavização sobre o raster com menos resolução continuam a representar muita coisa que não interessa. São curvas de nível completamente diferentes daquelas que os utilizadores da cartografia esperam, pelo que a produção de curvas de nível terá de ser feita pelo processo de levantamento tradicional.



*Figura 80: Criação de curvas de nível, sobre pequena elevação*

Eventualmente poder-se-ia considerar a seguinte abordagem: sobre o orto o operador digitaliza pontos notáveis, à superfície do terreno, como se estivesse a escolher pontos de levantamento no campo. Sobre essa informação pode ir ao DTM, por exemplo com o plugin Point Sampling Tool, para obter as cotas reais do terreno. Sobre esses pontos aplicaria os algoritmos tradicionais para gerar uma TIN e as correspondentes curvas de nível. Contudo é sempre um processo demorado.

Estes dados altimétricos podem ter alguma limitação para daqui resultar o desenho tradicional, mas têm muitas aplicações de grande importância, nomeadamente:

- Comparação de perfis de DTM e DSM para avaliar alturas e fazer cálculos;
- Análise de visibilidade, por exemplo para ajudar a estimar a captação de sinal de redes móveis;
- Cálculo de orientação e declive de telhados para escolha de locais mais favoráveis para instalação de painéis fotovoltaicos.

### 6.3. Controlo da completude: omissão e comissão

A avaliação da completude consiste na medição dos subelementos de qualidade: comissão e omissão. Para esse estudo, foram considerados alguns temas e áreas de amostragem (4 ruas).



*Figura 81: Áreas de amostragem selecionadas*

Inicialmente, foram digitalizados os seguintes temas: tampas de infraestruturas (saneamento, água, luz, gás), árvores, postes de iluminação e postes de telecomunicação, nas áreas de amostragem, sobre a ortofoto criada anteriormente, no processamento com todas as fotos, uma vez provado anteriormente ser o processamento mais rigoroso, para posterior comparação com a informação do levantamento com GPS e estação total.

A comissão representa o excesso de dados na base de dados comparado com as entidades existentes no mundo real. A omissão, pelo contrário, representa a ausência de dados na base de dados. De acordo com as normas estabelecidas pela DGT para a produção de cartografia digital, estes dois tipos de erros poderão ter uma tolerância máxima de 5%.

Assim, para o primeiro tema, tampas das infraestruturas, para a área total de amostragem foram digitalizadas sobre a orto um total de 533 tampas., num total de 652 existentes no local, sendo que 131 tampas não foram digitalizadas e 12 foram digitalizadas erradamente, por excesso. É importante referir que as mais pequenas possuem dimensões de 10 cm de raio. A tabela 9 apresenta resultados desta análise.

Tabela 9: Cálculo do número de tampas de infraestruturas digitalizadas sobre a ortofoto e do número adquirido com recurso ao levantamento com GPS e estação total

		Levantamentos	Elementos			
			Observável	Faltas	Excesso	Totais
Tampas de infraestruturas:	Amostragem 1	Levantamento topográfico GPS e ET	102	19		121
		Levantamento topográfico UAS	89	34	2	
	Amostragem 2	Levantamento topográfico GPS e ET	43			43
		Levantamento topográfico UAS	37	9	3	
	Amostragem 3	Levantamento topográfico GPS e ET	90			90
		Levantamento topográfico UAS	76	15	1	
	Amostragem 4	Levantamento topográfico GPS e ET	394	4		398
		Levantamento topográfico UAS	331	73	6	
	Total das amostragens	Levantamento topográfico GPS e ET	629	23	0	652
		Levantamento topográfico UAS	533	131	12	

Desta forma, foi possível calcular o erro de omissão dos elementos em estudo na ortofoto pela fórmula:  $\frac{n^{\circ} \text{ elementos em falta}}{n^{\circ} \text{ total}} \times 100 = \frac{131}{652} \times 100 \approx 20\%$ .

Obteve-se um valor que não se pode considerar tolerável, mas que se pode justificar através de diversos fatores, entre os quais se destacam: dimensão muito pequena e impercetível em alguns casos, sendo confundida com buracos no pavimento, por exemplo; a distração ou falta de prática por parte do operador, deixando passar alguns elementos por digitalizar; ou a sobreposição com outros elementos existentes no terreno, como é o caso dos carros, árvores e fachadas dos edifícios (Fig. 85).

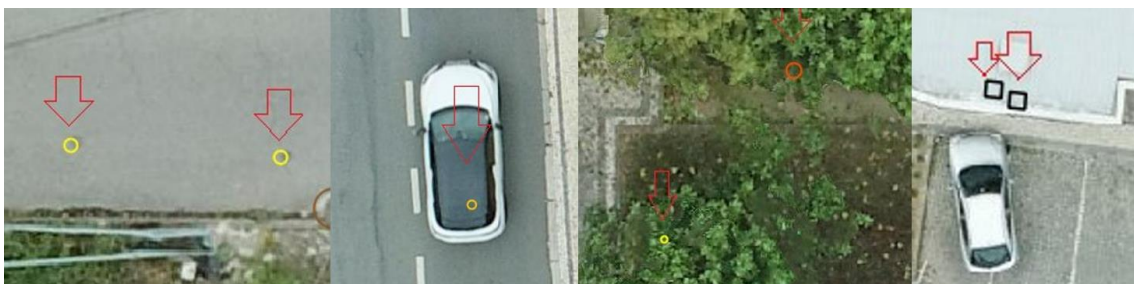


Figura 82: Alguns exemplos de erros na digitalização de tampas de infraestruturas sobre a ortofoto

Quanto ao erro de excesso este fica definido pela fórmula:  

$$\frac{n^{\circ} \text{ elementos em excesso}}{n^{\circ} \text{ total}} \times 100 = \frac{12}{652} \times 100 \approx 1.8\%$$
 onde se obteve um valor tolerável, uma vez que este é inferior a 5%.

É importante referir, que para este tema das tampas de infraestruturas, o levantamento topográfico com recurso a GPS e estação total também possui erros de omissão. Uma vez que, o total de infraestruturas existente no terreno corresponde a 652 e o total levantado foi de 629, faltando 23 tampas, correspondendo a um erro de omissão de aproximadamente 3.5%, um valor aceitável (inferior a 5% pelas normas da DGT), mas que obrigou a uma completagem no terreno para um estudo rigoroso do número das tampas digitalizadas sobre a orto em relação ao mundo real.

Procedeu-se de forma semelhante para os restantes temas, obtendo para o tema das árvores a seguinte tabela (10):

*Tabela 10: Cálculo do número de árvores digitalizadas sobre a ortofoto e do número adquirido com recurso ao levantamento com GPS e estação total*

	Levantamentos	Elementos				
		Observável	Faltas	Excesso	Totais	
Árvores:	Amostragem 1	Levantamento topográfico GPS e ET	18			18
		Levantamento topográfico UAS	18	2	2	
	Amostragem 2	Levantamento topográfico GPS e ET				
		Levantamento topográfico UAS				
	Amostragem 3	Levantamento topográfico GPS e ET	4			4
		Levantamento topográfico UAS	2	2		
	Amostragem 4	Levantamento topográfico GPS e ET	34			34
		Levantamento topográfico UAS	33	1		
	Total das amostragens	Levantamento topográfico GPS e ET	56	0	0	56
		Levantamento topográfico UAS	53	5	2	

Obeve-se um total de 53 árvores, num total de 56 existentes no local, sendo que 5 não foram digitalizadas e 2 foram digitalizadas erradamente, por excesso. Os erros de omissão e excesso foram de aproximadamente 9% e 3.5%, respetivamente. O erro de omissão não foi novamente considerado aceitável e tal pode se justificar devido a

diversos fatores, entre os quais se destacam: a dificuldade de identificação do número de árvores quando estas estão próximas e a sua copa é muito grande; dificuldade de identificação da árvore caso não exista rebatimento da mesma na ortofoto; e dificuldade da sua identificação quando esta está sobre um terreno da mesma cor.



Figura 83: Alguns exemplos de erros na digitalização de árvores sobre a orto

Posteriormente foram avaliados os temas dos postes de iluminação e eletrecidade, temas intrigantes devido às componentes físicas dos atributos (muito estreitos e altos) que requerem mais habilidade por parte do operador, uma vez que são identificados pelo seu rebatimento.

Obteve-se a seguinte tabela (11) para o tema dos poste de iluminação:

Tabela 11: Cálculo do número de postes de iluminação digitalizados sobre a ortofoto e do número adquirido com recurso ao levantamento com GPS e estação total

		Levantamentos	Elementos			
			Observável	Faltas	Excesso	Totais
Postes de iluminação:	Amostragem 1	Levantamento topográfico GPS e ET	23			23
		Levantamento topográfico UAS	23			
	Amostragem 2	Levantamento topográfico GPS e ET	16			16
		Levantamento topográfico UAS	15	1		
	Amostragem 3	Levantamento topográfico GPS e ET	19			19
		Levantamento topográfico UAS	19			
	Amostragem 4	Levantamento topográfico GPS e ET	46			46
		Levantamento topográfico UAS	40	6		
	Total das amostragens	Levantamento topográfico GPS e ET	104	0	0	104
		Levantamento topográfico UAS	97	7	0	

Observou-se um total de 97 postes digitalizados, num total de 104 existentes no local, sendo que 7 não foram digitalizadas. Verificou-se um erro de omissão de aproximadamente 7% e não se verificou erro de excesso. Este erro de omissão não é aceitável e tal como foi mencionado anteriormente um dos fatores da sua má digitalização deve-se à sua geometria e à inexistência de rebatimento no orto, entre outros, também se destacam a sobreposição com outros elementos como as árvores, ou o esquecimento por parte do operador.

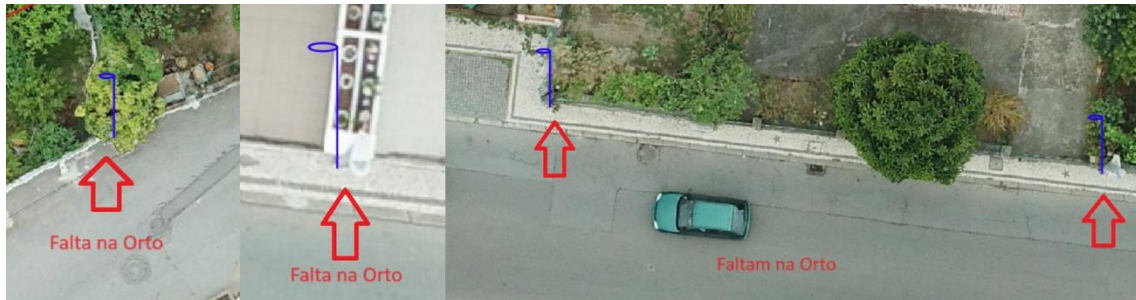


Figura 84: Alguns exemplos de erros na digitalização de postes de iluminação sobre a orto

Por fim, repetiu-se o mesmo procedimento para o último tema de estudo, os postes de telecomunicações, que se comportam de forma semelhante na sua geometria aos postes de iluminação, no entanto a forma de os identificar sobre a orto consiste no rebatimento dos seus cabos elétricos sobre os elementos existentes no terreno. Obteve-se a seguinte tabela (tab. 12) para o tema dos poste de telecomunicação:

Tabela 12: Cálculo do número de postes de telecomunicação digitalizados sobre a ortofoto e do número adquirido com recurso ao levantamento com GPS e estação total

		Levantamentos	Elementos			
			Observável	Faltas	Excesso	Totais
Postes Telecomunicação:	Amostragem 1	Levantamento topográfico GPS e ET	16			16
		Levantamento topográfico UAS	16			
	Amostragem 2	Levantamento topográfico GPS e ET	20			20
		Levantamento topográfico UAS	18	2		
	Amostragem 3	Levantamento topográfico GPS e ET	17			17
		Levantamento topográfico UAS	16	1		
	Amostragem 4	Levantamento topográfico GPS e ET	22			22
		Levantamento topográfico UAS	20	2		
	Total das amostragens	Levantamento topográfico GPS e ET	75	0	0	75
		Levantamento topográfico UAS	70	5	0	

Neste último tema, foram digitalizados um total de 70 postes de telecomunicação dos 75 existentes no terreno da amostragem, verificando-se um erro de omissão de aproximadamente 7%, sem erro de excesso. Erro este superior aos 5% aceitáveis pelas normas da DGT. A justificação destes erros baseia-se nos mesmo argumentos dos postes de iluminação.

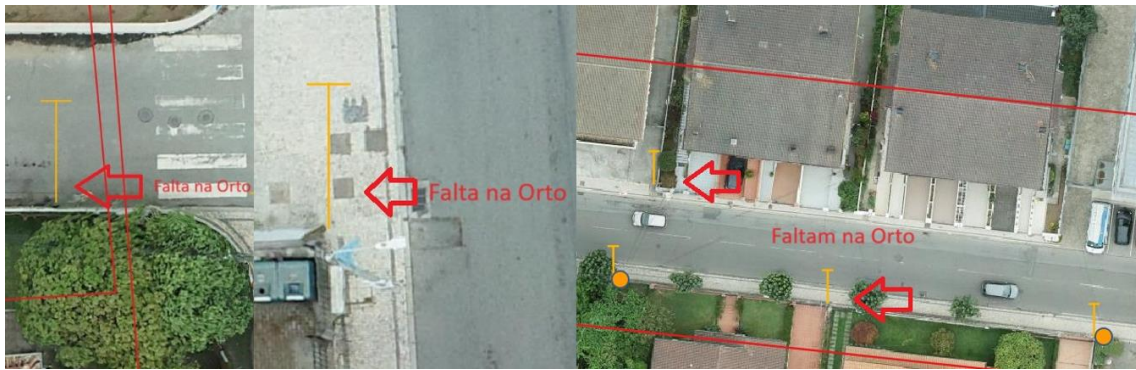


Figura 85: Alguns exemplos de erros na digitalização de postes de telecomunicação sobre a orto

Assim, é importante referir que estes erros foram estudados para uma pequena área de amostragem e que podem ser influenciados aumentando o número da amostra, ou seja, de área. A área é um fator muito importante na avaliação destes erros, uma vez que é decisiva para a utilização deste método de aquisição fotogramétrico pelo UAS ou não. Após a discussão dos erros anteriormente mencionados, conclui-se que se a área de levantamento correspondesse a uma área menos urbanizada e com menor vegetação estes erros seriam reduzidos consideravelmente.

As características ideais para a digitalização, do terreno, com o uso deste método de levantamento UAS consistem em:

- Em superfícies planas e niveladas, uma vez que as superfícies irregulares podem dificultar a estabilidade e a precisão do levantamento;
- Pouca ou nenhuma vegetação alta, terrenos com vegetação rasteira ou sem vegetação são os ideais;
- Poucas obstruções, como árvores, edifícios, carros ou outros obstáculos;
- Uma boa iluminação, de forma a evitar condições excessivamente brilhantes ou sombrias;
- Boas condições climáticas, evitando dias chuvosos, nebulosos ou com

visibilidade limitada;

- Boa qualidade do ar, uma vez que condições de má qualidade, como fumos de incêndios florestais também afetam a visibilidade.

# Capítulo VII

## 7. Conclusão e considerações finais

### 7.1. Resultados do trabalho

Ao longo deste estágio foram desenvolvidas várias tarefas de aquisição de dados para contribuir para a produção de cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana. Alguns dos procedimentos, como o levantamento de campo com recetores GNSS e estação total, são os tradicionais utilizados no trabalho regular para essa finalidade. O estágio pretendia estudar a possibilidade de utilização de drones para contribuir para melhorar e tornar mais rápido o processo de produção dessa cartografia.

O voo efetuado com drone permitiu concluir que é possível produzir num prazo muito curto um ortomosaico com elevada resolução, acompanhada de um modelo digital de superfície também muito detalhado. Conseguiu-se uma precisão que cumpre as exigências de elevado rigor, sem pontos de apoio. Verificou-se que isso era apenas possível com a inclusão de uma fiada de imagens oblíquas que otimiza o cálculo da altimetria. Observou-se também que uma aquisição de imagens com céu encoberto é mais favorável para reduzir o impacto das sombras no ortomosaico.

Fez-se uma avaliação de qual a informação que pode ser obtida vectorialmente para incluir na cartografia. Muita dela, como algum mobiliário urbano, é detetada com boas taxas de sucesso, reduzindo muito o trabalho de campo. Por outro lado, há informação, por exemplo a altimetria na forma de curvas de nível, que é gerada com excessivo rigor para o que se espera numa planta. É necessário aplicar estratégias de simplificação, como a seleção manual de pontos, que melhoram o aspeto final dessa informação.

Duma forma geral concluiu-se que esta tecnologia pode ser utilizada com grande vantagem no trabalho de uma câmara municipal, tendo-se já avançado para a aquisição de equipamento próprio e realização de formação de forma a operacionalizá-la.

### 7.2. Apreciação pessoal

A realização deste estágio profissional foi das melhores decisões que tomei. Ao longo dos últimos meses, pude vivenciar inúmeras vantagens e benefícios que

considero cruciais no desenvolvimento profissional.

Primeiramente, o estágio ofereceu-me uma oportunidade única de aplicar todos os conceitos adquiridos na teoria num ambiente de trabalho real. Durante o período letivo absorvi uma quantidade considerável de informações, mas a prática é que realmente solidifica todos os conhecimentos. Ao vivenciar o trabalho quotidiano, na Câmara, consegui entender a conversão e o contexto dos conceitos académicos, além de adquirir habilidades práticas valiosas.

Ao longo deste estágio também tive a oportunidade de receber diversas formações de entidades internas e externas à câmara nomeadamente dos representantes da Leica e da Carlson. Cada uma delas foi essencial para o meu crescimento e desenvolvimento profissional.

Além disso, permitiu a construção de uma rede de contactos significativos. Durante este período, tive a oportunidade de interagir e trabalhar ao lado de profissionais experientes, absorvendo conhecimentos e habilidades valiosas para o meu dia a dia.

## Referências

- Aguiar, D. A. (2018). *Atualização e estudo de cartografia com recurso a drone – Comparação entre este método e os clássicos*.
- Alexandros Skondras, E. K. (2022). *UAV Mapping and 3D Modeling as a Tool for Promotion and Management of the Urban Space*. Obtido de <https://www.mdpi.com/2504-446X/6/5/115>
- ANAC. (s.d.). *Aeronaves Não Tripuladas (UAS/Drones)*. Obtido de <https://www.anac.pt/vPT/Generico/drones/Paginas/AeronavesCivisPilotadasRemotamente.aspx>
- Carlson. (2023). *Carlson Survey*. Obtido de <https://www.carlsonsw.com/product/carlson-survey>
- Carvalho, M. (2020). *Algoritmo de previsão de sombra para mapeamento da zona intertidal com uso de UAV*.
- DGT. (s.d.). *Direção-Geral do Território*. Obtido de <https://www.dgterritorio.gov.pt/>
- DGT. (s.d.). *Rede Nacional de Estações Permanentes GNSS*. Obtido de <https://renep.dgterritorio.gov.pt/>
- Direção de Serviços de Geodesia, C. e.-G. (27 de março de 2020). *Normas e especificações técnicas de Cartografia Topográfica Vetorial e de Imagem*. Obtido de <https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-topografica/normas-especificacoes-tecnicas>
- DJI. (s.d.). *Phantom 4 RTK*. Obtido de <https://enterprise.dji.com/phantom-4-rtk/specs>
- Feira, C. M. (s.d.). *Território - Informação Geográfica*. Obtido de <https://cm-feira.pt/web/guest/portal-de-informacao-geografica>
- Gaspar, J. A. (2000). *Cartas e Projeções Cartográficas*. Rua D. Estefânea, 183 r/c Dto. - 1049-057 Lisboa: LIDEL - Edições Técnicas, Lda.
- Gianfranco Forlani, E. D. (2018). *Quality Assessment of DSMs Produced from UAV Flights Georeferenced with On-Board RTK Positioning*. Obtido de <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/2/311>
- Hexagon. (2023). *Hexagon GeoMedia*. Obtido de [https://bynder.hexagon.com/m/4787736dd6e174ee/original/Hexagon\\_GSP\\_GeoMedia\\_Brochure.pdf?\\_gl=1\\*1isv5sl\\*\\_ga\\*MTEwNTQzMjU2MC4xNjk1MDU0NzY3\\*\\_ga\\_8GP55DHNB6\\*MTY5NTA1NDc2Ny4xLjEuMTY5NTA1NDg4Ny42LjAuMA..](https://bynder.hexagon.com/m/4787736dd6e174ee/original/Hexagon_GSP_GeoMedia_Brochure.pdf?_gl=1*1isv5sl*_ga*MTEwNTQzMjU2MC4xNjk1MDU0NzY3*_ga_8GP55DHNB6*MTY5NTA1NDc2Ny4xLjEuMTY5NTA1NDg4Ny42LjAuMA..)
- Ian L. Turner, M. D. (2016). *UAVs for coastal surveying*. Obtido de

- [https://www.researchgate.net/publication/301503124\\_UAVs\\_for\\_coastal\\_surveying](https://www.researchgate.net/publication/301503124_UAVs_for_coastal_surveying)
- João Casaca, J. M. (2000). *Topografia Geral*. Rua D. Estefânia, 183 R/C Dto. - 1049-057 Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, LDA.
- José Alberto Gonçalves, S. M. (2008). *Topografia Conceitos e Aplicações*. Rua D. Estefânea, 183, r/c Dto. - 1049-057 Lisboa: LIDEL - Edições Técnicas, Lda.
- Longley, P. A. (2015). *Geographic Information Science and Systems*. John Wiley & Sons.
- Matos, J. L. (2001). *Fundamentos de Informação Geográfica*. Rua D. Estefânia, 183 r/c Dto.-1 049-057 Lisboa: Lidel - edições técnicas, Ida.
- Metashape, A. (2023). *Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 2.0*. Obtido de [https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro\\_2\\_0\\_en.pdf](https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_2_0_en.pdf)
- Metashape, A. (s.d.). *Tutorial (Intermediate level): Dense Cloud Classification and DTM generation with Agisoft PhotoScan Pro*. Obtido de [https://www.agisoft.com/pdf/PS\\_1.1%20-Tutorial%20\(IL\)%20-%20Classification%20and%20DTM.pdf](https://www.agisoft.com/pdf/PS_1.1%20-Tutorial%20(IL)%20-%20Classification%20and%20DTM.pdf)
- Patrício, P. (2021). *Levantamento LiDAR do território de Portugal continental*. Obtido de Direção-Geral do Território: [https://eniig.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/Apresentacoes/2021/1.Paulo-Patr%EDcio\\_ENIIG2021-LiDAR-2021-12-16.pdf](https://eniig.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/Apresentacoes/2021/1.Paulo-Patr%EDcio_ENIIG2021-LiDAR-2021-12-16.pdf)
- Santos, F. F. (2021). *CENSOS 2021 POR CONCELHO E REGIÕES: EVOLUÇÃO 1960-2021*. Obtido de <https://www.pordata.pt/censos/quadro-resumo-municipios-e-regioes/santa+maria+da+feira-420>
- Wei Huang, S. J. (2021). *Camera Self-Calibration with GNSS Constrained Bundle Adjustment for Weakly Structured Long Corridor UAV Images*. Obtido de <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/21/4222>
- Y. Taddia, F. S. (2019). *USING DJI PHANTOM 4 RTK DRONE FOR TOPOGRAPHIC MAPPING OF COASTAL AREAS*. Obtido de <https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XLII-2-W13/625/2019/>

# Apêndice

## Levantamentos topográficos realizados

Paralelamente ao tema desenvolvido neste estágio curricular, foram realizados diversos levantamentos topográficos no âmbito da Divisão de Topografia e Informação Geográfica do Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade da Câmara Municipal de Santa Maria da Feira.

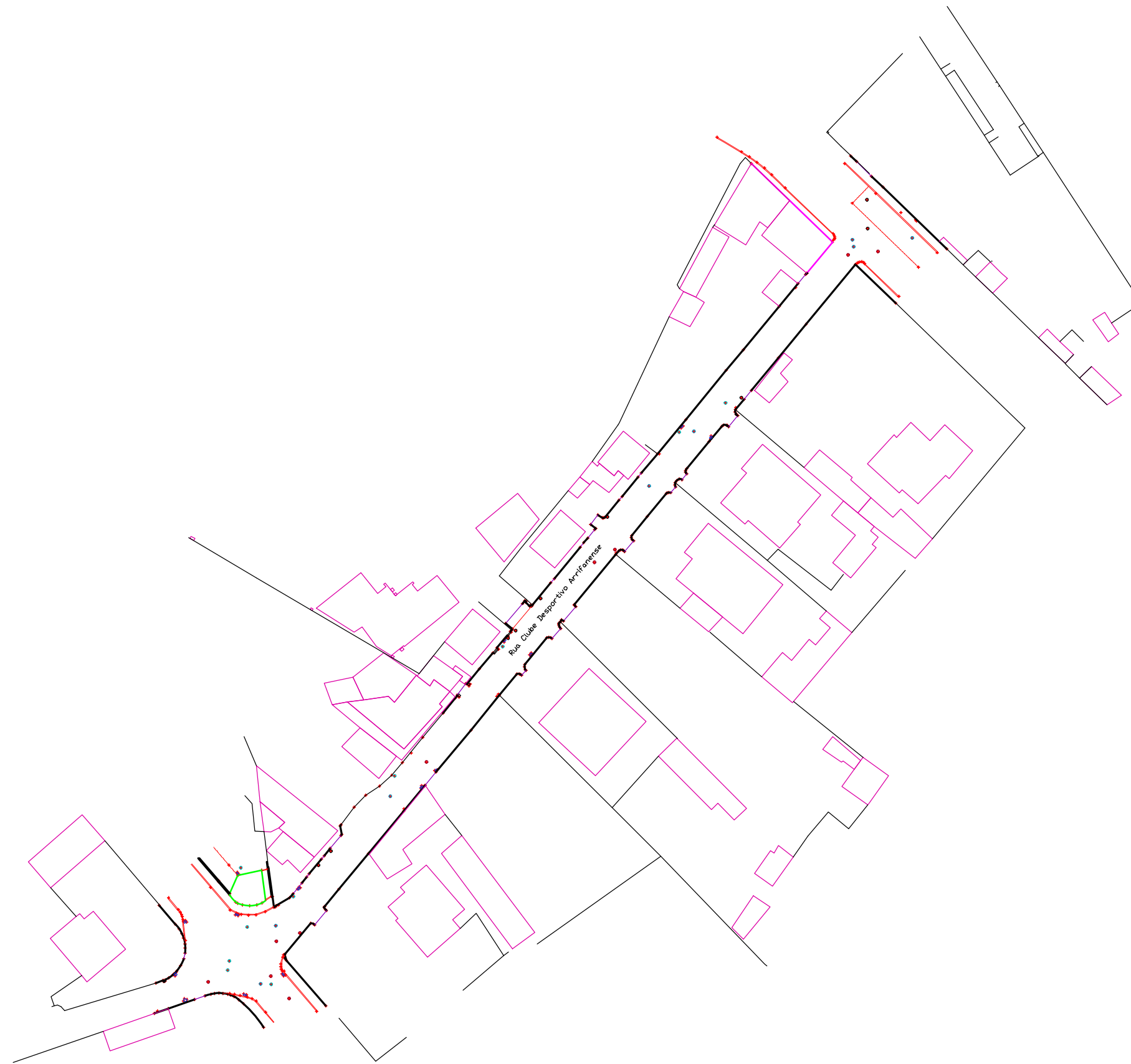
Estes foram conseguidos recorrendo ao método de topografia clássica, pelos aparelhos que me foram atribuídos, entre os quais destaco a Estação Total Robótica Leica TS16, e respetiva controladora CS20, assim como, o Rover Leica GS18T GNSS RTK e o Tablet Leica CS30.

O software CAD utilizado para o processamento dos dados de campo foi o Carlson Survey, já mencionado anteriormente, que atualmente já vai na versão 2023 com IntelliCAD 11.

### *Lista dos levantamentos topográficos:*

- Levantamento Topográfico no Clube Desportivo Arrifanense na Freguesia de Arrifana;
- Levantamento Topográfico na Rua Roberto Nunes na Freguesia de Arrifana;
- Levantamento Topográfico na Rua das Arcas na Freguesia de Escapães;
- Levantamento Topográfico na Avenida do Souto na Freguesia de Santa Maria de Lamas;
- Levantamento Topográfico na Ruas das Terças na Freguesia de Canedo;
- Levantamento Topográfico na Rua de Recarem na Freguesia de Lobão;
- Levantamento Topográfico na Rua Ferreira Castro na Freguesia de Santa Maria da Feira;
- Levantamento Topográfico na Rua do Monte na Freguesia de Mosteiró;
- Levantamento Topográfico na Rua de Argoncilhe na Freguesia de Argoncilhe;
- Levantamento Topográfico na Rua dos Castanheiros na Freguesia de São João de Vêr;

- Levantamento Topográfico em diversas ruas no centro da Freguesia de São João de Vêr;
- Levantamento Topográfico na Casa dos Choupos na Freguesia de Santa Maria da Feira;
- Levantamento Topográfico na Rua de Carboil na Freguesia de Travanca;
- Levantamento Topográfico na Rua Principal na Freguesia de Canedo;
- Levantamento Topográfico no Parque das Guimbras na Freguesia de Santa Maria da Feira;
- Levantamento Topográfico na Rua Ferreira Castro na Freguesia de Santa Maria da Feira;
- Levantamento Topográfico na Rua Francisco Costa Neves na Freguesia de Santa Maria da Feira;
- Levantamento Topográfico na Rua do Souto na Freguesia de Mouselos;
- Levantamento Topográfico na Rua do Shopping na Freguesia de São João de Vêr;
- Levantamento Topográfico na Rua Dragão Abrasivos na Freguesia de Paços de Brandão.



Requerente | Junta de Freguesia

Engenheiro | Maria Carvalho

Data | março 2022

Legenda |

Proposta do Estudo de Alinhamento

- Alinhamento Reto
- Concordância

Levantamento Topográfico

- Lancel
- Muros
- Edificação
- Eixo de Via
- Rodovia
- Cadastro
- Taludes
- Cursos de Água



santa maria da feira câmara municipal

Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade

Divisão de Topografia e Informação Geográfica

Planta Topográfica

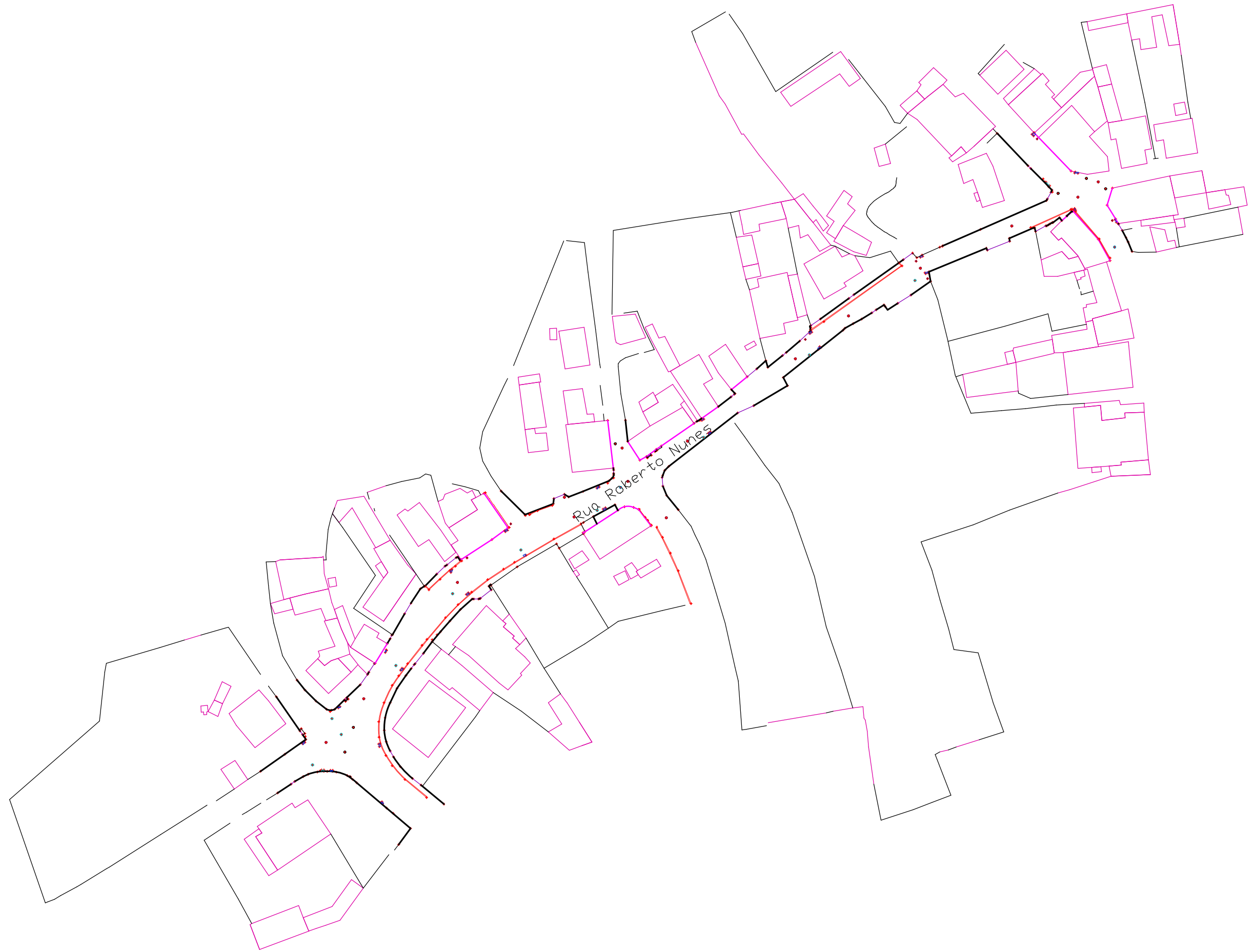
Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento  
Clube Desportivo Arrifanense – Arrifana



Escala | 1/1000

As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(-is).

A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como dinâmico o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervirpara os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).



Requerente | Junta de Freguesia

Engenheiro | Maria Carvalho

Data | março 2022

Legenda |

Proposta do Estudo de Alinhamento

- Alinhamento Reto
- Concordância

Levantamento Topográfico

- Lanceil
- Muros
- Edificação
- Eixo de Via

- Rodovia
- Cadastro
- Taludes
- Cursos de Água



santa maria da feira câmara municipal

Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade

Divisão de Topografia e Informação Geográfica

Planta Topográfica

Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento

Rua Roberto Nunes – Arrifana



Escala | 1/1000

As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(-is).

A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como dinâmico o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervirpara os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).



Requerente | Junta de Freguesia

Engenheiro | Maria Carvalho

Data | abril 2022

Legenda |

- |                                   |                          |                  |
|-----------------------------------|--------------------------|------------------|
| Proposta do Estudo de Alinhamento | Levantamento Topográfico | Rodovia          |
| — Alinhamento Reto                | — Lancil                 | — Cadastro       |
| — Concordância                    | — Muros                  | — Taludes        |
|                                   | — Edificação             | — Cursos de Água |
|                                   | — Eixo de Via            |                  |



santa maria da feira câmara municipal

Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade

Divisão de Topografia e Informação Geográfica

## Planta Topográfica

Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento

Rua das Arcas – Escapães



Escala | 1/1000

As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(-is).

A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como dinâmico o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervirpara os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).



Requerente | Junta de Freguesia

Engenheiro | Maria Carvalho

Data | maio 2022

As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(-is).

Legenda		Levantamento Topográfico	
Proposta do Estudo de Alinhamento		— Lancil	— Rodovia
— Alinhamento Reto	— Concordância	— Muros	— Cadastro
		— Edificação	— Taludes
		— Eixo de Via	— Cursos de Água

A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como dinâmico o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervirpara os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).

santa maria da feira câmara municipal

Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade

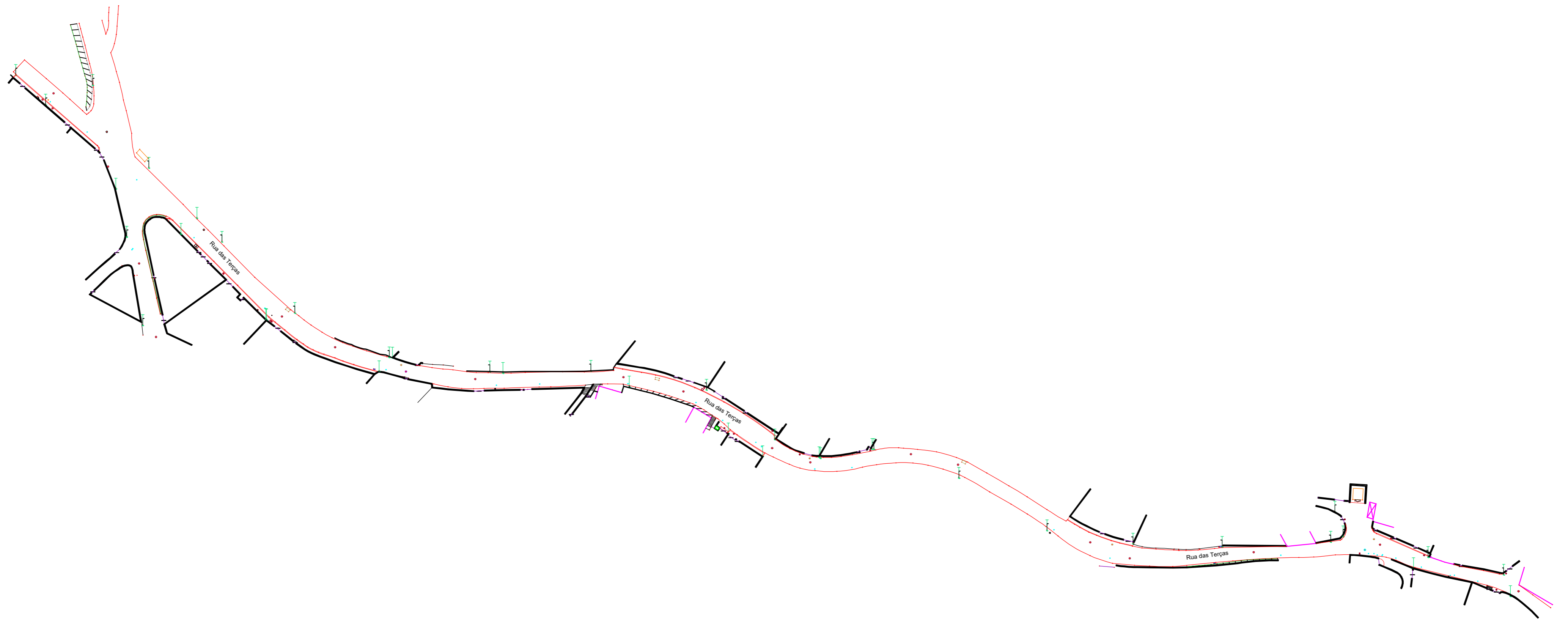
Divisão de Topografia e Informação Geográfica

## Planta Topográfica

Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento

### Avenida do Souto – Santa Maria de Lamas

Escala | 1/500



Requerente | Junta de Freguesia

Engenheiro | Maria Carvalho


Data | setembro 2022

As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicá(vé)l(s).

**Legenda |**

Proposta do Estudo de Alinhamento	Levantamento Topográfico	Rodovia
Alinhamento Reto	Lanceis	Caadastro
Concordância	Muros	Taludes
	Edificao	Cursos de gua
	Exco de Via	

A Cmra Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como dntimo o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessrio, a rea a intervir para os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).



santa maria da feira cmara municipal

Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade

Diviso de Topografia e Informao Geogrfica

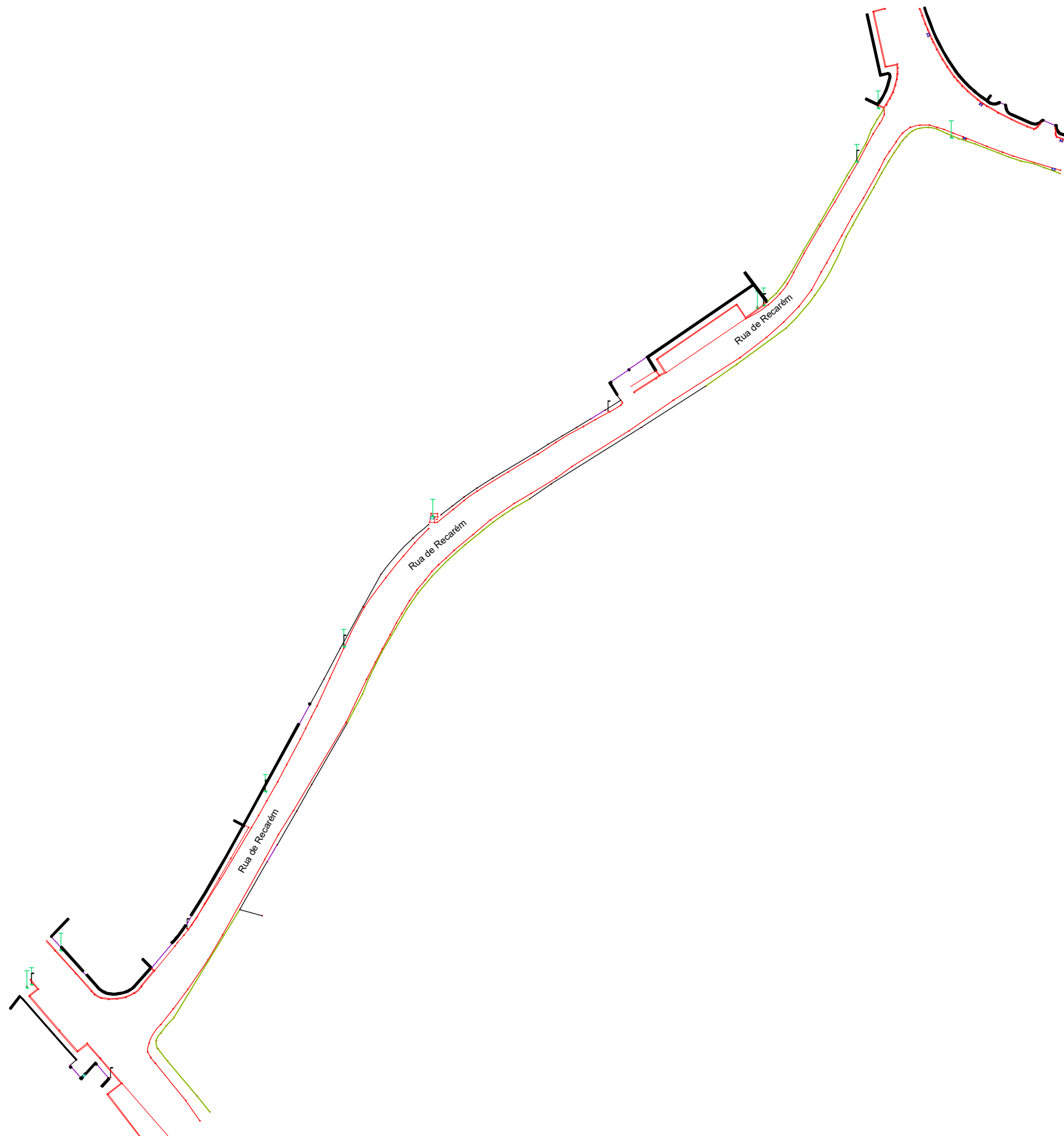
**Planta Topogrfica**


Levantamento Topogrfico com Estudo de Alinhamento

Rua das Teras – Canedo



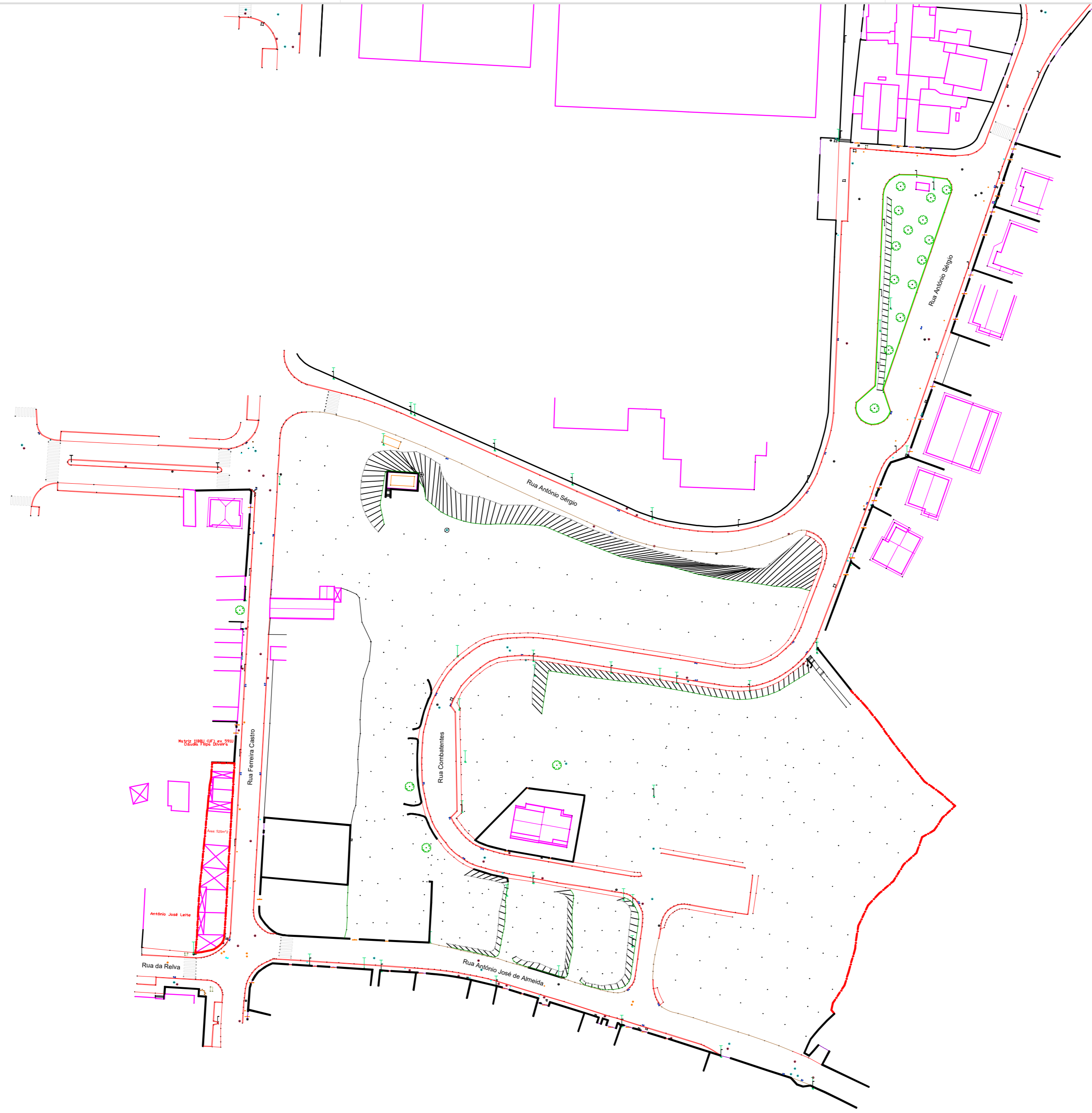
Escala | 1/1000



Requerente   Junta de Freguesia	<b>Legenda  </b> Proposta do Estudo de Alinhamento Alinhamento Reto Concordância	<b>Levantamento Topográfico</b> Lancil Muros Edificação Eixo de Via	Rodovia Cadastro Taludes Cursos de Água	
Engenheiro   Maria Carvalho	 santa maria da feira câmara municipal			Escala   1/1000
Data   setembro 2022	A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como dinâmico o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervir para os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).			Divisão de Topografia e Informação Geográfica  <b>Planta Topográfica</b> Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento Rua de Recarém – Lobão

As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(-is).





Requerente |

Engenheiro | Maria Carvalho

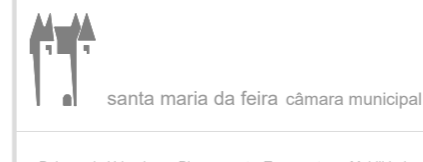
Data | setembro 2022

As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(is).

Legenda |

- |                                   |                          |                |
|-----------------------------------|--------------------------|----------------|
| Proposta do Estudo de Alinhamento | Levantamento Topográfico | Rodovia        |
| Alinhamento Reto                  | Lanceil                  | Cadastr        |
| Concordância                      | Muros                    | Taludes        |
| Área artigo omissão: 525m²        | Edificação               | Cursos de Água |
|                                   | Eixo de Via              |                |

A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como definitivo o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervir para se fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).



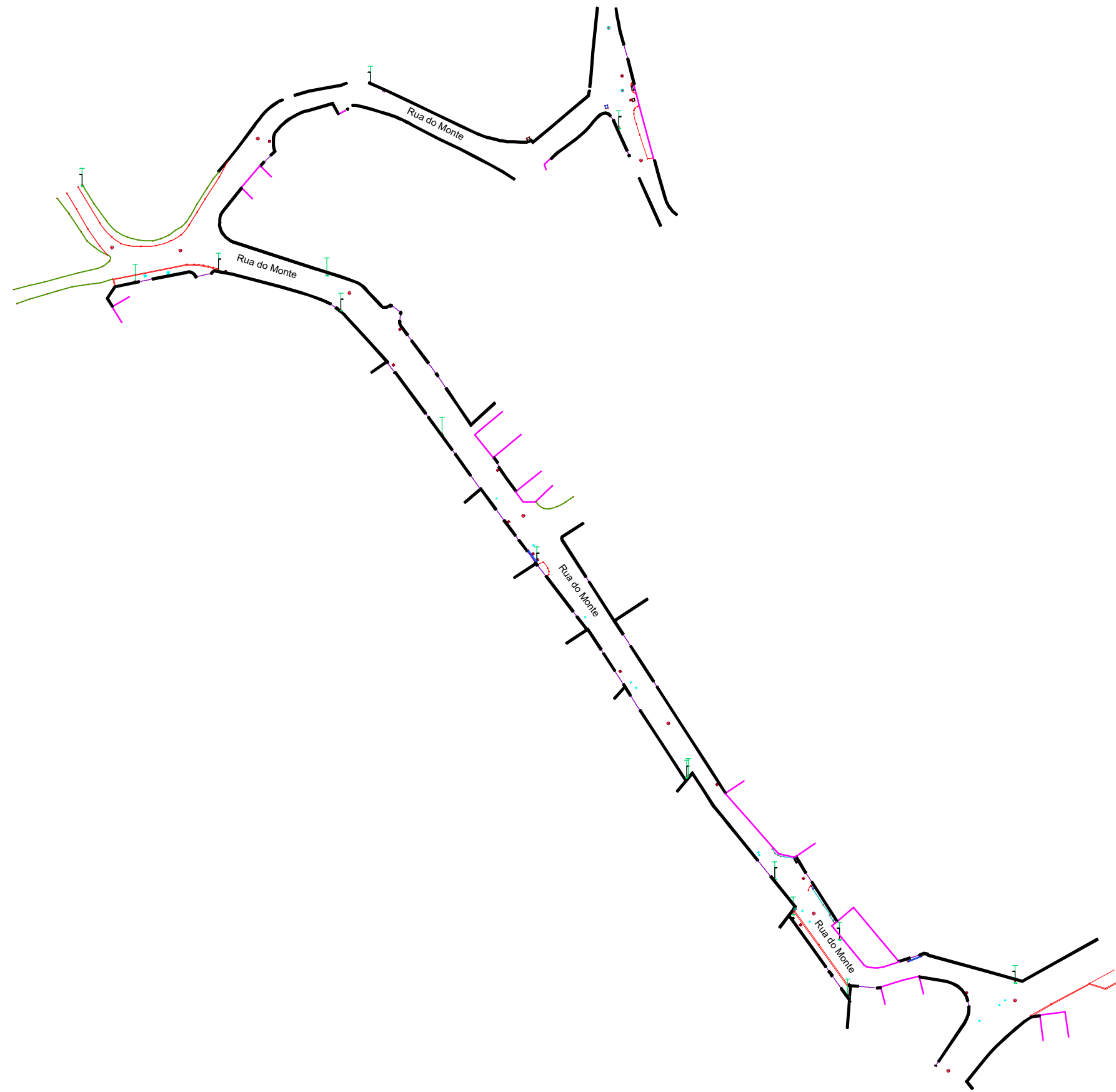
Divisão de Topografia e Informação Geográfica

### Planta Topográfica

Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento  
Rua Ferreira Castro – Santa Maria da Feira



Escala | 1/1000



Requerente | Junta da Freguesia

Engenheiro | Maria Carvalho

Data | outubro 2022

Legenda |

- |  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| Proposta do Estudo de Alinhamento                    |   | Levantamento Topográfico                           |  |
| <span style="color: cyan;">—</span> Alinhamento Reto | <span style="color: red;">—</span> Lancil         | <span style="color: red;">—</span> Rodovia         |  |
| <span style="color: blue;">—</span> Concordância     | <span style="color: black;">—</span> Muros        | <span style="color: red;">—</span> Cadastro        |  |
|  | <span style="color: magenta;">—</span> Edificação | <span style="color: green;">—</span> Taludes       |  |
|  | <span style="color: black;">—</span> Eixo de Via  | <span style="color: cyan;">—</span> Cursos de Água |  |



santa maria da feira câmara municipal

Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade

Divisão de Topografia e Informação Geográfica

## Planta Topográfica

Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento

Rua do Monte – Mosteirô



Escala | 1/1000

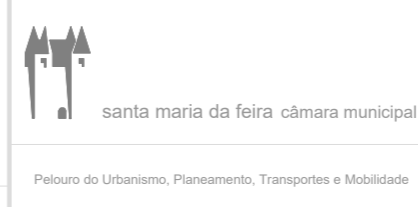
As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(-is).

A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como dinâmico o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervirpara os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).



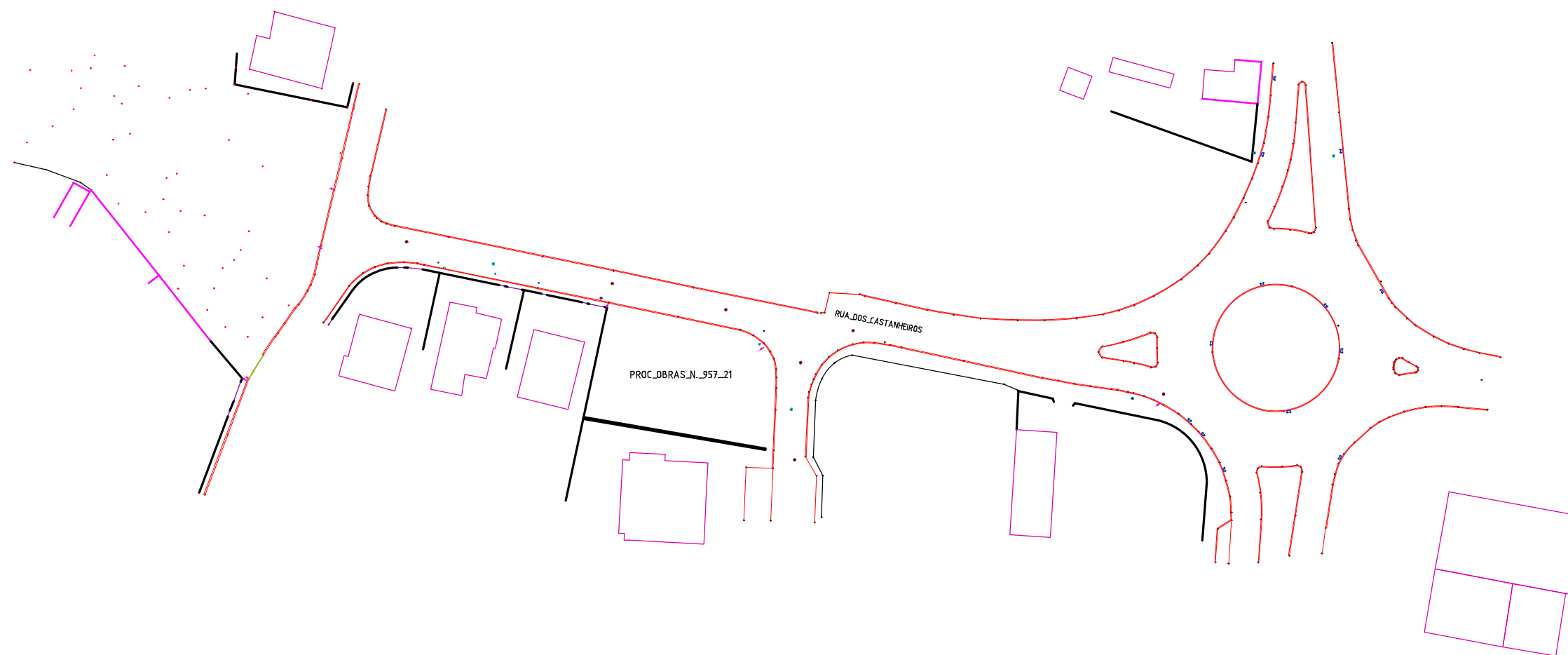
Requerente | Nome  
 Engenheiro | Maria Carvalho  
 Data | outubro 2022  
As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicad(o)s.

**Legenda |**  
 Proposta do Estudo de Alinhamento  
 Alinhamento Reto  
 Concordância  
 Levantamento Topográfico  
 Lancel  
 Muros  
 Edificação  
 Eixo de Via  
 Rodovia  
 Cadastro  
 Taludes  
 Cursos de Água  
A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como definitivo o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervir para os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).



Divisão de Topografia e Informação Geográfica  
**Planta Topográfica**  
 Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento  
 Rua de Argoncilhe – Argoncilhe





Requerente | Junta de Freguesia

Engenheiro | Maria Carvalho

Data | outubro 2022

As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(-is).

**Legenda |**

<b>Proposta do Estudo de Alinhamento</b>	<b>Levantamento Topográfico</b>	
Alinhamento Reto	Lancil	Rodovia
Concordância	Muros	Cadastro
	Edificação	Taludes
	Eixo de Via	Cursos de Água

A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como dinâmico o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervirpara os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).



santa maria da feira câmara municipal

Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade

Divisão de Topografia e Informação Geográfica

## Planta Topográfica

Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento

Rua dos Castanheiros – São João de Vêr



Escala | 1/1000



Requerente | Junta de Freguesia

Engenheiro | Maria Carvalho

Data | novembro 2022

Legenda |  
Proposta do Estudo de Alinhamento

- Alinhamento Rebo
- Concordância

Levantamento Topográfico

- Lancel
- Muros
- Edificação
- Eixo de Via
- Rodovia
- Cadastro
- Taludes
- Cursos de Água



santa maria da feira câmara municipal

Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade

Divisão de Topografia e Informação Geográfica

## Planta Topográfica

Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento

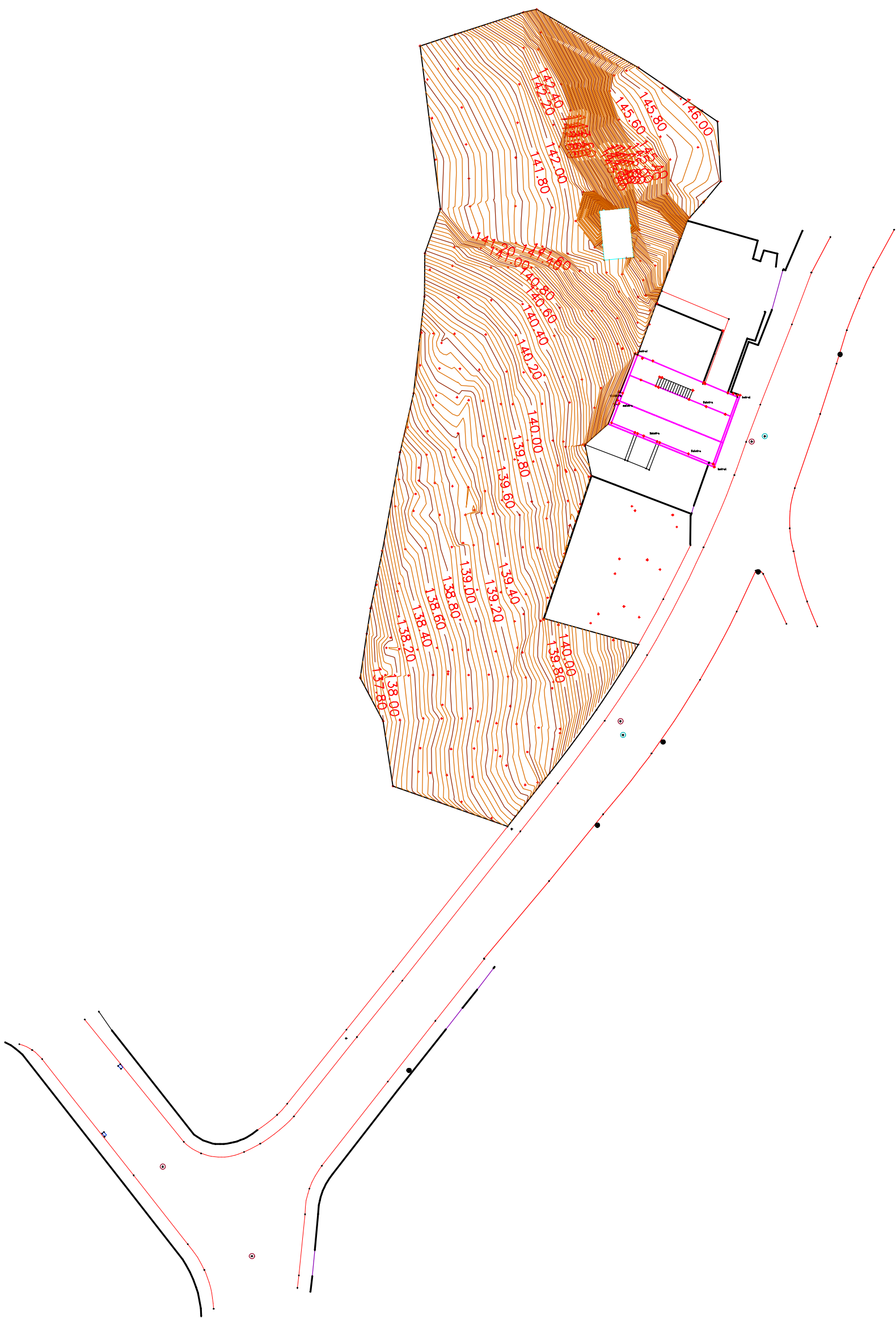
Várias Ruas – São João de Vêr



Escala | 1/4000

As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(e)s).  
A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como definitivo o estudo de alinhamento e de alterar, caso consider necessário, a área a intervir para os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).

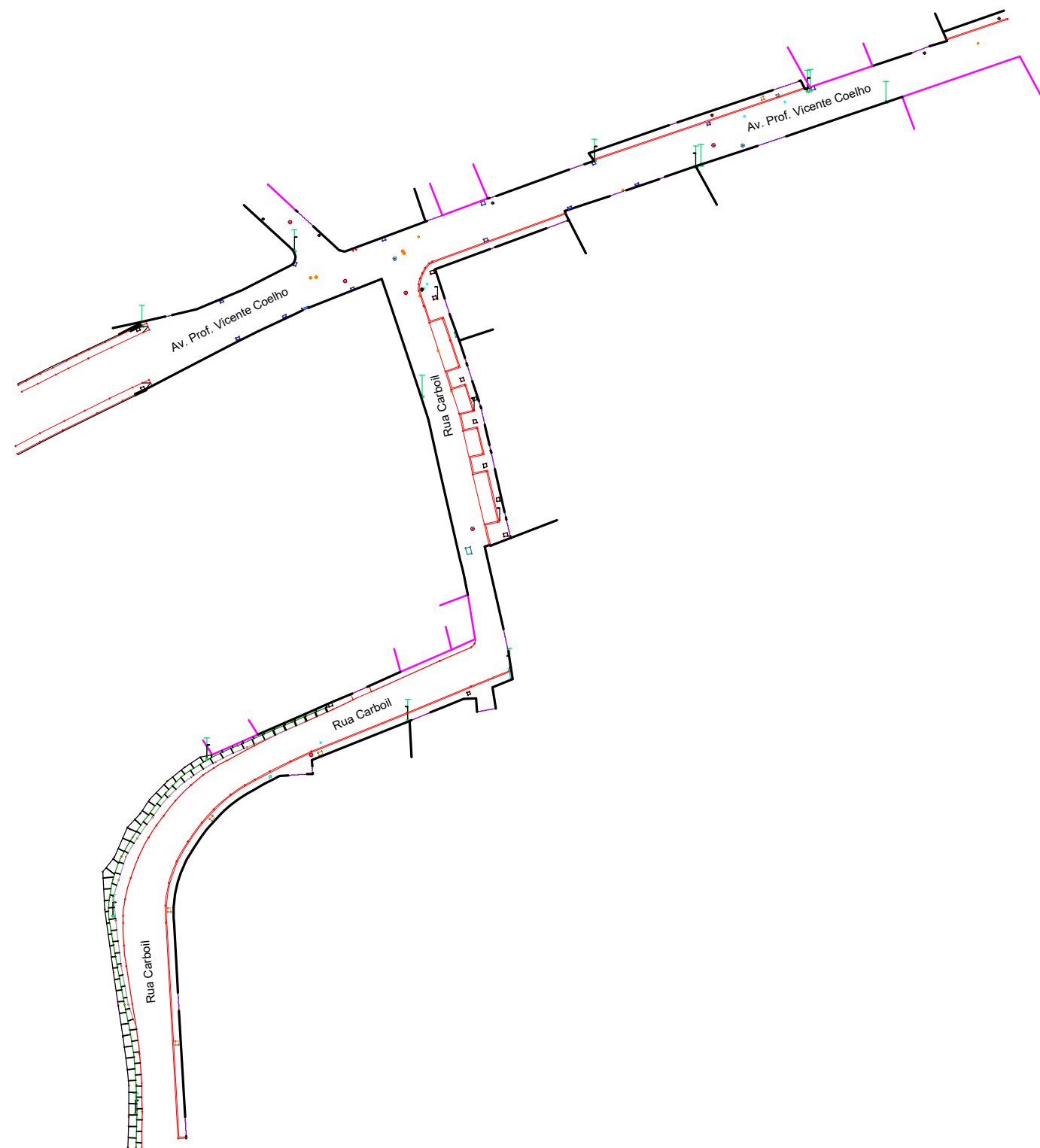




<p>Requerente   Junta de Freguesia</p> <p>Engenheiro   Maria Carvalho</p> <p>Data   dezembro 2022</p>	<p>Proposta do Estudo de Alinhamento</p> <p>Alinhamento Reto</p> <p>Concordância</p>	<p>Levantamento Topográfico</p> <p>Lanceis</p> <p>Muros</p> <p>Edificação</p> <p>Eixo de Via</p>	<p>Rodovia</p> <p>Cadastro</p> <p>Taludes</p> <p>Cursos de Água</p>
<p>Pełouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade</p>		<p>santa maria da feira câmara municipal</p>	<p>Divisão de Topografia e Informao Geográfica</p> <p><b>Planta Topográfica</b></p> <p>Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento</p> <p>Casa dos Choupos – Santa Maria da Feira</p>
<p>A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de edificar como ditmulo o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervir para os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).</p>			



Escala | 1/600



Requerente | Junta de Freguesia

Engenheiro | Maria Carvalho

Data | fevereiro 2023

As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(-is).

Legenda		
Proposta do Estudo de Alinhamento		
	Alinhamento Reto	
	Concordância	
Levantamento Topográfico		
	Lancil	
	Muros	
	Edificação	
	Eixo de Via	

A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como dinâmico o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervir para os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).



santa maria da feira câmara municipal

Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade

Divisão de Topografia e Informação Geográfica

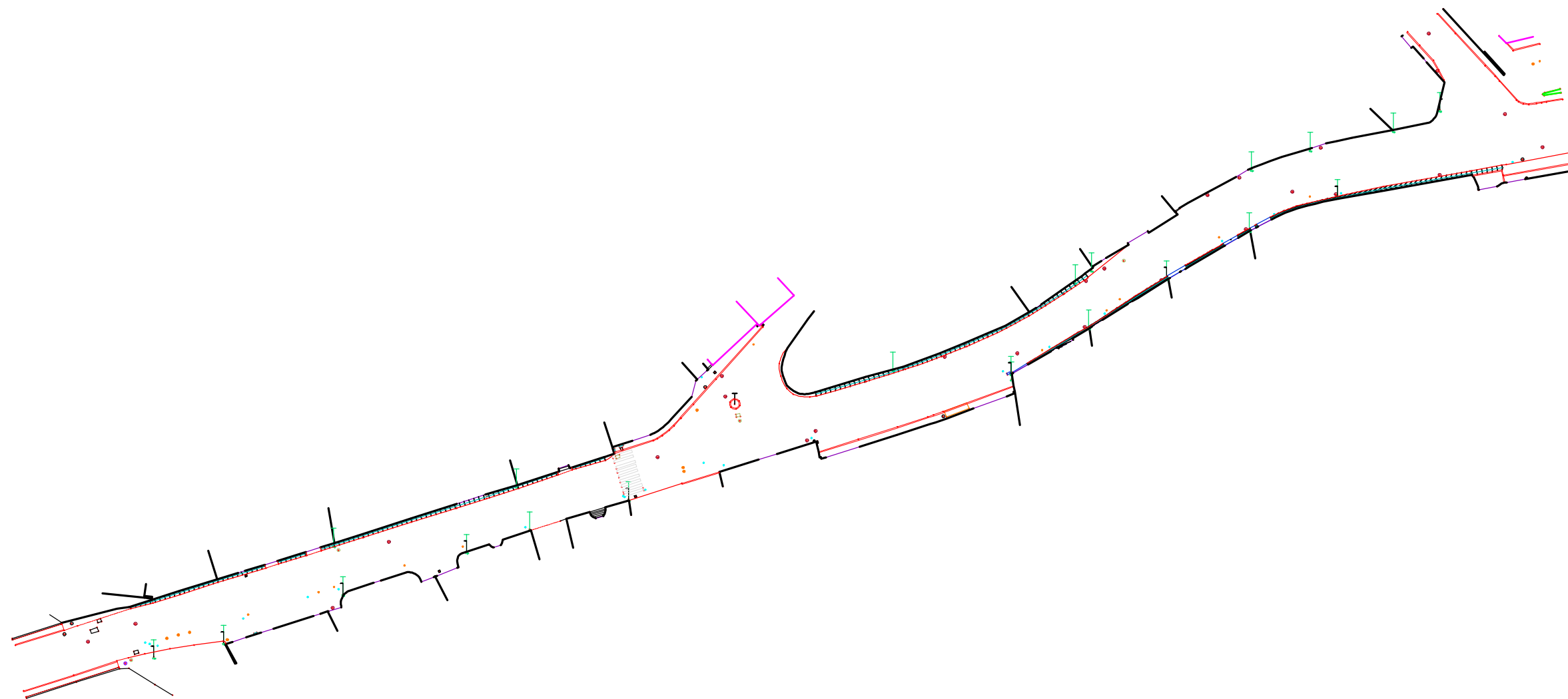
## Planta Topográfica

Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento

### Rua de Carboil – Travanca



Escala | 1/1000



Requerente | Junta de Freguesia

Engenheiro | Maria Carvalho

Data | abril 2023

As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(-is).

**Legenda |**

<b>Proposta do Estudo de Alinhamento</b>	<b>Levantamento Topográfico</b>	
<span style="color: red;">—</span> Alinhamento Reto	<span style="color: red;">—</span> Lancel	<span style="color: red;">—</span> Rodovia
<span style="color: blue;">—</span> Concordância	<span style="color: black;">—</span> Muros	<span style="color: red;">—</span> Cadastro
	<span style="color: magenta;">—</span> Edificação	<span style="color: green;">—</span> Taludes
	<span style="color: black;">—</span> Eixo de Via	<span style="color: cyan;">—</span> Cursos de Água

A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como dinâmico o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervirpara os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).

santa maria da feira câmara municipal

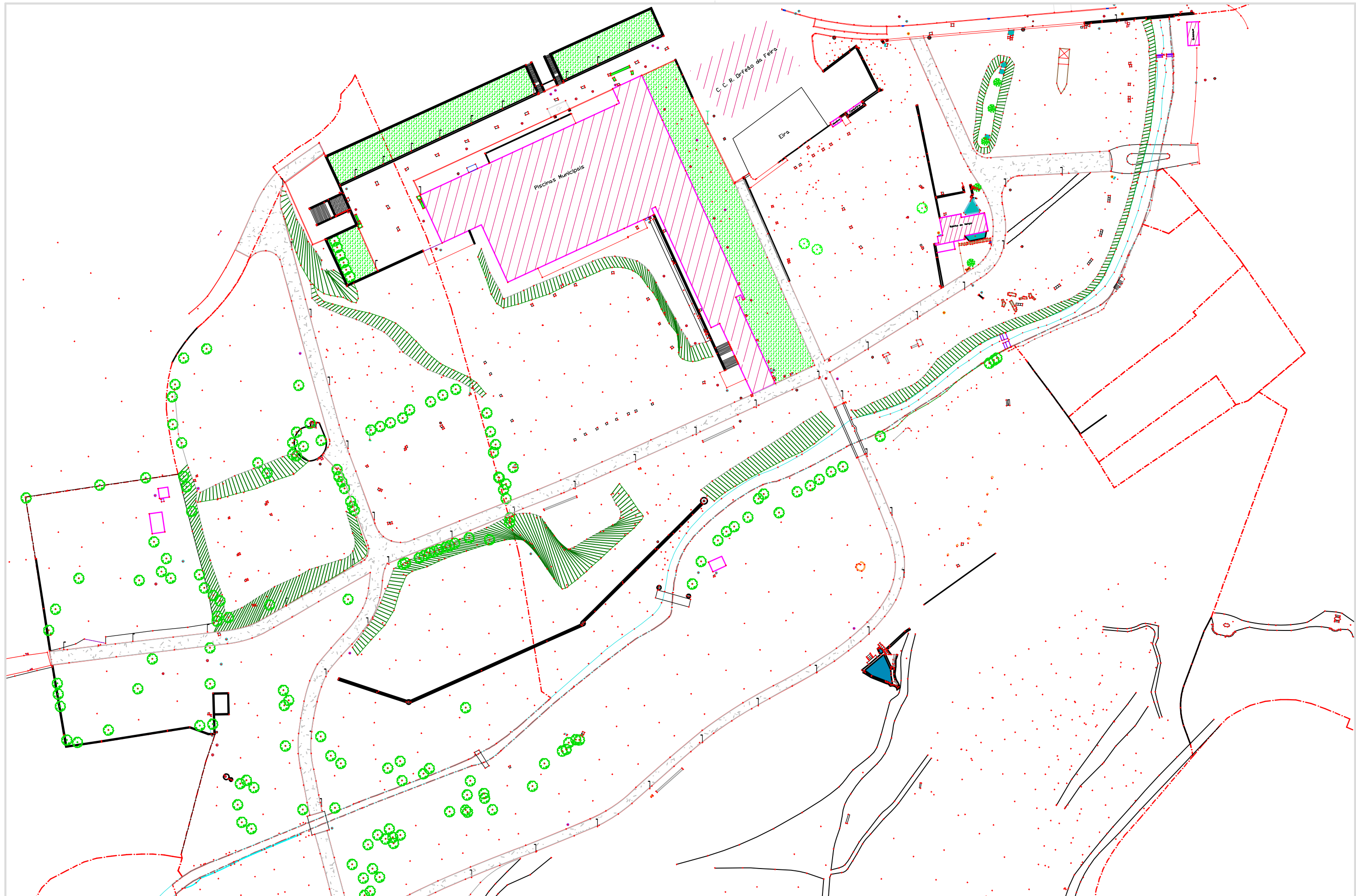
Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade

Divisão de Topografia e Informação Geográfica

## Planta Topográfica

Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento  
Rua Principal – Canedo

Escala | 1/1000



Requerente | Junta de Freguesia

Engenheiro | Maria Carvalho

Data | julho 2023

As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(-is).

Legenda		Levantamento Topográfico	
Proposta do Estudo de Alinhamento		— Lancil	— Rodovia
— Alinhamento Reto	— Concordância	— Muros	— Cadastro
		— Edificação	— Taludes
		— Eixo de Via	— Cursos de Água

A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como dinâmico o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervir para os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).

santa maria da feira câmara municipal

Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade

Divisão de Topografia e Informação Geográfica

## Planta Topográfica

Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento

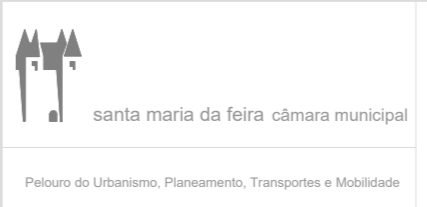
### Parque das Guimbras – Santa Maria da Feira

Escala | 1/1000



Requerente | Junta de Freguesia  
 Engenheiro | Maria Carvalho  
 Data | julho 2023

- Legenda |
- |                                   |                          |                |
|-----------------------------------|--------------------------|----------------|
| Proposta do Estudo de Alinhamento | Levantamento Topográfico | Rodovia        |
| Alinhamento Reto                  | Lanceil                  | Cadastral      |
| Concordância                      | Muros                    | Taludes        |
|                                   | Edificação               | Cursos de Água |
|                                   | Etixo de Via             |                |



Divisão de Topografia e Informação Geográfica  
**Planta Topográfica**  
 Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento  
 Parque das Guimbras – Santa Maria da Feira



As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) urbanístico(s) aplicad(o)s.

A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como definitivo o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervir para os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).

Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade



Requerente | Junta de Freguesia

Engenheiro | Maria Carvalho

Data | maio 2023

Legenda |

Proposta do Estudo de Alinhamento	Levantamento Topográfico	
<span style="color: cyan;">—</span> Alinhamento Reto	<span style="color: red;">—</span> Lancil	<span style="color: red;">—</span> Rodovia
<span style="color: blue;">—</span> Concordância	<span style="color: black;">—</span> Muros	<span style="color: red;">- - -</span> Cadastro
	<span style="color: magenta;">—</span> Edificação	<span style="color: green;">—</span> Taludes
	<span style="color: black;">—</span> Eixo de Via	<span style="color: cyan;">—</span> Cursos de Água



santa maria da feira câmara municipal

Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade

Divisão de Topografia e Informação Geográfica

## Planta Topográfica

Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento

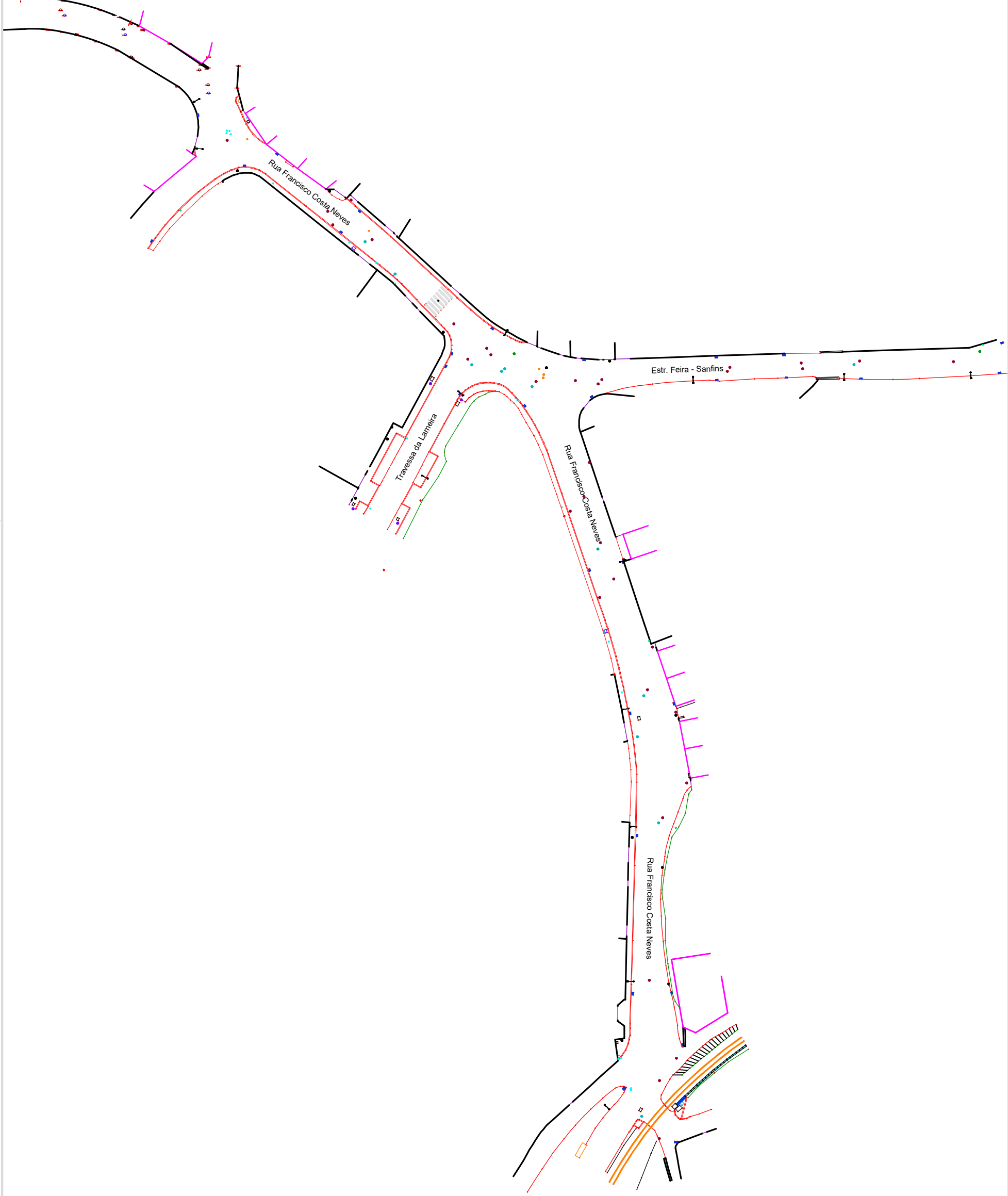
### Rua Ferreira Castro – Santa Maria da Feira



Escala | 1/1000

As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(-is).

A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como dinâmico o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervir para os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).



Escala | 1/1000

Divisão de Topografia e Informação Geográfica

## Planta Topográfica

Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento

Rua Francisco Costa Neves – Santa Maria da Feira



santa maria da feira câmara municipal

Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade

### Legenda |

Proposta do Estudo de Alinhamento

- Alinhamento Reto
- Concordância

Levantamento Topográfico

- Lanceil
- Muros
- Edificação
- Eixo de Via
- Rodovia
- Cadastro
- Taludes
- Cursos de Água

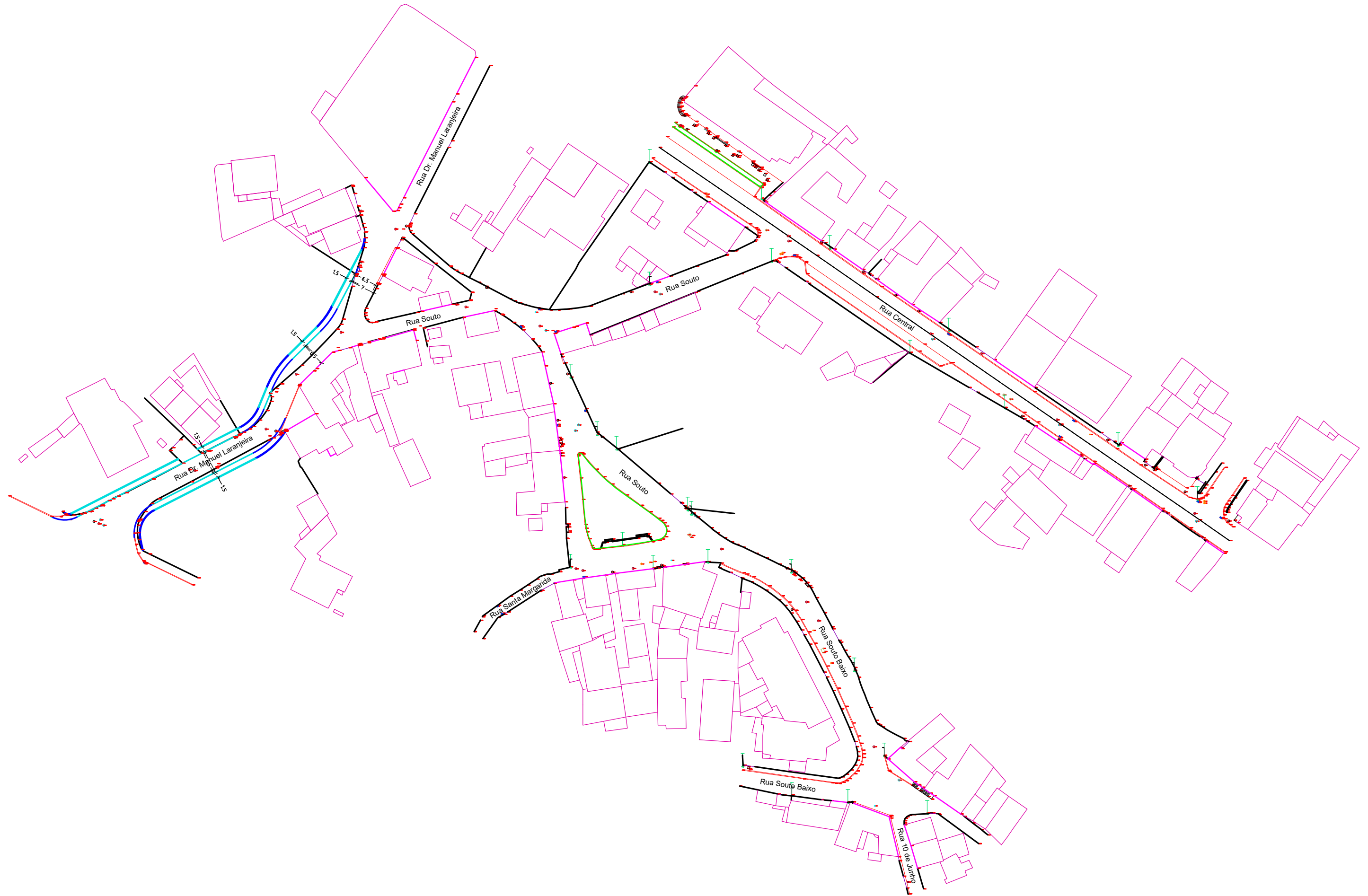
Requerente | Junta de Freguesia



Engenheiro | Maria Carvalho

Data | maio 2023

As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(aveis).

A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como definitivo o estudo de alinhamento e de alterar, caso consider necessário, a área a intervir para os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).



Requerente   Junta de Freguesia	<b>Legenda  </b> Proposta do Estudo de Alinhamento Alinhamento Reto Concordância	Levantamento Topográfico Lancil Muros Edificação Eixo de Via	Divisão de Topografia e Informação Geográfica <b>Planta Topográfica</b> Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento Rua Central e Rua de Souto – Mozelos
Engenheiro   Maria Carvalho	Rodovia Cadastro Taludes Cursos de Água	 santa maria da feira câmara municipal	
Data   julho 2023	As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(-is). A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como dinâmico o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervir para os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).		Pelouro de Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade Escala   1/1000



Requerente | Junta de Freguesia

Engenheiro | Maria Carvalho

Data | julho 2023

Legenda |

Proposta do Estudo de Alinhamento

- Alinhamento Reto
- Concordância

Levantamento Topográfico

- Lancel
- Muros
- Edificação
- Eixo de Via
- Rodovia
- Cadastro
- Taludes
- Cursos de Água



santa maria da feira câmara municipal

Pelouro do Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade

Divisão de Topografia e Informação Geográfica

## Planta Topográfica

Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento

Rua do Shopping – São João de Vêr



Escala | 1/500

As áreas afectas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer de todo(s) o(s) processo(s) Urbanístico(s) aplicável(-is).

A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira salvaguarda o direito de definir como dinâmico o estudo de alinhamentos e de alterar, caso consider necessário, a área a intervirpara os fins que determinar como apropriado (Estacionamento, Passeio, entre outros).



Escala | 1/1000

Divisão de Topografia e Informação Geográfica

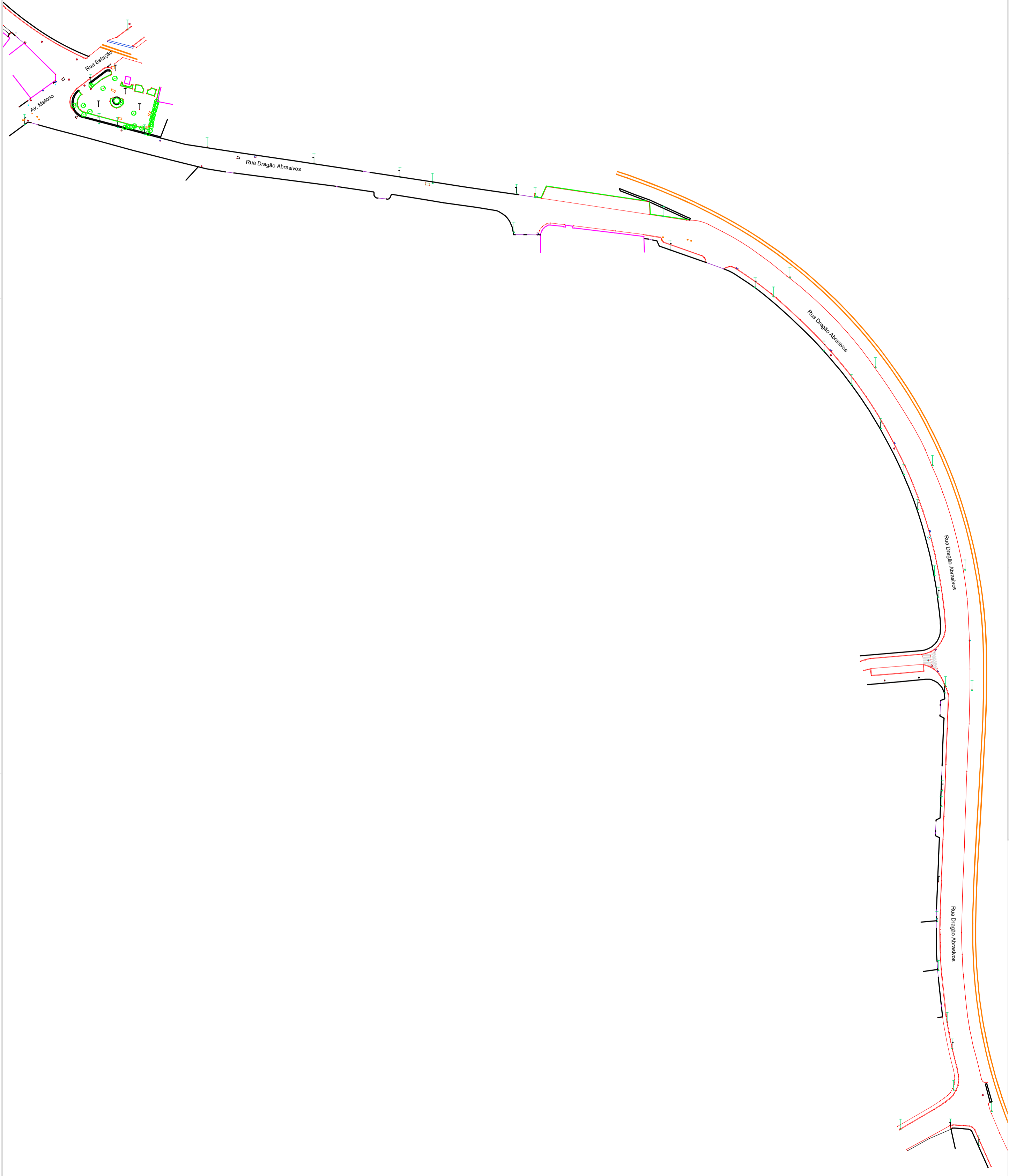
### Planta Topográfica

Levantamento Topográfico com Estudo de Alinhamento  
Rua Dragão Abrasivos – Paços de Brandão



Santa Maria da Feira Câmara Municipal

Plano de Urbanismo, Planeamento, Transportes e Mobilidade



#### Legenda |

Proposta do Estudo de Alinhamento

- Alinhamento Rêto
- Concordância

Levantamento Topográfico

- Lanceis
- Muros
- Edifícios
- Eixo de Via
- Rotovia
- Cadastro
- Taludes
- Curso de Água

Requerente | Junta de Freguesia

Engenheiro | Maria Carvalho

Data | Julho 2023

As áreas afetadas a este Estudo de Alinhamento podem sofrer alterações no decorrer do processo de Urbanização (Urbanização) (após a aprovação do plano de urbanismo). A Câmara Municipal de Santa Maria da Feira assina e aprova este estudo de alinhamento e o plano de urbanismo necessário, à luz da legislação em vigor, para a realização do plano de urbanismo (Urbanização) (após a aprovação do plano de urbanismo).

# Anexos

## ReNEP

Os produtos disponibilizados pela ReNEP:

**PORTA 2101** - produtos "**Base Única Manual**" das Estações Permanentes GNSS em **RTCM3.x** (GPS + GLONASS)

Mount Point	Localidade
AGU1	Águeda
AMA1	Amareleja
ARRD	Arruda dos Vinhos
AVI1	Avis
BAIO	Baião
BEJ_	Beja
BNA1	Benafim
BORB	Borba
BOT1	Boticas
BRAG	Braga
BRGN	Bragança
CASC	Cascais
CBRA	Castelo Branco
CRNH	Caldas da Rainha
EDVD	S. João da Madeira
ENTM	Entroncamento
FAJ1	Fajão
FCOA	Foz Côa
FLRS	Flores
FRNS	Furnas
FUNC	Funchal
FVF1	Foros de Vale Figueira
GAIA	Gaia
GRI1	Glória do Ribatejo
GUAD	Guarda
IGPO	Lisboa
LAGO	Lagos
LEIR	Leiria
MELR	Melriça
MERT	Mértola
MES1	Messejana
MIRA	Mirandela
MOGD	Mogadouro
MVEL	Montemor-o-Velho
ODEM	Odemira
PCO2	Paredes de Coura

<b>PDEL</b>	Ponta Delgada
<b>PLG1</b>	Portalegre
<b>PMLA</b>	Palmela
<b>PNM1</b>	Penamacor
<b>SCAC</b>	Santiago do Cacém
<b>SMA2</b>	São Manços
<b>TAB1</b>	Tabuaço
<b>TAVI</b>	Tavira
<b>TERC</b>	Terceira
<b>TRRA</b>	Torrão
<b>VSEU</b>	Viseu

**PORTA 2102** - produtos "Base Única Manual" das Estações Permanentes GNSS em **RTCM3 MSM5** (GPS + GLONASS + GALILEO)

Mount Point	Localidade	
<b>AGU1</b>	Águeda	(*) + BEIDOU
<b>AMA1</b>	Amareleja	(*) + BEIDOU
<b>ARRD</b>	Arruda dos Vinhos	
<b>AVI1</b>	Avis	
<b>BAIO</b>	Baião	(*) + BEIDOU
<b>BEJ_</b>	Beja	(*) + BEIDOU
<b>BNA1</b>	Benafim	(*) + BEIDOU
<b>BORB</b>	Borba	(*) + BEIDOU
<b>BOT1</b>	Boticas	(*) + BEIDOU
<b>BRAG</b>	Braga	
<b>BRGN</b>	Bragança	(*) + BEIDOU
<b>CASC</b>	Cascais	
<b>CBRA</b>	Castelo Branco	
<b>ENTM</b>	Entroncamento	(*) + BEIDOU
<b>FAJ1</b>	Fajão	(*) + BEIDOU
<b>FCOA</b>	Foz Côa	
<b>FLRS</b>	Flores	
<b>FUNC</b>	Funchal	
<b>FVF1</b>	Foros de Vale Figueira	(*) + BEIDOU
<b>GAIA</b>	Gaia	
<b>GRI1</b>	Glória do Ribatejo	(*) + BEIDOU
<b>GUAD</b>	Guarda	(*) + BEIDOU
<b>IGPO</b>	Lisboa	(*) + BEIDOU
<b>LAGO</b>	Lagos	
<b>MELR</b>	Melriça	
<b>MERT</b>	Mértola	(*) + BEIDOU

<b>MES1</b>	Messejana	(* ) + BEIDOU
<b>MIRA</b>	Mirandela	(* ) + BEIDOU
<b>MOGD</b>	Mogadouro	(* ) + BEIDOU
<b>MVEL</b>	Montemor-o-Velho	
<b>PCO2</b>	Paredes de Coura	(* ) + BEIDOU
<b>PDEL</b>	Ponta Delgada	
<b>PLG1</b>	Portalegre	
<b>PNM1</b>	Penamacor	(* ) + BEIDOU
<b>SCAC</b>	Santiago do Cacém	(* ) + BEIDOU
<b>SMA2</b>	São Manços	(* ) + BEIDOU
<b>TAB1</b>	Tabuaço	(* ) + BEIDOU
<b>TAVI</b>	Tavira	
<b>TRRA</b>	Torrão	(* ) + BEIDOU
<b>VSEU</b>	Viseu	(* ) + BEIDOU

**PORTA 2106** - produtos "Estação mais Próxima"

**Mount Point Produto (Nearest Site)**


<b>NSRT23</b>	NS RTCM2.3 (GPS + GLONASS)
<b>NSRT</b>	NS RTCM3 (GPS + GLONASS)
<b>NSR5</b>	NS RTCM3 MSM5 (GPS + GLONASS + GALILEO + BEIDOU)

**PORTA 2108** - produtos de "Correções de Rede"


**Mount Point Produto (Automatic Cells)**

<b>ACRT</b>	AC RTCM3 (GPS + GLONASS)
<b>ACR5</b>	AC RTCM3 MSM5 (GPS + GLONASS + GALILEO+BEIDOU)


## Certificado de conclusão de curso de Categoria Aberta da Subcategoria A1/A3 da ANAC




**EASA**  
European Aviation Safety Agency




**ANAC**  
Autoridade Nacional da Aviação Civil  
Portuguese Civil Aviation Authority



**A1-A3**  
OPEN  
SUB  
CATEGORY






**PT**

### Prova de conclusão da formação teórica online

PROOF OF COMPLETION OF THE ONLINE TRAINING



Nome (First name)	Apelido (Last name)
Maria	Pereira Carvalho
Número de registo (Identification number)	Data de validade (expiration date)
PRT-RP-521fccc6	24/08/28

## Relatório do processamento com todas as fotos

# Agisoft Metashape

Processing Report

26 June 2023



## Survey Data

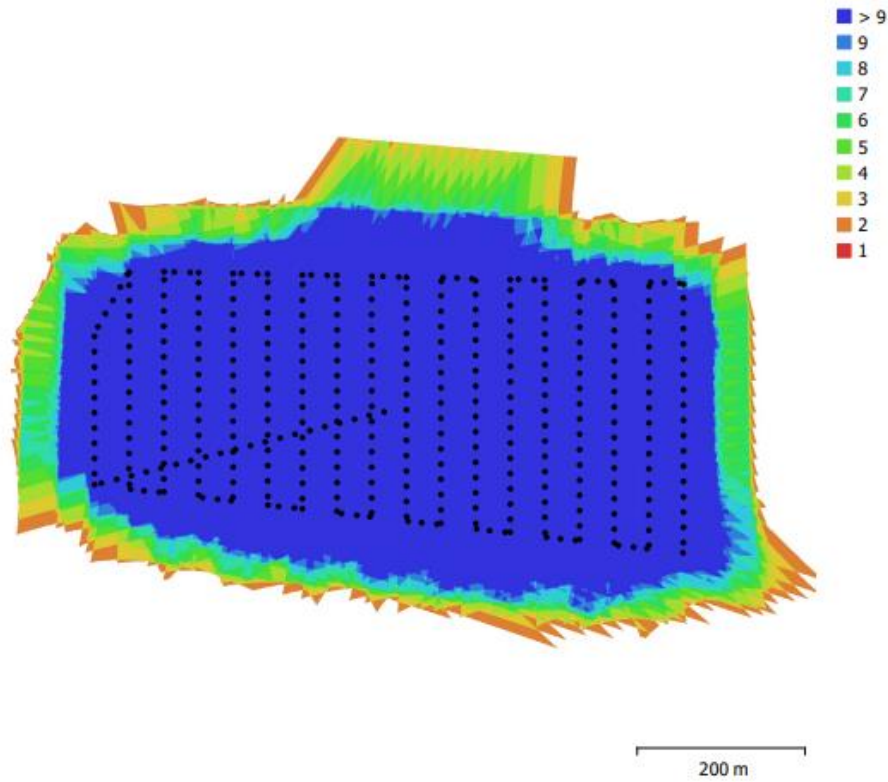


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	369	Camera stations:	369
Flying altitude:	104 m	Tie points:	228,388
Ground resolution:	2.51 cm/pix	Projections:	1,151,484
Coverage area:	0.423 km <sup>2</sup>	Reprojection error:	0.513 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC6310R (8.8mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 μm	Yes

Table 1. Cameras.

## Camera Calibration

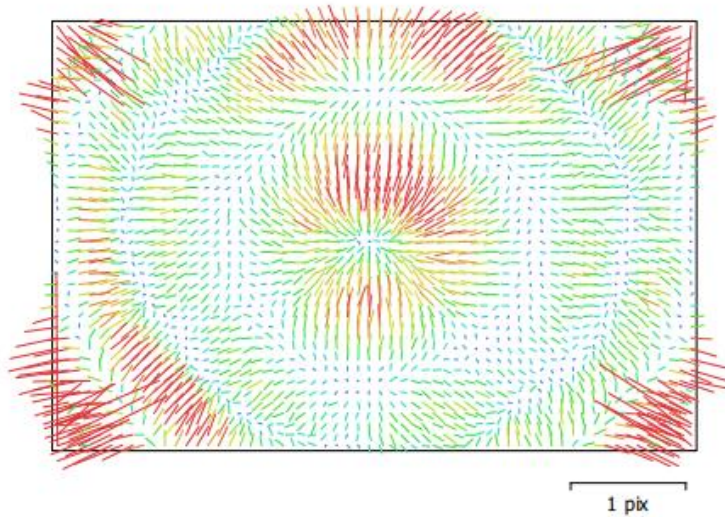


Fig. 2. Image residuals for FC6310R (8.8mm).

### FC6310R (8.8mm)

369 images, precalibrated

Type Resolution Focal Length Pixel Size  
**Frame 5472 x 3648 8.8 mm 2.41 x 2.41  $\mu$ m**

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
<b>F</b>	<b>3700.25</b>	0.022	1.00	0.04	-0.09	-0.52	0.32	-0.26	-0.06	0.08
<b>Cx</b>	<b>-0.744845</b>	0.011		1.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.15	0.01
<b>Cy</b>	<b>-0.916904</b>	0.0082			1.00	0.03	-0.02	0.02	-0.01	-0.08
<b>K1</b>	<b>-0.282003</b>	9.1e-06				1.00	-0.95	0.89	0.04	-0.04
<b>K2</b>	<b>0.122328</b>	1.8e-05					1.00	-0.98	-0.03	0.03
<b>K3</b>	<b>-0.0331978</b>	1.1e-05						1.00	0.03	-0.03
<b>P1</b>	<b>-0.000136093</b>	3.3e-07							1.00	0.04
<b>P2</b>	<b>0.000333321</b>	3.3e-07								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

# Camera Locations

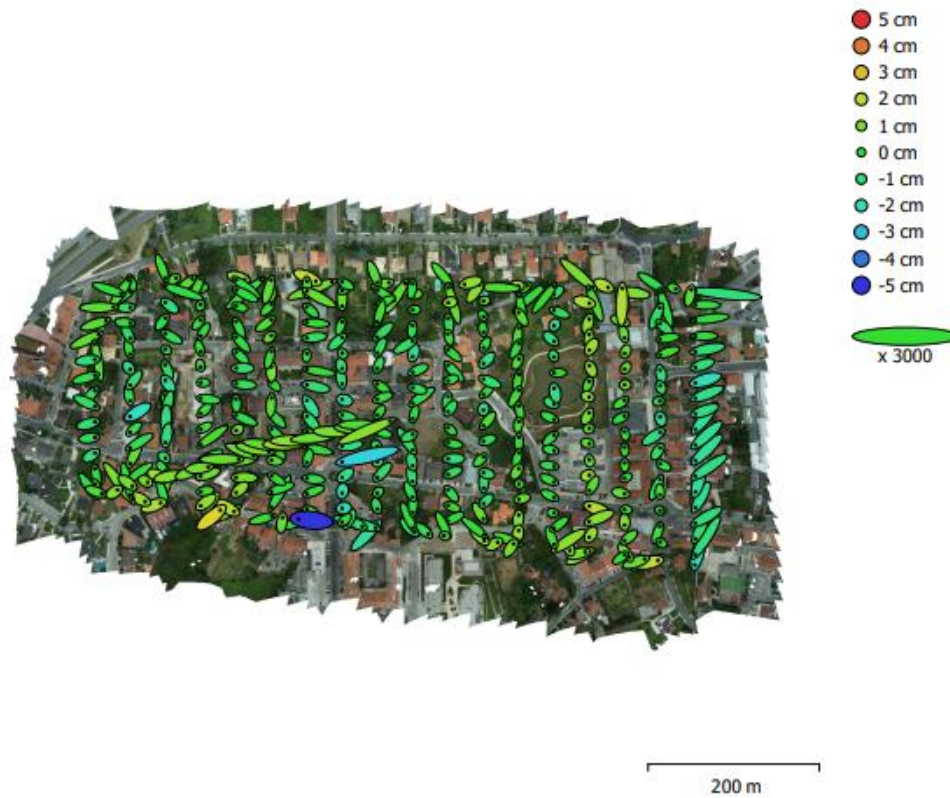


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.  
 Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total error (cm)
0.529716	0.40932	0.881709	0.669434	1.10705

Table 3. Average camera location error.  
 X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

## Digital Elevation Model

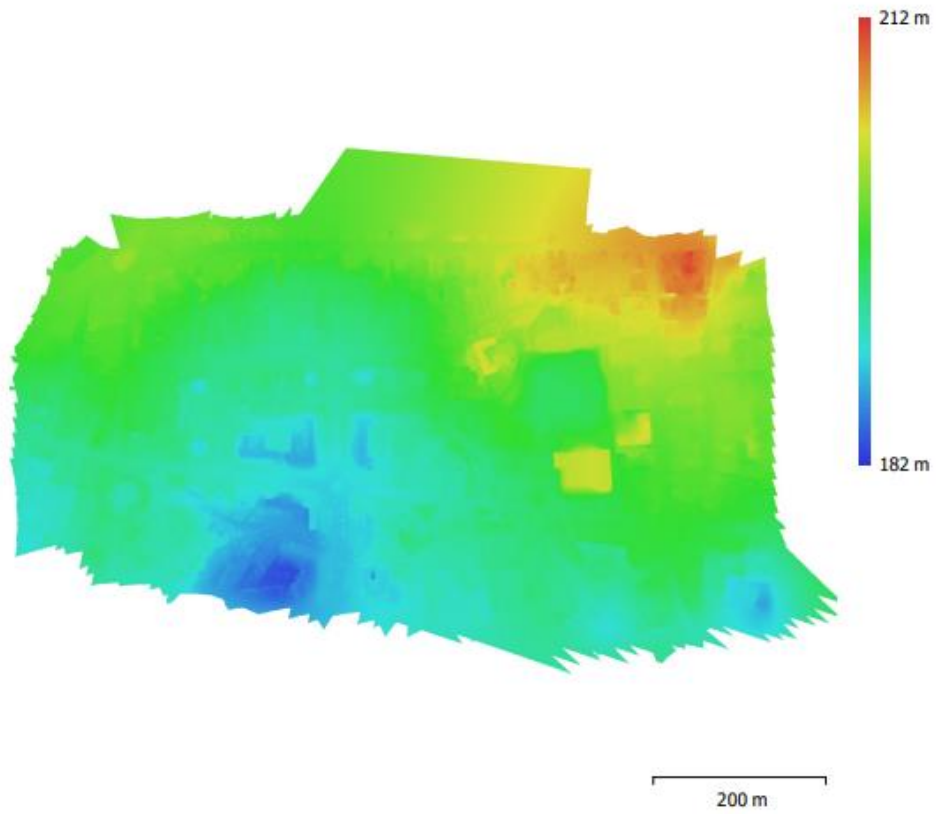


Fig. 4. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 5.02 cm/pix  
Point density: 397 points/m<sup>2</sup>

# Processing Parameters

<b>General</b>	
Cameras	369
Aligned cameras	369
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll
<b>Point Cloud</b>	
Points	228,388 of 295,910
RMS reprojection error	0.169059 (0.512837 pix)
Max reprojection error	0.619095 (6.12379 pix)
Mean key point size	2.8967 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	5.4797
<b>Alignment parameters</b>	
Accuracy	High
Generic preselection	No
Reference preselection	Source
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Exclude stationary tie points	Yes
Guided image matching	No
Adaptive camera model fitting	No
Matching time	8 minutes 26 seconds
Matching memory usage	1.72 GB
Alignment time	1 minutes 13 seconds
Alignment memory usage	306.25 MB
<b>Optimization parameters</b>	
Parameters	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	2 seconds
Software version	1.7.2.12070
File size	30.86 MB
<b>Depth Maps</b>	
Count	369
<b>Depth maps generation parameters</b>	
Quality	High
Filtering mode	Aggressive
Processing time	21 minutes 10 seconds
Memory usage	5.96 GB
Software version	1.7.2.12070
File size	2.76 GB
<b>Dense Point Cloud</b>	
Points	165,886,013
Point colors	3 bands, uint8
<b>Depth maps generation parameters</b>	
Quality	High
Filtering mode	Aggressive
Processing time	21 minutes 10 seconds
Memory usage	5.96 GB
<b>Dense cloud generation parameters</b>	

Processing time	23 minutes 17 seconds
Memory usage	15.58 GB
<b>Ground points classification parameters</b>	
Max angle (°)	15
Max distance (m)	1
Cell size (m)	20
Classification time	9 minutes 32 seconds
Classification memory usage	8.67 GB
Software version	1.7.2.12070
File size	3.01 GB
<b>DEM</b>	
Size	23,205 x 13,894
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
<b>Reconstruction parameters</b>	
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	1 minutes 12 seconds
Memory usage	400.91 MB
Software version	1.7.2.12070
File size	618.42 MB
<b>Orthomosaic</b>	
Size	38,187 x 24,014
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Colors	3 bands, uint8
<b>Reconstruction parameters</b>	
Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable hole filling	Yes
Enable ghosting filter	No
Processing time	9 minutes 32 seconds
Memory usage	6.66 GB
Software version	1.7.2.12070
File size	9.76 GB
<b>System</b>	
Software name	Agisoft Metashape Professional
Software version	1.7.2 build 12070
OS	Windows 64 bit
RAM	63.88 GB
CPU	AMD Ryzen Threadripper 3970X 32-Core Processor
GPU(s)	NVIDIA GeForce RTX 2080 Ti

## Relatório do processamento sem as fotos da fiada oblíqua

### Agisoft Metashape

Processing Report  
28 September 2023



## Survey Data

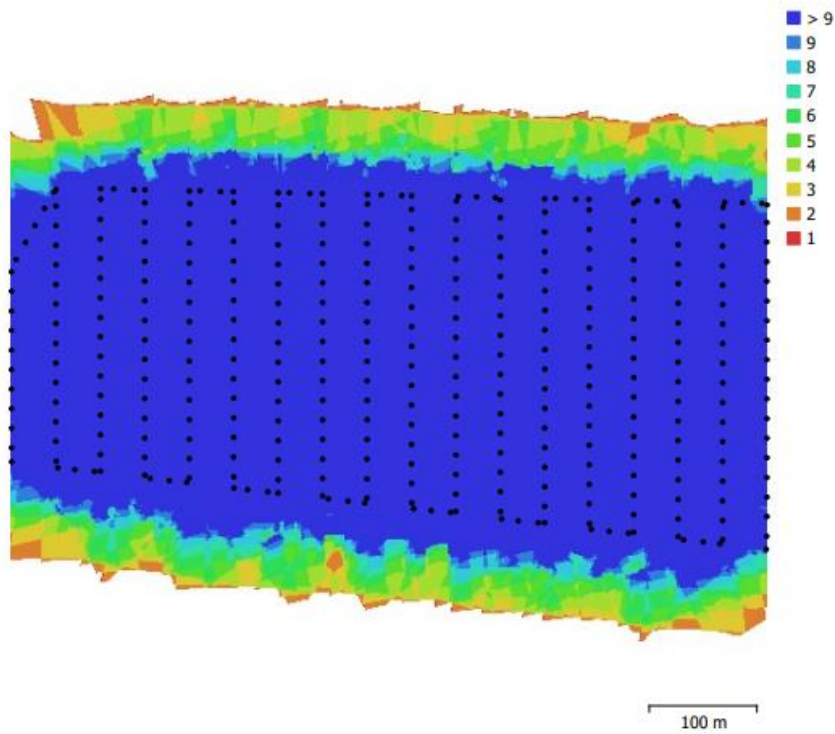


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	349	Camera stations:	349
Flying altitude:	94.6 m	Tie points:	227,363
Ground resolution:	2.57 cm/pix	Projections:	1,118,444
Coverage area:	0.319 km <sup>2</sup>	Reprojection error:	0.505 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC6310R (8.8mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 μm	Yes

Table 1. Cameras.

## Camera Calibration

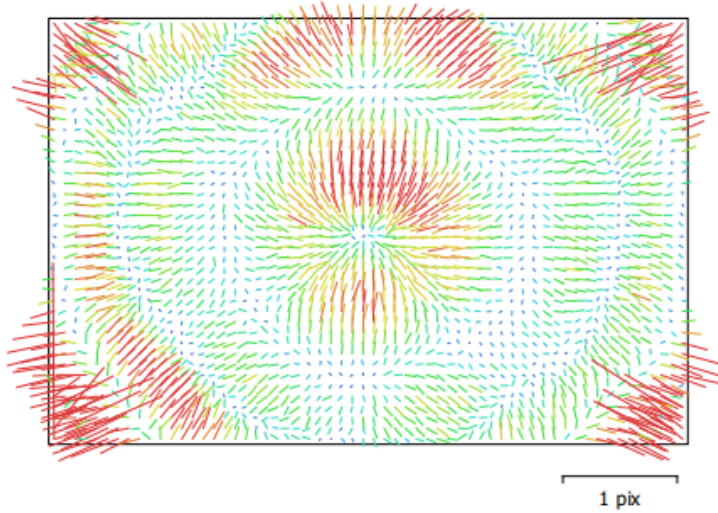


Fig. 2. Image residuals for FC6310R (8.8mm).

### FC6310R (8.8mm)

349 images, precalibrated

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
<b>Frame</b>	<b>5472 x 3648</b>	<b>8.8 mm</b>	<b>2.41 x 2.41 μm</b>

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
<b>F</b>	<b>3679.81</b>	0.51	1.00	0.69	-0.40	-0.99	0.97	-0.93	-0.81	0.56
<b>Cx</b>	<b>-1.16228</b>	0.015		1.00	-0.28	-0.69	0.67	-0.64	-0.50	0.39
<b>Cy</b>	<b>-0.767133</b>	0.0089			1.00	0.40	-0.39	0.37	0.31	-0.27
<b>K1</b>	<b>-0.27892</b>	7.7e-05				1.00	-0.99	0.96	0.81	-0.55
<b>K2</b>	<b>0.119702</b>	6.9e-05					1.00	-0.99	-0.78	0.54
<b>K3</b>	<b>-0.0321396</b>	2.9e-05						1.00	0.76	-0.52
<b>P1</b>	<b>-0.000114827</b>	5.8e-07							1.00	-0.43
<b>P2</b>	<b>0.000323105</b>	4e-07								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

## Camera Locations



Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.  
Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total error (cm)
0.531441	0.45631	0.919699	0.700463	1.15607

Table 3. Average camera location error.  
X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

## Digital Elevation Model

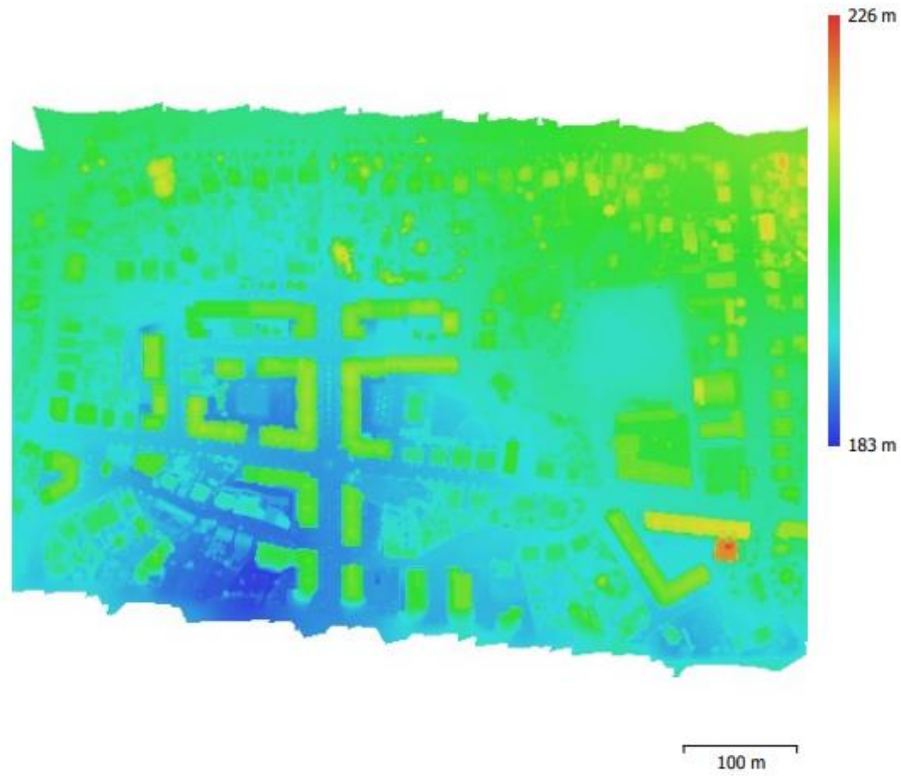


Fig. 4. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 4.89 cm/pix  
Point density: 418 points/m<sup>2</sup>

# Processing Parameters

## General

Cameras	349
Aligned cameras	349
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

## Tie Points

Points	227,363 of 289,974
RMS reprojection error	0.168542 (0.505169 pix)
Max reprojection error	0.596662 (6.10548 pix)
Mean key point size	2.87456 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	5.30143

## Alignment parameters

Accuracy	High
Generic preselection	No
Reference preselection	Source
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Exclude stationary tie points	Yes
Guided image matching	No
Adaptive camera model fitting	No
Matching time	14 minutes 45 seconds
Matching memory usage	1.65 GB
Alignment time	1 minutes 8 seconds
Alignment memory usage	277.58 MB

## Optimization parameters

Parameters	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	4 seconds
Date created	2022:06:30 09:32:32
Software version	1.7.2.12070
File size	29.54 MB

## DEM

Size	23,878 x 14,190
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)

## Reconstruction parameters

Source data	Point cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	1 minutes 15 seconds
Memory usage	372.42 MB
Date created	2022:06:30 11:17:51
Software version	1.7.2.12070
File size	607.12 MB

## System

Software name	Agisoft Metashape Professional
Software version	2.0.2 build 16404
OS	Windows 64 bit
RAM	63.88 GB
CPU	AMD Ryzen Threadripper 3970X 32-Core Processor

## Pontos de apoio fotogramétricos

Pontos de apoio fotogramétrico																											
<p>P1 - Sargeta</p> <p>East: -35059.974 m North: 139733.461 m Elev: 139.617 m</p> 	<p>P2 - Sargeta</p> <p>East: -35067.883 m North: 139761.779 m Elev: 140.156 m</p> 	<p>P3 - Sargeta</p> <p>East: -35076.622 m North: 139786.209 m Elev: 140.298 m</p> 	<p>P4 - Sargeta</p> <p>East: -35092.351 m North: 139806.476 m Elev: 141.672 m</p> 	<p>P5 - Sargeta</p> <p>East: -35120.391 m North: 139839.474 m Elev: 142.091 m</p> 	<p>P6 - Sargeta</p> <p>East: -35133.327 m North: 139841.234 m Elev: 141.833 m</p> 	<p>P7 - Sargeta</p> <p>East: -35177.859 m North: 139839.062 m Elev: 140.222 m</p> 	<p>P8 - Sargeta</p> <p>East: -35177.418 m North: 139822.977 m Elev: 139.373 m</p> 	<p>P9 - Sargeta</p> <p>East: -35176.686 m North: 139813.918 m Elev: 139.344 m</p> 	<p>P10 - Passadeira</p> <p>East: -35187.389 m North: 139863.014 m Elev: 141.205 m</p> 	<p>P11 - Passadeira</p> <p>East: -35053.316 m North: 139727.690 m Elev: 139.465 m</p> 	<p>P12 - Passadeira</p> <p>East: -34943.566 m North: 139708.826 m Elev: 141.626 m</p> 	<p>P13 - Passadeira</p> <p>East: -34930.814 m North: 139738.494 m Elev: 142.403 m</p> 	<p>P14 - Passadeira</p> <p>East: -34935.088 m North: 139875.457 m Elev: 146.382 m</p> 	<p>P15 - Passadeira</p> <p>East: -34941.642 m North: 139959.339 m Elev: 149.832 m</p> 	<p>P16 - Passadeira</p> <p>East: -35070.891 m North: 139966.159 m Elev: 148.885 m</p> 	<p>P17 - Passadeira</p> <p>East: -35135.423 m North: 139941.259 m Elev: 145.871 m</p> 	<p>P18 - Passadeira</p> <p>East: -35239.578 m North: 139904.402 m Elev: 139.155 m</p> 	<p>P19 - Passadeira</p> <p>East: -35327.020 m North: 139854.865 m Elev: 136.909 m</p> 	<p>P20 - Passadeira</p> <p>East: -35446.876 m North: 139840.912 m Elev: 137.240 m</p> 	<p>P21 - Passadeira</p> <p>East: -35546.961 m North: 139991.307 m Elev: 144.329 m</p> 	<p>P22 - Passadeira</p> <p>East: -35545.922 m North: 139906.088 m Elev: 141.999 m</p> 	<p>P23 - Passadeira</p> <p>East: -35563.253 m North: 139795.179 m Elev: 138.276 m</p> 	<p>P24 - Passadeira</p> <p>East: -35570.266 m North: 139694.972 m Elev: 137.809 m</p> 	<p>P25 - Passadeira</p> <p>East: -35318.133 m North: 139681.908 m Elev: 132.855 m</p> 	<p>P26 - Passadeira</p> <p>East: -35293.220 m North: 139749.533 m Elev: 134.204 m</p> 		
<p>P9 - Sargeta</p> <p>East: -35176.686 m North: 139813.918 m Elev: 139.344 m</p> 	<p>P10 - Passadeira</p> <p>East: -35187.389 m North: 139863.014 m Elev: 141.205 m</p> 	<p>P11 - Passadeira</p> <p>East: -35053.316 m North: 139727.690 m Elev: 139.465 m</p> 	<p>P12 - Passadeira</p> <p>East: -34943.566 m North: 139708.826 m Elev: 141.626 m</p> 	<p>P13 - Passadeira</p> <p>East: -34930.814 m North: 139738.494 m Elev: 142.403 m</p> 	<p>P14 - Passadeira</p> <p>East: -34935.088 m North: 139875.457 m Elev: 146.382 m</p> 	<p>P15 - Passadeira</p> <p>East: -34941.642 m North: 139959.339 m Elev: 149.832 m</p> 	<p>P16 - Passadeira</p> <p>East: -35070.891 m North: 139966.159 m Elev: 148.885 m</p> 	<p>P17 - Passadeira</p> <p>East: -35135.423 m North: 139941.259 m Elev: 145.871 m</p> 	<p>P18 - Passadeira</p> <p>East: -35239.578 m North: 139904.402 m Elev: 139.155 m</p> 	<p>P19 - Passadeira</p> <p>East: -35327.020 m North: 139854.865 m Elev: 136.909 m</p> 	<p>P20 - Passadeira</p> <p>East: -35446.876 m North: 139840.912 m Elev: 137.240 m</p> 	<p>P21 - Passadeira</p> <p>East: -35546.961 m North: 139991.307 m Elev: 144.329 m</p> 	<p>P22 - Passadeira</p> <p>East: -35545.922 m North: 139906.088 m Elev: 141.999 m</p> 	<p>P23 - Passadeira</p> <p>East: -35563.253 m North: 139795.179 m Elev: 138.276 m</p> 	<p>P24 - Passadeira</p> <p>East: -35570.266 m North: 139694.972 m Elev: 137.809 m</p> 	<p>P25 - Passadeira</p> <p>East: -35318.133 m North: 139681.908 m Elev: 132.855 m</p> 	<p>P26 - Passadeira</p> <p>East: -35293.220 m North: 139749.533 m Elev: 134.204 m</p> 										
<p>P13 - Passadeira</p> <p>East: -34930.814 m North: 139738.494 m Elev: 142.403 m</p> 	<p>P14 - Passadeira</p> <p>East: -34935.088 m North: 139875.457 m Elev: 146.382 m</p> 	<p>P15 - Passadeira</p> <p>East: -34941.642 m North: 139959.339 m Elev: 149.832 m</p> 	<p>P16 - Passadeira</p> <p>East: -35070.891 m North: 139966.159 m Elev: 148.885 m</p> 	<p>P17 - Passadeira</p> <p>East: -35135.423 m North: 139941.259 m Elev: 145.871 m</p> 	<p>P18 - Passadeira</p> <p>East: -35239.578 m North: 139904.402 m Elev: 139.155 m</p> 	<p>P19 - Passadeira</p> <p>East: -35327.020 m North: 139854.865 m Elev: 136.909 m</p> 	<p>P20 - Passadeira</p> <p>East: -35446.876 m North: 139840.912 m Elev: 137.240 m</p> 	<p>P21 - Passadeira</p> <p>East: -35546.961 m North: 139991.307 m Elev: 144.329 m</p> 	<p>P22 - Passadeira</p> <p>East: -35545.922 m North: 139906.088 m Elev: 141.999 m</p> 	<p>P23 - Passadeira</p> <p>East: -35563.253 m North: 139795.179 m Elev: 138.276 m</p> 	<p>P24 - Passadeira</p> <p>East: -35570.266 m North: 139694.972 m Elev: 137.809 m</p> 	<p>P25 - Passadeira</p> <p>East: -35318.133 m North: 139681.908 m Elev: 132.855 m</p> 	<p>P26 - Passadeira</p> <p>East: -35293.220 m North: 139749.533 m Elev: 134.204 m</p> 														
<p>P17 - Passadeira</p> <p>East: -35135.423 m North: 139941.259 m Elev: 145.871 m</p> 	<p>P18 - Passadeira</p> <p>East: -35239.578 m North: 139904.402 m Elev: 139.155 m</p> 	<p>P19 - Passadeira</p> <p>East: -35327.020 m North: 139854.865 m Elev: 136.909 m</p> 	<p>P20 - Passadeira</p> <p>East: -35446.876 m North: 139840.912 m Elev: 137.240 m</p> 	<p>P21 - Passadeira</p> <p>East: -35546.961 m North: 139991.307 m Elev: 144.329 m</p> 	<p>P22 - Passadeira</p> <p>East: -35545.922 m North: 139906.088 m Elev: 141.999 m</p> 	<p>P23 - Passadeira</p> <p>East: -35563.253 m North: 139795.179 m Elev: 138.276 m</p> 	<p>P24 - Passadeira</p> <p>East: -35570.266 m North: 139694.972 m Elev: 137.809 m</p> 	<p>P25 - Passadeira</p> <p>East: -35318.133 m North: 139681.908 m Elev: 132.855 m</p> 	<p>P26 - Passadeira</p> <p>East: -35293.220 m North: 139749.533 m Elev: 134.204 m</p> 																		
<p>P21 - Passadeira</p> <p>East: -35546.961 m North: 139991.307 m Elev: 144.329 m</p> 	<p>P22 - Passadeira</p> <p>East: -35545.922 m North: 139906.088 m Elev: 141.999 m</p> 	<p>P23 - Passadeira</p> <p>East: -35563.253 m North: 139795.179 m Elev: 138.276 m</p> 	<p>P24 - Passadeira</p> <p>East: -35570.266 m North: 139694.972 m Elev: 137.809 m</p> 	<p>P25 - Passadeira</p> <p>East: -35318.133 m North: 139681.908 m Elev: 132.855 m</p> 	<p>P26 - Passadeira</p> <p>East: -35293.220 m North: 139749.533 m Elev: 134.204 m</p> 																						
<p>P25 - Passadeira</p> <p>East: -35318.133 m North: 139681.908 m Elev: 132.855 m</p> 	<p>P26 - Passadeira</p> <p>East: -35293.220 m North: 139749.533 m Elev: 134.204 m</p> 																										

## Layers utilizadas pelo município para desenho CAD

Layer Name	Color	Linetype	On/Off	Lock/U...	Freeze/Th...	Lineweight	Transp...	Material	Print Style	Print	Description
✓ 0	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— Default	0	Global	Color_7	🖨️	
CN_TEXTO	10	Continuous	🔆	🔒	☀️	— Default	0	Global	Color_10	🖨️	
CRT_COORDENADAS	251	Continuous	🔆	🔒	☀️	— Default	0	Global	Color_251	🖨️	
CRT_EDIFICACAO	222	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.15 m...	0	Global	Color_222	🖨️	
CRT_LIMFREG	252	BORDER	🔆	🔒	☀️	— Default	0	Global	Color_252	🖨️	
CRT_MUROS	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.15 m...	0	Global	Color_7	🖨️	
Defpoints	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— Default	0	Global	Color_7	🖨️	
LT_ARVORES	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— Default	0	Global	Color_7	🖨️	ARVORES NA VIA PUBLICA
LT_CADASTRO	red	(Divide)	🔆	🔒	☀️	— 0.53 m...	0	Global	Color_1	🖨️	CADASTRO PROPRIEDADE
LT_CAMINHOTERRA	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— Default	0	Global	Color_7	🖨️	
LT_CAMPOJOGOS	18	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_18	🖨️	
LT_CANEIRO	blue	DOT8	🔆	🔒	☀️	— 0.00 m...	0	Global	Color_5	🖨️	MEIA CANA OU CONDUTOR DE ...
LT_COTAALTIMETRICA	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_7	🖨️	PONTOS COM COTA ALTIMETRI...
LT_COTABEIRAL	mag...	DOT8	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_6	🖨️	ALTURA/COTA DO BEIRAL
LT_COTASOLEIRA	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.13 m...	0	Global	Color_7	🖨️	COTA DA SOLEIRA
LT_CURVAMESTRA	26	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_26	🖨️	CURVA DE NIVEL MESTRA
LT_CURVASECUNDARIA	32	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.13 m...	0	Global	Color_32	🖨️	CURVA DE NIVEL SECUNDARIA
LT_DEPOSITO	blue	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.13 m...	0	Global	Color_5	🖨️	DEPOSITO DE AGUA
LT_EDIFICACAO	mag...	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.30 m...	0	Global	Color_6	🖨️	EDIFICIOS E ANEXOS
LT_EIXOVIA	white	DASHED4	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_7	🖨️	EIXO DE VIA
LT_EQUIPAMENTO	30	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_30	🖨️	Escolas, pavilhões desportivos, i...
LT_ESCADARIA	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_7	🖨️	Escadarias na via pública
LT_ESPESURAMUROS	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.13 m...	0	Global	Color_7	🖨️	ESPESURA DO MURO
LT_ESTACAO TOPOGRAFI...	244	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_244	🖨️	ESTACAO TOPOGRAFICA
LT_ESTACIONAMENTO	254	Continuous	🔆	🔒	☀️	— Default	0	Global	Color_254	🖨️	
LT_FERROVIA	30	(Divide)	🔆	🔒	☀️	— 0.35 m...	0	Global	Color_30	🖨️	LINHA DO VOUGA, TRILHOS
LT_LANCIL	red	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.05 m...	0	Global	Color_1	🖨️	LANCIL OU PASSEIO
LT_LEGENDA	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_7	🖨️	
LT_LINHABRANCABERMA	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_7	🖨️	LINHA BRANCA DA BERMA DA ...
LT_LOTES	white	DOT8	🔆	🔒	☀️	— 0.30 m...	0	Global	Color_7	🖨️	LOTES/LOTEAMENTOS
LT_MARCOPROPRIEDADE	red	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.30 m...	0	Global	Color_1	🖨️	MARCOS DE PROPRIEDADE
LT_MARGEMCURSOAGUA	cyan	DASHED2	🔆	🔒	☀️	— 0.30 m...	0	Global	Color_4	🖨️	MARGENS DE RIOS/RIBEIRAS
LT_MUROS	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.40 m...	0	Global	Color_7	🖨️	MUROS
LT_PARQUE_INFANTIL	190	Continuous	🔆	🔒	☀️	— Default	0	Global	Color_190	🖨️	
LT_PASSADEIRA	254	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.00 m...	0	Global	Color_254	🖨️	
LT_PISCINA	cyan	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.00 m...	0	Global	Color_4	🖨️	
LT_PLANODAGUA	132	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.00 m...	0	Global	Color_132	🖨️	AÇUDES, REPRESAS, TANQUES....
LT_PLATAFORMA	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.13 m...	0	Global	Color_7	🖨️	
LT_POCO	blue	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.13 m...	0	Global	Color_5	🖨️	POÇO
LT_PONTEVIADUTO	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.13 m...	0	Global	Color_7	🖨️	pontes/viadutos/ PS/PI
LT_PONTO	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.13 m...	0	Global	Color_7	🖨️	PONTO SEM COTA DEFINIDO
LT_PORTAO	204	DOT8	🔆	🔒	☀️	— 0.13 m...	0	Global	Color_204	🖨️	portões à face da via pública
LT_RAMPA	red	DASHED	🔆	🔒	☀️	— 0.00 m...	0	Global	Color_1	🖨️	
LT_REDE_INFRAESTRUTU...	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_7	🖨️	REDE INFRAESTRUTURAS GENER...
LT_RI_INDAQUA	144	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_144	🖨️	REDE INFRAESTRUTURAS AGUA I...
LT_RI_AGUA	130	Continuous	🔆	🔒	☀️	— Default	0	Global	Color_130	🖨️	
LT_RI_ARMARIO	134	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_134	🖨️	REDE INFRAESTRUTURAS - ARM...
LT_RI_BOCAINCENDIO	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— Default	0	Global	Color_7	🖨️	BOCA DE INCENDIO
LT_RI_CTT	96	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.00 m...	0	Global	Color_96	🖨️	
LT_RI_EE	190	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_190	🖨️	REDE INFRAESTRUTURAS ELETRI...
LT_RI_GAS	30	Continuous	🔆	🔒	☀️	— Default	0	Global	Color_30	🖨️	
LT_RI_PI	white	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.00 m...	0	Global	Color_7	🖨️	
LT_RI_PLUVIAIS	134	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_134	🖨️	REDE INFRAESTRUTURAS AGUAS...
LT_RI_PTL	112	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_112	🖨️	REDE INFRAESTRUTURAS POSTE ...
LT_RI_SAN	246	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_246	🖨️	REDE INFRAESTRUTURAS SANEA...
LT_RI_SARG	162	Continuous	🔆	🔒	☀️	— 0.20 m...	0	Global	Color_162	🖨️	REDE INFRAESTRUTURAS SARGE...

Estudo da aplicação de drones para elaboração de cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana

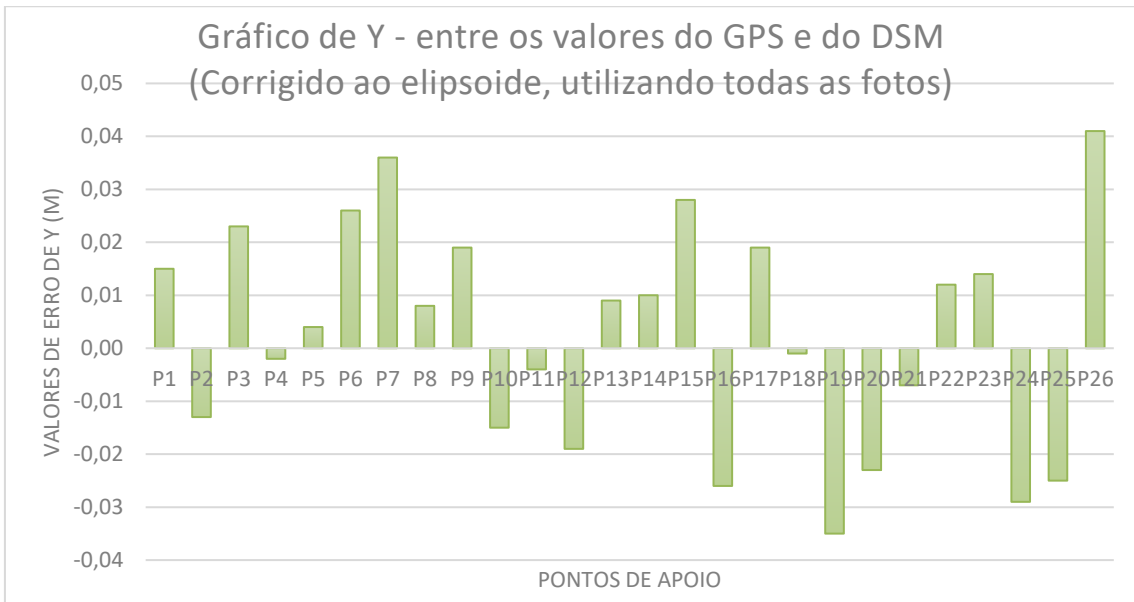
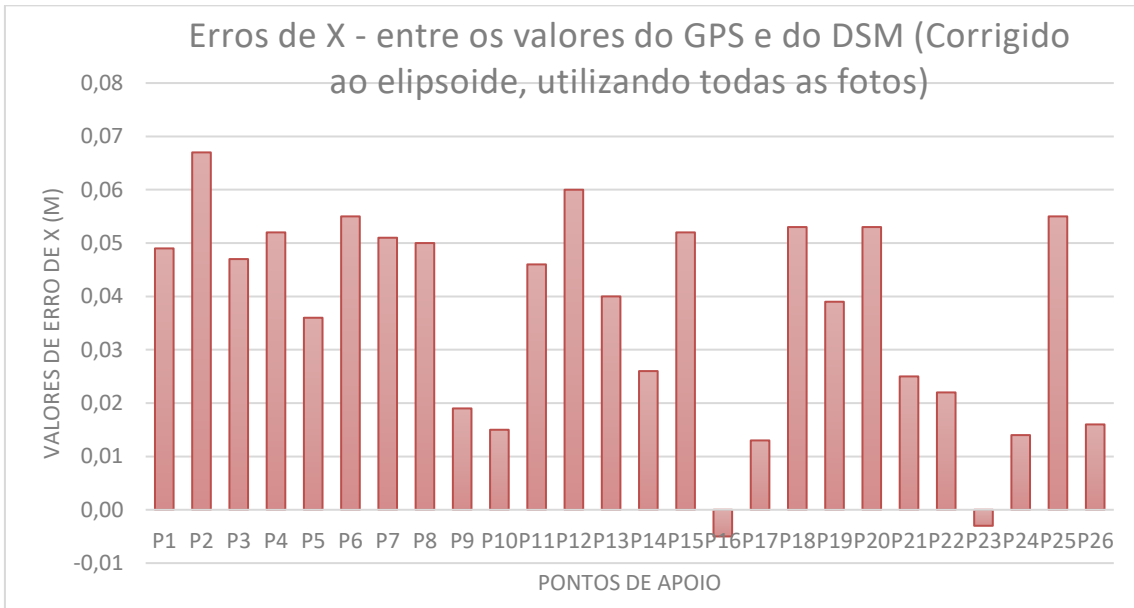
LT_RI_TELECOM	65	Continuous				— 0.00 m...	0	Global	Color_65		
LT_RODOVIA	10	Continuous				— 0.15 m...	0	Global	Color_10		DEFINIÇÃO DA RUA, SEM PASSEIO
LT_SINTETICO	108	Continuous				— Default	0	Global	Color_108		
LT_SUPERFICIE	green	DASHED2				— Default	0	Global	Color_3		
LT_TALUDEINFERIOR	96	Continuous				— 0.13 m...	0	Global	Color_96		
LT_TALUDESUPERIOR	252	Continuous				— 0.13 m...	0	Global	Color_252		
LT_TERRENO	64	Continuous				— Default	0	Global	Color_64		
LT_TEXTOS	white	Continuous				— 0.13 m...	0	Global	Color_7		
LT_TRAMAS	white	Continuous				— 0.13 m...	0	Global	Color_7		
LT_TRAMASEDIFICACAO	204	DOT8				— 0.13 m...	0	Global	Color_204		
LT_TRIANGULACAOFACE	blue	DASHED				— Default	0	Global	Color_5		
LT_TRIANGULACAOLINHA	mag...	DASHED2				— Default	0	Global	Color_6		
LT_TUNEL	white	Continuous				— Default	0	Global	Color_7		
LT_VEDACAO	white	Continuous				— 0.13 m...	0	Global	Color_7		vedação arbórea/rede...
LT_ZONAVERDE	green	Continuous				— 0.30 m...	0	Global	Color_3		terrenos agrícolas
MOLD_LOGOTIPO	252	Continuous				— 0.00 m...	0	Global	Color_252		
MOLD_MOLDURA	9	Continuous				— 0.00 m...	0	Global	Color_9		
MOLD_TEXTO	252	Continuous				— 0.00 m...	0	Global	Color_252		
PA_ALINHAMENTORETO	132	Continuous				— 0.40 m...	0	Global	Color_132		
PA_CONCORDANCIA	blue	Continuous				— 0.40 m...	0	Global	Color_5		
PA_COTAGEM	white	Continuous				— 0.18 m...	0	Global	Color_7		
PA_EIXOALINHAMENTO...	cyan	DASHDOTX2				— 0.13 m...	0	Global	Color_4		
PA_EIXOCONCORDANCIA	blue	DASHDOTX2				— 0.13 m...	0	Global	Color_5		
PA_ESPESSURAAALINHAM...	blue	Continuous				— 0.40 m...	0	Global	Color_5		
PA_ESPESSURAAALINHAM...	132	Continuous				— 0.40 m...	0	Global	Color_132		
PNTMARK	white	Continuous				— Default	0	Global	Color_7		
PNTS	red	Continuous				— Default	0	Global	Color_1		
PNTS_COD	yellow	Continuous				— Default	0	Global	Color_2		
PNTS_COD	yellow	Continuous				— Default	0	Global	Color_2		
PNTS_COTA	red	Continuous				— Default	0	Global	Color_1		
PNTS_NUM	white	Continuous				— Default	0	Global	Color_7		
PROJ_HATCH	40	Continuous				— Default	0	Global	Color_40		
PROJ_SW	white	Continuous				— Default	0	Global	Color_7		
PROTOCOLOS_ÁREA_CE...	30	Continuous				— 0.35 m...	0	Global	Color_30		
PROTOCOLOS_ÁREA_PAS...	red	Continuous				— 0.30 m...	0	Global	Color_1		
ÁREA_PRETENDIDA_PAR...	32	Continuous				— 0.60 m...	0	Global	Color_32		

## Qualidade dos dados obtidos no processamento

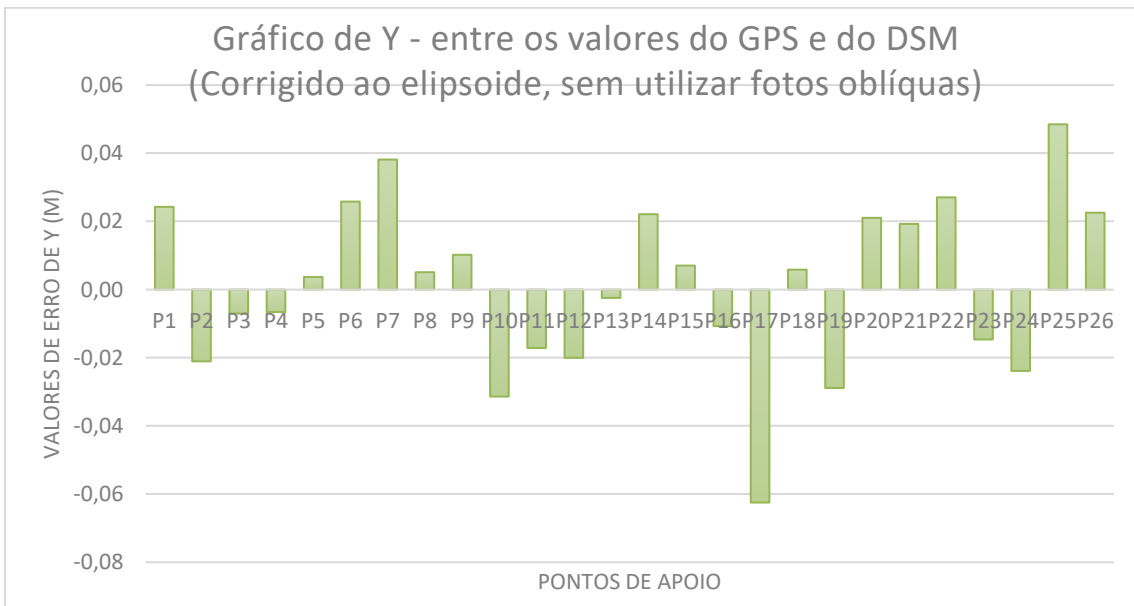
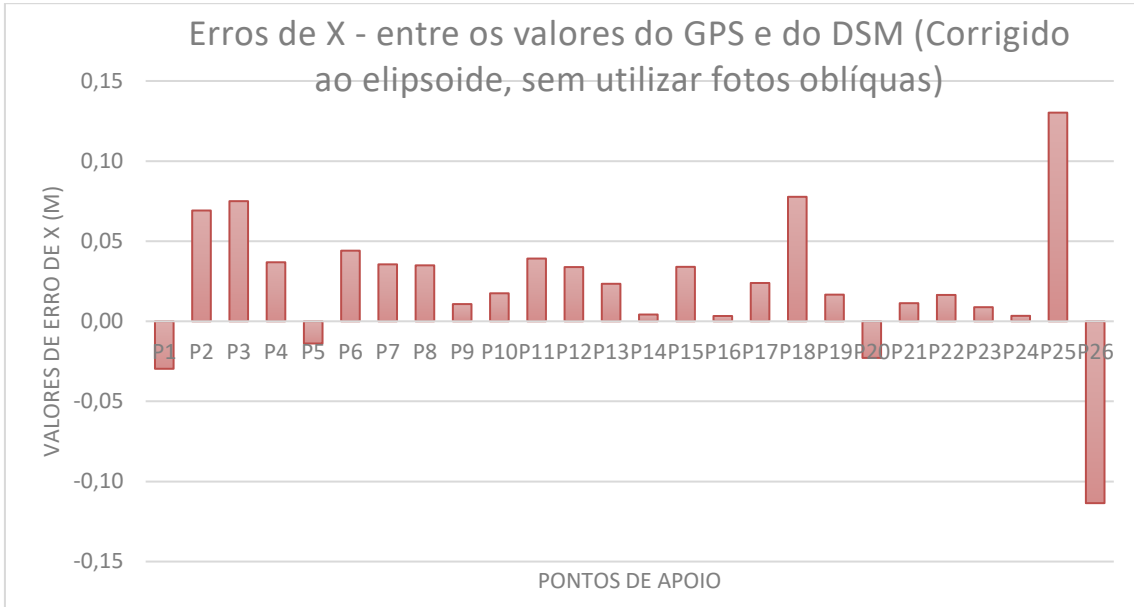
### Controlo da exatidão posicional

### Controlo da exatidão posicional planimétrica

Gráficos do primeiro processamento:



Gráficos do segundo processamento:



### Controlo da exatidão posicional altimétrica

Gráfico do primeiro processamento:

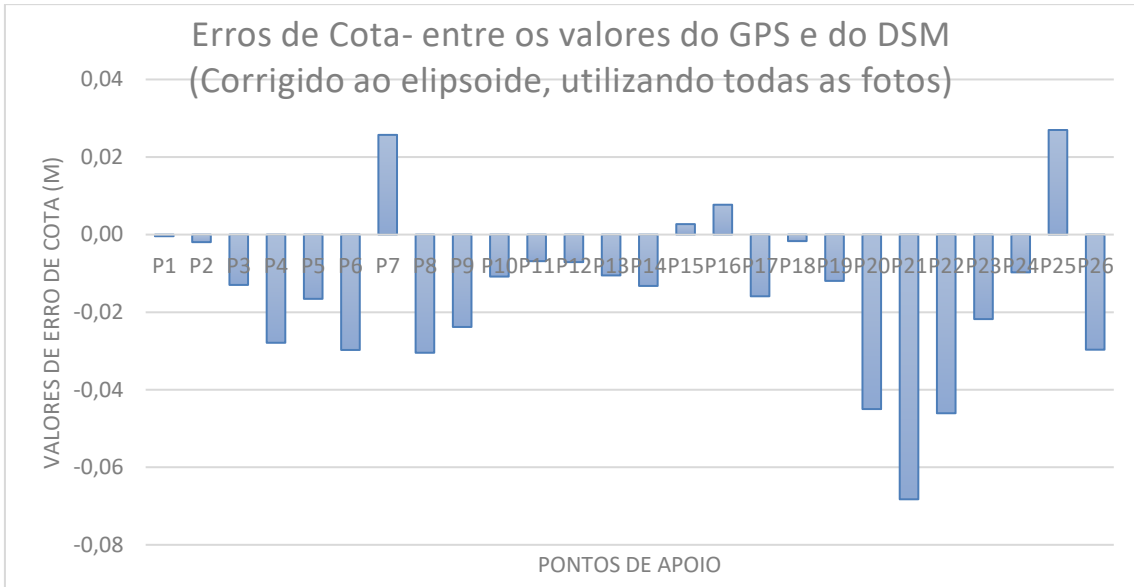
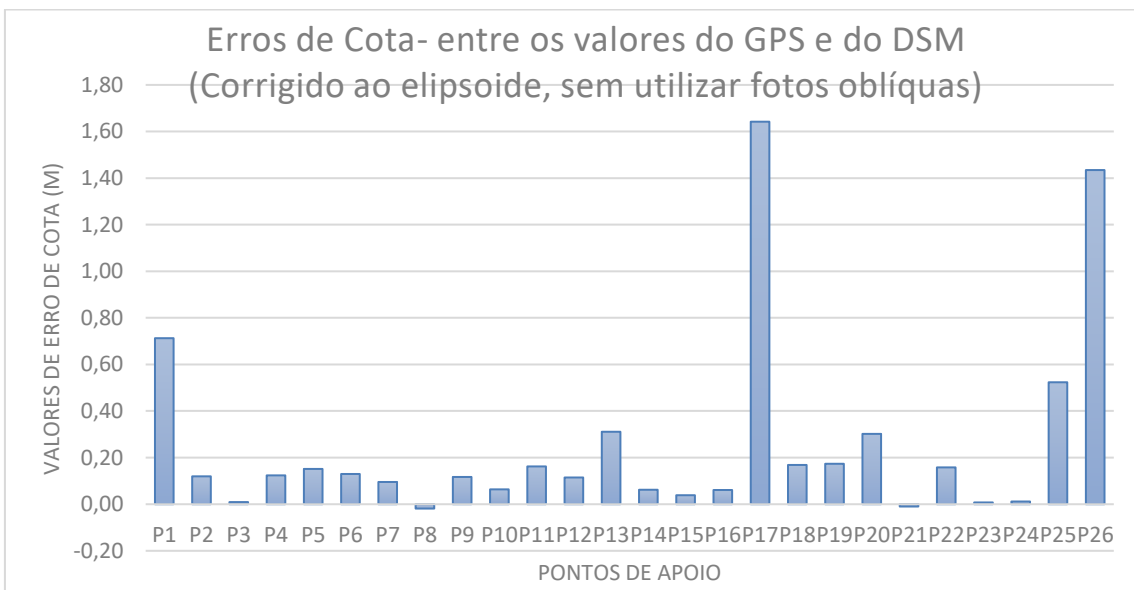


Gráfico do segundo processamento:



### Controlo da exatidão posicional absoluta

Gráfico do primeiro processamento:

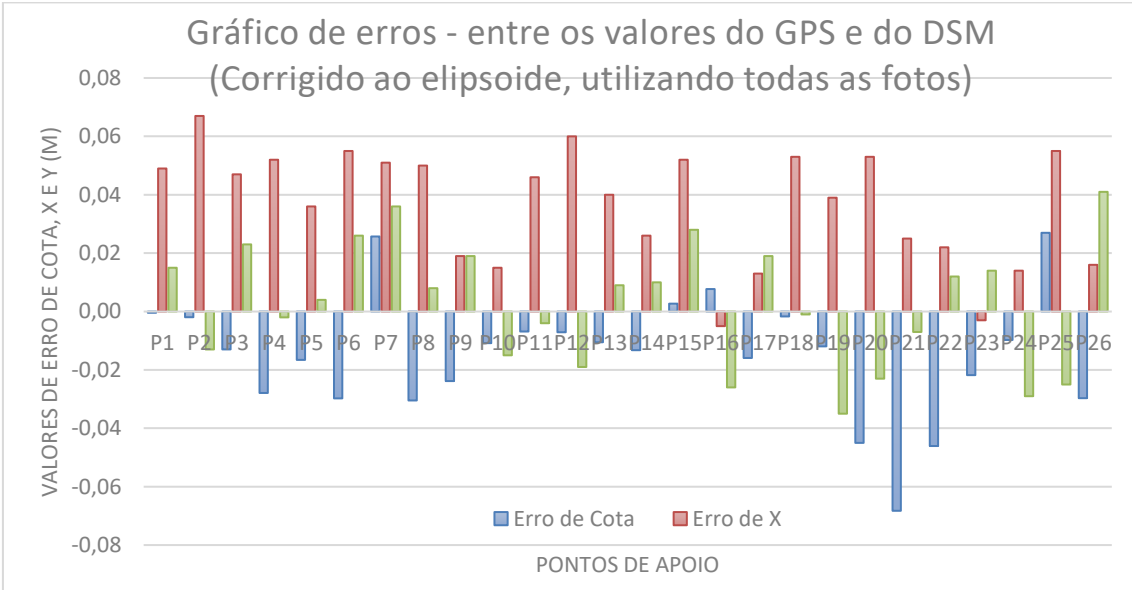


Gráfico do primeiro processamento:

