

MANUELLA ANAÍS RODRIGUES FAGUNDES

**GERAÇÃO DE BASE CARTOGRÁFICA TRIDIMENSIONAL COM O USO
DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)**

PORTO ALEGRE

2016

MANUELLA ANAÍS RODRIGUES FAGUNDES

**GERAÇÃO DE BASE CARTOGRÁFICA TRIDIMENSIONAL COM O USO DE
VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)**

Trabalho de conclusão de curso realizado como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Cartográfica, no Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^a. Dra. Andrea Lopes Iescheck

PORTO ALEGRE

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitora: Jane Fraga Tutikian

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Diretor: André Sampaio Mexias

Vice-Diretor: Nelson Luiz Sambaqui Gruber

DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA

Chefe: Andrea Ritter Jelinek

Chefe Substituta: Flávia Cristiane Farina

COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA

Coordenador: Felipe Geremia Nievinski

Vice-Coordenador: Gilberto Gagg

CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

**BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL**

MANUELLA ANAÍS RODRIGUES FAGUNDES

GERAÇÃO DE BASE CARTOGRÁFICA TRIDIMENSIONAL COM O USO DE
VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

Trabalho de conclusão de curso realizado
como requisito para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Cartográfica, no
Instituto de Geociências da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Andrea Lopes
Iescheck

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Flávia Cristiane Farina

Prof. Dr. Ronaldo dos Santos da Rocha

DEDICATÓRIA

Dedico a todos que me apoiaram e incentivaram.
Especialmente a minha família.

AGRADECIMENTOS

Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela disponibilidade dos equipamentos e recursos;

Professora Andrea Lopes Iescheck por todo auxílio ao longo do desenvolvimento do trabalho;

Professora Rita de Cássia Marques Alves e sua equipe pela realização o voo e o apoio de campo;

Técnico do departamento de geodésia Robson Aquino pela ajuda na atividade de campo;

Técnico do departamento de geodésia Éder pelas contribuições e instalações dos softwares;

Colegas Engenheiros Cartógrafos Gabriel de Souza e Rodrigo Ferraz pela cooperação no desenvolvimento das atividades de laboratório.

Aos amigos que acompanharam e auxiliaram com palavras e atitudes de incentivo.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo elaborar uma base cartográfica tridimensional, a partir de dados obtidos com o uso de veículo aéreo não tripulado (VANT), para subsidiar as análises de dispersão de poluentes atmosféricos. A área piloto escolhida para desenvolvimento desta pesquisa se situa no município de Candiota, estado do Rio Grande do Sul, e abrange o complexo termelétrico de Candiota e a região de seu entorno. A modelagem da dispersão de poluentes pressupõe o conhecimento da intensidade das emissões e da superfície física da região. Os dados dos poluentes são obtidos de maneira pontual, a partir de estações de medição, e o conhecimento da região se dá a partir de bases cartográficas com a representação das feições planimétricas e do relevo. Porém, os mapas disponíveis para grande parte do território nacional são em escalas médias e pequenas (1:25000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000) e estão desatualizados. Neste contexto, a geração de uma base cartográfica atualizada, precisa e em escala grande possibilita melhorar a qualidade das análises de dispersão de poluentes. Além disso, ao considerar que a dispersão se dá no nível atmosférico e não no nível da superfície, a representação tridimensional das feições permite identificar áreas de deposição com maior grau de detalhamento. A metodologia adotada envolve as seguintes etapas: pré-sinalização/apoio de campo, execução do voo, processamento das fotografias, geração de ortofoto, geração do Modelo Digital do Terreno (MDT), geração do Modelo Digital de Superfície (MDS), vetorização e elaboração da base cartográfica tridimensional. O programa utilizado para processamento das fotografias, para geração de ortofoto e do MDS é o Photoscan. Já para as etapas de geração do MDT, restituição e geração do mapa tridimensional foram utilizados os softwares Photoscan, Cloud Compare, FME workbench e QuantumGIS, respectivamente. Os processos resultaram em uma base cartográfica tridimensional de boa qualidade, que contribuirá para os trabalhos direcionados a análises de dispersão de poluentes, e também para demais estudos a serem desenvolvidos na mesma área.

PALAVRAS-CHAVE:

Veículo Aéreo Não tripulado (VANT). Base cartográfica tridimensional. Análise de dispersão de poluentes atmosféricos.

ABSTRACT

The objective of this work is to design a three-dimensional base map, using an unmanned aerial vehicle (UAV), to support dispersion of air pollutants analyses. The study area for this research is part of a small town called Candiota in the State of Rio Grande do Sul, and comprises the thermoelectric complex region and its surroundings. Dispersion of air pollutants modeling requires the knowledge of emissions intensities and of physical characteristics of the region. Air pollutants data are discretely taken from monitoring stations, and the physical characteristics of the region are represented on topographic maps. However, for the most part of the country, the topographic maps are in medium and small scales (1: 50.000, 1: 100.000, 1: 250.000) and are not updated. In this context, the generation of a precise and updated base map on large scale (1: 5.000), can improve the quality of dispersion of air pollutants analyses. In addition, considering that the dispersion occurs in the atmospheric level and not at the surface level, the three-dimensional representation of features allows one to identify deposition areas with a higher level of detail. The methodology entails the following stages: pre signaling/ground control, flight execution, photo processing, orthophoto generation, Digital Terrain Model (DTM) and Digital Surface Model (DSM) generation, vectorization and three-dimensional base map design. The program used for photo processing, orthophotos generation and DSM was Photoscan. For the steps of generation of the DTM, vectorization and three-dimensional base map were used the software Photoscan, Cloud Compare, FME workbench and QuantumGIS respectively. The processes resulted in a three-dimensional base map of good quality, which will contribute to the directed studies to dispersion of air Pollutants, and other studies to be developed in the area.

KEY WORDS:

Three-Dimensional Base Map. Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Dispersion of Air Pollutants.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Especificações técnicas do ECHAR 20A	5
Figura 2- Fluxograma de Mapeamento pelo processo fotogramétrico.....	6
Figura 3- Exemplos de marcas de pré-sinalização	7
Figura 4 - Gráfico da relação entre o diâmetro e a escala da foto	7
Figura 5- Ilustração do princípio do posicionamento relativo.....	9
Figura 6- Técnicas de posicionamento e precisões associadas.....	9
Figura 7- Precisão do posicionamento relativo em função do comprimento da linha-base, do tempo de observação e do equipamento utilizado	10
Figura 8 - Fluxograma extração de MDT e ortoimagens com o uso de técnicas de Fotogrametria Digital.	12
Figura 9 - Correções de distorção das lentes	13
Figura 10- Refração da atmosfera em fotografia aérea	14
Figura 11- Orientações da fotografia em ômega, phi e kappa.....	15
Figura 12- Condições da colinearidade	16
Figura 13 - Localização de pontos em diferentes fotografias.....	17
Figura 14 - a) Três estereomodelos adjacentes relativamente orientados b) Sistemas de coordenadas arbitrárias individuais de três modelode adjacentes c) União numérica dos sistemas de coordenadas em modelos arbitrários individuais	17
Figura 15- Estatística por região.....	18
Figura 16 - Métodos de interpolação	20
Figura 17- Comparação entre os modelos de grade regular e irregular.....	21
Figura 18- Representação esquemática da captação de dados por sensor.....	22
Figura 19- O espectro eletromagnético e suas principais regiões	23
Figura 20- Comportamento espectral da vegetação Figura 21- Comportamento espectral da água.....	24
Figura 22- Comportamento espectral das feições urbanas	24
Figura 23- a) Exemplo de elemento de geometria simples b) Exemplo de Símbolo realístico 6) Exemplo de linha tridimensional 4) Exemplo de área tridimensional.....	27
Figura 24- Sistema CALPUFF de modelagem atmosférica	28
Figura 25- Valores do PEC digital para planimetria.....	32
Figura 26- Valores do PEC digital altimétrico para Pontos Cotados, MDT, MDS e MDE.....	32
Figura 27 - Valores do PEC digital para altimetria (curvas de nível)	32
Figura 28- Localização do Município de Candiota no estado do Rio Grande do Sul	33
Figura 29 - Área de estudo	33
Figura 30- Informações da câmera digital	35
Figura 31- Fluxograma das etapas do projeto	36
Figura 32 - Etapas desenvolvidas antes da elaboração deste trabalho	37
Figura 33 - Etapas desenvolvidas neste trabalho.....	37
Figura 34- Modelo de alvo utilizado para pré-sinalização.....	38
Figura 35 - Distribuição dos alvos na região	39
Figura 36- Foto do rastreo no marco utilizado como base	40

Figura 37- Processamento da base com as estações da RBMC.....	41
Figura 38- Processamento dos pontos de controle em relação à base	41
Figura 39 - Ajustamento dos pontos em relação à base	42
Figura 40- Imagem do VANT sendo lançado para voo.....	43
Figura 41 - Log de voo	44
Figura 42- Localização dos centros das fotografias	44
Figura 43- Fotografias alinhadas	45
Figura 44- Valor de ondulação geoidal dos pontos de controle	45
Figura 45- Conversão de altitude geométrica para ortométrica	46
Figura 46- Identificação dos pontos de controle nas fotografias.....	46
Figura 47- Pontos de controle.....	47
Figura 48- Pontos de controle e de ligação	47
Figura 49 - Distribuição dos pontos de controle e ligação	48
Figura 50- Nuvem de pontos gerada.....	48
Figura 51- Modelo de grade	49
Figura 52- Modelo Digital de Superfície gerado.....	50
Figura 53- Nuvem de pontos filtrando os pontos do terreno.....	50
Figura 54- MDT gerado no Photoscan	51
Figura 55- Curvas de nível no MDT Photoscan	51
Figura 56 - Resultado do filtro dos pontos pertencentes ao terreno	52
Figura 57- <i>Raster</i> da interpolação da nuvem de pontos pertencentes ao terreno	53
Figura 58- Curvas de nível obtidas a partir do MDT gerado no Cloud Compare	54
Figura 59- Representação do MDT com as curvas de nível.....	54
Figura 60- Lógica e desenvolvimento do recorte no FME.....	55
Figura 61 - Recorte da Vegetação no FME	55
Figura 62- Nuvem de pontos do terreno com a vegetação	56
Figura 63- Ortomosaico com resolução de 10cm.....	57
Figura 64- Vetorização da hidrografia.....	58
Figura 65- Vetorização do sistema viário e da vegetação	58
Figura 66- Vetorização das construções	59
Figura 67- Centróides das construções	60
Figura 68- Mapa base tridimensional tendo como base o MDT gerado no Photoscan.....	61
Figura 69- Mapa base tridimensional com a base do MDT gerado no Cloud Compare mais a vegetação	62
Figura 70- MDS gerado no Photoscan	62
Figura 71 - Pontos de controle medidos em campo	64
Figura 72- Mapa base tridimensional em escala 1:15000	68
Figura 73- Mapa base em escala 1:15000 visto de outro ângulo.....	68
Figura 74- Zoom na usina de Candiota em escala 1:7500.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas ajustadas pontos de controle	42
Tabela 2 - Tabela de precisões	63
Tabela 3 - Discrepâncias dos pontos de checagem.....	65

LISTA DE SIGLAS

CCD – *Charge-Coupled Device*

CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia

GNSS – *Global Navigation Satellite System*

NIRGB – Infravermelho próximo, Verde e Azul

MDT – Modelo Digital de Terreno

MDS – Modelo Digital de Superfície

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*

NOTAM – *Notice To Airmen*

PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica

RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

REM – Radiação Eletromagnética

RGB – *Red Green Blue*

UAV - *Unmanned Aerial Vehicle*

VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado

WGS84 – *World Geodetic System*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	OBJETIVO.....	2
1.2	JUSTIFICATIVA.....	2
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
2.1	FOTOGRAMETRIA.....	3
2.1.1	USO DO VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)	4
2.1.2	AEROLEVANTAMENTO.....	5
2.1.2.1	PRÉ-SINALIZAÇÃO / APOIO DE CAMPO.....	6
2.1.2.2	PROCESSAMENTO DOS DADOS GNSS.....	8
2.1.2.3	PLANEJAMENTO DO VOO	10
2.1.2.4	EXECUÇÃO DO VOO E PROCESSAMENTO DAS FOTOGRAFIAS.....	11
2.1.2.5	GERAÇÃO DE MODELOS, ORTOFOTO.....	18
2.1.2.6	RESTITUIÇÃO E VETORIZAÇÃO	22
2.2	CARTOGRAFIA TRIDIMENSIONAL.....	25
2.2	CALIFORNIA PUFF MODEL (CALPUFF).....	27
2.3	CONTROLE DE QUALIDADE	28
3	ÁREA DE ESTUDO	32
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
4.1	MATERIAIS	34
4.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	35
4.2.1	PRÉ-SINALIZAÇÃO / APOIO DE CAMPO E PROCESSAMENTO DOS DADOS GNSS	38
4.2.1.1	PRÉ-SINALIZAÇÃO E ALVOS.....	38
4.2.2	PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DO VOO.....	42
4.2.3	PROCESSAMENTO DAS FOTOGRAFIAS.....	43
4.2.3.1	GERAÇÃO DE MDT e MDS.....	49
4.2.3.2	GERAÇÃO DE ORTOMOSAICO	56
4.2.4	VETORIZAÇÃO	57
4.2.5	BASE CARTOGRÁFICA TRIDIMENSIONAL	59
4.2.6	CONTROLE DE QUALIDADE	62
5	EQUIPE TÉCNICA	65
6	RESULTADOS OBTIDOS.....	65
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	70
	REFERÊNCIAS	72
	ANEXO A.....	78
	ANEXO B.....	88
	ANEXO C.....	92

ANEXO D.....	105
ANEXO E.....	109
ANEXO F.....	111

1 INTRODUÇÃO

Mapear, de maneira simplificada, significa registrar informações geográficas, ou de simples localização sob a forma de mapa. Nesse contexto o Engenheiro Cartógrafo é o especialista na elaboração de mapas, deve analisar a melhor forma de coletar, tratar e representar as informações disponíveis, de modo que o usuário sinta-se plenamente satisfeito com o resultado. Atingir esse objetivo muitas vezes não é uma tarefa fácil, visto que existem inúmeras formas de se representar a realidade, porém nem todas permitem um entendimento claro e realmente simplificado. A representação tridimensional por sua vez permite que o usuário visualize com noções de profundidade o comportamento de um fenômeno.

O município de Candiota, no Rio Grande do Sul, apresenta uma situação atraente já que neste município localiza-se um complexo termelétrico, onde muitas questões foram levantadas a respeito da poluição. A queima de carvão gera resíduo (poluentes) que são liberados pelas chaminés e atingem a população, podendo causar danos à saúde. A questão a ser levantada é quanto e como esses poluentes se comportam ao serem liberados no ar. Pensando nestas questões, a intenção é realizar um mapeamento no município citado (região da Usina e entorno) e gerar uma base tridimensional que possa ser unida aos dados de poluentes. Sabe-se que o vento e as condições climáticas modificam o espalhamento dos poluentes, porém visualizar e avaliar seu comportamento em uma região de teste fará com que se tenha uma estimativa de como são carregados, a que altura acima da superfície se encontram, suas concentrações, e se há influência da topografia na distribuição dos mesmos no ambiente.

A escolha do uso de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para obtenção dos dados na elaboração da base cartográfica se deve ao fato de ser uma tecnologia que apresenta uma precisão adequada para a geração de produtos em escalas grandes. As bases disponíveis para trabalhar com os dados de poluentes, em software específico da meteorologia, têm escala muito pequena, tornando qualquer análise realizada pouco confiável em termos de precisão.

Em vista do exposto o presente trabalho pretende construir uma base cartográfica tridimensional da Usina Termelétrica de Candiota e entorno a partir de dados fotogramétricos. Acredita-se esta é uma representação adequada para estudar o comportamento dos poluentes emitidos pelo complexo termelétrico e, dessa forma contribuir para trabalhos futuros que serão elaborados na mesma área.

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho consiste em elaborar uma base cartográfica tridimensional com o uso do VANT ECHAR 20A para o complexo termelétrico de Candiota e região de entorno.

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A partir do material utilizado para elaborar a base cartográfica tridimensional é possível derivar outros produtos cartográficos, que auxiliarão em futuros trabalhos a serem desenvolvidos na mesma região. Assim, objetiva-se especificamente:

- gerar um Modelo Digital de Superfície;
- gerar diferentes Modelos Digitais de Terreno;
- realizar a análise dos MDTs;
- gerar um mapa topográfico planialtimétrico;
- realizar o controle de qualidade dos produtos gerados.

1.2 JUSTIFICATIVA

A motivação para desenvolvimento do trabalho está relacionada ao fato de que pesquisas no âmbito da meteorologia estão sendo realizadas na região, com a finalidade de avaliar o comportamento dos poluentes atmosféricos liberados pela usina. A modelagem da dispersão de poluentes é executada com o software CALPUFF, cujos dados de entrada são os dados de poluentes em si, e uma base cartográfica. Porém, as bases cartográficas disponíveis para a região estão em uma escala muito pequena. Portanto, este trabalho pretende elaborar uma base cartográfica atualizada, precisa e em escala maior, para que seja possível melhorar a qualidade do modelo gerado e, conseqüentemente, obter maior precisão nos estudos da dispersão dos poluentes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 FOTOGRAMETRIA

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) conceitua-se fotogrametria como a “ciência que trata da obtenção de medições fidedignas de imagens fotográficas”. A ISPRS define fotogrametria como sendo a arte e tecnologia de obter informações confiáveis da superfície da terra, e demais objetos físicos, através de medições, análises e representações utilizando fotografias.

Esta pode ser utilizada para obtenção de dados qualitativos (fotointerpretação) e de dados quantitativos (fotogrametria).

Com o desenvolvimento da tecnologia a fotogrametria evoluiu ao longo do tempo. Tommaselli (2009) destaca os benefícios dos avanços tecnológicos em fotogrametria, citando as diferenças entre a fotogrametria analógica e analítica. Onde a primeira refere-se aos métodos obsoletos de processamento dos dados fotogramétricos. No período correspondente, os processos dependiam de equipamentos analógicos já que os computadores não possuíam capacidade para realizar os cálculos necessários às etapas de um projeto fotogramétrico.

Mais a frente houve o avanço da fotogrametria analógica, onde os computadores passaram a serem mais acessíveis economicamente e também mais potentes, o que permitiu um refinamento dos modelos matemáticos, tornando a fotogrametria mais precisa.

Nos dias atuais há uma substituição da fotogrametria analógica e analítica pela Fotogrametria Digital. De acordo com Tommaselli (2012, p.5) “as Estações de trabalho fazem o trabalho dos restituidores, com a vantagem de realizar várias tarefas de modo automático, como a elaboração de Modelos Digitais de Terreno e a produção de ortoimagens”. Porém, ainda não atingimos avanços significativos na ciência fotogramétrica e inteligência artificial a ponto de termos uma automatização completa no processo de restituição com extração e identificação automática de feições.

Congregar os diversos processos e métodos matemáticos e físicos a partir de fotografias utilizando-se instrumentos sofisticados constitui a ciência de mapeamento aerofotogramétrico, conforme glossário cartográfico do IBGE.

2.1.1 USO DO VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

No Brasil segundo a legislação pertinente (Circular de Informações Aéreas AIC N 21/10), caracteriza-se VANT como sendo toda a aeronave projetada para operar sem piloto a bordo, esta, porém há de ser de caráter não recreativo e possuir carga útil embarcada.

O histórico mostra que VANTs inicialmente, eram uma tecnologia de uso militar, com o objetivo de reconhecer territórios. O VANT tornava possível uma visão aérea, servindo como bom auxiliar em ataques e espionagem. Com o passar do tempo tornou-se mais acessível ao público em geral.

“De 1940 a 1970, os militares norte-americanos a eles referiam-se como “drone” (ou “zangão”, em português), em função do ruído produzido pelo motor. Outro termo, que se popularizou entre 1960 e 1980, é “Aeronaves Remotamente Pilotadas” (ARP).” (PERES, 2015, p.30). Porém este último termo passou a não ser suficiente e nem correto para nomear, visto que as aeronaves passaram a cumprir rotas previamente estabelecidas, limitando o uso do controlador remoto. Segundo Peres (2015) de 1990 aos dias atuais o termo VANT (UAV da sigla em inglês) ganhou força, contudo a expressão Drone é mais vista na mídia.

“A integração de métodos fotogramétricos com os avanços da visão computacional tem permitido um crescimento do mercado interessado em imagens digitais obtidas em plataformas VANT (Veículos Aéreos Não Tripulados).” (SILVA, 2015, p.101)

O uso de VANT para finalidades de mapeamento tem sofrido uma crescente ampliação, principalmente com o aumento da utilização de receptores GNSS. Estes nas últimas décadas passaram a apresentar cada vez maior precisão, o que possibilitou maior autonomia nos voos e também melhor controle de estabilidade e altitude.

O VANT utilizado neste trabalho é o ECHAR 20A, desenvolvido especialmente para as atividades de aerolevanteamento que exigem versatilidade, robustez e segurança. (http://www.aleziteodolini.com/produto_det.cfm?id=193). O ECHAR 20A foi o segundo VANT fabricado pela XMobots a receber da Agência Nacional de Aviação Civil o Certificado de Autorização de Voo Experimental, para realizar voos em território nacional com objetivos de pesquisa e desenvolvimento. (<http://mundogeo.com/blog/2014/02/11/anac-certifica-primeiro-mini-vant-privado-produzido-no-brasil/>).

A câmera fotográfica utilizada tem resolução de 18Mpixels e foi configurada para operar nos canais Infravermelho Próximo (NIR), Verde e Azul.

Segundo Campos Filho (2013, p.9) “O ECHAR 20A é um Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (RPAS) de baixa altitude e média autonomia”. Especialmente desenvolvida para levantamentos aéreos de áreas de até 2000ha, permitindo lançamento e recuperação de voo realizados de forma automática. Projetado para ser robusto, de fácil montagem e operação. As especificações técnicas são apresentadas na figura 1:

Figura 1- Especificações técnicas do ECHAR 20A

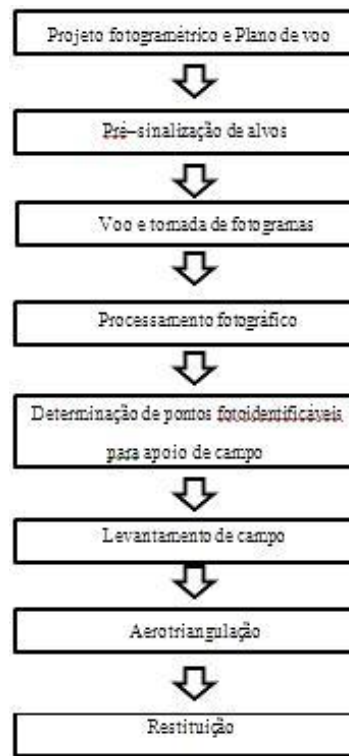
Sistema	Especificação	Variável	Valor	Unidade
Aeronave	Decolagem/ Pouso	Decolagem	Hi-Start - Automático	-
		Pouso	Paraquedas	-
		Área livre	30 x 30 [98 x 98]	m [ft]
	Desempenho	Teto de Voo	3000 [9843]	m [ft]
		Autonomia	50 (cond. adversas) - 70 (cond. normais)	min
		Velocidade Cruzeiro	75 [40]	km/h [ktas]
		Velocidade de Estol	37 [20]	km/h [ktas]
		Condições meteorológicas	vento máximo de 45km/h e chuva leve	-
	Pesos	MITOW	6.5 [14.3]	kg [lb]
		Carga Util Máxima	1.0* [2.2]	kg [lb]
		Configuração	Pusher	-
	Propulsão e Potência	Motor	Motor elétrico brushless	-
Bateria		LiPo	-	
Transmissão		LOS (UHF / C band)	-	
Terminal de Dados	GDT-55A	Alcance	5 [2.7] até 10 [5.4]	km [nm]
		Dados / Vídeo	Digital DSSS/OFDM	-
		Espectro Resolução	Fotos EO Visível RGB 18.0	- Mpixel
Carga Útil	IS/EO-S18A	GSD Área coberta @100mAGL**	2.4 4.8 [480]	cm/px km ² [ha]
		GSD Área coberta @200mAGL**	4.8 8.7 [870]	cm/px km ² [ha]
		GSD Área coberta @400mAGL**	9.6 17.3 [1730]	cm/px km ² [ha]
		GSD Área coberta @600mAGL**	14.4 26.0 [2600]	cm/px km ² [ha]
		GSD Área coberta @800mAGL**	19.2 31.2 [3120]	cm/px km ² [ha]
Opcionais	IS/NDVI-S3.2A	Espectro Resolução	Fotos NIR NDVI 3.2	- Mpixel
	IS/LWIR-S1.3A	Espectro Resolução	Fotos LWIR Térmico 1.3	- Mpixel

Fonte: Alezi Teodolini

2.1.2 AEROLEVANTAMENTO

Segundo Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), “aerolevanteamento é o conjunto de operações para obtenção de informações de parte terrestre, aérea ou marítima do território nacional, por meio de sensor instalado em plataforma aérea”. Para gerar produtos cartográficos precisos através das informações obtidas pelo sensor, são necessárias as etapas de planejamento, execução e processamento (figura 2). Neste tipo de trabalho consideram-se duas etapas de campo, uma para voo e outra para coleta dos pontos foto identificáveis após o processamento das fotografias. Dependendo da região e do objetivo utilizam-se alvos para pré-sinalizar, nestes casos por questões de viabilidade tempo e custo, a ordem do fluxograma pode ser alterada.

Figura 2- Fluxograma de Mapeamento pelo processo fotogramétrico



Fonte: Adaptado de Tommaselli (2012)

2.1.2.1 PRÉ-SINALIZAÇÃO / APOIO DE CAMPO

Jensen (2011, p.179) cita Linder (2003) dizendo que “um ponto de controle no terreno é definido como qualquer objeto na imagem para o qual as coordenadas no terreno, no mundo real X, Y e Z, são conhecidas”. São necessários pelo menos três pontos de controle bem distribuídos em cada imagem e, se possível, devem se distribuir de modo que formem um triângulo Jensen (2011). Quanto mais pontos de controle horizontais/verticais puderem ser localizados no bloco de fotografias aéreas, melhor.

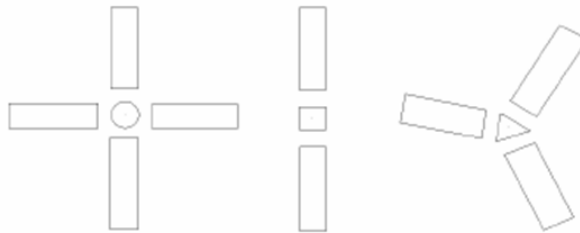
Segundo Redweik (2007) alguns aspectos devem ser considerados ao se planejar e implantar a pré-sinalização: localização do alvo, forma, dimensão, material e cor.

É importante planejar considerando a dimensão da área a ser sobrevoada, onde os pontos devem possuir uma distribuição estratégica. Os alvos devem preferencialmente estar

visíveis na maior quantidade de fotografias possível, para que os valores das coordenadas calculadas sejam mais confiáveis.

Quanto à forma, o ideal é os alvos serem em formato de figura geométrica (círculo, triângulo equilátero e etc) cujo centro corresponde ao ponto de controle. Para evitar um erro de identificação no alvo, podem ser colocadas faixas radiais que facilitem sua localização. Na figura 3 é possível visualizar alguns exemplos de marcas de pré-sinalização.

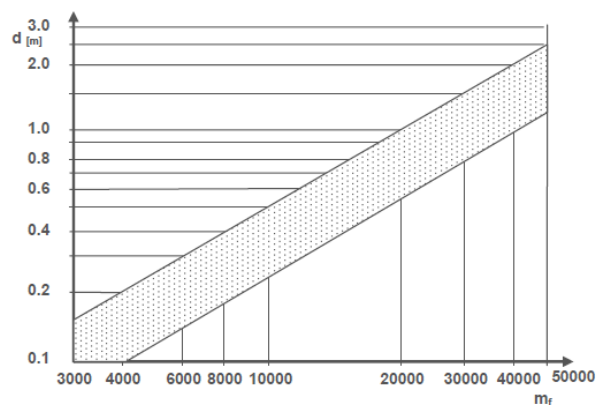
Figura 3- Exemplos de marcas de pré-sinalização



Fonte: Redweik, 2007

As dimensões do alvo dependem da escala a ser utilizada para o voo. O conhecimento da resolução da fotografia é fundamental para que se determine a dimensão do alvo. Sugere-se que o diâmetro do círculo central seja de três a cinco vezes a dimensão do píxel no terreno Redweik (2007). A figura 4 mostra a relação entre o diâmetro, em metros, com a escala da fotografia.

Figura 4 - Gráfico da relação entre o diâmetro do alvo e a escala da foto



Fonte: Redweik, 2007

O material utilizado para confeccionar os alvos deve atender a necessidade do trabalho, lembrando sempre que o tipo de material deve ser resistente e a tinta de boa fixação.

De acordo com Souza (2015) através de testes de cores opostas e de contraste de luminosidade, é possível concluir as melhores combinações de cores para que o centro do alvo possa ser bem identificado na fotografia.

2.1.2.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS GNSS

A localização planimétrica (X, Y) e altimétrica (Z) dos pontos de controle são obtidas usando medições dos pontos corrigidas diferencialmente (de forma estática) e o próprio modelo de geóide, conforme Jensen (2011). Esta etapa é extremamente importante para que se obtenham, através de ajustamento de observações, as coordenadas devidamente ajustadas e suas respectivas precisões.

“O posicionamento através do GPS pode ser realizado a partir de diferentes técnicas e observáveis, as quais fornecem níveis de precisão que variam desde algumas dezenas de metros até poucos milímetros. Ressalta-se que a observável utilizada no processo de estimação das coordenadas é um dos principais fatores que influenciam os níveis de precisão alcançados.” (IBGE, 2008, p.6)

Os pontos rastreados com o receptor GNSS devem atender a precisão suficiente para que o erro final do mapa base tridimensional não ultrapasse o valor estabelecido pelas Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional (CONCAR, 1984) “Padrão de Exatidão Cartográfica – Planimétrico: 0,5 mm, na escala da carta, sendo de 0,3 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.” Como se espera atender uma escala de aproximadamente 1/2000, o valor numérico da precisão para planimetria não pode ser superior a um metro. Para a altimetria a norma estabelece “metade da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de um terço desta equidistância o Erro-Padrão correspondente.” Com curvas equidistantes de 3m, a precisão altimétrica deve ser superior a 1,5 metros.

“As técnicas de posicionamento podem ser classificadas como estáticos e cinemáticos, dependendo do movimento da antena, bem como em tempo real e pós-processado, que está relacionado com a disponibilidade das coordenadas. Além destas duas categorias, as técnicas podem ser divididas quanto à metodologia adotada, ou seja, utilizando ou não uma estação de referência, sendo denominadas de posicionamento relativo e posicionamento por ponto, respectivamente.” (IBGE, 2008, p.6)

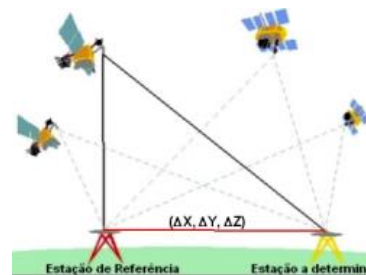
Considerando o contexto e a finalidade deste trabalho, optou-se pelo uso da técnica do levantamento estático, e a metodologia de posicionamento relativo.

“No posicionamento relativo, as coordenadas são determinadas em relação a um referencial materializado através de uma ou mais estações com coordenadas conhecidas. Neste caso, é necessário que pelo menos dois receptores colem dados

de, no mínimo, dois satélites simultaneamente, onde um dos receptores deve ocupar a estação com coordenadas conhecidas, denominada de estação de referência ou estação base.” (IBGE, 2008, p.8)

A figura 5 ilustra o princípio do posicionamento relativo, onde o receptor de referência se comunica com quatro satélites que também são visíveis para o receptor móvel. Em destaque há um triângulo, que é utilizado no processamento para determinação das coordenadas da estação móvel de acordo com a estação base.

Figura 5- Ilustração do princípio do posicionamento relativo



Fonte: IBGE, 2008

A técnica de posicionamento relativo é a mais utilizada em aplicações geodésicas, pois apresenta precisão de milímetros quando a modelagem empregada para os erros é adequada. “O princípio básico desta técnica de posicionamento é minimizar as fontes de erro através da diferença entre as observações recebidas simultaneamente por receptores que ocupam duas estações.” (IBGE, 2008, p.9). A figura 6 mostra as técnicas de posicionamento acompanhadas das observações e a respectiva precisão.

Figura 6- Técnicas de posicionamento e precisões associadas

Técnica		Observação	Precisão (nível de confiança de 68,2 %)
Por ponto	Convencional	Pseudodistância	15,3 m
	Preciso	Pseudodistância e fase	0,02 m
Relativo	Estático	DD pseudodistância e fase	0,01 a 1 ppm
	Estático-rápido	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
	Semicinemático	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
	Cinemático	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm

Fonte: IBGE, 2008

O posicionamento relativo apresenta quatro subdivisões: estático, estático-rápido, semicinemático e cinemático. Neste trabalho utilizou-se o estático-rápido através do uso de um receptor de dupla frequência (L1/L2), que consegue corrigir grande parte dos efeitos

provocados pela Ionosfera. Segundo (MONICO, 2008) esta metodologia é válida para levantamentos onde há muitas obstruções entre os pontos a serem levantados e necessita-se de alto rendimento. Segundo as recomendações do mesmo autor, este método é adequado para levantamentos de linha-base de até 10Km.

“Um receptor serve como base, permanecendo fixo sobre uma estação de referência, coletando dados enquanto o outro receptor percorre as estações de interesse (receptor móvel), em cada uma das quais permanece parado cerca de 5 a 20 minutos, para coletar dados.” (MONICO, 2008, p.339)

Conforme (MONICO, 2008) há o processamento dos dados coletados simultaneamente na estação de referência e nas estações a determinar, formando várias linhas base, apresentando uma precisão satisfatória se o vetor de ambiguidades for fixado como inteiro. A figura 7 mostra o tamanho das linhas-base acompanhadas do tempo de observação adequados às mesmas, as frequências dos receptores adequados para o tipo de medição e precisão.

Figura 7- Precisão do posicionamento relativo em função do comprimento da linha-base, do tempo de observação e do equipamento utilizado

Linha de Base	Tempo de observação	Equipamento Utilizado	Precisão
00 – 05 Km	05 – 10 min	L1 ou L1/L2	5 - 10 mm + 1 ppm
05 – 10 Km	10 – 15 min	L1 ou L1/L2	5 - 10 mm + 1 ppm
10 – 20 Km	10 – 30 min	L1 ou L1/L2	5 - 10 mm + 1 ppm
20 – 50 Km	02 – 03 hr	L1/L2	5 mm + 1 ppm
50 – 100 Km	mínimo. 03 hr	L1/L2	5 mm + 1 ppm
> 100 Km	mínimo. 04 hr	L1/L2	5 mm + 1 ppm

Fonte: IBGE, 2008

2.1.2.3 PLANEJAMENTO DO VOO

Conforme apresenta Jensen (2011), para obter fotografias aéreas desejadas é necessário saber qual a escala que as fotografias devem ter e a escala do mapa base no qual as informações das fotografias serão plotadas. Além disso deve-se conhecer e as coordenadas dos quatro cantos da área de estudo, o tamanho da área a ser fotografada (em km²), o recobrimento médio frontal de cada fotografia, o recobrimento lateral de cada fotografia e a distância focal da objetiva. Os filmes foram substituídos por sensores digitais (por exemplo o CCD), e deve-se conhecer também o tamanho desses sensores. Uma vez definidas essas informações torna-se possível calcular:

- 1) altitude de voo;

- 2) número de linhas de voo necessárias;
- 3) distância entre as linhas de voo;
- 4) distância no terreno entre exposições;
- 5) número total de exposições requeridas.

Antes de executar o voo é de suma importância o planejamento de execução do voo. Para isso devem ser consideradas variáveis como a hora do dia (ângulo solar) e o tempo.

Segundo Jensen (2011, p.127) “a hora ideal do dia para obter fotografias aéreas ocorre quando o sol está entre 30° e 52° acima do horizonte, isto é, duas horas antes e depois do meio-dia”. Um ângulo solar menor que 30° pode resultar numa subexposição da foto, devido à falta de iluminação, e assim prejudicar a interpretação. Ainda deve-se considerar para ângulos solares muito baixos há excesso de sombras nas imagens, que podem encobrir alguns elementos importantes da área mapeada. Já para ângulos acima de 52° o risco é de ocorrerem clarões na imagem, que também podem dificultar a interpretação. As informações de ângulo solar para uma determinada altitude podem ser adquiridas em tabelas de efemérides solares.

Quanto às condições do tempo deve-se ter cautela quanto à umidade presente na região. De acordo com Jensen (2011, p.127) “a fotografia aérea obtida em condições de muita umidade fica degradada devido ao espalhamento indesejado da luz que ocorre na atmosfera”. Além disso, o vapor d’água pode absorver uma parcela da energia refletida pelos alvos da cena que deveriam ser captados e gravados pelo sensor.

Um dos fatores mais consideráveis e importantes no planejamento de uso do VANT é a velocidade do vento. Ventos fortes podem causar vários problemas indesejados, sendo um deles desviar o veículo da rota. Neste caso pode haver perda da estereoscopia devido aos defeitos no recobrimento das linhas de voo.

2.1.2.4 EXECUÇÃO DO VOO E PROCESSAMENTO DAS FOTOGRAFIAS

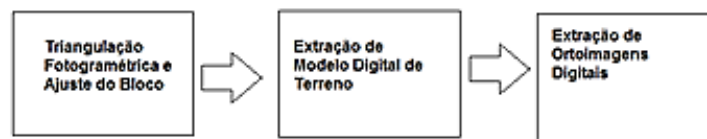
No Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial, de título Requisitos Gerais para Veículos Aéreos Não Tripulados e Aeromodelos, define-se em Requisitos de Autonomia, que “somente é permitido iniciar uma operação de VANT ou aeromodelo se, considerando vento e

demais condições meteorológicas conhecidas, houver autonomia suficiente para cumprir a missão e pousar em segurança no local previsto”. (ANAC, 2015, p.9)

Todas as partes deste regulamento devem ser lidas e seguidas para que se obtenha um voo seguro e legal.

De modo geral os processamentos realizados com as fotografias correspondem aos apresentados no fluxograma da figura 8:

Figura 8 - Fluxograma extração de MDT e ortoimagens com o uso de técnicas de Fotogrametria Digital.



Fonte: Adaptado de Jensen

Na primeira etapa há o registro das cenas das imagens e cálculo das coordenadas dos pontos de controle no terreno usando orientação interior e exterior.

A orientação interior de acordo com Andrade (1998) consiste em recuperar a posição da fotografia de acordo com a câmera. Consiste basicamente na reconstrução dos feixes perspectivos que geraram a foto.

Segundo Wolf (2014) as coordenadas fotográficas contêm erros sistemáticos de várias fontes. As principais são as distorções da matriz do CCD devido a problemas de tempo no sinal elétrico ou ausência de planicidade na superfície do chip, os eixos das coordenadas não se cruzarem no ponto principal, o ponto principal não estar alinhado com o centro da matriz do CCD, distorções relativas à lente, distorções da refração atmosférica e distorção da curvatura da terra.

A deformação causada pelas deformações no CCD se relaciona ao encolhimento, expansão ou falta de planicidade do chip. De acordo com (WOLF, 2014, p102) a quantidade de encolhimento ou expansão pode ser determinada através da comparação entre as distâncias das marcas de referência medidas na fotografia com seus valores correspondentes determinados na calibração da câmera.

$$x'a = \left(\frac{xc}{xm} \right) * xa$$

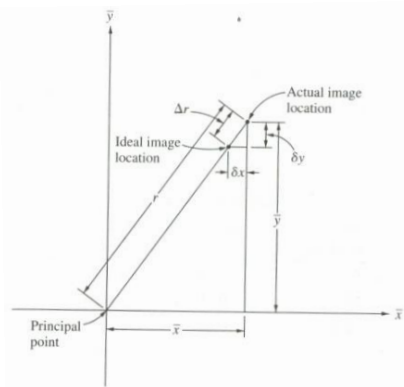
$$y'a = \left(\frac{yc}{ym}\right) * ya$$

Onde: x_m e y_m são as distâncias no positivo, x_c e y_c as distâncias fiduciais calibradas, x' e y' coordenadas fotográficas corretas.

A segunda deformação é referente à redução das coordenadas para a origem no ponto principal. Conforme (WOLF, 2014, p.103) os fabricantes de câmeras fotogramétricas procuram montar as marcas fiduciais e a lente da câmera de forma que o ponto principal e a interseção das linhas fiduciais coincidam com uma precisão de micrômetros. Considerando esse fato, para trabalhos de engenharia essa correção pode ser desconsiderada.

A correção em relação a distorções das lentes apresenta dois componentes: distorção radial simétrica e distorção descentrada. A distorção radial é um efeito inevitável do fabricante. Já a descentrada é uma função da imperfeição da montagem dos elementos da lente. A figura 9 exemplifica as variáveis envolvidas na fórmula de correção de distorção das lentes.

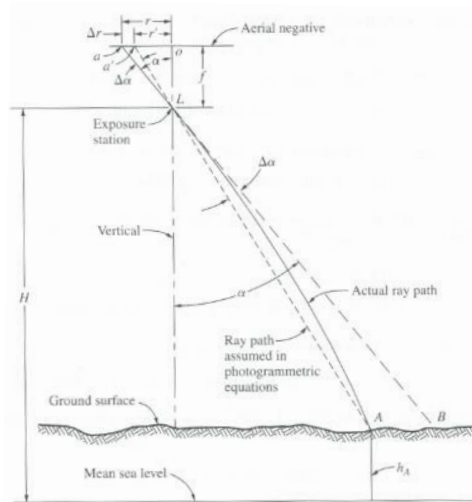
Figura 9 - Correções de distorção das lentes



Fonte: WOLF, 2014

A refração da atmosfera também influencia e precisa ser retificada. Conforme (WOLF, 2014) sabe-se que a densidade (e conseqüentemente o índice de refração) da atmosfera diminui conforme a altitude aumenta. Devido a isso, os raios de luz não viajam em linha reta conforme a lei de Snell (figura 10).

Figura 10- Refração da atmosfera em fotografia aérea



Fonte: WOLF, 2014

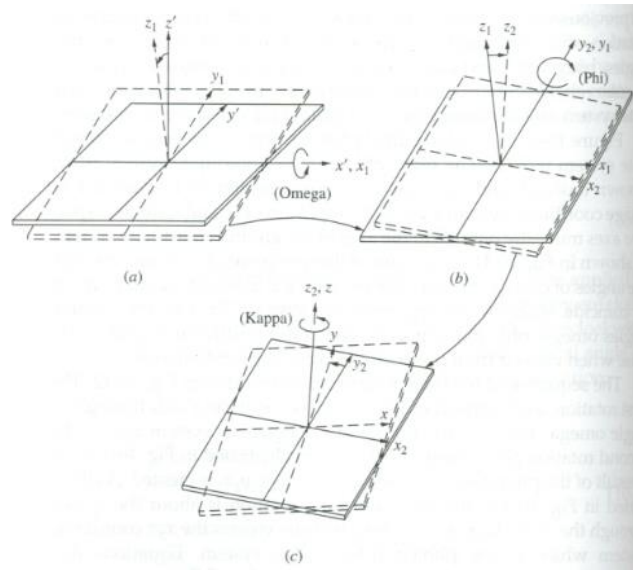
A última correção mencionada por Wolf (2014) é a que ocorre devido ao efeito da curvatura da terra.

Na prática, a orientação interna é feita inserindo no software um arquivo com as coordenadas das marcas fiduciais, as coordenadas do ponto principal, a distância focal e os parâmetros das distorções descentrada e radial simétrica. Após esse procedimento todas as coordenadas lidas de cada fotografia podem ser transformadas para o sistema fiducial ou fotogramétrico.

O próximo processo a ser executado é o da Orientação exterior. De acordo com Andrade (1998), este consiste em recuperar a altitude e a posição de cada uma das fotografias de acordo com o referencial do terreno.

Como todas as fotografias apresentam alguma inclinação, é essencial saber modelar essa inclinação, para extrair medidas confiáveis da fotografia aérea. A figura 11 representa as rotações do processo de acordo com os eixos envolvidos.

Figura 11- Orientações da fotografia em ômega, phi e kappa

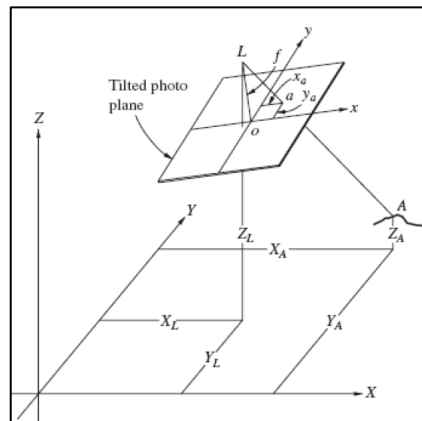


Fonte: WOLF, 2014

Muitos métodos gráficos e numéricos distintos foram criados para determinar os seis elementos de orientação exterior (ômega, phi e kappa, X_0 , Y_0 e Z_0) de uma fotografia. Todos os métodos necessitam de imagens fotográficas onde é possível identificar pelo menos três pontos de coordenadas X , Y e Z conhecidas e a distância focal calibrada deve ser conhecida. O método mais utilizado é a Colinearidade. Wolf (2014)

Uma fotografia está orientada externamente quando são conhecidas as coordenadas X_0 , Y_0 e Z_0 do ponto de onde foi tomada (Centro Perspectivo), assim como os ângulos de Euler (ω, Φ, κ). Para um par de fotografias são doze os parâmetros de orientação exterior (3 de Translação e 3 de rotação para cada uma das fotos). A figura 12 representa as variáveis envolvidas na colinearidade.

Figura 12- Condições da colinearidade

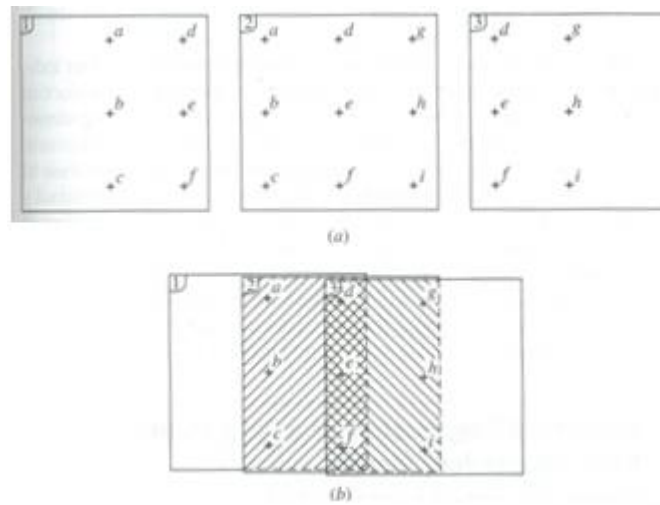


Fonte: WOLF, 2014

Com as orientações interior e exterior concluídas, a informação pode ser usada para executar a aerotriangulação. Jensen (2011, p. 180) cita Wolf e Dewitt (2000) dizendo que a “aerotriangulação é o processo pelo qual as coordenadas no terreno X , Y e Z podem ser determinadas para qualquer pixel no par estéreo com base em medições das coordenadas da foto”. Ou seja, as características geométricas obtidas a partir da inserção de alguns pontos de coordenadas conhecidas usados durante a orientação exterior, podem ser aplicadas a cada pixel dentro de um modelo digital estéreo, que possibilita obter a localização planialtimétrica de cada um desses pixels de forma indireta.

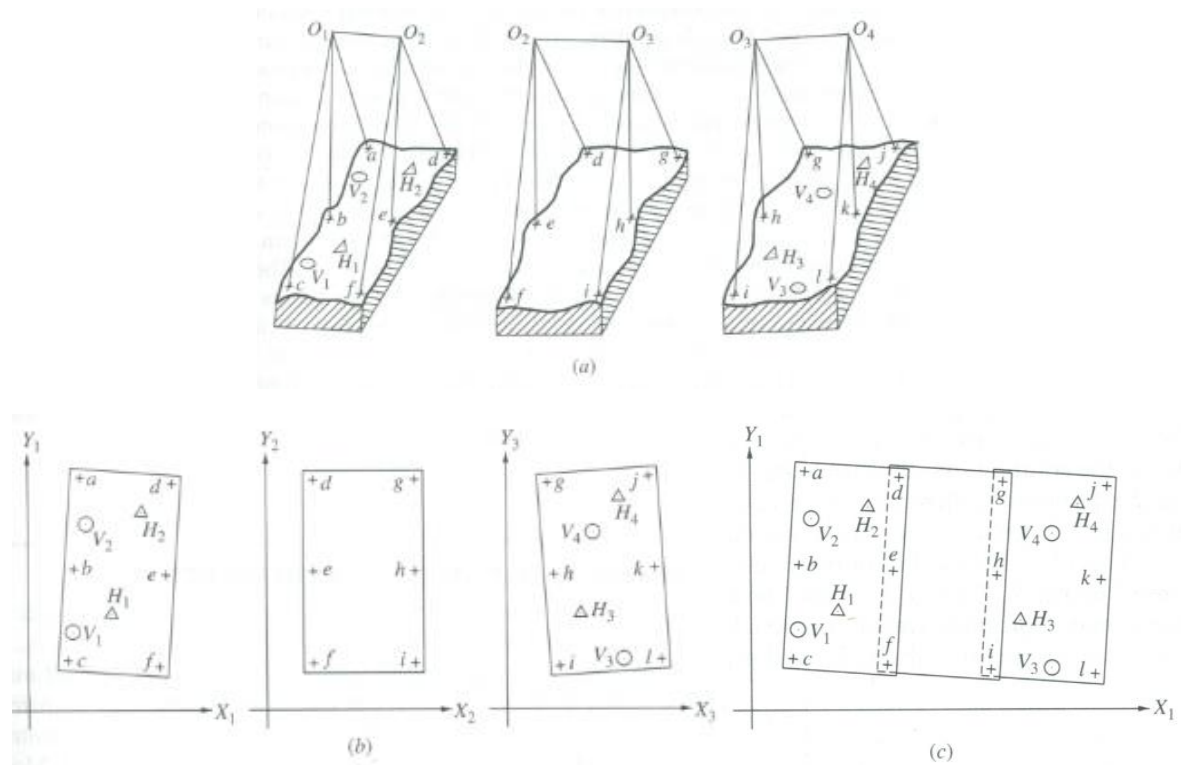
“O processo de aerotriangulação cria pares estéreos que podem ser visualizados e usados para extrair modelos digitais de terreno, ortofotos e atributos temáticos de interesse”. (JENSEN, 2011, p.180) A figura 13 representa a distribuição de pontos de controle, e a localização de alguns deles em duas fotos distintas. A figura 14 mostra três estereomodelos adjacentes relativamente orientados, sistemas de coordenadas arbitrárias individuais de três modelos adjacentes e união numérica dos sistemas de coordenadas em modelos arbitrários individuais respectivamente.

Figura 13 - Localização de pontos em diferentes fotografias



Fonte: WOLF, 2014

Figura 14 - a) Três estereomodelos adjacentes relativamente orientados b) Sistemas de coordenadas arbitrárias individuais de três modelos adjacentes c) União numérica dos sistemas de coordenadas em modelos arbitrários individuais



Fonte: WOLF, 2014

Sabe-se que o GNSS, utilizado para coleta das coordenadas dos pontos de controle utilizados para a aerotriangulação, fornece as coordenadas X, Y e Z dos mesmos. Sendo o Z,

altitude geométrica, um valor relativo ao elipsoide de referência WGS 84. Como a intenção deste trabalho é gerar produtos que representem o terreno, essa coordenada deve ser convertida para altitude ortométrica, que tem como modelo de referência o geóide.

Com o uso da metodologia utilizada pelo IBGE, a determinação do modelo geoidal pode ser resumida em basicamente cinco etapas:

1. Cálculo das anomalias ar livre pontuais através de dados gravimétricos terrestres (coordenadas, altitude ortométrica e aceleração de gravidade);
2. Cálculo das anomalias de Bouguer completa, para posterior obtenção das anomalias ar livre médias em quadrículas de 5'. Para esses cálculos são necessárias as anomalias ar livre pontuais e um modelo digital de terreno;
3. Cálculo das anomalias de gravidade de Helmert na superfície da Terra que são obtidas adicionando a anomalia ar livre média, o efeito direto topográfico, o efeito atmosférico direto e o efeito topográfico indireto secundário;
4. Integração de Stokes com a utilização da técnica "remover-calcularrepor";
5. Adição do efeito indireto topográfico primário nas alturas geoidais referidas a um "geóide fictício", denominado cogeóide, para obtenção das alturas geoidais finais." (IBGE, 2015, p.9)

Assim, o IBGE desenvolveu o MAPGEO que é um modelo de ondulação geoidal que calcula a ondulação geoidal de pontos a partir de suas coordenadas.

"MAPGEO2015 foi avaliado utilizando como referência as alturas geoidais obtidas pela diferença entre as altitudes ortométricas oriundas do nivelamento geométrico de 592 referências de nível (RRNN) em conexão com pontos SAT cujas altitudes elipsoidais foram obtidas por técnica GNSS."(IBGE, 2015, p.10)

O erro médio quadrático geral obtido com o MAPGEO 2015 é de aproximadamente 0,17 m. Mas há ainda a estatística por região, onde o valor pode variar. A figura 15 mostra os resultados obtidos para as regiões do Brasil.

Figura 15- Estatística por região

	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Nº CONEXÕES	21	229	94	188	60
MÉDIA	-0,14	-0,04	-0,08	0,06	0,11
RMS	0,25	0,17	0,16	0,15	0,18
MÁX.	0,39	0,47	0,49	0,46	0,33
MÍN.	-0,48	-0,49	-0,34	-0,28	-0,41

Fonte: IBGE, 2015

2.1.2.5 GERAÇÃO DE MODELOS E ORTOFOTO

Esta etapa consiste na geração de um Modelo Digital do Terreno (MDT) e um Modelo Digital de Superfície (MDS) a partir de uma nuvem de pontos.

De acordo com Andrade (1998) modelar um terreno significa reproduzir a sua forma. Quando essa reprodução é realizada por meios digitais, diz-se que elaborou-se um modelo digital do terreno.

“O controle no terreno integrado na orientação exterior e aerotriangulação possibilita atribuir uma elevação a cada par conjugado de pixels encontrado em um modelo estéreo”. (JENSEN, 2011, p.181) Com isso é possível obter um modelo digital.

Segundo (WOLF, 2014) a representação digital de elevações em uma região é chamada de modelo digital de elevação (DEM). Quando as elevações são relativas ao terreno, é adequado referir-se como modelo digital do terreno (MDT). Quando se considera a elevação contida em superfícies acima do terreno (por exemplo, construções, árvores e etc.) denomina-se modelo digital de superfície (MDS).

Neste trabalho serão gerados um MDS, que servirá como base para geração do ortomosaico, e um MDT que será utilizado como superfície de referência da base tridimensional. No MDS todas as feições são consideradas, já no MDT haverá uma filtragem de nuvem de pontos, onde o objetivo é obter somente pontos pertencentes ao terreno.

A precisão dos modelos obtidos é função da escala e da resolução dos dados do sensor remoto, da altura de voo, da geometria das imagens estereoscópicas, da precisão do controle no terreno e também da qualidade do software utilizado no processo, conforme cita Jensen (2011, p.183).

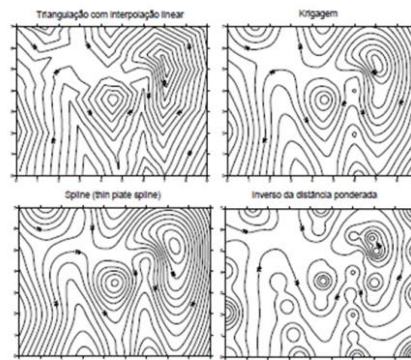
O zelo na escolha dos pontos e a quantidade de dados amostrados estão relacionados diretamente com a qualidade do produto final. Aplica-se um modelo matemático composto por estruturas de dados e funções de interpolação que simulem o comportamento da superfície real. “A modelagem envolve a criação de estruturas de dados e a definição de superfícies de ajuste com o objetivo de se obter uma representação contínua do fenômeno a partir de amostras.” (FELGUEIRAS, s/a, p.2)

O método de interpolação adotado está diretamente associado à qualidade da representação cartográfica resultante. Os modelos mais utilizados são os de grade regular retangular e os de grande irregular triangular (TIN).

“Uma grade regular retangular é um poliedro de faces retangulares. O processo de geração de uma grade regular consiste em estimar os valores de cota de cada ponto da grade a partir do conjunto de amostras de entrada.” (FELGUEIRAS, s/a, p.9).

Segundo Felgueiras, para gerar grades regulares retangulares a partir de amostras irregularmente espaçadas é usual definir funções interpolantes simples e utilizá-las localmente. Há quatro principais métodos interpoladores: triangulação com interpolação linear, Krigagem, Spline e Inverso da distância ponderada. Conforme é possível ver na figura 16, para os mesmos pontos, os resultados são distintos devido à mudança do interpolador.

Figura 16 - Métodos de interpolação



Fonte: Felgueiras, (s/a)

“Uma grade irregular triangular é um poliedro de faces triangulares. Em um modelo de grade irregular triangular os pontos amostras são conectados por linhas para formar triângulos. Assim, diferentemente da geração de grade regular, os valores de cota dos vértices dos elementos triangulares da malha triangular não precisam ser estimados por interpolações.” (FELGUEIRAS, s/a, p.15). A triangulação de Dalaunay é amplamente utilizada, e seu critério é o de maximização dos ângulos mínimos de cada triângulo. Pode-se ainda inserir mais restrições no modelo afim de que o modelo represente de forma mais fidedigna a topografia da região.

De acordo com Felgueiras (s/a) em ambos os modelos, adaptações matemáticas devem ser feitas para que se ajuste uma superfície polinomial sobre todos os dados amostrais minimizando-se o erro de ajuste global. Para os casos de grade regular utilizam-se os interpoladores de tendência e de média móvel. Para ajuste das grades irregulares usa-se o ajuste linear, ajuste quártico e o ajuste estocástico. A figura 17 mostra características e aplicações das grades regular e irregular.

Figura 17- Comparação entre os modelos de grade regular e irregular

<i>Grade Regular Retangular</i>	<i>Grade Irregular Triangular</i>
Apresenta regularidade na distribuição espacial dos vértices das células do modelo	Não apresenta regularidade na distribuição espacial dos vértices das células do modelo
Os vértices dos retângulos são estimados a partir das amostras	Os vértices dos triângulos pertencem ao conjunto amostral
Apresenta problemas para representar superfícies com variações locais acentuadas	Representa melhor superfícies não homogêneas com variações locais acentuadas
Estrutura de dados mais simples	Estrutura de dados mais complexa
Relações topológicas entre os retângulos são explícitas	É necessário identificar e armazenar as relações topológicas entre os triângulos
Mais utilizado em aplicações qualitativas e para análises multiníveis no formato "raster"	Mais utilizado em aplicações quantitativas.

Fonte: Felgueiras (s/a)

A terceira etapa do trabalho consistirá na geração da ortoimagem.

A ortoimagem é uma imagem corrigida dos desvios devido ao relevo topográfico e a inclinação das tomadas da fotografia. Segundo Andrade (1998, p.201) "ortofoto digital é uma imagem digital em projeção cartográfica". Cada parte do terreno é corrigida de forma independente durante o processo de retificação. Uma fotografia aérea com projeção perspectiva altera as feições de sua posição planimétrica. Uma projeção ortográfica reposiciona todas as imagens dos objetos na sua correta posição. "A meta quando se cria uma ortofoto é deslocar todos os objetos registrados em uma fotografia aérea em distâncias e direções específicas, Δs , até que atinjam a posição planimétrica devida." (JENSEN, 2011, p.187)

Como resultado do processo de ortorretificação têm-se uma imagem corrigida planimetricamente. De acordo com Jensen (2011) esta precisão planimétrica adquirida garante o uso da ortoimagem como mapa para realizar medições confiáveis de localização, distâncias, ângulos e áreas.

Para definir a precisão de uma ortoimagem digital é importante considerar que esta é uma função da qualidade das imagens, da precisão pontos de controle do terreno, da aerotriangulação e também do MDT usado para criá-la.

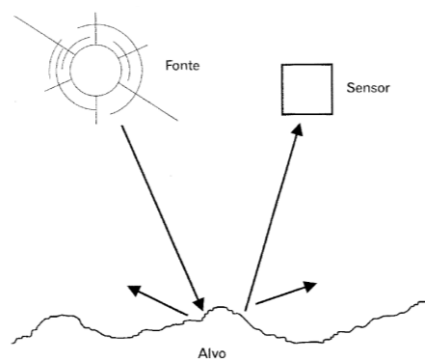
Para montar um ortomosaico é necessário mosaicar duas ou mais ortofotos. Porém dois problemas principais podem ocorrer neste processo segundo Andrade (1998): não coincidir geometricamente as feições das imagens ou não haver continuidade entre os tons de cinza nas imagens. O primeiro problema é resultado de uma geometria ruim, caso o MDT não represente bem o terreno este erro pode ocorrer. Caso ocorra esse tipo de problema, talvez as ortofotos precisem ser refeitas. Já no segundo tipo de problema pode-se fazer a correção se as diferenças radiométricas não forem muito grandes.

2.1.2.6 RESTITUIÇÃO E VETORIZAÇÃO

Com o ortomosaico devidamente criado, o passo seguinte é a identificação dos componentes da paisagem presentes nas fotografias. Esta etapa pode ser realizada utilizando o conceito de restituição exposto por Andrade (1998), onde Restituição significa originalmente reconstruir o terreno utilizando suas fotografias. Como resultado da etapa de restituição tem-se um modelo óptico tridimensional, denominado de estereomodelo.

A câmera de um VANT ao tirar as fotografias está obtendo informações sem entrar em contato direto com o terreno. Sabe-se que todo corpo com temperatura superior a zero absoluto podem emitir, refletir, transmitir ou absorver Radiação Eletromagnética, sendo o sensor o responsável por receber a parcela emitida pelas feições presentes na superfície. A figura 18 mostra através de uma representação esquemática o caminho da radiação saindo da fonte, atingindo o alvo e chegando ao sensor.

Figura 18- Representação esquemática da captação de dados por sensor



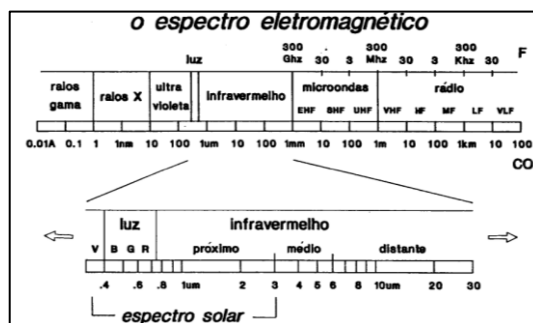
Fonte: IBGE, 2001

“A interpretação de fotografias aéreas pode ser formalmente definida como o ato de examinar imagens fotográficas com o propósito de identificar objetos e exercer julgamento sobre o seu significado.” (INPE, 2001, p.27)

O conhecimento a respeito do sensoriamento remoto deve estar contido em reconhecer, nomear e dar significado as feições. Estas envolvem a forma, a textura, o tamanho, a cor, a tonalidade, a sombra e o contexto, que em conjuntos são denominados “elementos da fotointerpretação”. O intérprete deve conhecer as diferentes resoluções associadas a uma imagem, pois a resposta espectral de cada feição dependerá da interação da radiação eletromagnética com cada elemento da paisagem. (INPE, 2001)

Tendo conhecimento sobre os comprimentos de onda que o sensor é capaz de detectar, o intérprete pode então compreender como a radiação refletiu e qual serão as características de cada feição presente na área de estudo. A figura 19 apresenta o espectro eletromagnético e suas regiões.

Figura 19- O espectro eletromagnético e suas principais regiões



Fonte: INPE, 2001

Conforme o IBGE (2001) o registro gráfico da reflectância de um material ao longo do espectro eletromagnético fornece uma curva, denominada assinatura espectral, que descreve as características radiométricas deste material. Nas figuras 20, 21 e 22 são apresentadas as assinaturas espectrais dos alvos vegetação, água e construções, respectivamente.

Figura 20- Comportamento espectral da vegetação
espectral da água

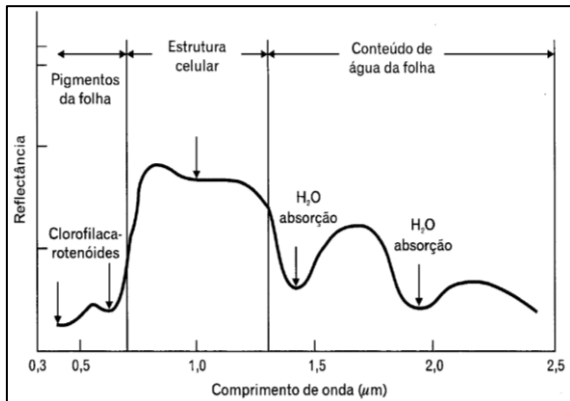
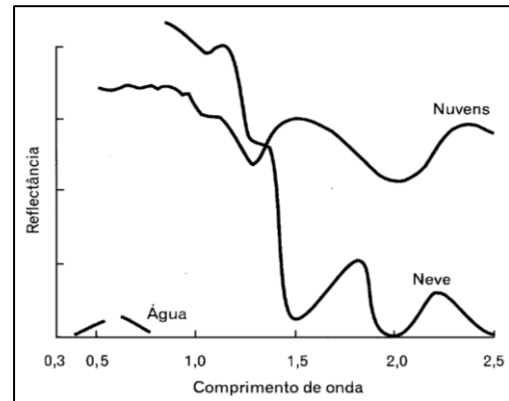
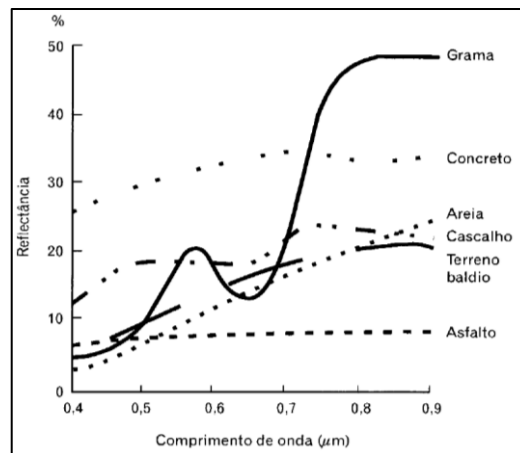


Figura 21- Comportamento
espectral da água



Fonte: IBGE, 2001

Figura 22- Comportamento espectral das feições urbanas



Fonte: IBGE, 2001

Reconhecer adequadamente as feições do terreno é um fator de grande relevância para que o mapa possa desempenhar seu papel de comunicação corretamente.

“São requisitos para uma boa interpretação visual ter uma boa acuidade visual, possuir conhecimento sobre a tecnologia utilizada, qual sistema sensor utilizado e qual é a sua faixa espectral” (SOARES FILHO, 2000, p.1). Deve-se então atentar para alguns elementos de reconhecimento e interpretação visual, onde segundo o profissional responsável pela vetorização dos elementos baseia-se na identificação através da forma da feição, o tamanho, sombra, tonalidade, cor, padrão e escala.

Conforme (MOREIRA, s/a) a forma é muito importante e diz bastante sobre o elemento. Muitas feições apresentem um padrão específico em sua forma, porém não se pode considerar apenas essa característica para identifica-lo com precisão, pois elementos diferentes podem ter a mesma forma. O tamanho também é um aspecto extremamente relevante na interpretação de fotografias, visto que os elementos que apresentarem a mesma forma podem ser diferenciados por esta característica. “Sabemos que a área está ocupada por cana ou com reflorestamento pela homogeneidade no tamanho dos talhões”. (MOREIRA, s/a, p.12). A sombra faz com que se diferencie mais facilmente a altura dos elementos, o que é significativo para estudos de vegetação. A partir da sombra nota-se também rugosidade nos elementos constituintes da paisagem. A cor é mais perceptível aos olhos do que a tonalidade, principalmente se a composição for em cor verdadeira, mas ainda assim pode confundir o interpretante em alguns casos, podendo nestes pode-se utilizar a tonalidade para sanar as dúvidas. A tonalidade fornece a informação relativa à reflectância do elemento, o que o torna diferenciável dos demais.

2.2 CARTOGRAFIA TRIDIMENSIONAL

Representações cartográficas tridimensionais têm importante papel no entendimento da realidade, pois facilitam a visualização das informações espaciais presentes na região mapeada. Schmidt (2012) cita uma pesquisa realizada por Schoesberger e Petterson (2008) que mostra resultados positivos em relação à eficácia dos mapas 3D como forma elementar de exploração de dados. O estudo mostra que esta forma de representação permitiu aos praticantes de caminhada do Parque Nacional de Zion, uma melhor localização de sua posição e também mais facilidade ao entender a paisagem. Conclusões como estas ajudam a salientar um dos principais objetivos dos mapas tridimensionais, que é o de mostrar a variação de um fenômeno, seja ele relevo ou atributo, de maneira global.

A leitura de mapas não é uma tarefa trivial, e a partir de representações bidimensionais não se pode garantir que todos os usuários tenham automaticamente a mesma percepção. Ou seja, não há garantia de que os leitores interpretarão as variações ao longo de toda a representação de maneira homogênea. A ideia da cartografia tridimensional é então possibilitar ao usuário a elaboração de uma imagem mental sobre a área e a variação de algum evento, para que se tenha uma maior e mais ampla percepção de todos os atributos presentes.

Conforme Petrovic (2003) nas representações tridimensionais as primitivas gráficas (ponto, linha e polígono) são acrescidas dos valores de volume dos objetos. A tecnologia permite que esses mapas tridimensionais possam dispor de efeitos visuais, de movimento e também de áudio.

“O uso de representações cartográficas em três dimensões reúne as vantagens dos avanços tecnológicos para a manipulação e armazenamento de dados espaciais.” (SCHMIDT, 2012, resumo). O desenvolvimento das representações tridimensionais está diretamente relacionado à tecnologia, afinal a capacidade computacional para trabalhar com os dados e gerar material interfere na qualidade das representações. O objetivo da representação de dados espaciais em cartografia tridimensional é explicitar padrões e relações entre estes dados espaciais, o que de acordo com (SCHMIDT, 2012) alavancou-se pelo rápido avanço tecnológico de captura, manipulação e apresentação dos dados espaciais.

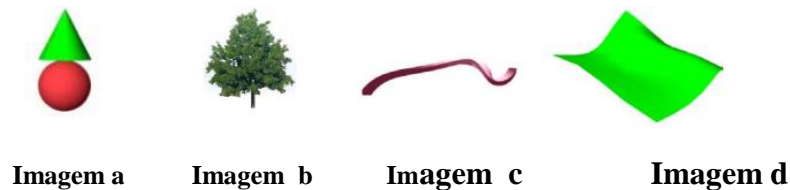
A Associação Cartográfica Internacional (*International Cartographic Association* - ICA) apresentou em 2003 uma alteração no conceito tradicional de mapa. Assim, o conceito de mapa da ICA citado por Schmidt (2012, p.25) é “uma imagem simbolizada da realidade geográfica, representando características de certas feições, resultantes do esforço criativo e das escolhas dos autores projetada para uso quando relações espaciais são de importância fundamental”. Com isso pode-se perceber que o conceito foi modificado, pois a definição tradicional de mapa não comportava todos os desenvolvimentos técnicos de produzir, manipular e visualizar os mapas.

O MDT é a base para o modelo cartográfico tridimensional, onde os objetos inseridos no terreno devem ser representados de modo a facilitar a interpretação por parte do usuário.

De acordo com (PETROVIC, 2003) cada elemento acima do terreno deve ser representado com um símbolo apropriado de modo que o usuário compreenda de forma clara. Elementos tridimensionais de geometria simples podem caracterizar objetos como edifícios e casas. Para elementos naturais como árvores e cachoeiras, uma boa representação utiliza símbolos realísticos. Para feições com uma dimensão predominante e as outras fixas simboliza-se com linhas tridimensionais, pode ser o caso de ferrovias, estradas e pequenos cursos d’água. Em elementos que acompanham o terreno, como os cursos d’água e caminhos, a terceira dimensão pode ser desconsiderada. Para elementos como vegetação densa o símbolo de representação tridimensional de área deve ser utilizado, podendo ser construído como um

corpo sólido preenchido ou com uma malha de pontos de diferentes densidades. A figura 23 exemplifica os elementos de geometria simples, de símbolo realístico, de linha tridimensional e de área tridimensional.

Figura 23- a) Exemplo de elemento de geometria simples b) Exemplo de Símbolo realístico 6) Exemplo de linha tridimensional 4) Exemplo de área tridimensional



Fonte: Petrovic, 2003

Conforme Fosse; Centeno; Sluter (2006) o objetivo da cartografia era representar o mundo real em um plano. Hoje o desafio consiste em representar o espaço em sua forma original (3D), mas em ambiente computacional. “Além de tridimensional, esta representação também pode ser dinâmica, com a possibilidade da interferência e interação do usuário.” (FOSSE, CENTENO, SLUTER, 2006, p. 82).

2.2 CALIFORNIA PUFF MODEL (CALPUFF)

Os modelos de transporte e dispersão de poluentes atmosféricos são ferramentas importantes para estimar as influências antropogênicas do ambiente. (DEGRAZIA; VILHENA, 2014)

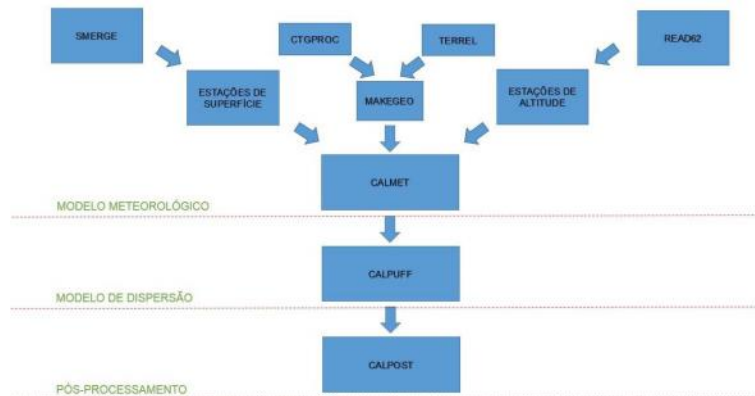
Segundo (BUSCHER, ALVES, 2015) O modelo de dispersão do tipo puff gaussiano, CALPUFF, é o modelo indicado pela principal agência ambiental mundial, United States Environmental Protection Agency – US EPA, nos estudos de poluição atmosférica. Isso ocorre porque o CALPUFF considera as alterações temporais e espaciais das circunstâncias meteorológicas no deslocamento, modificação e remoção de poluentes.

O California Puff (Calpuff) é um sistema avançado de modelagem da qualidade do ar desenvolvido pelas condições não estacionárias e não homogêneas de uso livre.

O sistema de modelagem consiste em três componentes principais e um conjunto de programas de pré-processamento e pós-processamento. Os componentes principais são o CALMET (um modelo tri-dimensional de diagnóstico meteorológico), o CALPUFF (um modelo de dispersão da qualidade de ar), e o CALPOST (um pacote de pós-processamento).

Além destes componentes, existem vários outros processadores que podem ser usados para preparar dados geofísicos e interfaces com modelos de mesoescala como o WRF, MM5 e RAMS. A figura 24 mostra um esquema que explica o sistema CALPUFF.

Figura 24- Sistema CALPUFF de modelagem atmosférica



Fonte: (Degrazia, Vilhena, 2014)

2.3 CONTROLE DE QUALIDADE

Produzir documentos cartográficos é uma tarefa que envolve determinada complexidade por envolver operações e métodos específicos, muitas vezes utilizando instrumentos sofisticados e precisos de acordo com Nogueira Júnior (2003). Diante disto é necessário adotar procedimentos de controle que garantam a qualidade.

A qualidade de um produto cartográfico depende de fatores qualitativos e quantitativos de todas as etapas envolvidas no desenvolvimento do mesmo, e também da qualidade das informações utilizadas.

Segundo Nogueira Júnior (2003) no Brasil pouco se conhece sobre controlar a qualidade dos produtos cartográficos. Com o avanço da tecnologia digital voltado para a cartografia poucas são as normas e os parâmetros de avaliação que se voltam para esta questão. Porém um produto somente pode ser considerado satisfatório se atinge um objetivo quando ele é devidamente avaliado.

Nogueira Júnior (2003) cita Leal e Dalmolin (1999) informando que na literatura estrangeira que os processos utilizados para verificar a qualidade de um produto cartográfico

consideram tanto a posição do usuário como a do produtor do mapa, e assumindo os riscos de ambos os lados.

A ICA conforme afirma Nogueira Júnior (2003, p.30) “reconhece como aspectos mais importantes na qualidade de dados cartográficos além da qualidade posicional, a linhagem, fidelidade de atributos, completude, consistência lógica, fidelidade á semântica e a temporalidade”.

De acordo com Leal (2007) a exatidão posicional é um parâmetro correspondente ao afastamento de um objeto em relação a sua posição real. A linhagem são todas as informações sobre as fontes de dados, datas, processamentos, e transformações utilizadas tanto na confecção como nas atividades de atualização do mapeamento. A completude é o controle a respeito da presença de todas as feições. Depende da seleção de classes, da simplificação e das regras de generalização. Quanto a fidelidade de atributos, esta nada mais é do que o cuidado com a simbologia e convenções cartográficas. A consistência lógica é o tipo de relacionamento entre feições representadas no terreno. Este aspecto requer cuidadosa verificação nos relacionamentos topológicos. Fidelidade à semântica tem relação com a veracidade dos topônimos quanto à descrição e classificação das feições do terreno originadas na reambulação. A temporalidade é o efeito temporal dos dados (atualização).

A qualidade posicional é o aspecto mais quantitativo, por possibilitar o controle direto usando os conceitos de precisão e acurácia. Acurácia é a proximidade de um valor estimado ao seu valor verdadeiro, ou aceito como verdadeiro. Já o termo precisão refere-se á dispersão das observações de um valor. A precisão vincula-se então aos efeitos aleatórios e a acurácia aos efeitos aleatórios e sistemáticos. Em mapeamento a posição de um elemento é descrita através de coordenadas. A exatidão posicional busca então aproximar a posição em relação a sua coordenada verdadeira. Para procurar atingir esse objetivo utilizam-se alguns métodos matemáticos. (LEAL, 2007)

A legislação cartográfica no Brasil estabelece o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) e o erro padrão para avaliação da qualidade posicional das cartas. O Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984 estabelece as instruções reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. No capítulo II, seção I é apresentada a classificação de uma carta quanto á exatidão:

“Art.8º

As cartas quanto à sua exatidão devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC, segundo o critério abaixo indicado:

Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica-Planimétrico – estabelecido.

2. Noventa por cento dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas-de-nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica – Altimétrico – estabelecido.

§1º Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos.

§2º A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro-Padrão – PEC = 1,6449 EP.

§3º O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica.

§4º Para efeito das presentes Instruções, consideram-se equivalentes as expressões Erro-Padrão, Desvio-Padrão e Erro-Médio-Quadrático.”

Ainda no primeiro capítulo, porém na segunda seção, são explicadas as classificações das cartas.

“Art.9º

As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas Classes A, B e C, segundo os critérios seguintes:

Classe A

Padrão de Exatidão Cartográfica – Planimétrico: 0,5 mm, na escala da carta, sendo de 0,3 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2. Padrão de Exatidão Cartográfica – Altimétrico: metade da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de um terço desta equidistância o Erro-Padrão correspondente.

Classe B

Padrão de Exatidão Cartográfica – Planimétrico: 0,8 mm na escala da carta, sendo de 0,5 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2. Padrão de Exatidão Cartográfica – Altimétrico: três quintos da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de dois quintos o Erro-Padrão correspondente.

Classe C

Padrão de Exatidão Cartográfica – Planimétrico: 1,0 mm na escala da carta, sendo de 0,6 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2. Padrão de Exatidão Cartográfica – Altimétrico: três quartos da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de metade desta equidistância o Erro-Padrão correspondente.” (CONCAR, 1984)

Observa-se que a legislação é do ano de mil novecentos e oitenta e quatro, o que a torna desatualizada visto que a tecnologia tem incentivado o desenvolvimento da cartografia digital, e cada vez fica mais acessível obter uma melhor precisão nos produtos cartográficos gerados. Além disso a PEC considera apenas a qualidade posicional e não contempla os demais parâmetros relacionados à qualidade cartográfica.

Considerando o contexto atual onde o uso de instrumentos óptico-mecânicos foi substituído por ferramentais tecnológicos, muitos erros inerentes de procedimentos manuais foram erradicados. As mudanças ocorridas na produção dos documentos cartográficos não foram acompanhadas pela legislação que ainda considera uma margem grande que aborda os produtos analógicos, o que não condiz com os padrões de precisão solicitados pelos usuários. “Para atender a estas necessidades, as Especificações Técnicas dos Produtos dos Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-PCDG) definiram os elementos da qualidade para cada tipo de produto.” (INDE, 2011, p.16).

Para um produto digital ser admitido como referência, deve cumprir as especificações da PEC-PCD. Os produtos digitais foram agrupados em 4 classes (“A”, “B”, “C” e “D”), baseando-se no Decreto 89.817, de 20 de junho de 1984. Na PEC consta que noventa por cento dos pontos medidos em campo, com método de alta precisão, quando comparados com as coordenadas do produto devem apresentar os valores de erro menores do que o estabelecido na tabela de precisão e erro padrão. As escalas abrangidas no documento de padrão de estruturas de dados são 1:1.000; 1:2.000; 1:5.000; 1:10.000; 1:25.000; 1:50.000; 1:100.000 e 1:250.000. Para as escalas não apresentadas, foram realizadas extrapolações. (ET-ADGV 2º ED, 2011)

O PEC digital planimétrico e o erro padrão das classes B, C e D correspondem, nessa ordem, as classes A, B, C do PEC Planimétrico. A classe A do PEC-PCD corresponde a $0,27 \cdot \text{equidistância do produto cartográfico}$ e o erro padrão = $1/6 \cdot \text{equidistância do produto cartográfico}$. As classes B, C e D do PEC digital altimétrico correspondem, em ordem, as classes A, B, C do PEC altimétrico.” (ET-ADGV 2º ED, 2011)

As figuras 25, 26 e 27 mostram, respectivamente, os valores de precisão e erro padrão do PEC digital para planimetria, valores do PEC digital altimétrico para Pontos Cotados, MDT, MDS e MDE e os valores do PEC digital para as curvas de nível nas escalas 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:25000; 1:50000; 1:100000 e 1:250000.

Figura 25– Valores do PEC digital para planimetria

PEC ⁽¹⁾	PEC-PCD	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000		1:25.000		1:50.000		1:100.000		1:250.000	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
-	A ⁽²⁾	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85	2,80	1,70	7,00	4,25	14,00	8,51	28,00	17,02	70,00	42,55
A	B ⁽¹⁾	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50	5,00	3,00	12,50	7,50	25,00	15,00	50,00	30,00	125,00	75,00
B	C ⁽¹⁾	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50	8,00	5,00	20,00	12,50	40,00	25,00	80,00	50,00	200,00	125,00
C	D ⁽¹⁾	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	25,00	15,00	50,00	30,00	100,00	60,00	250,00	150,00

Fonte: (ET-ADGV 2º ED, 2011)

Figura 26- Valores do PEC digital altimétrico para Pontos Cotados, MDT, MDS e MDE

PEC-PCD ⁽³⁾	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000		1:25.000		1:50.000		1:100.000		1:250.000	
	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
A	0,27	0,17	0,27	0,17	0,54	0,34	1,35	0,84	2,70	1,67	5,50	3,33	13,70	8,33	27,00	16,67
B	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,66	2,50	1,67	5,00	3,33	10,00	6,66	25,00	16,66	50,00	33,33
C	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00	6,00	4,00	12,00	8,00	30,00	20,00	60,00	40,00
D	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50	7,50	5,00	15,00	10,00	37,50	25,00	75,00	50,00

Fonte: (ET-ADGV 2º ED, 2011)

Figura 27 - Valores do PEC digital para altimetria (curvas de nível)

PEC ⁽¹⁾	PEC-PCD	1:1.000 (Eqd = 1 m)		1:2.000 (Eqd = 1 m)		1:5.000 (Eqd = 2 m)		1:10.000 (Eqd = 5 m)		1:25.000 (Eqd = 10m)		1:50.000 (Eqd = 20m)		1:100.000 (Eqd = 50m)		1:250.000 (Eqd = 100m)	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
A	A	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,67	2,50	1,67	5,00	3,33	10,00	6,67	25,00	16,67	50,00	33,33
B	B	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00	6,00	4,00	12,00	8,00	30,00	20,00	60,00	40,00
C	C	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50	7,50	5,00	15,00	10,00	37,50	25,00	75,00	50,00
	D ⁽⁴⁾	1,00	0,60	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	20,00	12,00	50,00	30,00	100,00	60,00

Fonte: (ET-ADGV 2º ED, 2011)

3 ÁREA DE ESTUDO

A área de desenvolvimento do trabalho compreende o complexo termelétrico e entorno, localizado no município de Candiota, no estado do Rio Grande do Sul.

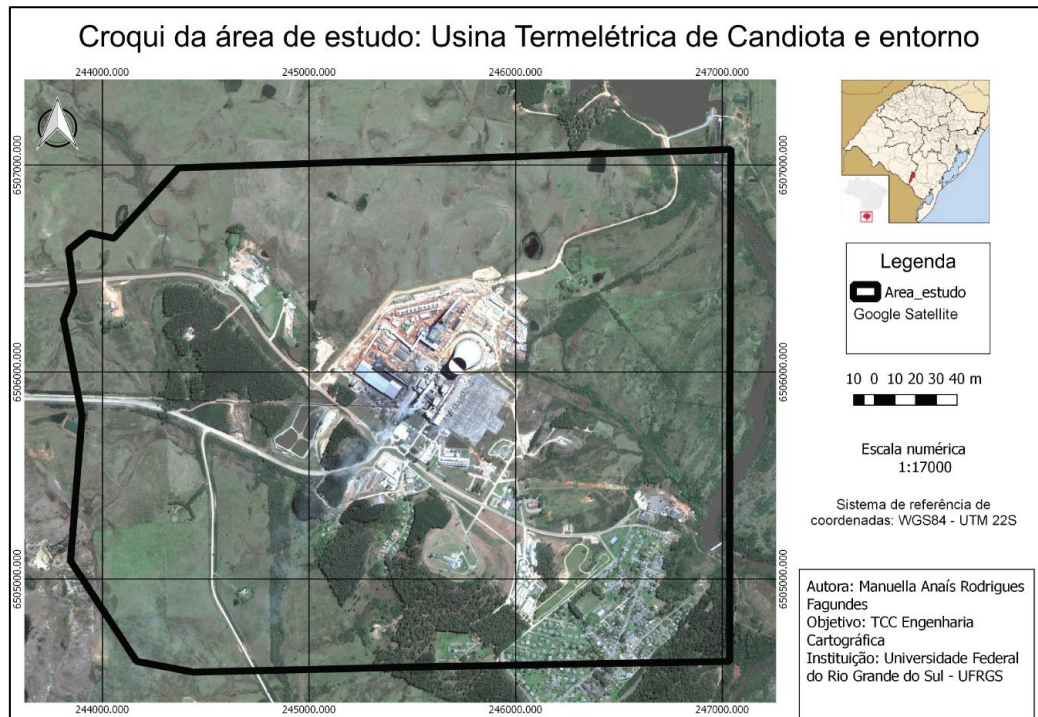
O município está localizado a aproximadamente 400Km de Porto Alegre, na Latitude: 31°28'36" S e Longitude: 53°40'45" O, conforme mostra a figura 28. A população residente de Candiota, segundo Censo Demográfico 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é de 8.771 habitantes. E como área de unidade territorial apresenta 933,834 Km². A delimitação a área de trabalho, que abrange o complexo termelétrico de Candiota, tem aproximadamente 7,61Km², como mostra em destaque a figura 29.

Figura 28- Localização do Município de Candiota no estado do Rio Grande do Sul



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Figura 29 - Área de estudo



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Segundo a Eletrobrás, o complexo termelétrico de Candiota tem o início da sua história em 1950 com as primeiras pesquisas sobre o aproveitamento do carvão mineral para gerar energia elétrica. Candiota I, inaugurada em 1961, foi a primeira usina desse complexo.

“A Usina Termelétrica Presidente Médici - UTPM - Candiota II, teve sua construção em duas etapas. A Fase A da Usina, com duas unidades de 63MW cada, foi inaugurada em 1974 quando foi integrada no Sistema Interligado Brasileiro. Seu combustível primário é o carvão mineral. No final de 1986 entrou em operação a Fase B, com duas unidades de 160 MW cada, totalizando 446 MW instalados.” (ELETROBRÁS, 2016).

De acordo com a Eletrobrás, no conjunto da Usina deve-se evidenciar a torre de resfriamento. Estrutura em casca de concreto com 124 metros de diâmetro e 133 metros de altura, cujo objetivo é resfriar a água utilizada para trocar calor no condensador. Outra parte que se destaca é a chaminé de exaustão com 150 metros de altura, em concreto, que permite ampla dispersão dos gases que são resultados da queima de carvão, diminuindo a agressividade ao meio ambiente.

A Usina de Candiota III (Fase C), entrou em operação em janeiro de 2011, com 350 MW instalados, e aumentou a capacidade do Complexo Termelétrico de Candiota para 796 MW instalados. (ELETROBRÁS, 2016)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Para execução do trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Alvos;
 - VANT ECHAR 20A ;
 - Câmera Digital de 18Mpixels de resolução (figura 30);
-

Figura 30- Informações da câmera digital

PAYLOAD (CARGA ÚTIL)	
Fabricante	CANON
Modelo	T3i
Tamanho do sensor	22,3 X 14,9 mm
Lente	18-55mm, 20 mm ou 28 mm
Tamanho de imagem	5184 X 3456 pixels
Fabricante	SONY
Modelo	a7R
Tamanho do sensor	35,9 X 24 mm
Lente	32 mm
Tamanho de imagem	7360 X 4912 pixels

Fonte: Xrobots, 2013

- Estação Fotogramétrica (Processador Intel (R) Xeon (R) CPU E3 – 1241 v3@3.5GHz;
Memória Ram de 32GB);

- Par de receptores GNSS de dupla frequência (Topcon Hiper Lite);

- Bastão;

- Tripé.

Softwares:

- Xrobots Mission Planer;

- Topcon Tools;

- PhotoScan;

- Cloud Compare;

- FME Workbench;

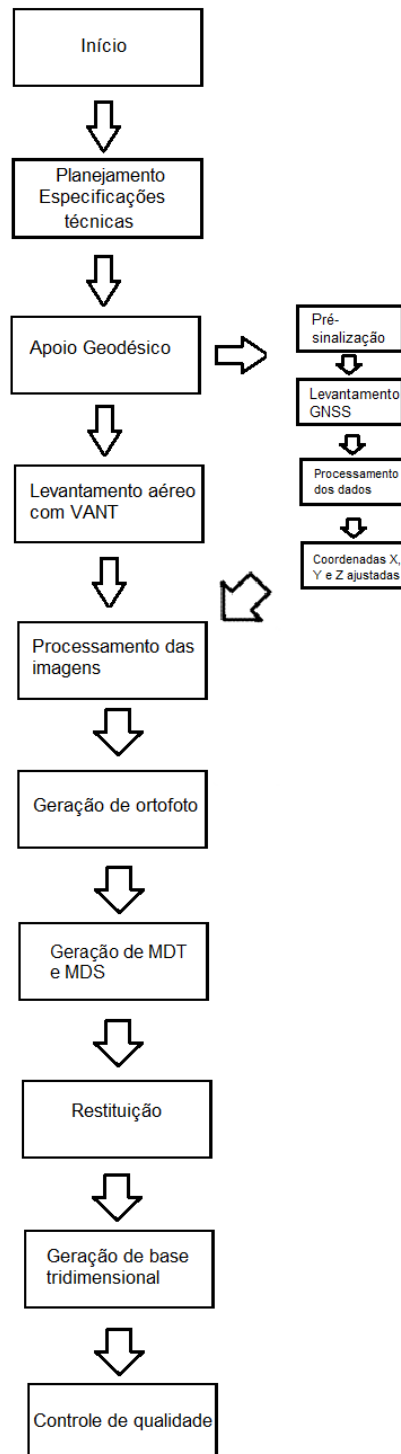
- Quantum GIS;

- GeoPEC.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As principais etapas da metodologia envolvida na execução deste trabalho estão esboçadas no fluxograma apresentado na figura 31.

Figura 31- Fluxograma das etapas do projeto

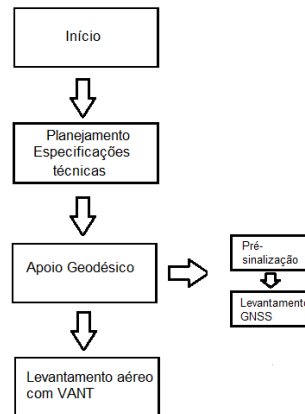


Fonte: elaborada pela autora, 2016

A execução do voo e o apoio geodésico foram etapas realizadas no mês de setembro de 2015. O desenvolvimento deste trabalho iniciou no mês de julho de 2016, período em que os dados de campo começaram a ser processados para gerar os resultados. Assim, a metodologia

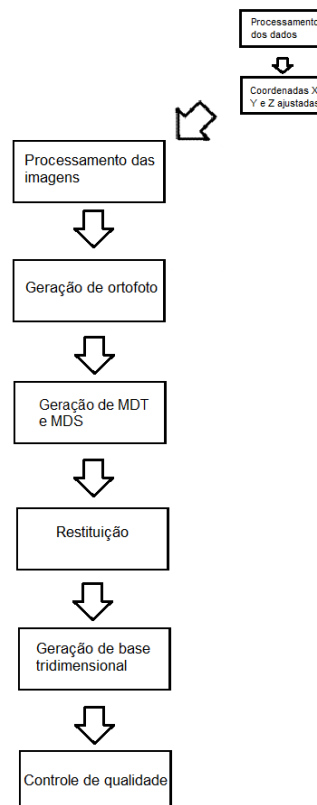
explicada nos parágrafos secundários, que inclui a primeira parte do fluxograma (figura 32), apenas relata os procedimentos escolhidos pela equipe de campo que realizou o voo, a pré-sinalização e o rastreo. Já as etapas de processamento e geração dos resultados (figura 33) fazem parte da metodologia escolhida e desenvolvida para este trabalho.

Figura 32 - Etapas desenvolvidas antes da elaboração deste trabalho



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Figura 33 - Etapas desenvolvidas neste trabalho



Fonte: elaborada pela autora, 2016

4.2.1 PRÉ-SINALIZAÇÃO / APOIO DE CAMPO E PROCESSAMENTO DOS DADOS GNSS

4.2.1.1 PRÉ-SINALIZAÇÃO E ALVOS

A pré-sinalização é uma marcação artificial no terreno que deve ser visualizada nas fotografias aéreas. Sua utilidade é auxiliar na precisão dos pontos de controle, que são fundamentais para os cálculos da aerotriangulação. Os algoritmos mais modernos presentes nos softwares de fotogrametria são capazes de gerar modelos sem pontos de controle, porém há uma perda significativa na precisão.

Pré sinalizou-se onde as regiões não haviam feições bem identificadas no terreno. Como a região de estudo tem maior parte de sua área correspondente a campos e vegetação, foram usados alvos distribuídos em locais de fácil acesso.

Os alvos utilizados no apoio de campo já haviam sido testados em outros trabalhos e apresentaram boa visibilidade nas fotografias obtidas com uso de VANT para a resolução do voo de 10cm.

Segundo (SOUZA, 2015, p.41) para definição dos alvos foram realizados testes de contraste de cores opostas e do contraste de luminosidade”. Então determinou-se que os alvos confeccionados fossem em material de lona PVC, com tamanho de 60x60cm e centro circular de 30cm de diâmetro, conforme mostra a figura 34.

Figura 34– Modelo de alvo utilizado para pré-sinalização



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Os alvos foram distribuídos o mais uniformemente possível, procurando uma melhor geometria para os futuros cálculos de triangulação, considerando a acessibilidade da região. Ao todo foram utilizados nove alvos, conforme distribuição apresentada na figura 35. Os pontos identificados como PU, receberam este nome por serem os pontos ao redor da Usina. Ao todo foram rastreados nove pontos, que posteriormente foram processados.

Figura 35 - Distribuição dos alvos na região



Fonte: Adaptado de Google Earth

Os pontos identificados como PU, receberam este nome por serem os pontos ao redor da Usina. Ao todo foram rastreados nove pontos, que posteriormente foram processados.

4.2.1.2 Rastreo dos pontos de controle e checagem e processamento dos dados

Utilizou-se um par de receptores GNSS Hiper, de dupla frequência, para rastreamento dos pontos de controle, sendo um fixo (base) e outro móvel. No marco utilizado como base o tempo de rastreio foi de aproximadamente oito horas (figura 36). Para os pontos de controle utilizou-se o método estático rápido, em função da distância entre eles e a base ser inferior a 10km, com tempo de rastreio igual a 5min.

Figura 36- Foto do rastreio no marco utilizado como base



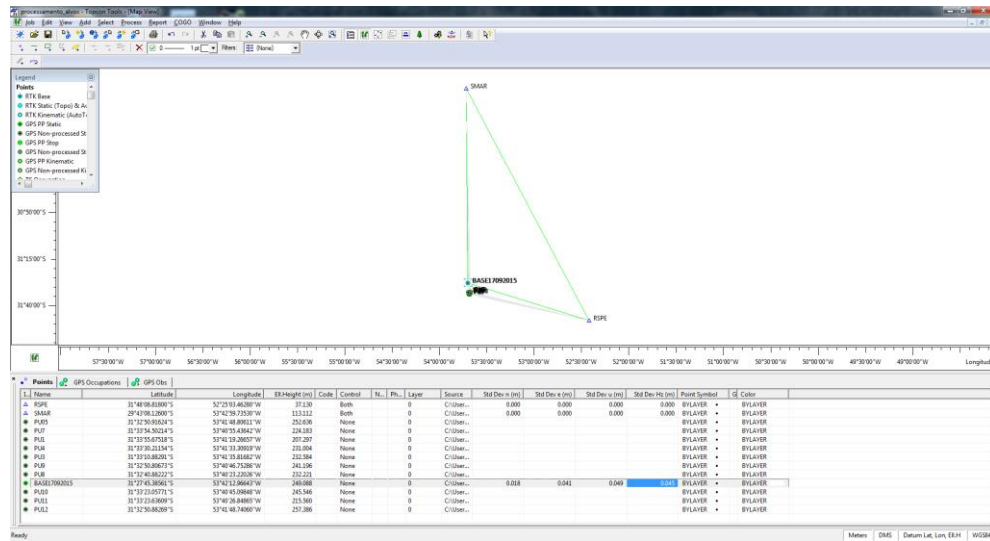
Fonte: autora, 2015

Após o rastreio, realizou-se o ajustamento processando a base localizada na fazenda próxima a Seival às estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) situadas no município de Pelotas (RSPE) (distância de aproximadamente 133km do município de Candiota) e de a Santa Maria (SMAR) (distância de aproximadamente 213,21 km do município de Candiota).

Após isso, a base foi utilizada como referência para os pontos de controle rastreados. Os dados foram processados utilizando o software Topcon Tools.

A figura 37 mostra o processamento da base em relação às estações RSPE e SMAR da RBMC, salientando em verde o procedimento a triangulação efetuada.

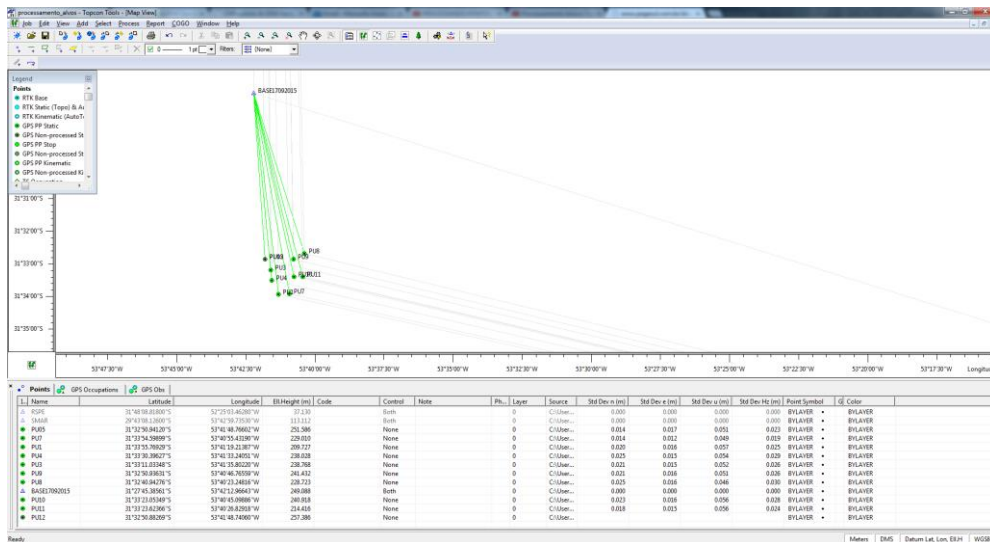
Figura 37- Processamento da base com as estações da RBMC



Fonte: elaborada pela autora, 2016

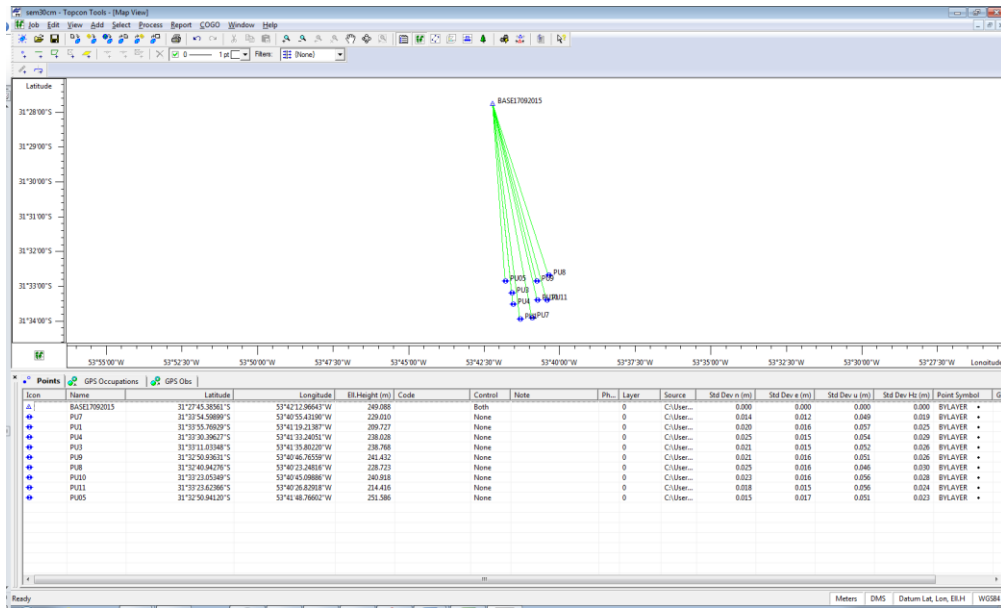
Após o processamento e ajustamento da base em relação a RSPE e SMAR, utilizou-se esta para processar e ajustar os pontos de controle (figuras 38 e 39). As coordenadas ajustadas dos pontos são apresentadas na Tabela 1.

Figura 38- Processamento dos pontos de controle em relação à base



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Figura 39 - Ajustamento dos pontos em relação à base



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Tabela 1 - Coordenadas ajustadas pontos de controle

Nome do ponto	Latitude	Longitude	Elevação
PU1	31°33'55.76929"S	53°41'19.21387"W	209.727
PU3	31°33'11.03348"S	53°41'35.80220"W	238.768
PU4	31°33'30.39627"S	53°41'33.24051"W	238.028
PU05	31°32'50.94120"S	53°41'48.76602"W	251.586
PU7	31°33'54.59899"S	53°40'55.43190"W	229.01
PU8	31°32'40.94276"S	53°40'23.24816"W	228.723
PU9	31°32'50.93631"S	53°40'46.76559"W	241.432
PU10	31°33'23.05349"S	53°40'45.09886"W	240.918
PU11	31°33'23.62366"S	53°40'26.82918"W	214.416

Fonte: elaborada pela autora, 2016

4.2.2 PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DO VOO

O planejamento do voo foi realizado pela equipe de campo no software Xrobots-Mission Planner, que permite o planejamento e acompanhamento do voo. Este software calcula todo o plano de voo a partir da delimitação do polígono da área de estudo. Partindo dessa informação o software determina automaticamente as linhas de voo. O usuário então informa os dados da câmera, a altitude de voo, que pode ser alterada para um valor de interesse, e então as linhas de voo são alinhadas imediatamente. É possível variar o ângulo das

linhas de voo, o que pode ser necessário dependendo da direção do vento. A velocidade padrão adotada é de 11m/s, podendo ser modificada conforme for necessário.

Caso a área seja muito grande há a possibilidade de dividi-la em quatro partes. Após o ajuste de todos os parâmetros, o Mission Planner informa os dados estatísticos do voo: área total coberta, distância linear das faixas, a distância entre uma foto e outra, o *Groud Sample Distance* (GSD), o número de fotos estimadas para a missão, o número de faixas, o tamanho do quadro da imagem no solo, a distância entre uma linha e outra, o tempo de voo, o tempo entre a captura de uma imagem e a seguinte e o raio utilizado para poder entrar na faixa.

Executou-se o voo em setembro de 2015, de acordo com planejamento seguindo o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial conforme descrito na fundamentação teórica. A altitude definida para realização do voo foi de 600m.

O acompanhamento do voo foi elaborado no software Mission Planner. Ao total foram tiradas e utilizadas 600 fotografias. A figura 40 mostra o momento do lançamento do VANT, notando-se ao fundo parte da Usina Termelétrica.

Figura 40- Imagem do VANT sendo lançado para voo



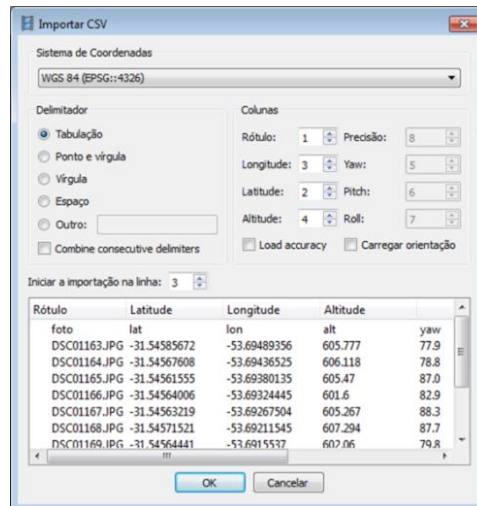
Fonte: Equipe de voo

4.2.3 PROCESSAMENTO DAS FOTOGRAFIAS

Realizou-se o processamento das fotografias em julho de 2016, no software Photoscan. O software primeiramente alinha a câmera de forma arbitrária, para o reconhecimento e marcação dos alvos artificiais. Para que isso seja possível é necessário inserir o log de voo, que é um arquivo no formato texto contendo as coordenadas do centro de cada fotografia, obtidas através do GNSS inercial presente no VANT.

O log de voo é obtido em um dos softwares existentes no pacote da Xrobots. Nele seleciona-se a primeira foto do voo e o arquivo do inercial resultante do voo. Automaticamente, um arquivo texto denominado “log de voo” é gerado com as coordenadas de cada fotografia, o qual é posteriormente inserido no processamento (figura 41).

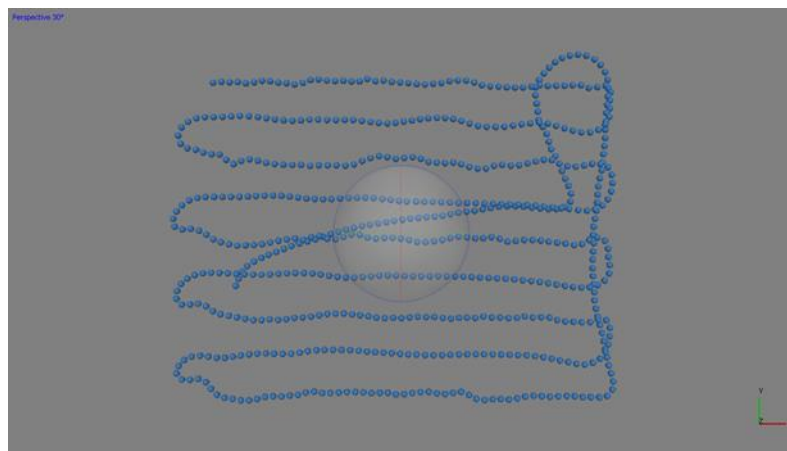
Figura 41 - Log de voo



Fonte: elaborada pela autora, 2016

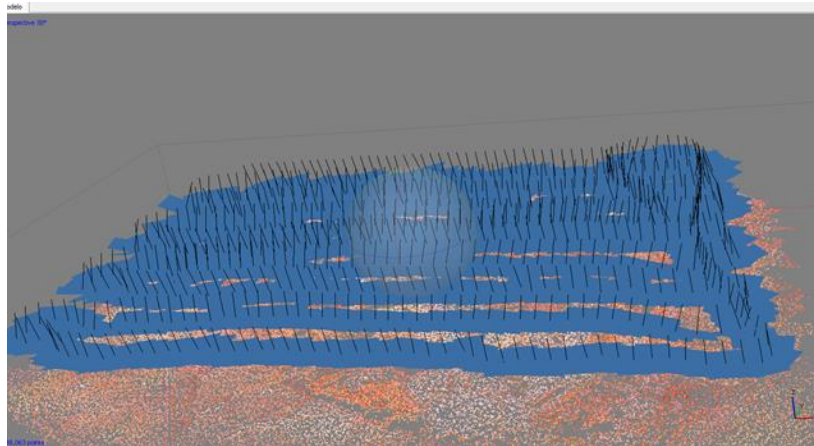
Quando as fotografias e o arquivo do log de voo são inseridos no Photoscan, automaticamente a trajetória do voo pode ser vista através da representação do centro dessas. A figura 42 mostra a posição dos centros das fotografias. A partir do alinhamento das fotos, o Photoscan indica ao usuário a posição de todas as fotografias (figura 43).

Figura 42- Localização dos centros das fotografias



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Figura 43- Fotografias alinhadas



Fonte: elaborada pela autora, 2016

No passo seguinte foram inseridas as coordenadas dos pontos de controle, para que os alvos tenham essa função. Tomou-se o devido cuidado com o valor da altitude fornecida pelo GNSS (geométrica), e utilizou-se então um modelo geoidal para converter para altitude ortométrica. Essa etapa foi realizada utilizando o Mapgeo 2015, software disponibilizado pelo IBGE. A figura 44 mostra o arquivo de saída do software Mapgeo contendo as coordenadas (latitude e longitude) dos pontos e na coluna da direita o valor da ondulação geoidal para cada ponto. Em seguida a figura 43 mostra a conversão das altitudes geométricas em ortométricas utilizando os valores de ondulação geoidal correspondentes.

Figura 44- Valor de ondulação geoidal dos pontos de controle

	Latitude	Longitude	Geoidal Undulation
PU5	-31.5475	-53.6969	12.47
PU7	-31.5652	-53.6821	12.46
PU1	-31.5655	-53.6887	12.46
PU4	-31.5584	-53.6926	12.46
PU3	-31.5531	-53.6933	12.47
PU9	-31.5475	-53.6797	12.46
PU8	-31.5447	-53.6731	12.47
PU10	-31.5564	-53.6792	12.46
PU11	-31.5566	-53.6741	12.46

Fonte: elaborada pela autora, 2016

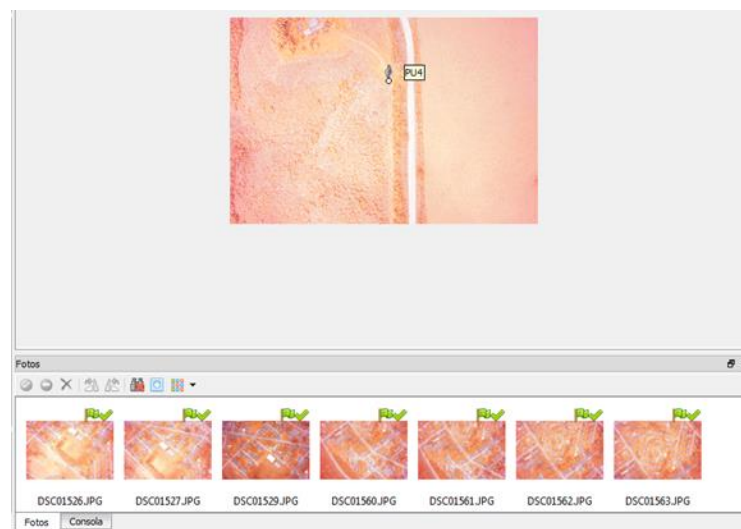
Figura 45- Conversão de altitude geométrica para ortométrica

	A	B	C	D
1	Alvos	Alt_geométrica	Ondulação geoidal	Alt_ortométrica
2	PU5	251.586	12.47	239.116
3	PU7	229.01	12.46	216.55
4	PU1	209.727	12.46	197.267
5	PU4	238.028	12.46	225.568
6	PU3	238.768	12.47	226.298
7	PU9	241.432	12.46	228.972
8	PU8	228.723	12.47	216.253
9	PU10	240.918	12.46	228.458
10	PU11	214.416	12.46	201.956

Fonte: elaborada pela autora, 2016

Dos nove pontos medidos no campo apenas cinco foram utilizados com a finalidade de apoio, isso ocorreu devido a alguns deles não apresentarem boa identificação nas imagens. Uma observação relevante é quanto ao arrastamento presente nas fotografias. Este causou dificuldade na identificação do centro de alguns alvos, o que o torna também um fator prejudicial nas medições dos pontos. Do total de pontos cinco foram então usados como controle, e os quatro restantes foram aproveitados como pontos de checagem. A figura 46 mostra a identificação do ponto de controle PU4, exemplificando o método utilizado. É possível observar que o software mostra todas as imagens onde o ponto está contido, apresentando uma localização aproximada. Tomou-se o cuidado de inserir o marcador exatamente no alvo, para que a precisão fosse a melhor possível.

Figura 46- Identificação dos pontos de controle nas fotografias



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Em termos de erro de píxel, onde o critério de erro aceitável é de até meio píxel, os valores de 0,142 e 0,274 são aceitáveis. Foram inseridos 9 pontos de ligação na intenção de melhorar o modelo, pois notou-se a presença de muita fumaça na imagem, devido a emissão

das torres da usina, o que aumentaria os borrões no modelo. A figura 47 mostra as coordenadas dos pontos de controle e de checagem e o erro associado a cada um. A figura 48 apresenta as mesmas informações dos pontos de controle e checagem, adicionada das coordenadas e erros dos pontos de ligação. A figura 49 exibe a distribuição dos pontos de controle, checagem e ligação na região de estudo.

Figura 47- Pontos de controle

Marcadores	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Accuracy (m)	Erro (m)	Projeções	Erro (pix)
<input checked="" type="checkbox"/> PU1	-53.688671	-31.565491	197.267000	0.005000	0.005213	5	0.115
<input type="checkbox"/> PU3	-53.693278	-31.553065	226.298000	0.005000	0.428541	8	0.185
<input type="checkbox"/> PU4	-53.692567	-31.558443	225.568000	0.005000	0.911790	12	0.284
<input checked="" type="checkbox"/> PU5	-53.696879	-31.547484	239.116000	0.005000	0.005761	3	0.117
<input checked="" type="checkbox"/> PU7	-53.682064	-31.565166	216.550000	0.005000	0.006710	6	0.129
<input checked="" type="checkbox"/> PU8	-53.673124	-31.544706	216.253000	0.005000	0.002272	9	0.194
<input type="checkbox"/> PU9	-53.679657	-31.547482	228.972000	0.005000	1.236137	9	0.322
<input checked="" type="checkbox"/> PU10	-53.679194	-31.556404	228.458000	0.005000	0.003079	9	0.107
Erro Total							
Control points					0.004900		0.142
Check points					0.920696		0.274

Fonte: elaborada pela autora, 2016

Figura 48- Pontos de controle e de ligação

Marcadores	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Accuracy (m)	Erro (m)	Projeções	Erro (pix)
<input checked="" type="checkbox"/> PU1	-53.688671	-31.565491	197.267000	0.005000	0.003630	5	0.140
<input type="checkbox"/> PU3	-53.693278	-31.553065	226.298000	0.005000	0.615548	8	0.170
<input type="checkbox"/> PU4	-53.692567	-31.558443	225.568000	0.005000	0.735680	10	0.260
<input checked="" type="checkbox"/> PU5	-53.696879	-31.547484	239.116000	0.005000	0.004922	3	0.193
<input checked="" type="checkbox"/> PU7	-53.682064	-31.565166	216.550000	0.005000	0.007188	6	0.156
<input checked="" type="checkbox"/> PU8	-53.673124	-31.544706	216.253000	0.005000	0.001883	9	0.201
<input type="checkbox"/> PU9	-53.679657	-31.547482	228.972000	0.005000	1.361505	9	0.326
<input checked="" type="checkbox"/> PU10	-53.679194	-31.556404	228.458000	0.005000	0.002650	9	0.129
<input type="checkbox"/> point 1						10	0.211
<input type="checkbox"/> point 2						7	0.106
<input type="checkbox"/> point 3						5	0.241
<input type="checkbox"/> point 4						14	0.248
<input type="checkbox"/> point 5						11	0.293
<input type="checkbox"/> point 6						12	0.196
<input type="checkbox"/> point 7						11	0.213
<input type="checkbox"/> point 8						5	0.341
<input type="checkbox"/> point 9						7	0.227
Erro Total							
Control points					0.004464		0.165
Check points					0.961565		0.242

Fonte: elaborada pela autora, 2016

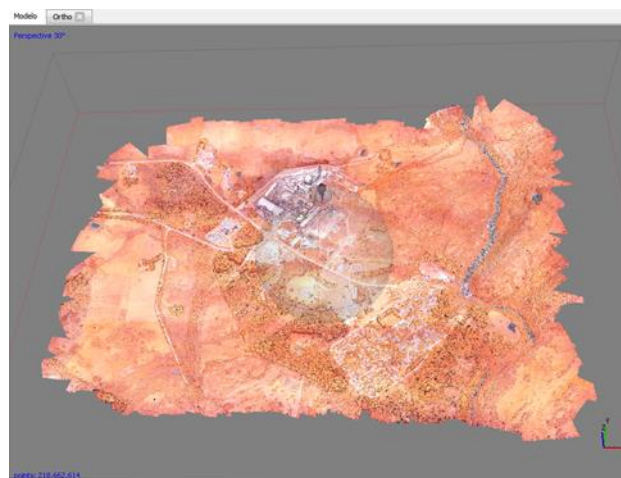
Figura 49 - Distribuição dos pontos de controle e ligação



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Na etapa seguinte criou-se uma nuvem de pontos. O software realiza esta etapa com base nas imagens e suas posições. A nuvem de pontos é densificada de forma a obter o maior número de pontos possível, considerando a capacidade computacional, pois esta será a base para geração do MDT. Devido à quantidade de fotos e ao tamanho das imagens não foi possível gerar a nuvem na melhor qualidade possível, tendo como resultado uma nuvem de pontos de média qualidade, conforme denomina o Photoscan. A figura 48 retrata a nuvem de pontos obtida.

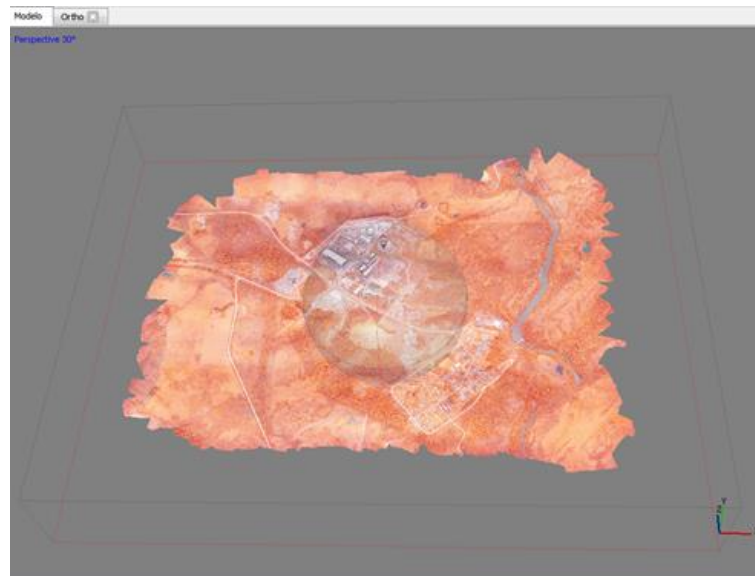
Figura 50- Nuvem de pontos gerada



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Após a obtenção da nuvem de pontos, fez-se uma malha utilizando esta nuvem (figura 51). A partir desses dados é possível gerar um MDS e também um modelo tridimensional da região. A etapa seguinte consiste em fazer a aerotriangulação, para então gerar as ortofotos e os futuros modelos de terreno.

Figura 51- Modelo de grade

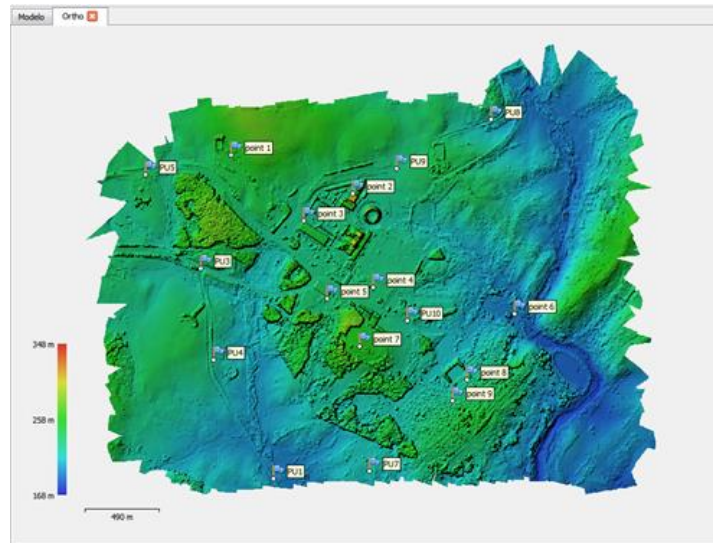


Fonte: elaborada pela autora, 2016

4.2.3.1 GERAÇÃO DE MDT e MDS

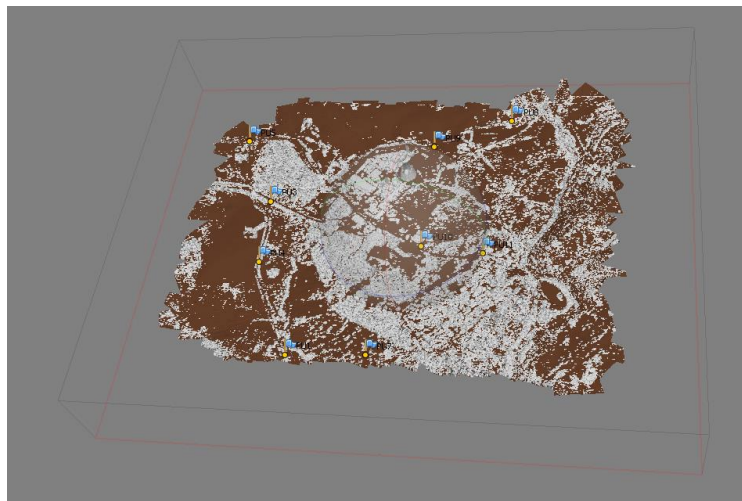
A geração do MDS foi realizada com base na nuvem de pontos criada anteriormente (figura 50). E, para a geração do MDT utilizou-se um filtro do software Photoscan que resultou em muitos ruídos. Estes manualmente levariam um tempo árduo e inviável para serem retirados por completo, então apenas os mais grosseiros foram removidos e o modelo foi gerado. A figura 50 mostra o resultado do MDS gerado juntamente com a distribuição dos pontos de controle, checagem e ligação. Observa-se no canto esquerdo a graduação das cores de acordo com a altitude, onde os menores valores estão em tons de azul e os maiores em vermelho. A figura 53 apresenta o resultado do filtro dos pontos pertencentes ao terreno. Os pontos em marrom são relativos ao terreno, já os brancos os que foram desconsiderados (árvores, construções e etc.). Na figura 54 o MDT gerado aparece em níveis de cinza, onde as maiores altitude correspondem aos tons mais claros, e as menores em tons mais escuros.

Figura 52- Modelo Digital de Superfície gerado



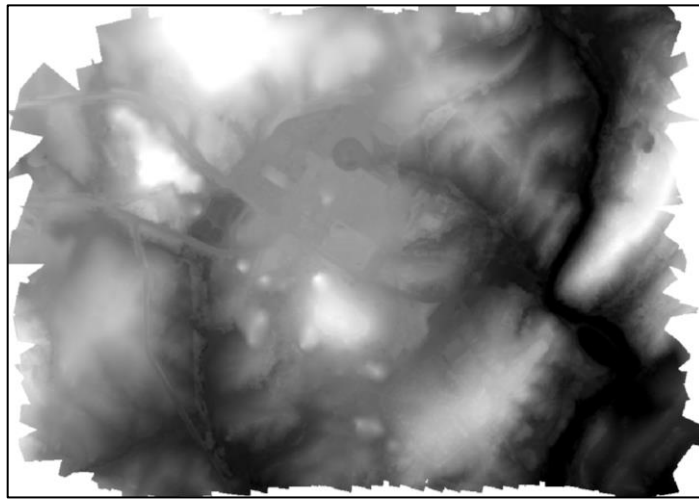
Fonte: elaborada pela autora, 2016

Figura 53- Nuvem de pontos filtrando os pontos do terreno



Fonte: elaborada pela autora, 2016

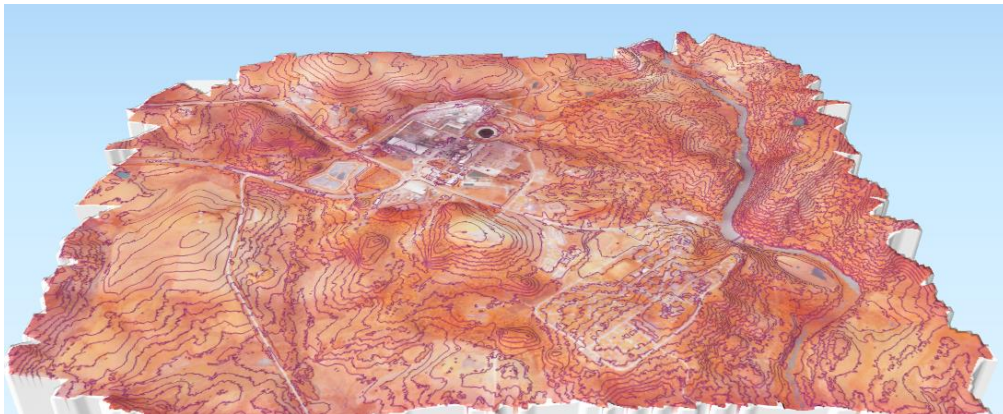
Figura 54- MDT gerado no Photoscan



Fonte: elaborado pela autora, 2016

Para suavizar as curvas de nível do modelo foram aplicados dois filtros no software QGIS. O primeiro, *Fill Sinks*, preenche os buracos e elimina depressões. O segundo, *Simple filter*, é um filtro de média. Ambos suavizam as curvas de nível. A figura 55 mostra tridimensionalmente as curvas de nível geradas, com equidistância de 4m, sobrepostas ao MDT e ao ortomosaico.

Figura 55- Curvas de nível no MDT Photoscan



Fonte: elaborado pela autora, 2016

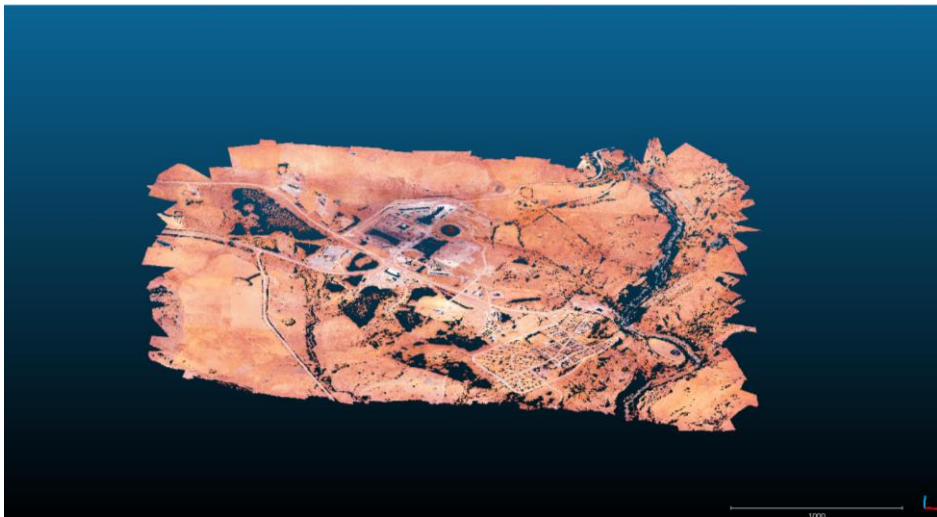
Surgiram dúvidas quanto a precisão altimétrica que este modelo forneceria, em função da presença de alguns ruídos, e outro software foi utilizado.

Como segunda opção, escolheu-se exportar a nuvem de pontos completa gerada no Photoscan, e trabalhá-la no software livre Cloud Compare. Este permite filtrar a nuvem utilizando uma técnica chamada de *Cloth Simulation*. A ideia do método é primeiramente

colocar a nuvem de pontos de cabeça para baixo, e depois um “pano” vindo de cima cai sobre essa superfície. O algoritmo analisa então as interações que ocorrem entre os nós do pano e os correspondentes na nuvem. Ao final define-se a forma do pano, que é utilizada para classificação dos pontos de terreno e dos pontos não pertencentes ao terreno. Segundo os desenvolvedores do software, problemas ocorrem em regiões de declividade muito acentuada, e em locais com obras de arte (pontes, viadutos e etc.).

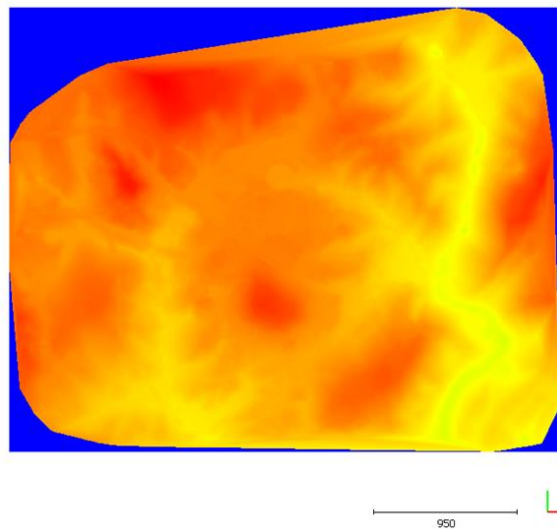
A figura 56 exibe o resultado do filtro aplicado na nuvem de pontos, para separar os pontos pertencentes somente ao terreno. Na figura 57 é possível observar o *raster* gerado a partir da nuvem filtrada. O software Cloud Compare faz uma interpolação dos pontos para gerar o *raster*, o que acarreta em ruídos. Pois nas regiões de “buracos” a interpolação pode apresentar um resultado inconsistente.

Figura 56 - Resultado do filtro dos pontos pertencentes ao terreno



Fonte: elaborado pela autora, 2016

Figura 57- *Raster* da interpolação da nuvem de pontos pertencentes ao terreno



Fonte: elaborado pela autora, 2016

Como após a classificação da nuvem ainda havia ruídos, para corrigir os mesmos ao máximo foram aplicadas duas ferramentas de filtro, *SOR filter* e *Noise Filter*, ambas presentes no software de trabalho.

O *SOR*, primeiro aplicado, filtra considerando a distância entre os pontos vizinhos. Primeiramente ele calcula a distância média de cada ponto em relação aos seus vizinhos. Após rejeita os pontos que estão mais longe do que esta distância média acrescida de um número de vezes do desvio padrão. O usuário define então dois parâmetros: o número de vizinhos utilizado para calcular a “distância em relação aos vizinhos” e o número multiplicador do desvio-padrão.

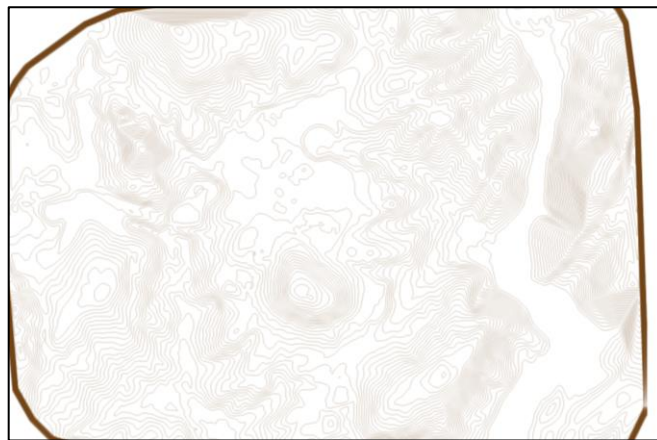
Aplicou-se a ferramenta *Noise Filter*, posteriormente ao *SOR*, que realiza uma filtragem considerando a distância à superfície adjacente. Pode ser assemelhado a um filtro de passa-baixa. Os parâmetros envolvidos para estimar a superfície adjacente podem ser ou um raio ou o número de vizinhos. O usuário também pode escolher entre um erro relativo e um absoluto. O algoritmo funciona mais adequadamente para superfícies planas, no entanto se for utilizado um valor para raio muito alto pode haver problema nos cantos da nuvem. Para que este problema não ocorra pode-se executar o algoritmo repetidamente com um valor de raio pequeno e limiar de erro relativamente alto.

Após a aplicação desses dois filtros na nuvem, gerou-se um arquivo no formato *raster* (matricial). Para isso utilizou-se uma interpolação para fechar os “buracos” presentes. Na

intenção de remover os ruídos desta interpolação, algumas ferramentas do software QGIS foram aplicadas, que suavizam as curvas de nível e objetivam minimizar os erros da interpolação.

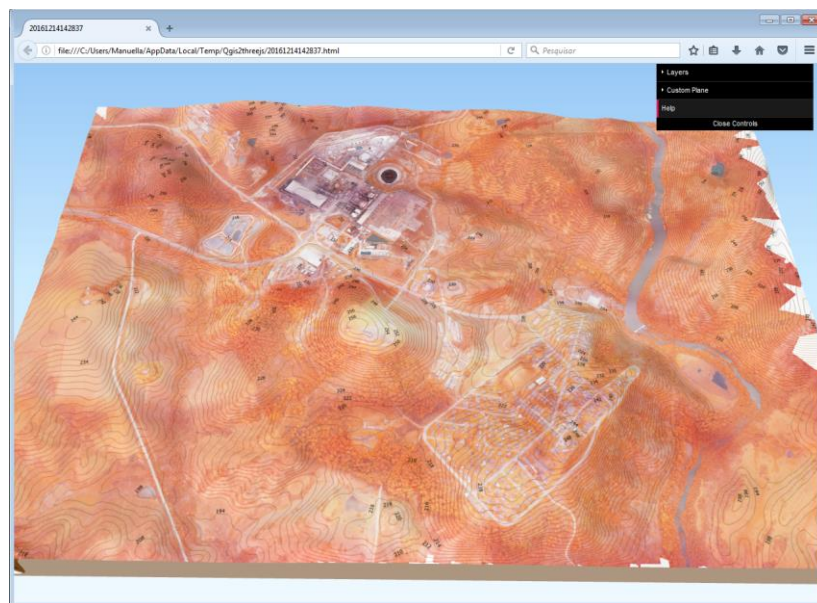
As ferramentas utilizadas no QGIS foram *Fill Sinks* e *Simple Filter*. A figura 58 retrata o resultado das curvas de nível, com equidistância de 2m, obtidas a partir do MDT gerado no Cloud Compare. A figura 59 mostra em 3D as curvas de nível sobrepostas ao MDT e ao ortomosaico.

Figura 58- Curvas de nível obtidas a partir do MDT gerado no Cloud Compare



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Figura 59- Representação do MDT com as curvas de nível



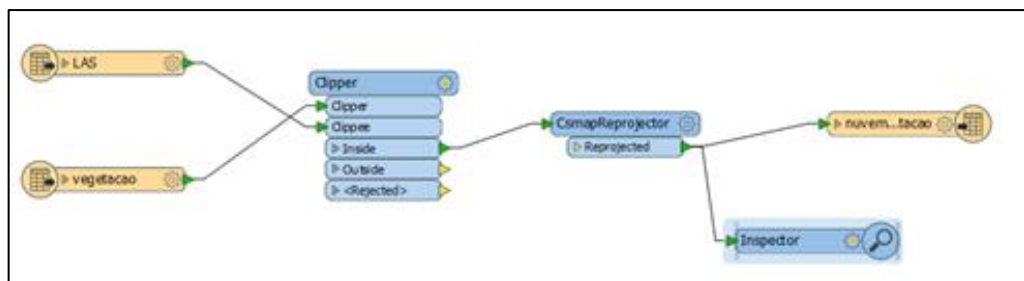
Fonte: elaborada pela autora, 2016

A vegetação torna-se uma peculiaridade na geração do mapa, pois unindo o MDT com as construções há uma carência no complemento da informação devido à falta da vegetação. Esta é constituinte da paisagem que pode alterar significativamente a distribuição do poluente devido a seu grande volume na região, assim a representação exigiu um tratamento diferenciado para a vegetação.

Separou-se a nuvem em pontos pertencentes ao terreno e pontos não pertencentes ao terreno, no software Cloud Compare. A nuvem de pontos não pertencentes ao terreno foi separada e utilizada para o recorte da vegetação. Essa separação da vegetação das demais feições ocorreu selecionando os polígonos em formato shapefile pertencentes à vegetação, e o software FME WORKBENCH realiza o recorte da nuvem a partir destes polígonos.

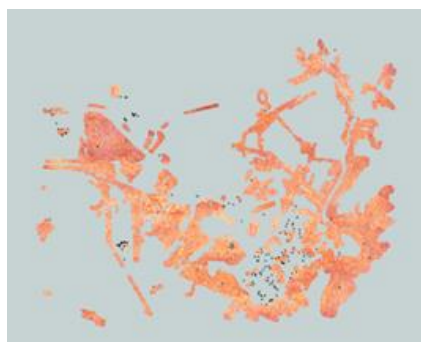
O FME trabalha de um modo lógico, onde os procedimentos são organizados através da montagem de fluxogramas (figura 60). O cuidado maior a ser tomado com esse software ocorreu no sistema de projeção da nuvem de pontos de saída, que teve que ser devidamente selecionado. Como resultado obteve-se uma nuvem apenas com a vegetação (figura 61) que foi unida a nuvem de pontos do terreno no software Cloud Compare (figura 62).

Figura 60- Lógica e desenvolvimento do recorte no FME



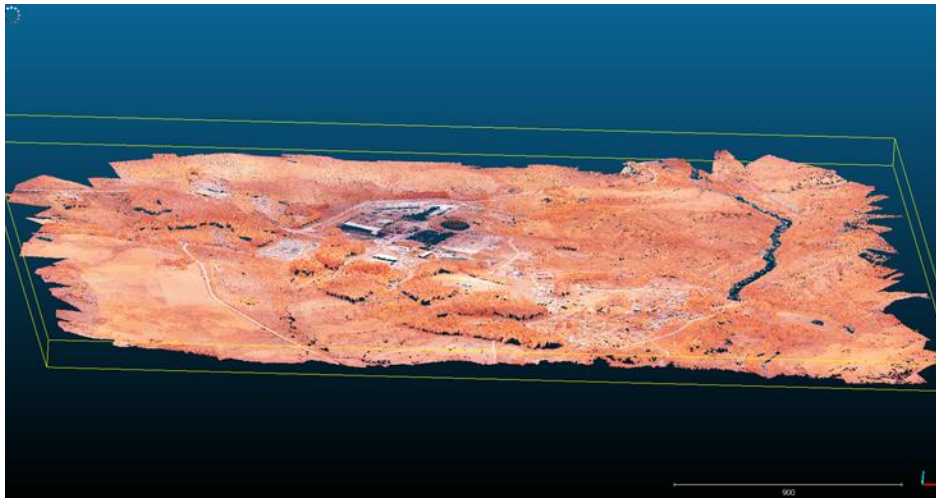
Fonte: elaborada pela autora, 2016

Figura 61 - Recorte da Vegetação no FME



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Figura 62- Nuvem de pontos do terreno com a vegetação



Fonte: elaborada pela autora, 2016

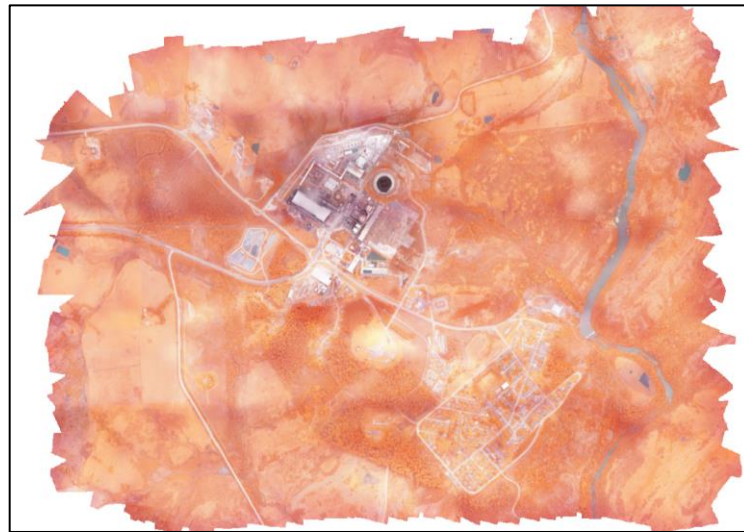
4.2.3.2 GERAÇÃO DE ORTOMOSAICO

Desenvolveu-se a etapa de geração do ortomosaico no software Photoscan.

Atenta-se para algumas falhas ocorridas no modelo, devido à falta cobertura em pequenas regiões na área de estudo. Esses “buracos” podem ter acontecido devido à presença de vento no dia do voo, que possivelmente deslocou o VANT.

Como dito anteriormente, para melhorar a qualidade do modelo tridimensional, em regiões onde os elementos não ficaram nítidos, foram inseridos pontos de ligação nas imagens. Comparando o mosaico gerado sem os pontos de ligação e outro gerado com os pontos de ligação, notou-se uma melhora no embaçamento. Porém a concentração da fumaça, gerada pelas chaminés da usina, prejudicou a identificação das feições na região central da usina mesmo com os pontos. A figura 63 mostra o ortomosaico gerado com resolução de 10cm.

Figura 63- Ortomosaico com resolução de 10cm



Fonte: elaborada pela autora, 2016

4.2.4 VETORIZAÇÃO

Nesta etapa realizou-se a coleta digital das feições de interesse, para elaboração da base cartográfica tridimensional. Para vetorização utilizou-se o software QGIS.

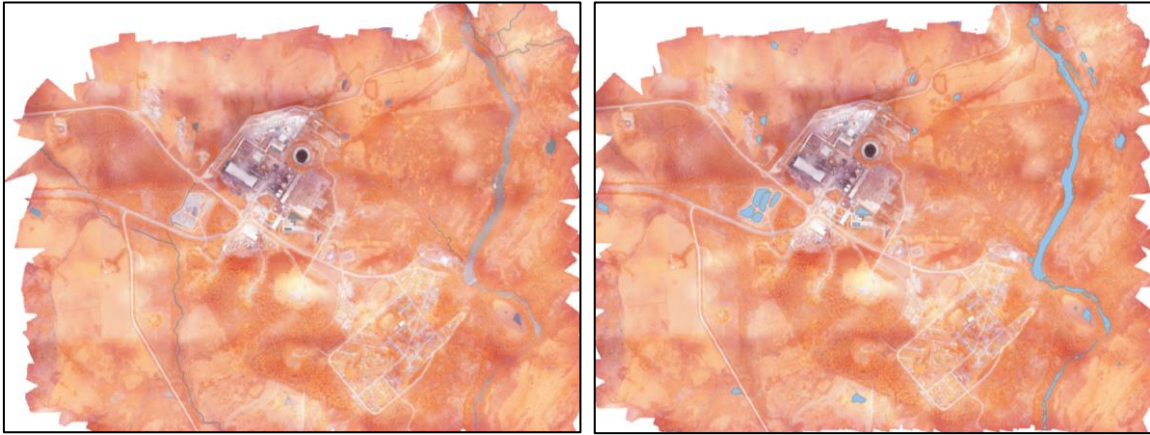
Para identificar as feições em uma composição Infravermelho Próximo Verde e Azul (NIRGB), é essencial entender o comportamento espectral dos alvos de interesse nessa composição conforme explicado no referencial teórico.

Como em todo processo de vetorização, alguns critérios devem ser adotados da generalização cartográfica. Há uma dependência da escala que define a seleção, simplificação e síntese das feições escolhidas para compor o mapa. Prima-se a comunicação eficiente de acordo com o trabalho, o que torna o processo intuitivo e dependente do objetivo. Deve-se obedecer a hierarquia de importância, pensando na representação em função da forma e estrutura. Ao executar a vetorização, deve-se ter claro a primitiva gráfica utilizada para corresponder a cada feição.

Primeiramente, definiram-se as categorias de informação a serem vetorizadas, como construções, vegetação, sistema viário e hidrografia. Na vetorização da hidrografia tornou-se necessária a separação em dois arquivos, pois em alguns casos utilizou-se a primitiva gráfica linha e em outros polígonos (figura 64). A vetorização da vegetação foi realizada em polígonos de acordo com um critério estabelecido. Para o sistema viário a primitiva gráfica

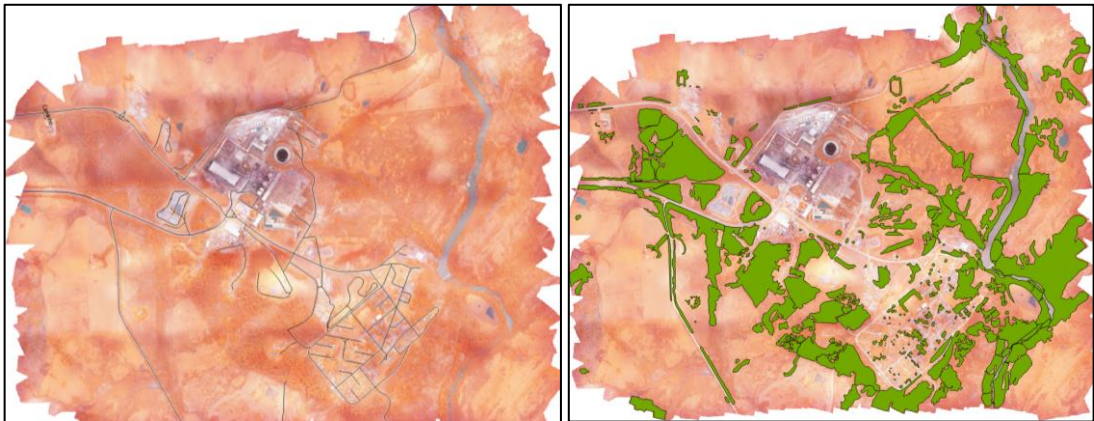
utilizada foi a linha, e todos os caminhos identificados foram vetorizados (figura 65). Na figura 66 observa-se a vetorização das construções.

Figura 64– Vetorização da hidrografia



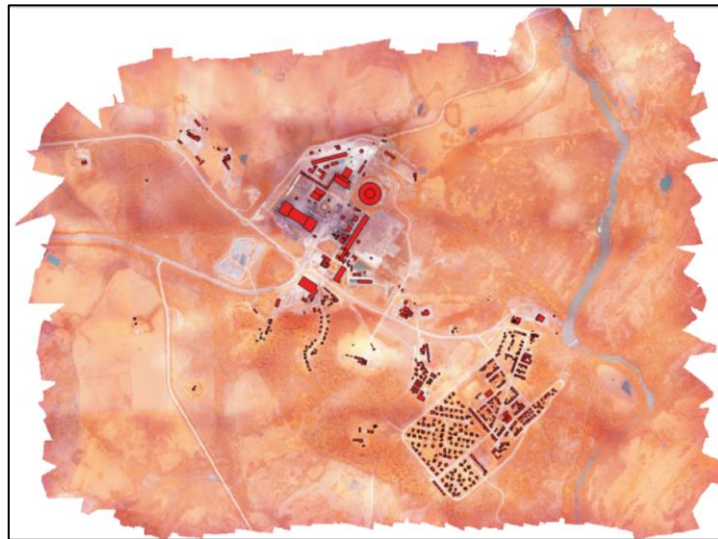
Fonte: elaborada pela autora, 2016

Figura 65- Vetorização do sistema viário e da vegetação



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Figura 66- Vetorização das construções



Fonte: elaborada pela autora, 2016

O critério de escala adotado para vetorização foi o mapa final ser gerado em uma escala 1:2000. A vetorização foi feita então em uma escala quatro vezes maior, 1:500. As feições que não foram distinguidas nesta escala, não foram vetorizadas. A vegetação densa foi vetorizada, mas a vegetação mais esparsa em determinadas regiões foi desconsiderada. O sistema viário foi vetorizado como linha, e os eixos das ruas foram utilizados como referência. Para as construções, como o objetivo é obter a altura em função do centroide, onde ocorreu cada mudança de plano visível na imagem, um novo polígono foi considerado.

Foram tomados os cuidados com a topologia, para que os dados possam futuramente ser utilizados em um SIG, e gerem novas informações a respeito da região. Para modelar a dispersão de poluentes no CALPUFF, há a opção de inserir um mapa de cobertura e uso do solo, que pode ser elaborado complementando esta vetorização base.

4.2.5 BASE CARTOGRÁFICA TRIDIMENSIONAL

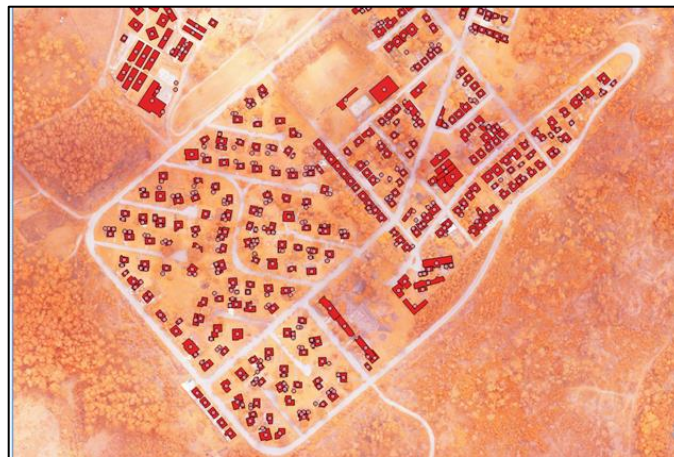
A visualização cartográfica tridimensional é capaz de mostrar uma interface mais amigável e atraente ao usuário. Permite uma melhor comunicação cartográfica do que os mapas convencionais, pois de modo interativo e qualitativo tenta representar a realidade como ela realmente é.

A geração da base cartográfica tridimensional divide-se em elaborar o projeto cartográfico e produzir o modelo tridimensional.

A elaboração do projeto cartográfico consistiu na geração do ortomosaico, do MDS, do MDT, na definição das classes de informação a serem representadas, no cálculo das cotas e na organização destas informações.

O cálculo das cotas das construções foi elaborado através da identificação dos centroides de cada polígono (figura 67). Esses centroides foram então unidos às informações do MDS através do complemento *Point Sampling Tools*, que insere na tabela de atributos dos centroides o valor da altitude do pixel do MDS correspondente. Elaborou-se uma tabela associando esses valores de altitude com os valores de altitude dos MDTs gerados no Photoscan e no Cloud Compare.

Figura 67- Centróides das construções



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Alguns cuidados foram tomados na identificação do centroide, pois algumas construções estavam obstruídas por árvores, fazendo com que o valor do centroide não fosse apenas da edificação. Nesses casos, alterou-se o polígono para que o valor da cota fosse o mais fiel possível, e depois ajustou-se o polígono novamente, conforme verificação em campo.

Uma questão a ser levantada é quanto às cores utilizadas na representação tridimensional. Para o ortomosaico, gerado em NIRGB, algumas cores normalmente utilizadas em mapas topográficos tiveram que ser substituídas.

Assim, as cores escolhidas para representação no modelo final foram testadas e consideradas mais adequadas para o contexto deste trabalho.

A produção do mapa base tridimensional ocorreu utilizando o complemento QGIS2THREEJS do QGIS, que tem como opção de armazenamento o arquivo em página HTML, possibilitando a visualização e interatividade em qualquer máquina. A interatividade é algo atrativo na representação visto que ao clicar no modelo é possível saber as coordenadas de X, Y e Z associadas, além do fato de mostrar os níveis de armazenamento (*layers*) presentes na tela.

Para representar o mapa base tridimensional nas figuras tornou-se necessário definir uma escala onde toda a região fosse visível, para que todos os componentes do mapa pudessem aparecer. A escala definida para representar no modelo 3D foi a escala 1:10000. A figura 68 apresenta o mapa tridimensional gerado com base no MDT do Photoscan. A figura 69 mostra o mapa tridimensional gerado utilizando como base o MDT gerado no Cloud Compare adicionado da vegetação recortada no software FME Workbench. A figura 70 mostra o MDS utilizado como base, os demais componentes do mapa estão sobre este modelo. Neste caso a vetorização das construções está apenas sobre a representação, sem constar as alturas dos prédios. É possível observar na figura 70 que a altura das torres da usina não estão coerentes, devido a falta de voo cruzado.

Figura 68- Mapa base tridimensional tendo como base o MDT gerado no Photoscan



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Figura 69- Mapa base tridimensional com a base do MDT gerado no Cloud Compare mais a vegetação



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Figura 70- MDS gerado no Photoscan



Fonte: elaborada pela autora, 2016

4.2.6 CONTROLE DE QUALIDADE

O primeiro controle de qualidade refere-se à etapa de pré-sinalização, para verificação da precisão dos pontos de controle rastreados. Foram analisados os desvios padrão das coordenadas planimétricas e altimétricas, e através do cálculo realizado com os desvios médios obteve-se um vetor tridimensional destes desvios:

$$\text{Precisão} = \sqrt{(\sigma H^2 + \sigma V^2)}$$

Onde:

σ_H = desvio padrão da coordenada planimétrica

σ_V = desvio padrão da coordenada altimétrica

Conforme mostra a Tabela 2, o maior valor encontrado para a média dos desvios é de 6,26cm, correspondente ao ponto de controle PU1. E a média entre todos os desvios é de 5,84cm.

Tabela 2 - Tabela de precisões

Name	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)	Média
BASE17092015-PU1	0.025	0.057	0,062241
BASE17092015-PU3	0.026	0.052	0,058138
BASE17092015-PU4	0.029	0.054	0,061294
BASE17092015-PU5	0.023	0.051	0,055946
BASE17092015-PU7	0.019	0.049	0,052555
BASE17092015-PU8	0.030	0.046	0,054918
BASE17092015-PU9	0.026	0.051	0,057245
BASE17092015-PU10	0.028	0.056	0,06261
BASE17092015-PU11	0.024	0.056	0,060926
		Maior valor	0,06261
		Valor médio	0,05843

Fonte: elaborada pela autora, 2016

Quanto à cor dos alvos, verificou-se a possibilidade de seus centros não estarem bem visíveis nas fotografias. Devido aos problemas na identificação do centro, já citados anteriormente, há possibilidade de perda na precisão.

A validação da qualidade posicional do ortomosaico foi feita a partir da medição da distância entre os alvos artificiais vistos nas imagens, e suas coordenadas levantadas em campo. Realizou-se uma saída de campo para coletar pontos bem identificados nas fotografias após o voo.

Salienta-se para a distribuição e o número de pontos coletados para verificação. Não foi possível acessar alguns locais e nem identificar feições possíveis de medir, o que fez com que o espaçamento entre estes pontos não fosse homogêneo. A figura 71 mostra a distribuição dos pontos de controle na área de trabalho.

Figura 71 - Pontos de controle medidos em campo



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Dos dezoito pontos medidos em campo treze foram utilizados para verificação e os demais foram desconsiderados por não apresentarem boa identificação no ortomosaico.

As coordenadas planimétricas foram comparadas com as do ortomosaico. Já para perceber a relação existente na altimetria foram comparadas as coordenadas de campo com os valores dos quatro modelos digitais de terreno obtidos. Utilizou-se o software GeoPEC para realização dos cálculos, que foram conferidos e validados, e posteriormente foram aplicadas as condições do PEC para enquadramento nas respectivas classes de precisão.

Os MDTs do Photoscan, tanto o filtrado como o não filtrado, foram enquadrados como PEC planimétrico classe A na escala 1:2000. Para a altimetria, as curvas com equidistância de 3m se enquadram no PEC classe B. Porém, conforme testes feitos para verificar escalas maiores na planimetria, o MDT filtrado não se enquadra no PEC classe A, na escala 1/500, já o MDT não filtrado pode ser representado em uma escala 1/500 e continuar se enquadrando no PEC classe A. Assim, o MDT que apresentou melhor resultado e aprovação do PEC foi o gerado no Photoscan sem filtro. Os modelos de terreno gerados no Cloud Compare com e sem vegetação, apresentaram resultados piores em termos de precisão e tendência nas observações. Devido a isso, estes foram desconsiderados e apenas o MDT do Photoscan passou a ser utilizado para geração do mapa tridimensional.

Para verificação da qualidade do atributo tridimensional do mapa, ou seja, das cotas das construções, adotou-se uma metodologia que envolveu a medição com régua

estadimétrica das alturas do centroide de um número teste de edificações. Estes valores foram comparados, com os obtidos através da diferença entre o valor do MDS e do MDT.

A tabela 3 mostra os valores das discrepâncias entre os valores das coordenadas planimétricas e altimétricas medidas em campo e no ortomosaico e MDT.

Tabela 3 - Discrepâncias dos pontos de checagem

ID	di(E) (m)	di(N) (m)	di(ABS) (m)	di(H) (m)
1	0.109	0.1071	0.1528	-1.4265
10	-0.097	-0.0961	0.1365	-1.2078
13	0.1	0.1097	0.1484	-1.2785
14	0.045	0.1231	0.1311	0.074
15	-0.158	0.1499	0.2178	0.6982
16	-0.288	0.0351	0.2901	1.0969
17	0.06	-0.2926	0.2987	1.4437
18	-0.135	0.1028	0.1697	0.5701
4	0.363	-0.0285	0.3641	-0.5025
5	-0.448	-0.4531	0.6372	-0.6923
6	0.08	-0.1071	0.1337	0.2274
7	-0.281	-0.0953	0.2967	-1.4902
9	0.397	0.1415	0.4215	-1.8979

Fonte: elaborada pela autora, 2016

5. EQUIPE TÉCNICA

Planejar adequadamente os membros da equipe, ou seja, profissionais envolvidos no projeto é uma atividade de extrema importância para um bom andamento e resultado do trabalho.

Equipe sugerida:

- 01 Meteorologista
- 01 Engenheiro Cartógrafo
- 04 Técnicos

6. RESULTADOS OBTIDOS

A aplicação do VANT neste trabalho apresentou um resultado satisfatório visto que possibilitou a geração do mapa base tridimensional. Portanto, através do uso das técnicas de fotogrametria aliada aos conhecimentos de sensoriamento remoto, cartografia e geodésia, o

objetivo é alcançado. Os métodos utilizados são suficientes para gerar resultados de qualidade. O produto final, o mapa base tridimensional, pode subsidiar futuros trabalhos, bem como os dados obtidos ao longo das etapas envolvidas. Como resultado dos processamentos de laboratório podem ser citados: as coordenadas ajustadas dos marcos utilizados como base; coordenadas ajustadas dos pontos de controle; coordenadas ajustadas dos pontos do controle de qualidade; geração do MDT; geração do MDS; geração das curvas de nível; ortofotomosaico e; vetorização. Os relatórios dos pontos rastreados com GNSS encontram-se no ANEXO A. O ortofotomosaico, presente no ANEXO E, é um produto com geometria confiável que pode ser utilizado para obter medições de ângulos e distâncias da região, com um padrão classe A em uma escala até 1:500, conforme controle de qualidade (ANEXO C). Através da união das curvas de nível com a vetorização, obteve-se um mapa topográfico da área de estudo (ANEXO F). A metodologia adotada para definição das alturas das construções gerou resultados que permitem uma boa aproximação das características das feições presentes na região. No município de Candiota não há prédios muito altos, portanto pode-se observar, no modelo 3D, que as maiores construções presentes na cidade fazem parte do complexo da Usina Termelétrica.

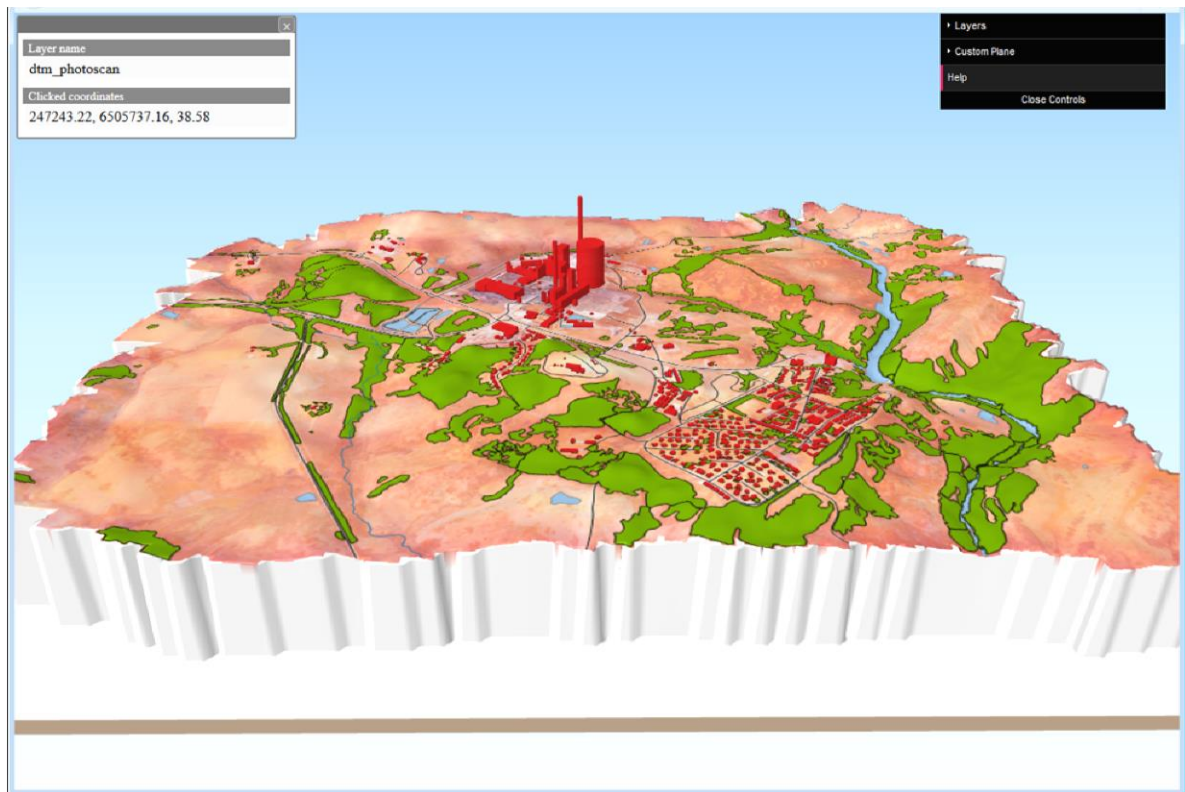
Devem-se considerar também os resultados de comparação e análise entre as coordenadas dos pontos obtidos no campo do controle de qualidade com estas coordenadas medidas nos MDTs gerados nos softwares Cloud Compare e no Photoscan (ANEXO B). Como parte da análise, ponderar que o Cloud Compare apresentou uma boa filtragem da nuvem de pontos, relativa à separação dos pontos pertencentes ao terreno, mas o interpolador não se mostrou eficiente para a finalidade desejada, quando comparada com o Photoscan. Embora o valor de desvio padrão tenha sido menor do que o valor de desvio padrão do Photoscan, na análise do GeoPEC o produto gerado pelo Cloud Compare não é acurado na análise de altimetria e se enquadraria como classe C na PEC (ANEXO C). Já o modelo gerado no Photoscan se enquadra na PEC como classe B. Na análise da planimetria, ambos se enquadram na PEC classe A, na escala 1:2000.

Por ser um software livre, estudos mais aprofundados podem ser desenvolvidos para aprimorar o interpolador e gerar resultados mais confiáveis e apropriados. O MDT gerado no Photoscan enquadrou-se no PEC planimétrico classe A na escala 1:2000, podendo ser utilizado na escala até 1:500. Para a altimetria, as curvas com equidistância de 3m se enquadram no PEC classe B. (ANEXO C). Para a altimetria atender ao PEC classe A, as

curvas devem ter equidistância de 4m (ANEXO C). A altimetria não atendeu a expectativa de se enquadrar no PEC classe A em uma equidistância de 2m conforme o esperado, porém ainda assim gerou um resultado satisfatório para uso na modelagem de dispersão de poluentes, pois o modelo SRTM atualmente utilizado têm acurácia vertical de 10m.

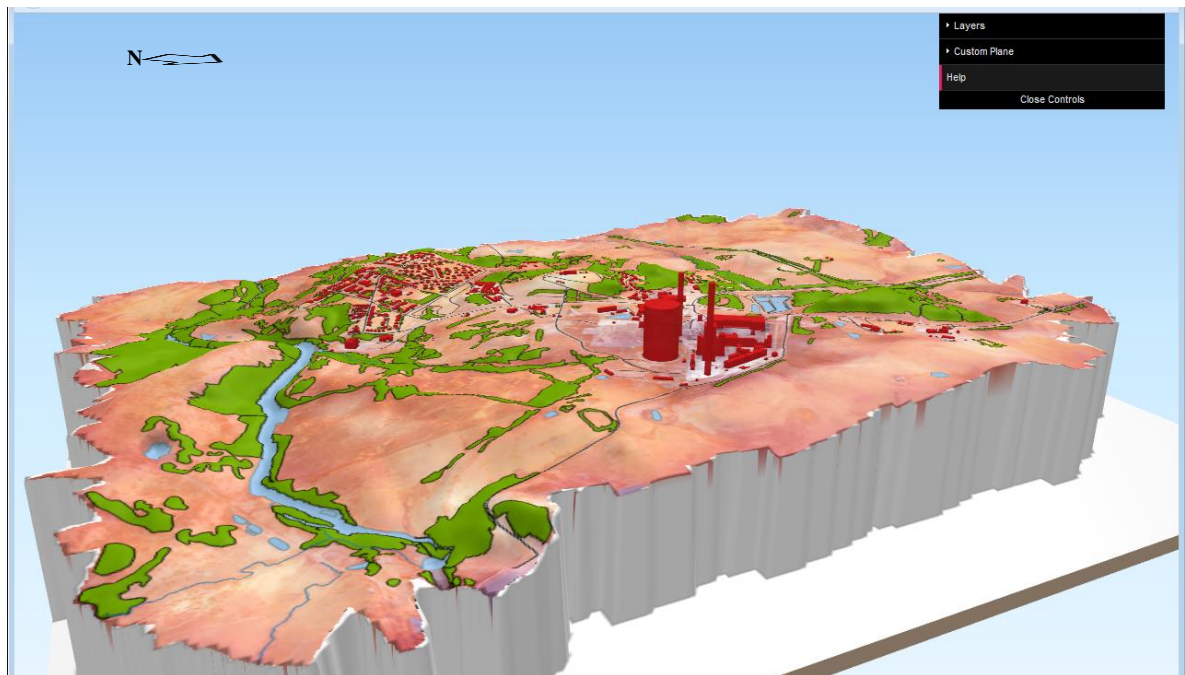
Neste sentido selecionou-se o MDT gerado no Photoscan, que melhor se enquadrou ao controle de qualidade, e este serviu como base para o mapa tridimensional. O atributo do mapa tridimensional são as alturas, que mostram o padrão e as características das construções presentes na região. Isto é um fator de extrema importância para os estudos de dispersão de poluentes atmosféricos, visto que uma das aplicabilidades da modelagem é justamente o estudo do impacto que estes podem causar quando depositados em certas localidades. Ao se construir uma Usina Termelétrica, deve-se ter uma aproximação de como os poluentes liberados vão se concentrar próximos à superfície e quais serão as regiões mais atingidas. Dependendo da situação, determinadas medidas de precaução, por exemplo, quanto à construção de residências, escolas ou hospitais, deverão ser consideradas. O mapa base tridimensional unido a uma pluma de poluentes pode mostrar com precisão onde especificamente haverá maior aglomeração de poluentes, fazendo com que se modifique a implantação de alguma atividade. As figuras 72, 73 e 74 mostram os resultados obtidos para a base cartográfica tridimensional em escalas 1:15000, 1:15000 e 1:7500 respectivamente.

Figura 72- Mapa base tridimensional em escala 1:15000



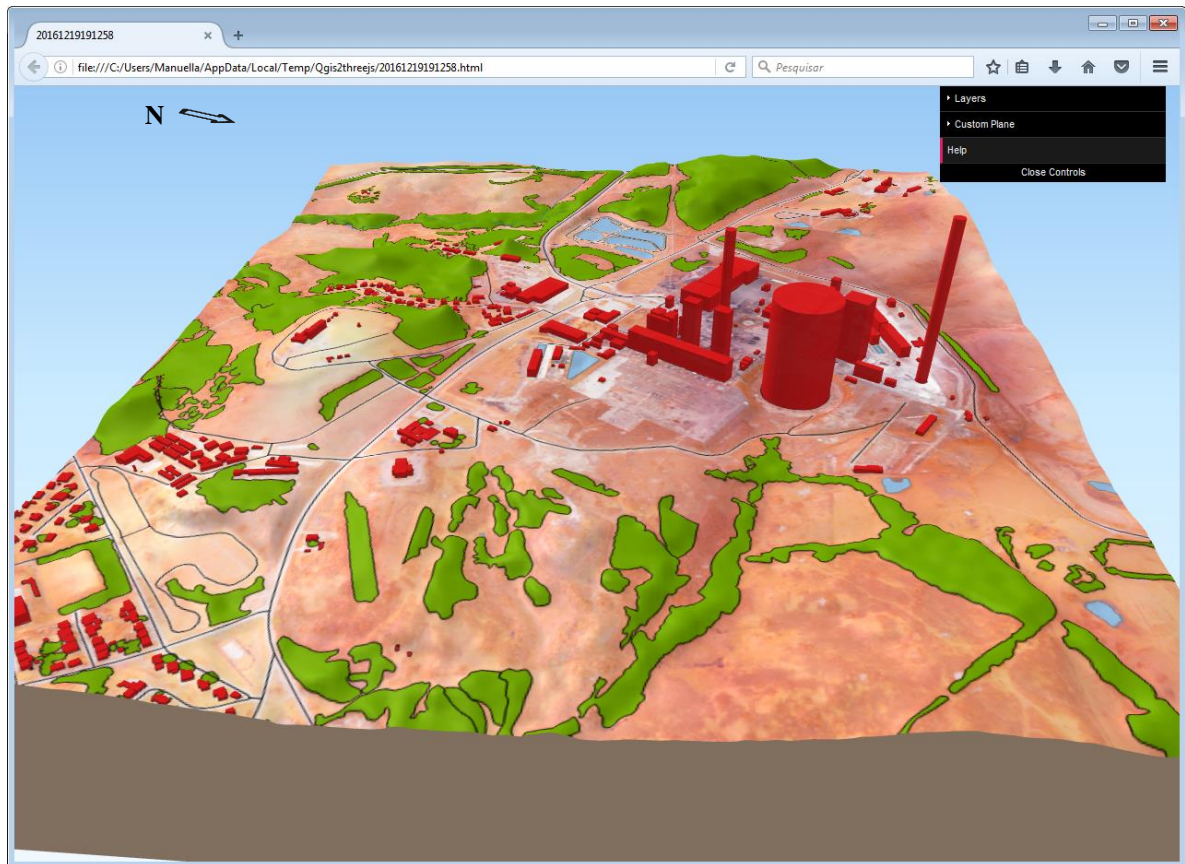
Fonte: elaborada pela autora, 2016

Figura 73- Mapa base em escala 1:15000 visto de outro ângulo



Fonte: elaborada pela autora, 2016

Figura 74- Zoom na usina de Candiota em escala 1:7500



Fonte: elaborada pela autora, 2016

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Salienta-se que o trabalho apresenta uma grande motivação para seu desenvolvimento, pois é um projeto de conclusão do curso de Engenharia Cartográfica, que envolve conhecimentos adquiridos ao longo de todo o período de estudo. Para sua execução foram utilizadas bagagens teóricas da cartografia, fotogrametria, geodésia e sensoriamento remoto. Além disso, possibilitou um aprendizado a respeito do desenvolvimento de pesquisas realizadas na área da meteorologia. Proporcionou também uma visão mais ampla sobre a cartografia tridimensional, despertando interesse por compreender a comunicação cartográfica através de recursos computacionais de interatividade associados aos mapas.

É de conhecimento que a poluição é um assunto recorrente em fontes de divulgação de informação, como motivo de preocupação. O estudo a respeito do comportamento dos poluentes se torna algo essencial a partir do momento que entendemos o espalhamento do fenômeno ao longo de uma região e como isso interage com o ambiente. Essas questões tornaram esse trabalho algo interessante não somente no sentido de cartografia, mas também de forma multidisciplinar.

É possível concluir que o objetivo do trabalho foi alcançado. O mapa base tridimensional gerado será útil e poderá subsidiar nas análises de dispersão de poluentes. A precisão planimétrica apresentou um resultado satisfatório, visto que a ideia inicial era uma escala 1:2000 e esta se enquadra em um PEC classe A em escala até 1:500. A altimetria não apresentou um resultado tão adequado com o esperado. Em escala 1:2000, o ideal seria gerar curvas com equidistância de 2m porém, como resultado, obteve-se para um PEC classe B curvas de 3m em 3m. Mesmo com o resultado para a altimetria não ter sido o almejado, ainda assim é satisfatório para os estudos de dispersão de poluentes, visto que como bases altimétricas são utilizados os modelos SRTM, com acurácia vertical de 10m, conforme relatório disponível no site da NASA. Para atender ao PEC altimétrico classe A, as curvas deveriam ser de 4m em 4m, o que ainda seria uma opção melhor do que a atualmente utilizada.

Podem-se apontar alguns erros associados ao processo, que prejudicaram a precisão altimétrica e que contribuíram para degradar também a precisão planimétrica. Quanto às ocorrências inerentes ao planejamento de voo, pode-se considerar o arrastamento e a falta de cobertura. Referente ao apoio geodésico, a quantidade e a distribuição dos pontos de controle devem ser estudadas para apoiar o modelo e gerar o resultado mais preciso possível. A

vetorização das construções é uma etapa essencial para geração do mapa base tridimensional, deve-se então desenvolver uma metodologia que facilite a medição do atributo em campo, para que esta seja coerente com o valor obtido na representação.

Percebeu-se a presença de arrastamento, fazendo com que se recomende o cuidado no sentido do vento na região e a velocidade do voo. Observou-se no MDS uma falha grande na reconstituição das torres da Usina (construções mais altas da região), o que ocasionou na uma inserção manual destas cotas na tabela de atributos. Isso ocorreu devido à falta do voo cruzado, ou de uma maior sobreposição entre as fotografias, que fez com que não fosse possível haver interseção fotogramétrica de algumas feições, danificando a altimetria. Outro dano causado pela falta de sobreposição são as falhas, “buracos”, perceptíveis no ortomosaico, que podem ser antecipadamente previstas e evitadas.

Referindo-se a quantidade e distribuição dos pontos de controle constatou-se que devido ao arrastamento, o centro de alguns alvos utilizados como controle não puderam ser devidamente identificados. O que causou uma perda de alguns pontos de controle, restando apenas cinco. Para uma região de aproximadamente 7,2km², conclui-se que mais pontos devem ser utilizados para melhorar a precisão.

Para que seja possível obter valores melhores para as alturas das construções, deve-se ter um cuidado redobrado no momento da vetorização, para posterior identificação correta do centro geométrico. No trabalho de campo com a régua estadimétrica, ou estação total, é indispensável que seja medido o centroide da edificação, já que a dúvida neste processo pode comprometer a precisão.

No mapa topográfico observou-se que as curvas de nível poderiam ser mais suavizadas. Apenas a aplicação dos filtros e a eliminação dos ruídos não foram suficientes para representar o terreno da melhor forma. O resultado está correto, mas pode ser aprimorado.

Considerando os aspectos de tempo e custo, novos voos podem ser executados na mesma área após a liberação de um NOTAM, procurando-se obter uma melhor precisão dos produtos cartográficos futuramente gerados. Espera-se que os apontamentos sejam úteis para trabalhos a serem desenvolvidos na mesma área.

REFERÊNCIAS

- Teodolini, Alezi. Fotogrametria e serviços. **ECHAR 20A**. s/a. Disponível em: <http://www.aleziteodolini.com/produto_det.cfm?id=193> Acesso em: 05/05/2016
- ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. **Atividade de aerolevamento**. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/empresas/aerolevEsp.asp>> Acesso em: 2 jul.2016
- ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial**. 2015. Disponível em <<http://www2.anac.gov.br/transparencia/audiencia/2015/aud13/anexoI.pdf>> Acesso em: 2 jul. 2016
- ANDRADE, José Bittencourt de. **Fotogrametria**. Curitiba: Sbee, 1998. 242 p. (85-86180-07-6).
- BUSCHER, Norton; ALVES, Rita de Cássia Marques. **Validação do padrão dispersão de pluma de poluente atmosférico gerada no modelo CALPUFF a partir de comparação com modelo WRF e imagens Landsat8**. 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/136592/Resumo_41566.pdf?sequence=1>. Acesso em: 18 out. 2016
- CAMPOS FILHO, R.F. **ECHAR 20A SFM – SYSTEM FLIGHT MANUAL**. 2013.
- CONCAR, Comissão Nacional de Cartografia. **Nome: Normas Técnicas da Cartografia Nacional (Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984)**. Disponível em: <<http://www.concar.gov.br/detalheDocumentos.aspx?cod=8>>. Acesso em: 2 jun. 2016.
- DEGRAZIA, F.C; VILHENA, M. T. M. B. **Avaliação do Modelo de Dispersão de Contaminantes CALPUFF em Condições de Vento Forte**. X Semana de Extensão, Pesquisa e Pós-graduação – SEPesq. 20 a 24 de outubro de 2014. Disponível em <http://www.uniritter.edu.br/uploads/eventos/sepesq/x_sepesq/arquivos_trabalhos/2968/339/332.pdf>
- INDE, Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. **Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais – ETADGV 2ed**. 2011. Disponível em: http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/ET_ADGV_Vs_2_1_3.pdf> Acesso em 15 set 2016
-

FELGUEIRAS, Carlos Alberto. **MODELAGEM NUMÉRICA DE TERRENO**. S/A. Disponível em < http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/4mnt.pdf > Acesso em 5 set 2016.

SOARES FILHO, Britaldo Silveira. **INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS DA TERRA**. 2000. Disponível em: < <http://csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/intimagem.pdf>.> Acesso em: 13 jul 2016

FOSSE, J. M; CENTENO, J.A.S; SLUTER, C. R; **AValiação de Variáveis Gráficas para a Representação Cartográfica Tridimensional**. Disponível em: < http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/juliana/downloads/artigos/2006_RBC.pdf> Acesso em: 10 out. 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -. **Glossário Cartográfico**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/glossario/glossario_cartografico.shtm>. Acesso em: 20 jun. 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. Manuais técnicos em geociências – número 9. 2001. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ManuaisdeGeociencias/Introducao%20ao%20Processamento%20Digital%20de%20Imagens.pdf>.> Acesso em: 10 set de 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **RECOMENDAÇÕES PARA LEVANTAMENTOS RELATIVOS ESTÁTICOS**. 2008. Disponível em: < ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/recom_gps_internet.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **O novo modelo de ondulação geoidal do Brasil. MAPGEO 2015**. 2015. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/modelos_digitais_de_superficie/modelo_de_ondulacao_geoidal/cartograma/rel_mapgeo2015.pdf> Acesso em: 2 out 2016.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 2001. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFZ4AJ/apostila-sensoriamento-remoto-inpe>> Acesso em 19/11/2016

ISPRS, International Society for Photogrammetry and Remote System. **STATUTE II**. Disponível em: <http://www.isprs.org/documents/pdf/statues_bylaws04.pdf> Acesso em: 06/06/2016

JENSEN, John R.. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em Recursos Terrestres**. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2011. 598 p. (978-85-60507-06-1). Tradução José Carlos Neves Epifanio.

LEAL, Paulo Roberto Guimarães. **CONTROLE DE QUALIDADE EM CARTOGRAFIA: Proposta metodológica para avaliação das cartas topográficas do mapeamento sistemático nacional**. 2007. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - Ppgec, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/90473/244412.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

LEONARDI, Ivan. **Anac certifica primeiro mini-VANT produzido no Brasil: MundoGEO**. 2014. Notícia. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2014/02/11/anac-certifica-primeiro-mini-vant-privado-produzido-no-brasil/>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

MARQUES, A.P.S; JUNIOR, J. M; REINA, C.D; KERPER, G. M; ROCHA, F. S; DECANINI, M. M. S; HASEGAWA, J. K; CHAVES, J.C. **Representação cartográfica temática tridimensional do campus da FCT - Unesp**. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. SBSR, Natal, Brasil, 25 a 30 de abril de 2009. INPE. p.1811-1818. Disponível em < <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.11.26/doc/1811-1818.pdf> >

MONICO, João Francisco Galera. **POSICIONAMENTO PELO GNNS**. Descrição, Fundamentos e Aplicações. 2. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2008. 476 p. (978-85-7139-788-0)

MOREIRA, M.A. **INFORMAÇÕES ÚTEIS PARA AUXILIAR A INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGENS DE SATÉLITE**. INPE. Capítulo 14. Disponível em:

https://ead.ufrgs.br/navi/biblioteca/mostrar.php?COD_ARQUIVO=132067 Acesso em: 8 out 2016.

MUNDOGEO, Revista. **Anac certifica primeiro mini-VANT privado produzido no Brasil**. 2014. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2014/02/11/anac-certifica-primeiro-mini-vant-privado-produzido-no-brasil/>> Acesso em: 08 ago de 2016.

NOGUEIRA JÚNIOR, João Bosco. **CONTROLE DE QUALIDADE DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS: uma proposta metodológica**. 2003. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Ciências Cartográficas, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Unesp, Presidente Prudente, 2003. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/88556>>. Acesso em: 2 maio 2016.

PERES, Hugo Freitas. **DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS NO BRASIL: INTERESSES NACIONAIS, DESAFIOS INTERNACIONAIS**. Conjuntura Austral: journal of the global south, Porto Alegre, v. 6, n. 31, p.29-41, set. 2015. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ConjunturaAustral/article/view/55387/35029>>. Acesso em: 16 dez. 2016.

PETROVIC, D. **Cartographic design in 3 D maps**. In: International Cartographic Conference, 21. 2003, Durban. Disponível em: <http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2003/Papers/248.pdf> Acesso em 16 nov de 2016.

REDWEIK, P. - **Fotogrametria Aérea**, Departamento de Engenharia Geográfica e Energia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2007. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAYdEAI/fotogrametria-aerea> Acesso em 20/11/2016

SANTOS, Afonso de Paula dos. **CONTROLE DE QUALIDADE CARTOGRÁFICA: METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA POSICIONAL EM DADOS ESPACIAIS**. 2015. 172 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6463/texto_completo.pdf?sequence=1>. Acesso em: 7 mar. 2016.

SCHMIDT, Marcio Augusto Reolon. **USO DE MAPAS 3D PARA NAVEGAÇÃO VIRTUAL: UMA ABORDAGEM COGNITIVA**. 2012. 188 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SILVA, Daniel Carneiro da. Evolução da Fotogrametria no Brasil. **Revista Brasileira de Geomática**, Pato Branco, v. 3, n. 2, p.90-105, 14 dez. 2015. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/RBGeo/article/view/1924>>. Acesso em: 16 set. 2016.

SOUZA, Gabriel de. **ANÁLISE DE VIABILIDADE DO USO DE VANT PARA MAPEAMENTOS TOPOGRÁFICOS E DE COBERTURA E USO DA TERRA**. 2013. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Cartográfica, Geodésia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

TOMMASELLI, A. M. G. **FOTOGRAMETRIA BÁSICA**. São Paulo, 2012. (Apostila)

WOLF, Paul R.; DEWITT, Bon A.; WILKINSON, Benjamin E. **ELEMENTS OF PHOTOGRAMMETRY WITH APPLICATIONS IN GIS**. 4. ed. New York: Mc Graw Hill Education, 2014. 676 p.

Xmrobots. **SFM – SYSTEM FLIGHT MANUAL**. Programa ECHAR 20. 2013.

ANEXOS

**ANEXO A – RELATÓRIOS DOS PROCESSAMENTOS NO
SOFTWARE TOPCON TOOLS**

Relatórios de processamento dos pontos de controle do Software Topcon Tools:

Processamento da base:

Project Summary

Project name: com30cm.ttp
 Surveyor:
 Comment:
 Linear unit: Meters
 Projection:
 Geoid:

Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Constraint
 Confidence level: 95 %
 Number of adjusted points: 3
 Number of plane control points: 2
 Number of used GPS vectors: 3
 Number of rejected GPS vectors by plane: 2
 A posteriori UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)
 Number of height control points: 2

Used GPS Observations					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE17092 015-RSPE	-38.395.110	121.765.953	-1.489.047	0.029	0.045
BASE17092 015-SMAR	193.282.643	-1.257.032	-3.076.783	0.045	0.049
RSPE-SMA R	230.193.380	-125.675.412	-5.333.912	0.054	0.056
GPS Observation Residuals					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE17092 015-RSPE	-38.395.110	121.765.953	-1.489.047	0.029	0.045
BASE17092 015-SMAR	193.282.643	-1.257.032	-3.076.783	0.045	0.049
RSPE-SMA R	230.193.380	-125.675.412	-5.333.912	0.054	0.056
Control Points					
Name	Latitude	Longitude	El.Height (m)	Code	
RSPE	31°48'08.81 800"S	52°25'03.462 80"W	37.130		
SMAR	29°43'08.12 600"S	53°42'59.735 30"W	113.112		
Adjusted Points					
Name	Latitude	Longitude	El.Height (m)	Code	
BASE17092 015	31°27'45.38 561"S	53°42'12.966 43"W	248.788		

Adjustment

Control Tie Analysis: success
Adjustment type: Plane + Height, Constraint
Confidence level: 95 %
Number of adjusted points: 3
Number of plane control points: 2
Number of used GPS vectors: 3
Number of rejected GPS vectors by plane: 2
A posteriori plane or 3D UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)
Number of height control points: 2

Processamento dos pontos de controle com relação à base:

Project Summary

Project name: com30cm.ttp
 Surveyor:
 Comment:
 Linear unit: Meters
 Projection: UTMSouth-Zone_22 : 54W to 48W
 Geoid:

Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Minimal constraint
 Confidence level: 95 %
 Number of adjusted points: 10
 Number of plane control points: 1
 Number of used GPS vectors: 9
 A posteriori plane UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)
 Number of height control points: 1
 A posteriori height UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)

Used GPS Observations					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE17092015-PU1	-11.373.938	1.699.272	-39.061	0.025	0.057
BASE17092015-PU3	-10.006.708	1.227.848	-10.020	0.026	0.052
BASE17092015-PU4	-10.601.475	1.310.098	-10.760	0.029	0.054
BASE17092015-PU05	-9.396.230	870.642	2.798	0.023	0.051
BASE17092015-PU7	-11.322.489	2.325.608	-19.778	0.019	0.049
BASE17092015-PU8	-9.032.900	3.118.981	-20.065	0.030	0.046
BASE17092015-PU9	-9.355.900	2.506.140	-7.356	0.026	0.051
BASE17092015-PU10	-10.344.121	2.574.331	-7.869	0.028	0.056
BASE17092015-PU11	-10.349.894	3.056.645	-34.372	0.024	0.056
GPS Observation Residuals					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE17092015-PU1	-11.373.938	1.699.272	-39.061	0.025	0.057
BASE17092015-PU3	-10.006.708	1.227.848	-10.020	0.026	0.052
BASE17092015-PU4	-10.601.475	1.310.098	-10.760	0.029	0.054
BASE17092015-PU05	-9.396.230	870.642	2.798	0.023	0.051
BASE17092015-PU7	-11.322.489	2.325.608	-19.778	0.019	0.049
BASE17092015-PU8	-9.032.900	3.118.981	-20.065	0.030	0.046
BASE17092015-PU9	-9.355.900	2.506.140	-7.356	0.026	0.051
BASE17092015-PU10	-10.344.121	2.574.331	-7.869	0.028	0.056
BASE17092015-PU11	-10.349.894	3.056.645	-34.372	0.024	0.056

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code	
BASE17092015	6.515.962.820	243.108.454	248.788		
Adjusted Points					
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code	
PU1	6.504.588.883	244.807.726	209.727		
PU3	6.505.956.112	244.336.301	238.768		
PU4	6.505.361.345	244.418.551	238.028		
PU05	6.506.566.591	243.979.096	251.586		
PU7	6.504.640.331	245.434.062	229.010		
PU8	6.506.929.920	246.227.434	228.723		
PU9	6.506.606.920	245.614.593	241.432		
PU10	6.505.618.699	245.682.784	240.918		
PU11	6.505.612.926	246.165.099	214.416		

Adjustment

Control Tie Analysis: success

Adjustment type: Plane + Height, Minimal constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 10

Number of plane control points: 1

Number of used GPS vectors: 9

A posteriori plane or 3D UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)

Number of height control points: 1

A posteriori height UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)

Relatórios de processamento dos pontos de controle de qualidade:

Processamento da base em relação a RBMC:

Project Summary

Project name: proc_base.ttp
 Surveyor:
 Comment:
 Linear unit: Meters
 Projection: UTMSouth-Zone_22 : 54W to 48W
 Geoid:

Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Constraint
 Confidence level: 95 %
 Number of adjusted points: 3
 Number of plane control points: 3
 Number of used GPS vectors: 3
 Number of rejected GPS vectors by plane: 2
 A posteriori UWE: 1.302582E-02 , Bounds: (0.2683282 , 1.766352)
 Number of height control points: 3

Used GPS Observations					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-RSPE	-26.026.653	124.628.494	-235.692	0.045	0.030
BASE-SMAR	202.656.941	-3.971.244	-159.670	0.057	0.038
RSPE-SMAR	228.683.601	-128.599.731	76.007	0.055	0.054
GPS Observation Residuals					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-RSPE	-26.026.653	124.628.494	-235.692	0.045	0.030
BASE-SMAR	202.656.941	-3.971.244	-159.670	0.057	0.038
RSPE-SMAR	228.683.601	-128.599.731	76.007	0.055	0.054
Control Points					
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code	
BASE	6.506.612.586	241.176.491	272.782		
RSPE	6.480.585.960	365.804.969	37.130		
SMAR	6.709.269.527	237.205.247	113.112		

Adjusted Points

Name Grid Northing (m) Grid Easting (m) Elevation (m) Code

no data met

Adjustment

Control Tie Analysis: success
Adjustment type: Plane + Height, Constraint
Confidence level: 95 %
Number of adjusted points: 3
Number of plane control points: 3
Number of used GPS vectors: 3
Number of rejected GPS vectors by plane: 2
A posteriori plane or 3D UWE: 1.302582E-02 , Bounds: (0.2683282 , 1.766352)
Number of height control points: 3

Processamento dos pontos em relação à base:

Project Summary

Project name: proc_base.ttp
 Surveyor:
 Comment:
 Linear unit: Meters
 Projection: UTMSouth-Zone_22 : 54W to 48W
 Geoid:
 Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Minimal constraint
 Confidence level: 95 %
 Number of adjusted points: 19
 Number of plane control points: 1
 Number of used GPS vectors: 18
 A posteriori plane UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)
 Number of height control points: 1
 A posteriori height UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)

GPS Observation Residuals					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
1-BASE	1.076.536	-4.910.294	54.641	0.012	0.023
2-BASE	1.296.091	-5.010.706	31.016	0.015	0.029
3-BASE	1.383.268	-4.864.079	34.767	0.018	0.033
4-BASE	1.334.295	-4.721.272	45.249	0.013	0.022
5-BASE	1.468.198	-4.564.630	40.607	0.012	0.022
6-BASE	1.519.297	-4.373.274	40.780	0.012	0.021
7-BASE	1.804.703	-4.621.923	22.390	0.012	0.023
8-BASE	1.893.543	-4.771.512	24.049	0.010	0.024
9-BASE	1.662.655	-4.791.118	16.446	0.013	0.023
10-BASE	1.500.824	-4.695.829	34.982	0.013	0.021
11-BASE	1.602.165	-4.954.347	10.425	0.015	0.024
12-BASE	1.480.787	-5.157.698	16.108	0.016	0.025
13-BASE	1.014.586	-4.936.632	56.098	0.014	0.023
14-BASE	971.204	-4.456.241	31.562	0.012	0.020
15-BASE	1.144.206	-4.317.953	9.845	0.011	0.020
16-BASE	708.944	-3.971.895	30.327	0.010	0.017
17-BASE	117.549	-3.930.557	23.506	0.008	0.017
18-BASE	810.760	-3.666.134	38.335	0.007	0.016

Used GPS Observations					
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
1-BASE	1.076536	-4.910.294	54.641	0.012	0.023
2-BASE	1.296.091	-5.010.706	31.016	0.015	0.029
3-BASE	1.383.268	-4.864.079	34.767	0.018	0.033
4-BASE	1.334.295	-4.721.272	45.249	0.013	0.022
5-BASE	1.468.198	-4.564.630	40.607	0.012	0.022
6-BASE	1.519.297	-4.373.274	40.780	0.012	0.021
7-BASE	1.804.703	-4.621.923	22.390	0.012	0.023
8-BASE	1.893.543	-4.771.512	24.049	0.010	0.024
9-BASE	1.662.655	-4.791.118	16.446	0.013	0.023
10-BASE	1.500.824	-4.695.829	34.982	0.013	0.021
11-BASE	1.602.165	-4.954.347	10.425	0.015	0.024
12-BASE	1.480.787	-5.157.698	16.108	0.016	0.025
13-BASE	1.014.586	-4.936.632	56.098	0.014	0.023
14-BASE	971.204	-4.456.241	31.562	0.012	0.020
15-BASE	1.144.206	-4.317.953	9.845	0.011	0.020
16-BASE	708.944	-3.971.895	30.327	0.010	0.017
17-BASE	117.549	-3.930.557	23.506	0.008	0.017
18-BASE	810.760	-3.666.134	38.335	0.007	0.016

Control Points				
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
BASE	6.506.612.586	241.176.491	272.782	
RSPE	6.480.585.960	365.804.969	37.130	
SMAR	6.709.269.527	237.205.247	113.112	

Adjusted Points				
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
1	6.505.536.050	246.086.785	218.142	
2	6.505.316.494	246.187.197	241.767	
3	6.505.229.318	246.040.570	238.016	
4	6.505.278.290	245.897.764	227.533	

5	6.505.144.388	245.741.121	232.175
6	6.505.093.288	245.549.765	232.002
7	6.504.807.883	245.798.415	250.393
8	6.504.719.042	245.948.003	248.733
9	6.504.949.931	245.967.610	256.336
10	6.505.111.762	245.872.320	237.801
11	6.505.010.421	246.130.839	262.358
12	6.505.131.798	246.334.189	256.674
13	6.505.598.000	246.113.123	216.684
14	6.505.641.381	245.632.732	241.220
15	6.505.468.379	245.494.444	262.938
16	6.505.903.641	245.148.387	242.455
17	6.506.495.037	245.107.048	249.276
18	6.505.801.826	244.842.626	234.447

Adjustment

Control Tie Analysis: success
Adjustment type: Plane + Height, Minimal constraint
Confidence level: 95 %
Number of adjusted points: 19
Number of plane control points: 1
Number of used GPS vectors: 18
A posteriori plane or 3D UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)
Number of height control points: 1
A posteriori height UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)

**ANEXO B – TABELAS UTILIZADAS NO CONTROLE DE
QUALIDADE**

Tabela de controle de qualidade dos pontos medidos com GNSS:

Processamento 1: Número do ponto	Coordenadas UTM			Alt. Ortométrica (convertida usando a ond. Geoidal do mapeo 2015)
	N	E	Alt. Geométrica	
1	6505536.05	246086.785	218.109	205.649
4	6505278.29	245897.763	227.501	215.041
5	6505144.388	245741.121	232.142	219.682
6	6505093.288	245549.765	231.969	219.509
7	6504807.883	245798.415	250.36	237.9
9	6504949.93	245967.61	256.303	243.843
10	6505111.761	245872.32	237.768	225.308
13	6505597.999	246113.123	216.651	204.191
14	6505641.381	245632.732	241.187	228.727
15	6505468.379	245494.444	262.905	250.445
16	6505903.641	245148.386	242.422	229.962
17	6506495.037	245107.048	249.243	236.783
18	6505801.826	244842.626	234.414	221.954

Coordenadas medidas na fotografia			
N	E	Alt. Geom_mdt_cloud_compare_interpolacao	Alt_geom_mdt_photscan
6505536.159	246086.8921	204.1093	204.25545
6505278.653	245897.7355	213.99297	214.57048
6505143.94	245740.6679	218.71802	219.02275
6505093.368	245549.6579	219.49228	219.76938
6504807.602	245798.3197	236.48253	236.44283
6504950.328	245967.7515	241.82037	241.97807
6505111.665	245872.2239	224.03064	224.13321
6505598.1	246113.2327	202.75549	202.9455
6505641.426	245632.8551	228.94826	228.83405
6505468.221	245494.5939	250.99045	251.17621
6505903.353	245148.4221	231.42764	231.0919
6506495.097	245106.7554	235.90906	238.25969
6505801.691	244842.7288	222.8434	222.55707

Diferença: (altitudes MDT) – (altitudes_campo)		
Alt_geom_mdt_photscan	Diferenca_mdt_photscan	Diferenca_mdt_cloud_compare

204.25545	1.39355	1.5397
214.57048	0.47052	1.04803
219.02275	0.65925	0.96398
219.76938	-0.26038	0.01672
236.44283	1.45717	1.41747
241.97807	1.86493	2.02263
224.13321	1.17479	1.27736
202.9455	1.2455	1.43551
228.83405	-0.10705	-0.22126
251.17621	-0.73121	-0.54545
231.0919	-1.1299	-1.46564
238.25969	-1.47669	0.87394
222.55707	-0.60307	-0.8894
Média	0.304416154	0.574891538
Desvio_padrao	1.093956813	1.077962698

Tabelas de controle de qualidade do atributo: Cota das edificações:

Ponto	Altura (m)	dem-dtm_Photoscan	Diferença
1	4	2.96055	1.03945
2	7.93	7.73957	0.19043
3	3.65	3.42348	0.22652
4	2.33983	2.33986	-3E-05
5	3.035	2.91272	0.12228
6	4.37	3.99063	0.37937
7	3.7	2.01277	1.68723
9	4.8	3.19636	1.60364
10	3.65	2.09465	1.55535
11	3.8	2.3501	1.4499
12	4.65	2.35405	2.29595
13	3.67	2.78544	0.88456
14	3.53	2.91047	0.61953
15	3.87	2.31651	1.55349
17	4.65	2.72635	1.92365
19	3.75	2.34776	1.40224
21	4.02	2.81297	1.20703
23	3.8	1.90936	1.89064
24	4.24	2.34294	1.89706
25	4.83	2.35138	2.47862
26	4.36	2.62398	1.73602
27	3.17	1.98221	1.18779
28	6.17	5.24679	0.92321
29	4.37	2.61841	1.75159
30	3.45	1.92011	1.52989
31	4	4.51441	-0.51441
32	3.66	2.61112	1.04888
33	3.46	0.94824	2.51176
		Média	1.235058571

		Desvio Padrão	0.774765679
--	--	---------------	-------------

**ANEXO C – RELATÓRIOS DE CONTROLE DE QUALIDADE
GERADOS NO SOFTWARE GeoPEC**

GeoPEC
Avaliação do Padrão de Acurácia Posicional em Dados Espaciais

RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO

DADOS DO PRODUTO

Nome: Controle de qualidade planialtimétrico do MDT gerado no Photoscan

Local: Candiota

Data: 13/12/2016

Responsável Técnico: Manuella Fagundes

CLASSIFICAÇÃO FINAL DO PRODUTO

Padrão de acurácia utilizado: Decreto-lei n. 89.817/1984 - Análise Planimétrica

O produto: "Controle de qualidade planialtimétrico", **É ACURADO** para a escala de **1/1500**. O resultado do Padrão de Exatidão Cartográfica foi "**Classe A**", de acordo com o Decreto-lei n. 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras.

O produto foi submetido a análise de tendência e precisão em suas componentes posicionais, onde os resultados foram: **é preciso e não apresenta tendência**.

Pontos de checagem utilizados: 13

RMS das discrepâncias (m): 0.31

Padrão de acurácia utilizado: Decreto-lei n. 89.817/1984 - Análise Altimétrica

O produto: "Controle de qualidade planialtimétrico", **É ACURADO** para a equidistância vertical de **3 metros** das curvas de nível. O resultado do Padrão de Exatidão Cartográfica foi "**Classe B**", de acordo com o Decreto-lei n. 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras.

O produto foi submetido a análise de tendência e precisão em suas componentes posicionais, onde os resultados foram: **é preciso e não apresenta tendência**.

Pontos de checagem utilizados: 13

RMS das discrepâncias (m): 1.1489

CLASSIFICAÇÃO FINAL DO PRODUTO

Padrão de acurácia utilizado: Decreto-lei n. 89.817/1984 - Análise Altimétrica

O produto: " Controle de qualidade planialtimétrico ", **É ACURADO** para a equidistância vertical de **4 metros** das curvas de nível. O resultado do Padrão de Exatidão Cartográfica foi "**Classe A**", de acordo com o Decreto-lei n. 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras.

O produto foi submetido a análise de tendência e precisão em suas componentes posicionais, onde os resultados foram: **é preciso e não apresenta tendência.**

Pontos de checagem utilizados: 13

RMS das discrepâncias (m): 1.1489

INFORMAÇÕES GERAIS

Padrão de acurácia utilizado: Decreto-lei n. 89.817/1984

Análise Planimétrica e Altimétrica

PROCESSAMENTO - PLANIMÉTRICO

Escala de Referência: 1/1500

Pontos de checagem inseridos: 13

Pontos de checagem utilizados: 13

PROCESSAMENTO - ALTIMÉTRICO

Equidistância vertical: 3

Pontos de checagem inseridos: 13

Pontos de checagem utilizados: 13

OUTLIERS - PLANIMÉTRICO

>> Outliers detectados: 0

>> Valor limite - detecção: 1.35

OUTLIERS - ALTIMÉTRICO

>> Outliers detectados: 0

>> Valor limite - detecção: 3

ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

>> Média(E)= -0.0195

Média(N)= -0.0233

Média(ABS)= 0.2614

Média(h)= -0.3373

>> Desv-pad(E)= 0.2473

Desv-pad(N)= 0.1842

Desv-pad(ABS)= 0.1485

Desv-pad(h)= 1.094

>> RMS(E)= 0.2481 RMS(N)= 0.1859 RMS(ABS)= 0.31 RMS(h)= 1.1489

.....
PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL - (planimetria)

>> Vizinho mais próximo:

:: Área (m²) = 7612680

:: 1ª ordem - R= 0.5751 Zcalc= -2.9308 Ztab= 1.96

Resultado = Padrão AGRUPADO - (significativo estatisticamente) - 95%

:: 2ª ordem - R= 0.6685 Zcalc= -3.2929 Ztab= 1.96

Resultado = Padrão AGRUPADO - (significativo estatisticamente) - 95%

:: 3ª ordem - R= 0.6277 Zcalc= -4.5645 Ztab= 1.96

Resultado = Padrão AGRUPADO - (significativo estatisticamente) - 95%

.....
TESTE DE NORMALIDADE

>> Teste de Normalidade Jarque-Bera :

PLANIMETRIA: Bcalc(E)= 0.5726 Bcalc(N)= 2.1528 Btab= 2.039

Resultado: Amostra NÃO Normal

ALTIMETRIA: Bcalc(h)= 1.374 Btab= 2.039

Resultado: Amostra Normal

.....
TESTE DE PRECISÃO

>> Decreto-lei 89.817:

PLANIMETRIA: PEC= 0.75 EP= 0.45

Resultado: Classe A

ALTIMETRIA: PEC= 1.8EP= 1.2

Resultado: Classe B

>> Teste Qui-Quadrado:

PLANIMETRIA: Xcalc(E)= 7.2482 Xcalc(N)= 4.0212 Xtab= 18.5

Resultado: Classe A

ALTIMETRIA: Xcalc(h)= 14.362 Xtab= 18.5

Resultado: Classe A

.....
TESTE DE TENDÊNCIA

>> Teste t de Student

PLANIMETRIA: tcalc(E)= -0.2843 tcalc(N)= -0.4561 ttab= 1.7823

Resultado: Não Tendencioso

ALTIMETRIA: tcalc(h)= -1.1117 ttab= 1.7823

Resultado: Não Tendencioso

>> Estatística Espacial - (planimetria)

Média Direcional (Azimute)= 322.804 Variância Circular= 0.9484

Resultado: Não Tendencioso

DISCREPÂNCIAS - PONTOS DE CHECAGEM

ID	di(E) (m)	di(N) (m)	di(ABS) (m)	di(H) (m)
1	0.109	0.1071	0.1528	-1.4265
10	-0.097	-0.0961	0.1365	-1.2078
13	0.1	0.1097	0.1484	-1.2785
14	0.045	0.1231	0.1311	0.074
15	-0.158	0.1499	0.2178	0.6982
16	-0.288	0.0351	0.2901	1.0969
17	0.06	-0.2926	0.2987	1.4437
18	-0.135	0.1028	0.1697	0.5701
4	0.363	-0.0285	0.3641	-0.5025
5	-0.448	-0.4531	0.6372	-0.6923
6	0.08	-0.1071	0.1337	0.2274
7	-0.281	-0.0953	0.2967	-1.4902
9	0.397	0.1415	0.4215	-1.8979

ANÁLISE DA PLANIMETRIA

GeoPEC - Projeto: C:\Users\Manuella\Documents\Projeto_TCC\pratica\teste1_fotos_set2015\teste4\pontos_controle_de_qualidade\geopec - [Acurácia Posicional - De]

Arquivo Entrada de dados Acurácia Relatório Ajuda

NBR PEC NBR PEC

Acurácia Posicional (Decreto-Lei 89.817)

Escala de Referência: 1 / 1500 Área de Estudo: 7.61268 Unidades: km² Nº Pts Total: 13 Nº Pts Excluídos do cálculo: 0

Distribuição Espacial Teste de Normalidade Decreto 89.817 (PEC) Tendência Acurácia (Resumo Resultados)

Padrões do PEC:					Classificação do PEC:					
Classe	PEC (mm)	EP (mm)	PEC (m)	EP (m)	Classe	%di(E) < PEC	%di(N) < PEC	%di(abs) < PEC	RMS < EP	Resultado
A+	0,250	0,150	0,42	0,255	A+	92,308	92,308	84,615	Falhou	Reprovado
A	0,500	0,300	0,75	0,45	A	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado
B	0,800	0,500	1,2	0,75	B	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado
C	1,000	0,600	1,5	0,9	C	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado

Teste Qui-Quadrado:				
Classe	χ² tab	χ² di(E)	χ² di(N)	Resultado
A+	18,5	22,5755	12,5247	Reprovado
A		7,2482	4,0212	Aprovado
B		2,6097	1,4478	Aprovado
C		1,812	1,0053	Aprovado

Estadísticas	Este	Norte	Posicional
nº pontos	13	13	13
média	-0.0195	-0.0233	0.2614
desvio	0.2473	0.1842	0.1485
variância	0.061	0.034	0.022
RMS	0.2481	0.1859	0.31
máximo	0.397	0.1499	0.6372
mínimo	-0.448	-0.4531	0.1311
curtose	1.9806	2.8331	3.4641
assimetria	0.0671	-0.9933	1.1416
soma	0.734	0.407	0.265
nº outliers	-	-	0

Ponto	Descrição	Discrep. E(m)	Discrep. N(m)	Discrep. Resultante	Azimute	Excluir?	Outlier
1	P1	0.109	0.1071	0.1528	45.5037		Não
10	P10	-0.097	-0.0961	0.1365	225.267		Não
13	P13	0.1	0.1097	0.1484	42.3516		Não
14	P14	0.045	0.1231	0.1311	20.0802		Não
15	P15	-0.158	0.1499	0.2178	313.4931		Não
16	P16	-0.288	0.0351	0.2901	276.9487		Não
17	P17	0.06	-0.2926	0.2987	168.4117		Não
18	P18	-0.135	0.1028	0.1697	307.2886		Não
4	P4	0.363	-0.0285	0.3641	94.4892		Não
5	P5	-0.448	-0.4531	0.6372	224.6757		Não
6	P6	0.08	-0.1071	0.1337	143.2415		Não
7	P7	-0.281	-0.0953	0.2967	251.2658		Não
9	P9	0.397	0.1415	0.4215	70.3828		Não

GeoPEC - Projeto: C:\Users\Manuella\Documents\Projeto_TCC\pratica\teste1_fotos_set2015\teste4\pontos_controle_de_qualidade\geopec\ - [Acurácia Posicional - De]

Arquivo Entrada de dados Acurácia Relatório Ajuda

Acurácia Posicional (Decreto-Lei 89.817)

Escala de Referência: 1/ 1500 Área de Estudo: 7.61268 Unidades: km² Nº Pts Total: 13 Nº Pts Excluídos do cálculo: 0

Distribuição Espacial Teste de Normalidade Decreto 89.817 (PEC) Tendência **Acurácia (Resumo Resultados)**

Teste t de Student

Coord.	t tab	t calc	Resultado
d(E)	1.7823	-0.2843	Sem Erros
d(N)	1.7823	-0.4561	Sem Erros

Média Direcional e Variância Circular
 Somatório sen(Az) = -0.4058
 Somatório cos(Az) = 0.5347

Média Direcional = 322.804°
Variância Circular = 0.9484

mesma direção (tendencioso) direções opostas (sem tendência)

Estadísticas	Este	Norte	Posicional
nº pontos	13	13	13
média	-0.0195	-0.0233	0.2614
desvio	0.2473	0.1842	0.1485
variância	0.061	0.034	0.022
RMS	0.2481	0.1859	0.31
máximo	0.397	0.1499	0.6372
mínimo	-0.448	-0.4531	0.1311
curtose	1.9806	2.8331	3.4641
assimetria	0.0671	-0.9933	1.1416
soma	0.734	0.407	0.265
nº outliers	-	-	0

Ponto	Descrição	Discrep. E(m)	Discrep. N(m)	Discrep. Resultante	Azimute	Excluir?	Outlier
1	P1	0.109	0.1071	0.1528	45.5037		Não
10	P10	-0.097	-0.0961	0.1365	225.267		Não
13	P13	0.1	0.1097	0.1484	42.3516		Não
14	P14	0.045	0.1231	0.1311	20.0802		Não
15	P15	-0.158	0.1499	0.2178	313.4931		Não
16	P16	-0.288	0.0351	0.2901	276.9487		Não
17	P17	0.06	-0.2926	0.2987	168.4117		Não
18	P18	-0.135	0.1028	0.1697	307.2886		Não
4	P4	0.363	-0.0285	0.3641	94.4892		Não
5	P5	-0.448	-0.4531	0.6372	224.6757		Não
6	P6	0.08	-0.1071	0.1337	143.2415		Não
7	P7	-0.281	-0.0953	0.2967	251.2658		Não
9	P9	0.397	0.1415	0.4215	70.3828		Não



GeoPEC - Projeto: C:\Users\Manuella\Documents\Projeto_TCC\pratica\teste1_fotos_set2015\teste4\pontos_controle_de_qualidade\geopec\ - [Acurácia Posicional - De]

Arquivo Entrada de dados Acurácia Relatório Ajuda

Acurácia Posicional (Decreto-Lei 89.817)

Escala de Referência: 1/ 1500 Área de Estudo: 7.61268 Unidades: km² Nº Pts Total: 13 Nº Pts Excluídos do cálculo: 0

Calcular

Distribuição Espacial | Teste de Normalidade | Decreto 89.817 (PEC) | Tendência | **Acurácia (Resumo Resultados)**

Análise da Precisão
Decreto-Lei: **Classe A**
Qui-Quadrado: Classe A
!! Classe A !!

Análise das tendências
T de Student: **Não Tendencioso**
Média direcional: **Não Tendencioso**
variância circular
!! Não há Tendência !!

Padrão de Dist. Espacial
1ª ordem - Viz. mais prox.:
Resultado = Padrão AGRUPADO
(significativo estatisticamente)
2ª ordem - Viz. mais prox.:
Resultado = Padrão AGRUPADO
(significativo estatisticamente)
3ª ordem - Viz. mais prox.:
Resultado = Padrão AGRUPADO
(significativo estatisticamente)

ACURÁCIA
Dado Acurado para a Classe A na classe 1/1500

Estatísticas	Este	Norte	Posicional
nº pontos	13	13	13
média	-0.0195	-0.0233	0.2614
desvio	0.2473	0.1842	0.1485
variância	0.061	0.034	0.022
RMS	0.2481	0.1859	0.31
máximo	0.397	0.1499	0.6372
mínimo	-0.448	-0.4531	0.1311
curtose	1.9806	2.8331	3.4641
assimetria	0.0671	-0.9933	1.1416
soma	0.734	0.407	0.265
nº outliers	-	-	0

Ponto	Descrição	Discrep. E(m)	Discrep. N(m)	Discrep. Resultante	Azimute	Excluir?	Outlier
1	P1	0.109	0.1071	0.1528	45.5037		Não
10	P10	-0.097	-0.0961	0.1365	225.267		Não
13	P13	0.1	0.1097	0.1484	42.3516		Não
14	P14	0.045	0.1231	0.1311	20.0802		Não
15	P15	-0.158	0.1499	0.2178	313.4931		Não
16	P16	-0.288	0.0351	0.2901	276.9487		Não
17	P17	0.06	-0.2926	0.2987	168.4117		Não
18	P18	-0.135	0.1028	0.1697	307.2886		Não
4	P4	0.363	-0.0285	0.3641	94.4892		Não
5	P5	-0.448	-0.4531	0.6372	224.6757		Não
6	P6	0.08	-0.1071	0.1337	143.2415		Não
7	P7	-0.281	-0.0953	0.2967	251.2658		Não
9	P9	0.397	0.1415	0.4215	70.3828		Não

ANÁLISE DA ALTIMETRIA

GeoPEC - Projeto: C:\Users\Manuella\Documents\Projeto_TCC\pratica\teste1_fotos_set2015\teste4\pontos_controle_de_qualidade

Arquivo Entrada de dados Acurácia Relatório Ajuda

Acurácia Altimétrica (Decreto-Lei 89.817)

Equist. Curva de Nível (m): 3 Nº Pts Total: 13 Nº Pts Excluídos do cálculo: 0

Calcular

Teste de Normalidade | Decreto 89.817 (PEC) | Tendência | **Acurácia (Resumo Resultados)**

Teste Jarque-Bera (Bowman-Shelton)

Bcalc H = 1.374
Btab = 2.039

Resultado: Amostra Normal

Estatísticas	Altitude (m)	Ponto	Descrição	Discrepância H(m)	Excluir?	Outlier
nº pontos	13	1	P1	-1.4265		Não
média	-0.3373	10	P10	-1.2078		Não
desvio	1.094	13	P13	-1.2785		Não
variância	1.197	14	P14	0.074		Não
RMS	1.1489	15	P15	0.6982		Não
máximo	1.4437	16	P16	1.0969		Não
mínimo	-1.8979	17	P17	1.4437		Não
curtose	1.4355	18	P18	0.5701		Não
assimetria	0.1491	4	P4	-0.5025		Não
soma	-4.385	5	P5	-0.6923		Não
nº outliers	0	6	P6	0.2274		Não
		7	P7	-1.4902		Não
		9	P9	-1.8979		Não

GeoPEC - Projeto: C:\Users\Manuella\Documents\Projeto_TCC\pratica\teste1_fotos_set2015\teste4\pontos_controle_de_qualidade

Arquivo Entrada de dados Acurácia Relatório Ajuda

Acurácia Altimétrica (Decreto-Lei 89.817)

Equist. Curva de Nível (m): 3 Calcular

Nº Pts Total: 13
Nº Pts Excluídos do cálculo: 0

Teste de Normalidade Decreto 89.817 (PEC) Tendência Acurácia (Resumo Resultados)

Padrões do PEC (altimetria):

Classe	PEC (mm)	EP (mm)	PEC (m)	EP (m)
A+	0.27	1/6	0.81	0.5
A	1/2	1/3	1.5	1
B	3/5	2/5	1.8	1.2
C	3/4	1/2	2.25	1.5

Classificação do PEC:

Classe	%di(H) < PEC	RMS < EP	Resultado
A+	46.154	Falhou	Reprovado
A	92.308	Falhou	Reprovado
B	92.308	Passou	Aprovado
C	100.000	Passou	Aprovado

Teste Qui-Quadrado

Classe	χ² tab	χ² calc di(H)	Resultado
A+	18.5	57.4481	Reprovado
A		14.362	Aprovado
B		9.9736	Aprovado
C		6.3831	Aprovado

Estatísticas	Altitude (m)
nº pontos	13
média	-0.3373
desvio	1.094
variância	1.197
RMS	1.1489
máximo	1.4437
mínimo	-1.8979
curtose	1.4355
assimetria	0.1491
soma	-4.385
nº outliers	0

Ponto	Descrição	Discrepância H(m)	Excluir?	Outlier
1	P1	-1.4265		Não
10	P10	-1.2078		Não
13	P13	-1.2785		Não
14	P14	0.074		Não
15	P15	0.6982		Não
16	P16	1.0969		Não
17	P17	1.4437		Não
18	P18	0.5701		Não
4	P4	-0.5025		Não
5	P5	-0.6923		Não
6	P6	0.2274		Não
7	P7	-1.4902		Não
9	P9	-1.8979		Não

GeoPEC - Projeto: C:\Users\Manuella\Documents\Projeto_TCC\pratica\teste1_fotos_set2015\teste4\pontos_controle_de_qualidade

Arquivo Entrada de dados Acurácia Relatório Ajuda

Acurácia Altimétrica (Decreto-Lei 89.817)

Equist. Curva de Nível (m): 3 Calcular

Nº Pts Total: 13
Nº Pts Excluídos do cálculo: 0

Teste de Normalidade Decreto 89.817 (PEC) Tendência Acurácia (Resumo Resultados)

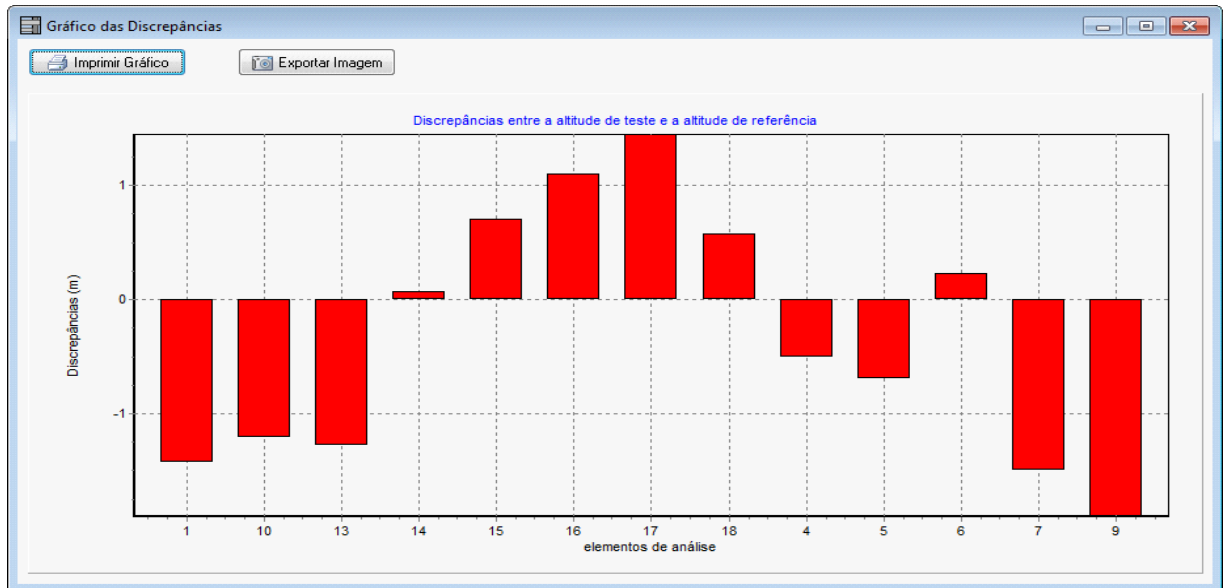
Teste T de Student

Coord.	t tab	t calc	Resultado
di(H)	1.7823	-1.1117	Sem Erros

Gráfico das discrepâncias

Estatísticas	Altitude (m)
nº pontos	13
média	-0.3373
desvio	1.094
variância	1.197
RMS	1.1489
máximo	1.4437
mínimo	-1.8979
curtose	1.4355
assimetria	0.1491
soma	-4.385
nº outliers	0

Ponto	Descrição	Discrepância H(m)	Excluir?	Outlier
1	P1	-1.4265		Não
10	P10	-1.2078		Não
13	P13	-1.2785		Não
14	P14	0.074		Não
15	P15	0.6982		Não
16	P16	1.0969		Não
17	P17	1.4437		Não
18	P18	0.5701		Não
4	P4	-0.5025		Não
5	P5	-0.6923		Não
6	P6	0.2274		Não
7	P7	-1.4902		Não
9	P9	-1.8979		Não



GeoPEC - Projeto: C:\Users\Manuella\Documents\Projeto_TCC\pratica\teste1_fotos_set2015\teste4\pontos_controle_de_qualidade

Arquivo Entrada de dados Acurácia Relatório Ajuda

NBR PEC NBR PEC DDP

Acurácia Altimétrica (Decreto-Lei 89.817)

Equist. Curva de Nível (m):

Nº Pts Total: 13
Nº Pts Excluídos do cálculo: 0

Teste de Normalidade Decreto 89.817 (PEC) Tendência **Acurácia (Resumo Resultados)**

Análise da Precisão:

Decreto-Lei: **Classe B**

Qui-Quadrado: **Classe A**

!! Classe B !!

Análise das tendências

T de Student: **Não Tendencioso**

!! Não há Tendência !!

ACURÁCIA

Dado Acurado para a Classe B na equidistância de 3m.

Estadísticas	Altitude (m)	Ponto	Descrição	Discrepância H(m)	Excluir?	Outlier
nº pontos	13	▶ 1	P1	-1.4265		Não
média	-0.3373	10	P10	-1.2078		Não
desvio	1.094	13	P13	-1.2785		Não
variância	1.197	14	P14	0.074		Não
RMS	1.1489	15	P15	0.6982		Não
máximo	1.4437	16	P16	1.0969		Não
mínimo	-1.8979	17	P17	1.4437		Não
curtose	1.4355	18	P18	0.5701		Não
assimetria	0.1491	4	P4	-0.5025		Não
soma	-4.385	5	P5	-0.6923		Não
nº outliers	0	6	P6	0.2274		Não
		7	P7	-1.4902		Não
		9	P9	-1.8979		Não

GeoPEC
Avaliação do Padrão de Acurácia Posicional em Dados Espaciais

RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO
(completo)

DADOS DO PRODUTO

Nome: MDT gerado no software Cloud Compare

Local: Candiota

Data: 13/12/2016

Responsável Técnico: Manuella Fagundes

CLASSIFICAÇÃO FINAL DO PRODUTO

Padrão de acurácia utilizado: Decreto-lei n. 89.817/1984 - Análise Planimétrica

O produto: "MDT gerado no software Cloud Compare", **É ACURADO** para a escala de **1/2000**. O resultado do Padrão de Exatidão Cartográfica foi "**Classe A+**", de acordo com o Decreto-lei n. 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras.

O produto foi submetido a análise de tendência e precisão em suas componentes posicionais, onde os resultados foram: **é preciso e não apresenta tendência.**

Pontos de checagem utilizados: 13

RMS das discrepâncias (m): 0.3101

Padrão de acurácia utilizado: Decreto-lei n. 89.817/1984 - Análise Altimétrica

O produto: "MDT gerado no software Cloud Compare", **NÃO É ACURADO** para a equidistância vertical de **3 metros** das curvas de nível. O resultado do Padrão de Exatidão Cartográfica foi "**Classe C**", de acordo com o Decreto-lei n. 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras.

O produto foi submetido a análise de tendência e precisão em suas componentes posicionais, onde os resultados foram: **é preciso e apresenta tendência.**

Pontos de checagem utilizados: 13

RMS das discrepâncias (m): 1.2329

INFORMAÇÕES GERAIS

Padrão de acurácia utilizado: Decreto-lei n. 89.817/1984

Análise Planimétrica e Altimétrica

PROCESSAMENTO - PLANIMÉTRICO

Escala de Referência: 1/2000

Pontos de checagem inseridos: 13

Pontos de checagem utilizados: 13

PROCESSAMENTO - ALTIMÉTRICO

Equidistância vertical: 3

Pontos de checagem inseridos: 13

Pontos de checagem utilizados: 13

OUTLIERS - PLANIMÉTRICO

>> Outliers detectados: 0

>> Valor limite - detecção: 1.8

OUTLIERS - ALTIMÉTRICO

>> Outliers detectados: 0

>> Valor limite - detecção: 3

ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

>> Média(E)= -0.0192

Média(N)= -0.0232

Média(ABS)= 0.2615

Média(h)= -0.5749

>> Desv-pad(E)= 0.2474

Desv-pad(N)= 0.1843

Desv-pad(ABS)= 0.1485

Desv-pad(h)= 1.078

>> RMS(E)= 0.2482

RMS(N)= 0.1859

RMS(ABS)= 0.3101

RMS(h)=

1.2329

PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL - (planimetria)

>> Vizinho mais próximo:

:: Área (m²) = 7612680

:: 1ª ordem - R= 0.5751 Zcalc= -2.9308 Ztab= 1.96

Resultado = Padrão AGRUPADO - (significativo estatisticamente) - 95%

:: 2ª ordem - R= 0.6685 Zcalc= -3.2929 Ztab= 1.96

Resultado = Padrão AGRUPADO - (significativo estatisticamente) - 95%

:: 3ª ordem - R= 0.6277 Zcalc= -4.5645 Ztab= 1.96

Resultado = Padrão AGRUPADO - (significativo estatisticamente) - 95%

TESTE DE NORMALIDADE

>> Teste de Normalidade Jarque-Bera :

PLANIMETRIA: Bcalc(E)= 0.5715 Bcalc(N)= 2.1613 Btab= 2.039

Resultado: Amostra NÃO Normal

ALTIMETRIA: Bcalc(h)= 1.3771 Btab= 2.039

Resultado: Amostra Normal

TESTE DE PRECISÃO

>> Decreto-lei 89.817:

PLANIMETRIA: PEC= 0.56 EP= 0.34

Resultado: Classe A+

ALTIMETRIA: PEC= 2.25 EP= 1.5

Resultado: Classe C

>> Teste Qui-Quadrado:

PLANIMETRIA: Xcalc(E)= 12.709 Xcalc(N)= 7.0528 Xtab= 18.5

Resultado: Classe A+

ALTIMETRIA: Xcalc(h)= 13.945 Xtab= 18.5

Resultado: Classe A

TESTE DE TENDÊNCIA

>> Teste t de Student

PLANIMETRIA: tcalc(E)= -0.2798 tcalc(N)= -0.4539 ttab= 1.7823

Resultado: Não Tendencioso

ALTIMETRIA: tcalc(h)= -1.9228 ttab= 1.7823

Resultado: Tendencioso

>> Estatística Espacial - (planimetria)

Média Direcional (Azimute)= 323.2886 Variância Circular= 0.9488

Resultado: Não Tendencioso

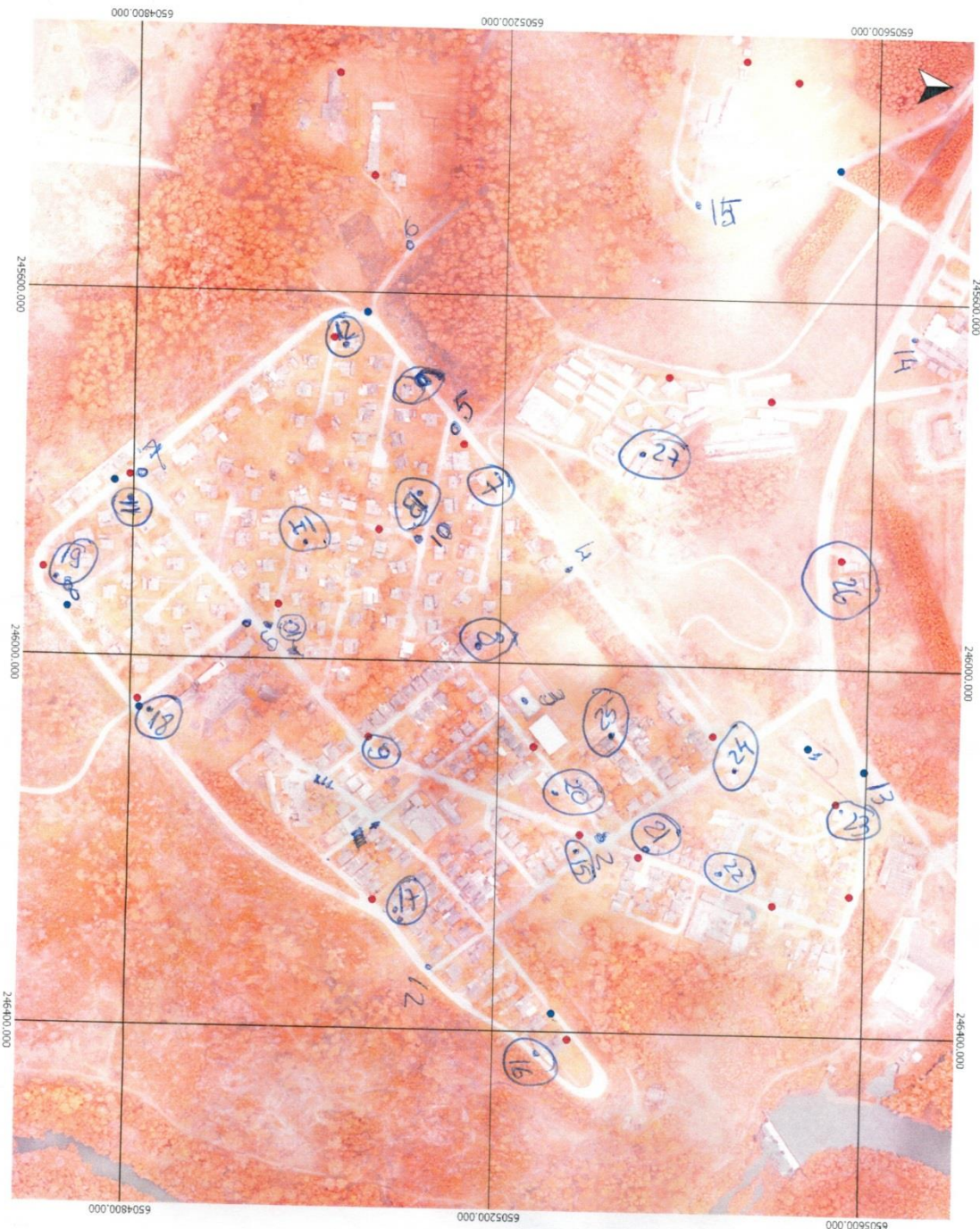
DISCREPÂNCIAS - PONTOS DE CHECAGEM

ID	di(E)	di(N)	di(ABS)	di(H)
1	0.109	0.1071	0.1528	-1.5397
10	-0.096	-0.0961	0.1358	-1.2774
13	0.101	0.1097	0.1491	-1.4355
14	0.045	0.1231	0.1311	0.2213
15	-0.158	0.1499	0.2178	0.5455
16	-0.288	0.0361	0.2903	1.4656
17	0.06	-0.2926	0.2987	-0.8739
18	-0.135	0.1028	0.1697	0.8894

4	0.363	-0.0275	0.364	-1.048
5	-0.448	-0.4531	0.6372	-0.964
6	0.08	-0.1071	0.1337	-0.0167
7	-0.281	-0.0953	0.2967	-1.4175
9	0.398	0.1415	0.4224	-2.0226

**ANEXO D – FIGURAS ADICIONAIS: CROQUIS DE CAMPO E
FOTOS DA SAÍDA DE CAMPO**

CROQUI DE CAMPO - BAIRRO DE CANDIOTA



Mapa de localização



Sistema de referência de coordenadas: WGS 84 - UTM 22S



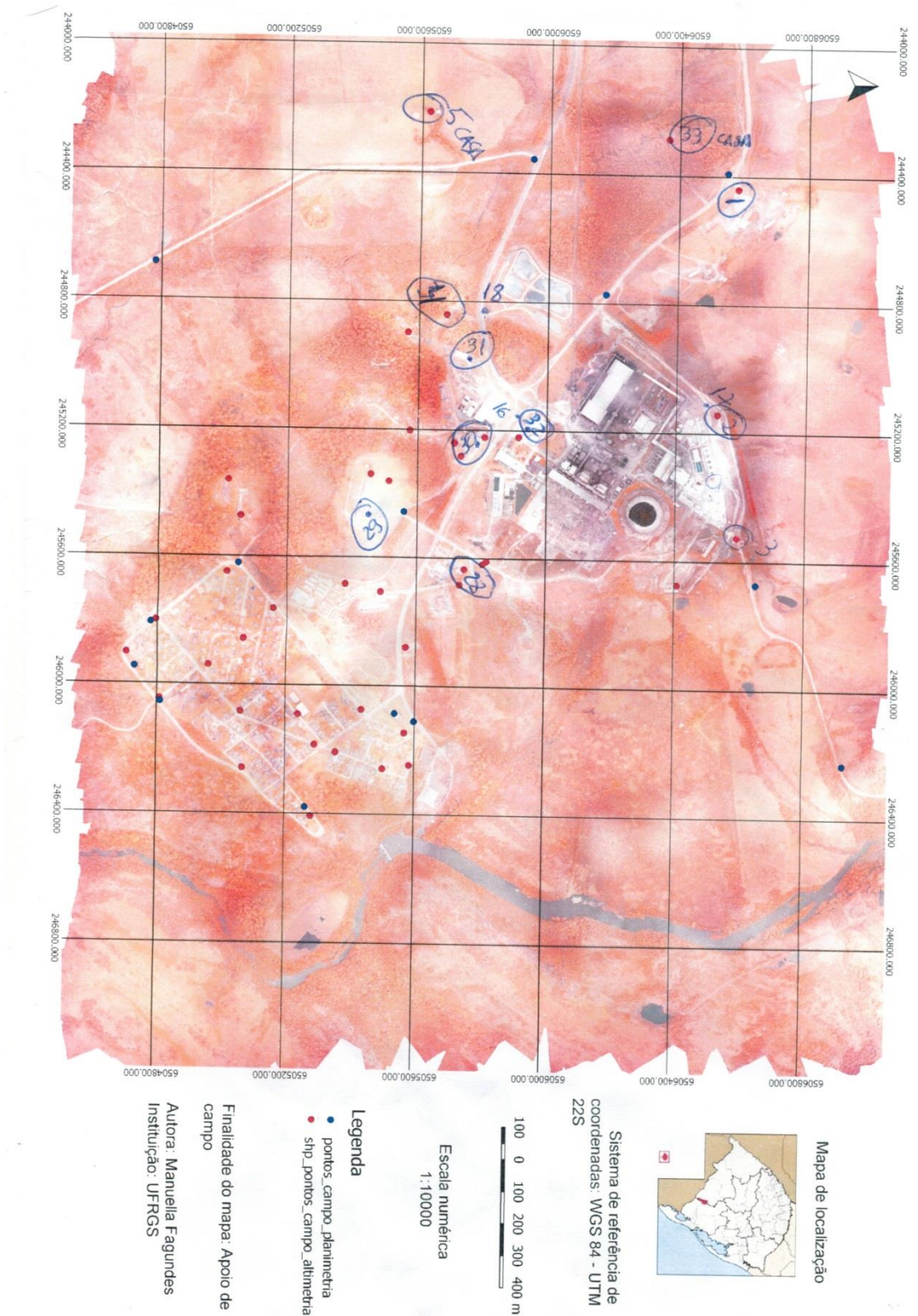
Escala numérica
1:4000

Legenda

- pontos_campo_planimetria
- shp_pontos_campo_altimetria

Finalidade do mapa: Apoio de campo
Autora: Manuella Fagundes
Instituição: UFRGS

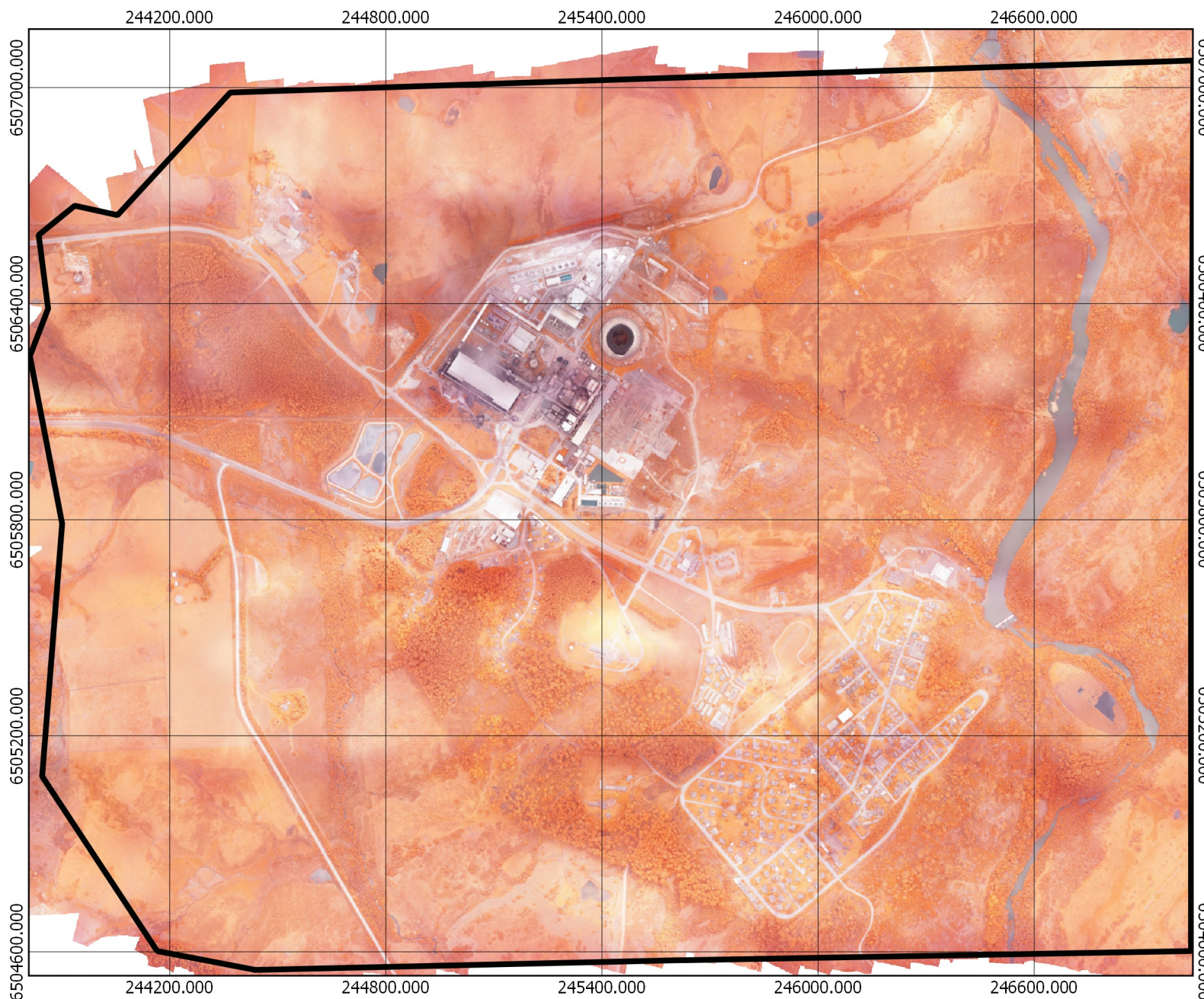
CROQUI DE CAMPO - REGIÃO DE ESTUDO NO CÂNDIOTA





ANEXO E – MAPA DO ORTOFOTOMOSAICO

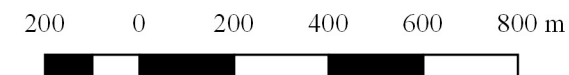
ORTOFOTOMOSAICO DA USINA TERMELÉTRICA DO MUNICÍPIO DE CANDIOTA E REGIÃO DE ENTORNO



Mapa de localização



Escala gráfica:



Escala numérica: 1:16000

Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS 2000

Projeção: UTM - Fuso 22S

Declinação magnética: $14.29^{\circ}W \pm 0.39^{\circ}$

Varição da declinação magnética ao ano: $0.16^{\circ}W$

Convergência meridiana: $1^{\circ}24'11.62635''$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Geociências
Departamento de Geodésia
Curso de Engenharia Cartográfica



Projeto: Trabalho de conclusão de curso - Geração de base cartográfica tridimensional com uso de VANT
Local: Usina Termelétrica e entorno - Município de Candiota - RS - Brasil

Finalidade: Trabalho de conclusão de curso

Equipe técnica:
Acadêmica: Manuella Anais Rodrigues Fagundes
Orientadora: Prof. Dra. Andrea Lopes Iescheck

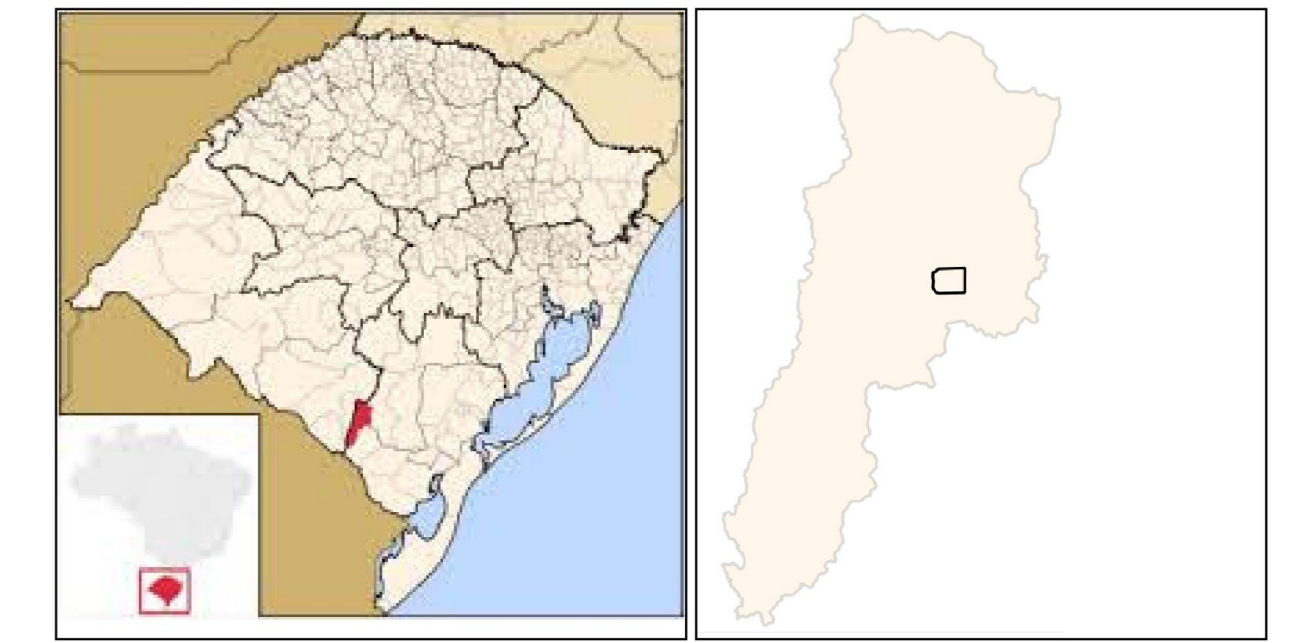
Ano: 2016

Folha: Única

ANEXO F – MAPA TOPOGRÁFICO

MAPA TOPOGRÁFICO DA USINA TERMELÉTRICA DE CANDIOTA E ENTORNO

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Legenda

- Construções
- Sistema viário
- Vegetação
- Hidrografia linhas
- Hidrografia polígonos
- Curvas de nível [965]

Escala gráfica:



Escala numérica:
1:4000

Sistema Geodésico de Referência:
SIRGAS 2000
Projeção: UTM - Fuso 22S
Declinação magnética: 14.29°W +0.39°
Variação da declinação magnética ao ano: 0.16°W
Convergência Meridiana:
1°24'11.62635"
Altimetria: Altitude ortométrica
Equidistância das curvas de nível: 4m

Mapa gerado a partir de aerofotogrametria com VANT
Fotografias aéreas de set/2015
Altitude ortométrica obtida a partir do MAFGED 2015
Vetorização e geração do MDT em estação fotogramétrica digital
Curvas de nível obtidas a partir do MDT
Apoio de campo determinado por posicionamento GNSS relativo estático rápido

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Geociências
Departamento de Geodésia
Curso de Engenharia Cartográfica



Projeto: Geração de base cartográfica tridimensional com uso de VANT
Local: Usina Termelétrica e entorno - Município de Candiota - RS - Brasil

Finalidade: Trabalho de conclusão de curso

Equipe técnica:
Acadêmica: Manuella Anais Rodrigues Fagundes
Orientadora: Prof. Dra. Andrea Lopes Ieschek

Ano: 2016

Folha: Única

