

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA**

Daniel Garcia Nóbrega
Sidnei Rodrigues Moura

**MAPEAMENTO PLANIALTIMÉTRICO PARA ESTUDO DE VIABILIDADE NA
IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA NA ZONA SUL DE PORTO
ALEGRE UTILIZANDO MÉTODOS FOTOGRAMÉTRICOS**

PORTO ALEGRE, Agosto de 2013.

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA**

Daniel Garcia Nóbrega
Sidnei Rodrigues Moura

**MAPEAMENTO PLANIALTIMÉTRICO PARA ESTUDO DE VIABILIDADE NA
IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA NA ZONA SUL DE PORTO
ALEGRE UTILIZANDO MÉTODOS FOTOGRAMÉTRICOS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Cartográfica apresentado na forma de monografia ao Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Cartógrafo.

Orientador: Dr. Mário Luiz Lopes Reiss.

PORTO ALEGRE, Agosto de 2013.

TERMO DE APROVAÇÃO

Daniel Garcia Nóbrega
Sidnei Rodrigues Moura

MAPEAMENTO PLANIALTIMÉTRICO PARA ESTUDO DE VIABILIDADE NA IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA NA ZONA SUL DE PORTO ALEGRE UTILIZANDO MÉTODOS FOTOGRAMÉTRICOS

Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Cartográfica apresentado ao Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia.

Banca examinadora:

Examinador 01: Prof. Dr. Ronaldo dos Santos a Rocha.

Examinador 02: Prof. Dra. Tatiana Silva da Silva.

Examinador 03: Eng. Cartógrafo Thiago Alexandre M. Thomas

PORTO ALEGRE, Agosto de 2013.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho, a todos os amigos, familiares e colegas de faculdade. Em especial aos colegas de semestre Cairos Pacheco e Guilherme Alfonsin, ao colega de tcc Sidnei, e aos colegas de outros semestres, Gustavo Bledow e Rodrigo Palermo, que colaboraram muito pra a concretização dessa etapa na minha vida. Aos amigos Thiago Fridman, Felipe Dal’Agnol, Ítalo Gomes, Thiago Medeiros, ao meu chefe e amigo Pedro Zimmer por toda o apoio e compreensão, e em especial a Laura Kirch, por todo o incentivo e compreensão. E acima de tudo a minha mãe Alani e em memória da minha tia Suley!

Daniel Nóbrega

Dedico à família que esperou pacientemente por essa conclusão, especialmente a minha companheira, Sátira, pelo apoio incondicional e ao meu filho Lucca pela inspiração.

Sidnei Moura

EPÍGRAFE

A vida é composta de muitos momentos, como um filme de muitos gêneros. Dividida em diversos capítulos, temas e cenas. Com diversas histórias, personagens, lições, dificuldades e superações. Mas como diria Nelson Mandela “Não me julguem pelo meu sucesso, mas pela quantidade de vezes que eu cai e me levantei novamente”. Alguns dizem que um problema só representa uma oportunidade de aprendizado, que uma vez que se aprender a transpor, ou resolver, o tal problema, resta somente o aprendizado e uma situação não mais limitadora. Na vida cada “capítulo” nos trás novos problemas, e com eles novas oportunidades de aprendizado. Não desanimar com as dificuldades, e tentar encontrar qual o aprendizado por trás de cada barreira, são as principais motivações da vida de quem “vence”.

Buscar o saber, o pensar, o racionalizar, mas sem nunca deixar de lado o sentimento, o humanismo, e acima de tudo a humildade. Como diria Carl Sagan “O estudo da Astronomia, nos trás como principal lição a humildade”. O contato com a humildade no âmbito das relações humanas, trabalho, faculdade, vida pessoal, tende a tornar o contato com outras pessoas mais brando, mais simples, mais harmonioso. O principal da vida é o equilíbrio, assim como na natureza é no interior de cada pessoa, um curso inteiro na área das exatas, para assim equilibrar como o lado filosófico, pensador, humanitário.

Como uma vez foi dito, “Um dos momentos mais triste da história, foi o dia em que a matemática e a física se separaram da filosofia”. Vivemos numa época onde cada vez mais se faz necessário o ato de pensar, e repensar atitudes e conceitos, para assim, termos uma vivência mais harmoniosa com as pessoas, mas principalmente com o planeta.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a UFRGS como instituição de ensino, pelo ensino gratuito, de qualidade, com professores altamente capacitados e qualificados. Ao Instituto de Geociências e laboratórios LAFOTO e LACAP que disponibilizaram todo o material e equipamento necessários para o desenvolvimento e Dr. Ronaldo dos Santos da Rocha, pelo apoio fundamental, científico e pessoal no desenvolvimento desse trabalho.

Daniel Nóbrega.

Sidnei Moura.

RESUMO

A Fotogrametria, se comparada a outras técnicas de mapeamento existentes, é uma metodologia eficiente com uma alta relação custo benefício para grades áreas. Resultando produtos de grande confiabilidade para elaboração de mapas. Um dos problemas comum aos centros urbanos consiste no planejamento dos serviços públicos, em geral na área de infraestrutura. Neste trabalho foi gerado um mapa planialtimétrico e um conjunto de ortofotocartas de uma região na zona Sul de Porto Alegre utilizando métodos fotogramétricos, para possibilitar ao DMAE uma ferramenta de tomada de decisões, para assim planejar, e conseqüentemente, melhorar seus serviços de fornecimento de água à região. O mapa gerado proporcionará condições de definir a melhor localização para instalação de reservatórios de água e atender parte dos moradores das regiões do bairro Belém Novo com água encamada. A realização deste mapeamento foi possível devido à disponibilidade dos produtos resultantes da cobertura aerofotogramétrica, de 2010 do município. A metodologia utilizada na elaboração deste trabalho foi: a geração do MDT por interseção fotogramétrica, a partir de imagens orientadas, restituição de feições tridimensionais de forma manual e posterior elaboração da ortofotocarta. O controle de qualidade realizado evidenciou que os produtos gerados oferecem confiabilidade para atender o propósito inicial requerido, bem como pode ser útil na etapa de planejamento da rede de distribuição.

Palavras chave: Fotogrametria, Mapeamento, Ortofoto.

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1 – Sistema de coordenadas câmaras digitais. Fonte: (COSTA, 2006).....	21
Figura 2 – Diferentes posições para tomada da imagem do objeto, característica básica do funcionamento do sistema trilinear. Fonte (MEDEIROS, 2007).....	22
Figura 3 – Vista do corpo da câmara HRSC-A, Origem da ADS40. Fonte: (SILVA e GALLO, 2006)	23
Figura 4 – Vista do corpo da câmara ADS40 detalhada Fonte: adaptado (LEICA, 2013).....	24
Figura 5 – Vista do corpo da câmara ADS40. Fonte (RIBEIRO, 2000).....	25
Figura 6 – Imagem do controle de navegação da ADS40: (LEICA, 2013).....	26
Figura 7 – Visualização do sistema de recobrimento possibilitado pela ADS40. Fonte: (LEICA, 2013).....	27
Figura 8 – Visualização do adaptação na aeronave para acomodar a ADS40. Fonte: (LEICA, 2013).....	28
Figura 9 – Disposição dos equipamentos. Fonte: (LEICA, 2013).....	28
Figura 10 – Restituição de feições.....	31
Figura 11 – Condições de colinearidade. Fonte: (REISS, 2007)	32
Figura 12 – Tipos de grade TIM, em MDT. Fonte: (GONÇALVES, CARVALHO e VIEIRA, 2003)	34
Figura 13 – Visualização das diferenças de representação entre MDT e MDS. Fonte: Adaptada (MARCOLINO, 2012).....	35
Figura 14 – Visualização do conceito de curva de nível (CARVALHO e ARAUJO, 2008)	36
Figura 15 – Critério de Delaunay na representação TIN: fonte: (CEFETES, 2000)	37
Figura 16 – Visualização da representação regular. Fonte: (CEFETES, 2000)	38
Figura 17 – Visualização das diferenças de formas de aquisição de pontos. Fonte: (CEFETES, 2000).....	39
Figura 18 – Visualização da diferença entre as representações regular e TIN: (CEFETES, 2000)	40
Figura 19 – Processo de elaboração de ortofoto. Fonte: (Esteio, 2012).....	41
Figura 20 – Princípio de posicionamento absoluto. Fonte: (KRUEGER, 2006).....	43
Figura 21 – Princípio de dupla diferença DD. Fonte: (KRUEGER, 2006)	44
Figura 22 – Fluxograma do Trabalho.....	47
Figura 23 – Destaque em vermelho na área de Belém Novo. Fonte: (Google, 2013).....	48
Figura 24 – Detalhe da área residencial Boa Vista. Fonte: (DMAE, 2013)	49
Figura 25 – Detalhe da área residencial Lajeado. Fonte: (DMAE, 2013).....	49
Figura 26 – Vista de região próxima ao reservatório Boa Vista, evidenciando os acidentes naturais.....	51
Figura 27 – Vista das duas regiões de interesse.....	52
Figura 28 – Abastecimento por caminhão pipa.....	53
Figura 29 – Vista externa da estação de captação do sistema Belém Novo.....	53

Figura 30 – Vista interna ETA do sistema Belém Novo.....	54
Figura 31 – Vista da reservação Boa Vista, 5.000 m³.	54
Figura 32 – Estação fotogramétrica	56
Figura 33 – Vista de uma Faixa gerada a partir da ADS40.	57
Figura 34 – Vista de Topomouse, usado no desenvolvimento do trabalho.....	59
Figura 35 – Vista da distribuição de pontos, para geração do MDT da região.....	66
Figura 36 – Vista da área de interesse com diferentes combinações de visualização.....	68
Figura 37 – Visualização ortofotomosaico de umas das regiões.	71
Figura 38 – Ortofotocarta da região do Loteamento Lajeado.	72
Figura 39 – Visualização ortofotocarta, com as feições restituídas na região do Lajeado. ...	73
Figura 40 – Vista de um ponto de controle, em imagem auxiliar para locação no campo. Fonte: (Google earth, 2013).....	79
Figura 41 – da distribuição dos pontos na região do novo Loteamento.	80
Figura 42 – Vista da distribuição dos pontos na região do reservatório Boa Vista.	81
Figura 43 – Vista do ponto “base” na ETA Belém Novo	82
Figura 44 – Vista do ponto de controle, junto ao moerão de cercado.....	83
Figura 45 – Vista do ponto de controle, junto a cerca de divisa de propriedade.....	84
Figura 46 – imagem da rede de pontos para processamento gerada pelo Topcon Tools.	85
Figura 47 – Vista do ponto de controle P2A no ArcGIS.....	86
Figura 48 – Vista do ponto de controle P8a, durante a identificação para posicionamento no campo.Fonte:(Google earth, 2013)	87
Figura 49 – Vista do ponto de controle P8a, durante posicionamento geodésico.....	88
Figura 50 – Vista do ponto de controle P8a, durante a comparação direta das coordenadas.	89
Figura 51 – Vista dos pontos de controle, efetivamente ocupado, na região do residencial Lajeado.....	90
Figura 52 – Vista da miniatura da ortofotocarta, sem curvas de nível, do residencial Lajeado.	94
Figura 53 – Miniatura do mapeamento planialtimétrico do residencial Lajeado.....	95
Figura 54 – Miniatura da ortofotocarta da região do residencial Boa Vista.	96

LISTA DE TABELAS:

Tabela 1 – Comparação Precisão altimétrica de várias câmaras (SILVA e GALLO, 2006). .	29
Tabela 2 – Estimativa financeira realizada.....	74
Tabela 3 – Estimativa financeira realizada.....	77
Tabela 4 – Resultado da obtenção das coordenadas dos pontos depois do processamento e ajustamento, com o Topcon tools,.....	85
Tabela 5 – Comparação de comparação entre pontos determinados por posicionamento geodésico, medidos na ortofoto e suas diferenças planimétricas. E diferenças de altitude entre o modelo e o terreno.....	90
Tabela 6 – Soma das discrepâncias	91
Tabela 7 – Soma dos quadrados das discrepâncias	91
Tabela 8 – estatísticas e testes.....	91
Tabela 9 – Precisoões resultantes	92

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS e SIMBOLOS.

φ	Latitude Geográfica
λ	Longitude geográfica
ADS40	Airbone Digital Sensor 40
ASP	American Society of Photogrammetry
CAD	Computer Aided Design
CCD	Charged Coupled device
DEN	Digital Elevation Model
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Centro Aeroespacial Alemão)
DMAE	Departamento Municipal de Água e Esgotos
ESRI	Environmental Systems Research Institute
ETA.....	Estação de Tratamento de água
FCMS	Flight Planning and Management System
FPES	Flight Planning and Evaluation
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS.....	Global Position System
GSD.....	Ground Sample Distance - elemento de resolução no terreno
IMU	Inertial Measurement Unit
LACAP	Laboratório de Cartografia Aplicada
LAFOTO	Laboratório de Fotogrametria
LIDAR.....	Light Detection And Ranging
MDE.....	Modelo Digital de Elevações
MDS.....	Modelo Digital de Superfície
MDT.....	Modelo Digital do Terreno
MNT	Modelo Numérico do Terreno
PMPA	Prefeitura Municipal de Porto Alegre
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
TIN.....	Triangulated Irregular Network
UFRGS.....	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UM.....	Unidade de Medida
UTM	Universal Transversa de Mercator

LISTAS DE EQUAÇÕES:

Equação 1 – Matriz de rotação, simplificada.....	33
Equação 2 - Equações de colinearidade para x.....	33
Equação 3 - Equações de colinearidade para y.....	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
1.2	OBJETIVO	17
1.3	ESTRUTURA	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	FOTOGRAMETRIA	19
2.2	SISTEMAS DE IMAGENS DE CÂMARAS DIGITAIS	20
2.3	CÂMARAS LINEARES	21
2.3.1	O princípio das câmaras lineares	21
2.3.2	A Câmara fotográfica métrica ADS40	23
2.4	RESTITUIÇÃO FOTOGRAMÉTRICA	29
2.4.1	Restituição em Estação Fotogramétrica Digital	30
2.4.2	Equações de Colinearidade	31
2.5	MODELOS DIGITAIS	33
2.5.1	MDT, MNT, MDE e MDS	33
2.5.2	Representação e modelagem de superfície	35
2.5.3	Geração de MDT por intersecção fotogramétrica	38
2.6	ORTOFOTO E ORTOFOTOCARTA	40
2.7	Controle de qualidade por posicionamento geodésico	42
2.7.1	Sistemas de Posicionamento por GNSS	42
2.7.2	Métodos de Posicionamento	43
2.7.3	Posicionamento Relativo Estático	43
2.7.4	Ajustamento de observações	44
2.7.5	Modelo Matemático	45
3	MATERIAIS, MÉTODOS E CARACTERIZAÇÃO	47
3.1	Fluxograma do processo	47
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	48
3.2.1	História	50
3.2.2	Identificação da área	51
3.2.3	O abastecimento de água da região	52
3.3	Materiais necessários à execução do Trabalho	54
3.3.1	Computadores para as etapas de processamento	55
3.3.2	Fotografias aéreas da região de interesse	56
3.3.3	Modelos tridimensionais da região	57
3.3.4	Software para geração das restituições e ortofotos da região	58
3.3.5	Periféricos para edição dos modelos	58
4	DESENVOLVIMENTO	61
4.1	Obtenção dos elementos da cobertura fotogramétrica	61
4.2	Restituição das feições	61
4.3	Construção do MDT	63
4.4	Concatenação dos MDT	66

4.5	Verificação da consistência dos MDT	67
4.6	Correção dos MDT.....	69
4.7	Construção das Ortofotos	70
4.8	Construção das Ortofotomosaico.....	71
4.9	Construção das Ortofotocarta.....	72
4.10	Estimativa financeira.....	74
4.11	Recursos efetivamente aplicados execução	76
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	78
5.1	AVALIAÇÃO DO RESULTADO.....	78
5.1.1	Escolha dos pontos de controle	78
5.1.2	Distribuição dos pontos de controle	79
5.1.3	Posicionamento geodésico dos pontos de controle	81
5.1.4	Análise dos resultados.....	90
6	CONCLUSÕES.....	93
6.1	RECOMENDAÇÕES.....	93
6.2	CONCLUSÃO	97
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente um dos problemas devido ao constante crescimento populacional é a expansão urbana desordenada. Que traz carências na saúde e transporte público, segurança, saneamento, redes de eletricidade e redes de abastecimento de água. Fato que leva o estado a necessitar de ferramentas adequadas para a solução destes problemas.

Vários recursos podem auxiliar as instituições públicas ou privadas na elaboração de estudos para sanar os problemas supracitados, dentre os quais podem ser citados uso de bancos de dados, ou SIG, imagens de satélites, pesquisas de campo, mapeamentos de outras épocas, cartas do exército ou a realização estudos específicos.

De fato o planejamento e a solução dos serviços de infraestrutura requerem, basicamente, o prévio conhecimento da área, ou seja, representação fiel da situação. E a Cartografia é a área do conhecimento mais apropriada a possibilitar a representação das áreas de interesse.

O Congresso Internacional de Geografia, realizado em Londres em 1964, definiu a Cartografia como:

“Conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseado nos resultados de observações diretas ou de análise de documentação, com vistas à elaboração e preparação de cartas, planos e outras formas de expressão, bem como sua utilização”.

A elaboração de produtos cartográficos é calcada no conhecimento e aplicação simultânea, ou individual, de várias ferramentas de apoio. Nas ciências cartográficas, muitas são as técnicas utilizadas para a construção de modelos 3D, a maioria delas destinada à construção de mapas topográficos. Dentre as várias técnicas que se destinam a essa tarefa pode-se citar: a Topografia, a Fotogrametria, a varredura a LASER, e varredura por RADAR.

As representações simplificadas, mapas das áreas de interesse, são acompanhadas de diversas informações, como símbolos, cores, entre outros elementos.

Na cidade de Porto Alegre, estado do Rio Grande do Sul, aproximadamente 100% da população tem acesso à água tratada (DMAE, 2013). Desde a década de 1960, quando criada a autarquia passou a ser a responsável de suprir o abastecimento de água para população.

A ocupação de áreas cada vez mais distantes das zonas centrais da cidade tornam permanentes os esforços para suprir as necessidades básicas da população, e uma das necessidades mais preeminentes é o consumo de água. Atualmente o fornecimento de água nas regiões periféricas dá-se pela expansão de redes de água encanada e pontualmente por caminhões pipas, conforme apresentado no item 3.2.3 deste documento.

Assim, para qualificar o serviço de fornecimento de água às regiões do Bairro Belém Novo, na periferia da cidade, junto às localidades do Residencial Lajeado, onde o abastecimento ainda é feito por caminhões pipas, o DMAE pretende estender sua rede de abastecimento. O abastecimento itinerante, atualmente empregado na região, não constitui uma solução definitiva, uma vez que não é constante. Atende pontualmente partes da comunidade, é uma solução mais onerosa ao DMAE e dificulta a correta medição da quantidade de água efetivamente distribuída para cada economia.

Como mencionado é necessário o minucioso conhecimento do local para embasar o planejamento de soluções. Para assim, possibilitar a expansão da rede de abastecimento de água encanada. Uma ferramenta indispensável na solução deste problema é o mapeamento da região de interesse.

Em geral as técnicas para mapeamento empregadas pelo DMAE, para realização de planejamento destas atividades, envolvem a contratação de equipes de topografia e inspeções de reconhecimento em campo ou mesmo o uso de bases Cartográficas desatualizadas. Atualmente o DMAE faz uso do levantamento fotogramétrico realizado em Porto Alegre, em épocas passadas, a partir do qual foram gerados mapas da cidade.

Um das áreas de conhecimento que podem ser utilizadas para obter o produto final da Cartografia é a Fotogrametria, que de acordo com a American Society of Photogrammetry – ASP (1979) tem a seguinte definição:

“Fotogrametria é a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informação confiável sobre objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição, interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante e outras fontes”.

Em 2010, o município de Porto Alegre realizou cobertura aerofotogramétrica, que além de abranger 100% área da capital, se estendeu por alguns quilômetros sobre os municípios vizinhos. Os produtos advindos destas imagens representam uma ferramenta para viabilizar o planejamento de infraestrutura, além de possibilitar o controle devido ao constante crescimento populacional. Entretanto a despeito de todas as possibilidades e benefícios do uso destes produtos, este recurso ainda não foi incorporado na rotina dos

técnicos do DMAE e da PMPA devido a grande quantidade de análises e processamentos, ainda pendentes.

A partir das imagens do levantamento aerofotogramétrico, com o uso da Fotogrametria, obtiveram-se os produtos cartográficos finais deste trabalho acadêmico que foi elaborado de forma a apresentar noções básicas referentes ao seu desenvolvimento, estruturando-se forma a apresentar as motivações, desenvolvimento e conclusões do trabalho.

O relevo da região, seus acidentes e peculiaridades são à base do mapeamento. As formas de representação gráficas dos acidentes naturais permitem ao interpretador, a interpretação dos modelos do terreno, exigindo em alguns casos o conhecimento das convenções técnicas que tornem possível esse entendimento.

Há casos onde a construção de modelos através de maquetes é necessária para esclarecer dúvidas quanto à compreensão da representação do terreno, tanto ao profissional técnico quanto outros com menor familiarização com essa convenção.

Atualmente os recursos computacionais disponíveis permitem reproduzir a sensação do relevo terrestre de forma rápida por meio de modelos digitais. Neste trabalho, são apresentados conceitos básicos relacionados à elaboração de modelos de terreno, por meio de computadores, e a importância que estes têm, do ponto de vista aplicativo na elaboração de ortofotocartas.

O presente trabalho tornou-se possível e aplicável, pois o município já possui a matéria prima essencial ao desenvolvimento do trabalho, são as imagens aéreas orientadas, cujo acesso, foi disponibilizado pelo LAFOTO, do Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com a autorização da Prefeitura Municipal de Porto Alegre - PMPA além dos equipamentos e softwares para a partir dessa imagem elaborar os produtos deste trabalho.

1.2 OBJETIVO

A partir da aplicação de técnicas de Fotogrametria aérea, elaborou-se um produto cartográfico capaz de possibilitar a determinação da melhor localização para instalação de pontos de reservação de água, de propiciar condições de planejamento de distribuição de água encanada à consumidores de parte do bairro Belém Novo, produto que poderá ser utilizado pelo DMAE em seus processos internos.

O produto final do trabalho constitui uma ortofotocarta da região do residencial Lajeado e da região do residencial Boa Vista, juntamente com um mapa planialtimétrico da região do residencial Lajeado, ambos com as precisões e acurácias requeridas para possibilitar a tomada de decisão para o planejamento instalação de reservatórios de água.

Para atingir o objetivo geral, foi necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- a) Seleção e restituição de feições necessárias à tomada de decisão;
- b) Construção dos modelos digitais do terreno das áreas de interesse;
- c) Gerar as ortofotos e ortofotocartas das Regiões, conforme parâmetros estabelecidos e o devido controle de qualidade no produto final gerado.

1.3 ESTRUTURA

O presente Trabalho está estruturado, da seguinte forma:

1. Parte introdutória, apresentando as considerações iniciais e as motivações da pesquisa, apresenta também os objetivos gerais e específicos, bem como a estrutura do trabalho.
2. Fundamentação teórica, de forma a exibir os principais conceitos desenvolvidos.
3. Caracterização da área de estudo. Apresentando as principais informações da quanto à formação da área de interesse, as características geográficas, localização, aspectos econômicos e uma breve descrição da atuação do DMAE na área. Indicam os recursos necessários, os métodos empregados, bem como as estimativas financeiras.
4. Resultados, apontando as dificuldades observadas no desenvolvimento do trabalho.
5. Destacando as considerações finais sobre os dados envolvidos na elaboração do trabalho, bem como proposta de contribuição com o campo de pesquisa da Engenharia Cartográfica.
6. Por fim, apresenta bibliografia empregada no desenvolvimento do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FOTOGRAMETRIA

O termo Fotogrametria deriva das palavras gregas “*photos*”, que significa luz, “*gramma*”, que significa algo desenhado ou escrito e “*metron*”, que significa medir. Portanto, Fotogrametria, de acordo com suas origens, significaria medir graficamente usando luz. A definição de Fotogrametria até a década de 60 era: "ciência e arte de obter medidas confiáveis por meio de fotografias" (ASP, 79).

Com o advento de novos tipos de sensores uma definição mais abrangente de Fotogrametria foi proposta também pela ASP em 1979, como sendo:

"Fotogrametria é a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informação confiável sobre objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante e outras fontes".

O termo Fotogrametria vem da obtenção de medidas advindas da gravação em um sensor, através da exposição de um objeto ou superfície de interesse a raios de luz (ou outros tipos de ondas). Ou seja, tem por finalidade determinar as formas, dimensões, e posições dos objetos contidos numa fotografia, através de medidas efetuadas sobre a mesma. (TOMMASELLI, 2000).

A Fotogrametria tem utilização em diversas áreas, como planejamento urbano, monitoramento de áreas, agricultura, medicina, Trabalhos em geral de arquitetura em Engenharia, ou trabalhos científicos que necessitem precisão aliada à qualidade posicional (REISS, 2007).

O desenvolvimento de computadores com maior capacidade de processamento interativo de imagens digitais, principalmente durante os anos 90, permitiu que surgisse esse ramo da Fotogrametria digital. Possibilitando o processamento de uma quantidade enorme de dados e eliminando algumas etapas dos processos analógicos, por exemplo, a necessidade de revelação de filme, escanerização das fotos ou mesmo medição manual na etapa de aerotriangulação.

A Fotogrametria Digital é definida pelo Prof. Irineu da Silva, no Curso de Fotogrametria Digital; Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos, USP; como:

“A Fotogrametria Digital é a parte da Fotogrametria que trata dos aspectos geométricos do uso de fotografias, com a finalidade de obter valores precisos de comprimentos, alturas e formas, baseando-se só de imagens digitais, armazenadas em meio magnético, na forma de pixels. Ela é totalmente baseada no princípio da estereoscopia e na orientação analítico-digital das fotos.” (SILVA, 1999)

O advento da Fotogrametria digital trouxe uma vantagem considerável na redução de processos, que passaram a ser automatizados, é o caso das orientações interior, relativa e absoluta. Muitos softwares reconhecem os diferentes padrões das câmaras, e suas marcas fiduciais, permitindo a realização dos ajustes em frações de segundo, com a mínima interferência do operador.

2.2 SISTEMAS DE IMAGENS DE CÂMARAS DIGITAIS

A imagem digital é uma representação discreta e bidimensional da intensidade da luz $f(x,y)$, onde x e y denotam as coordenadas espaciais e o valor da função f em qualquer ponto é proporcional ao brilho ou nível de cinza da imagem naquele ponto (GONZALES e WOODS, 2000). Ou seja, uma imagem digital pode ser vista como uma matriz, com valores de níveis de cinza (ou brilho) pra cada posição linha e coluna (pixel).

Existem dois componentes principais que definem a qualidade de imagens digitais, a resolução espacial e radiométrica (MIKHAIL, BETHE e MCGLONE, 2001). A resolução espacial diz respeito à parte física, ou seja, tem relação com o tamanho do pixel da câmara, conseqüentemente, com o tamanho do pixel na imagem. Essa é frequentemente expressa em pontos por polegada (ppp) ou ainda, *dots per inch* (dpi). Já a resolução radiométrica da imagem depende dos níveis quantização admitidos. Uma quantização de n bits em uma imagem, ela terá 2^n valores de brilho.

O sistema de coordenadas de uma imagem digital tem sua origem (0,0) em seu canto superior esquerdo, o eixo cresce horizontalmente para direita, e o eixo y para baixo, conforme apresentado na figura 1.

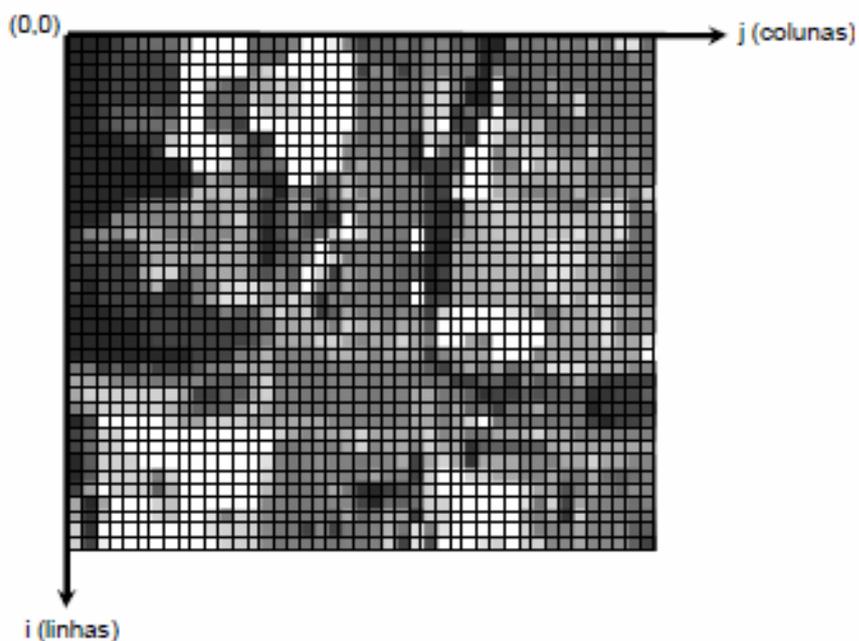


Figura 1 – Sistema de coordenadas câmaras digitais. Fonte: (COSTA, 2006)

2.3 CÂMARAS LINEARES

2.3.1 O princípio das câmaras lineares

Também definidas como sensores “*pushbroom*”, as câmaras lineares possuem um sistema ótico responsável por projetar a imagem retratada em arranjos lineares, ou seja, em um dado instante apenas uma varredura linear da superfície imageada é definida no centro perspectivo.

No caso de imagens aéreas, na medida em que o sensor é movimentado, em intervalos de tempo fixo, há acúmulo de carga na célula detectora, possibilitando o valor de brilho do pixel para aquela varredura. No caso do sensor “*pushbroom*”, um sistema ótico projeta a imagem em um arranjo com dispositivos de acoplamento de carga - CCD, que é o “coração” da tecnologia de imageamento digital.

Os CCD são circuitos integrados de silício usados como transdutores de imagem. Um dispositivo transdutor é aquele capaz de transformar uma forma de energia em outra, no caso energia luminosa em energia elétrica (TOMMASELLI, 2000).

Neste caso, em específico, a formação da imagem foi feita pela varredura linear, sem a geometria de centro perspectivo único, pois a cada instante definido, em momentos

diferentes, são obtidas diferentes posições do centro perspectivo, como pode ser visto na figura 2, a seguir, e devido às variações de posição e rotação, surge diferentes parâmetros de orientação exterior. Este problema é mais comum em sensores aéreos, pois a influência das camadas atmosféricas é especialmente significativa, diferente das plataformas espaciais onde as trajetórias são mais estáveis.

Nilcilene das Graças Medeiros, em sua dissertação de mestrado, afirma que a geometria das imagens “pushbroom” é fraca, pois as diferentes posições de cada linha geram uma imagem distinta. E devido a essa deficiência na geometria é necessário o uso conjunto de sistemas de navegação através da sistemas de navegação por satélite “*Global Navigation Satellite Systems*” - GNSS e sistemas de navegação inercial concomitante à tomada das imagens, pois os erros dos sensores inerciais, mesmo que pequenos, causam desvios crescentes na solução de navegação, tornando o sistema inercial pouco confiável para navegação de longa duração. Uma forma de aliar o melhor de cada sistema (Inercial e GNSS) é através da integração dos dados se seus sensores, de forma a se obter resultados que estejam disponíveis a uma taxa mais elevada e promover a redução e a limitação de erro através das atualizações do GNSS.

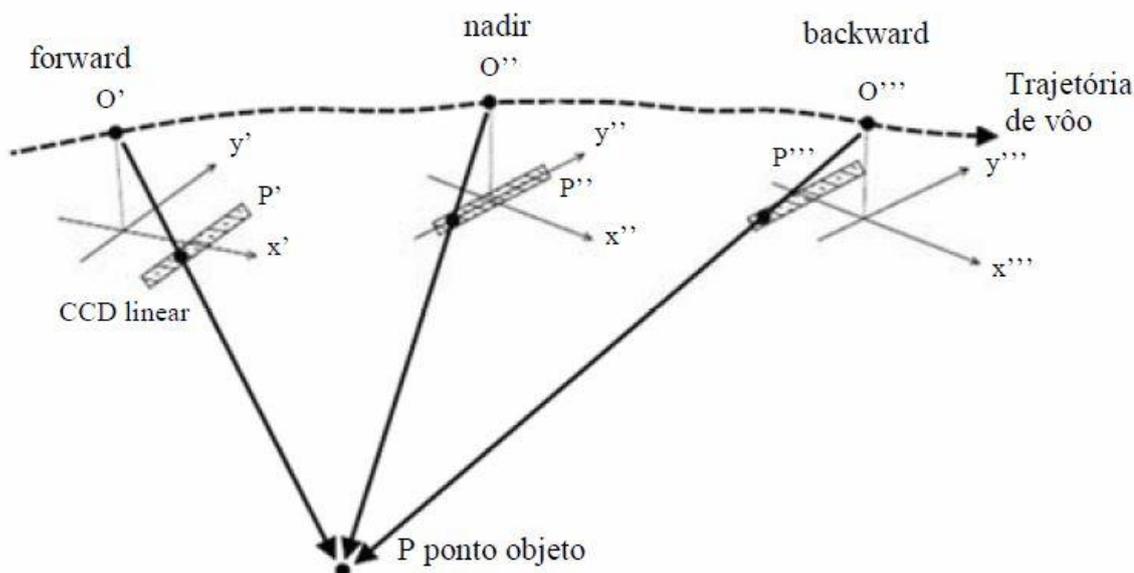


Figura 2 – Diferentes posições para tomada da imagem do objeto, característica básica do funcionamento do sistema trilinear. Fonte (MEDEIROS, 2007).

2.3.2 A Câmara fotográfica métrica ADS40

A câmara ADS40 foi projetada com o apoio do Centro Aeroespacial Alemão - DLR para atender a missão Mars96 e teve como inspiração as câmaras de alta resolução HRSC, baseado no princípio das três linhas de sensores.

A aplicação desta câmara à Fotogrametria só foi possível devido ao desenvolvimento de um sistema especial de lentes, juntamente com um sistema separador de bandas de cores, permitindo registro da banda colorida em qualquer parte da imagem, independente do ângulo perspectivo ou da topografia do terreno.

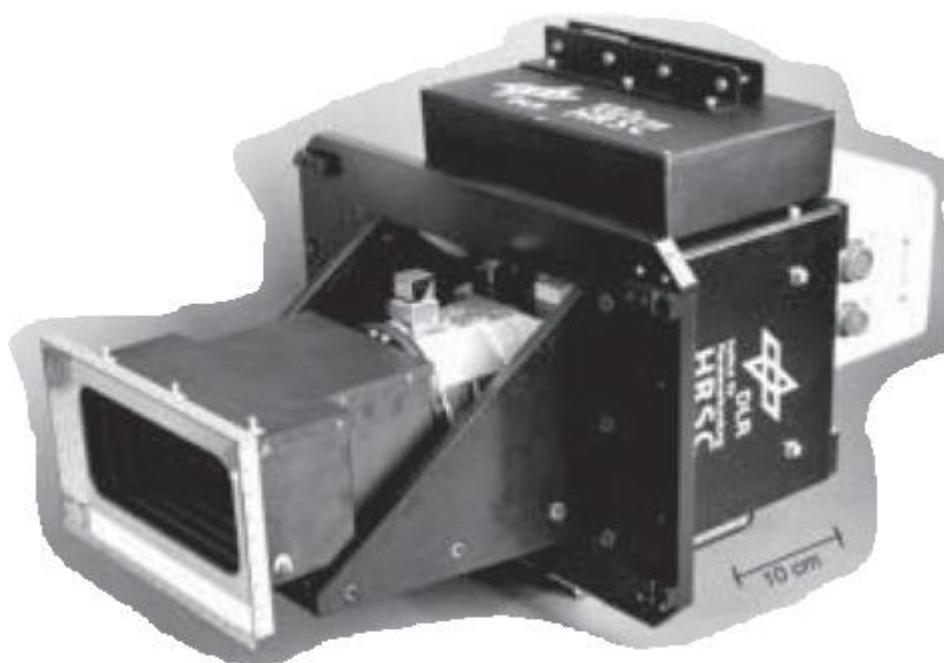


Figura 3 – Vista do corpo da câmara HRSC-A, Origem da ADS40. Fonte: (SILVA e GALLO, 2006)

A partir do aperfeiçoamento da HRSC-A, foi desenvolvida a câmara apresentada na figura 4 que conta com sistemas de aquecimento e resfriamento (1), eletrônica individual (2), controle de temperatura das lentes (3), protetor de lentes (4), câmara de vídeo (5), conjunto de lentes telecentricas (6), plano focal com CCD's (7), sistema IMU (8), sistema eletônico (9) e filtros e tricoide, passando a Tetracoide¹ (para as gerações mais recentes da ADS40), conjunto de lentes telocêntricas, câmara de vídeo, controle eletrônico de ambiente e um sistema exclusivo de compensação de temperatura de lentes, detalhes que podem ser ilustrados na figura 4.

¹ Sistema de filtro de luz que possibilita a separação de bandas

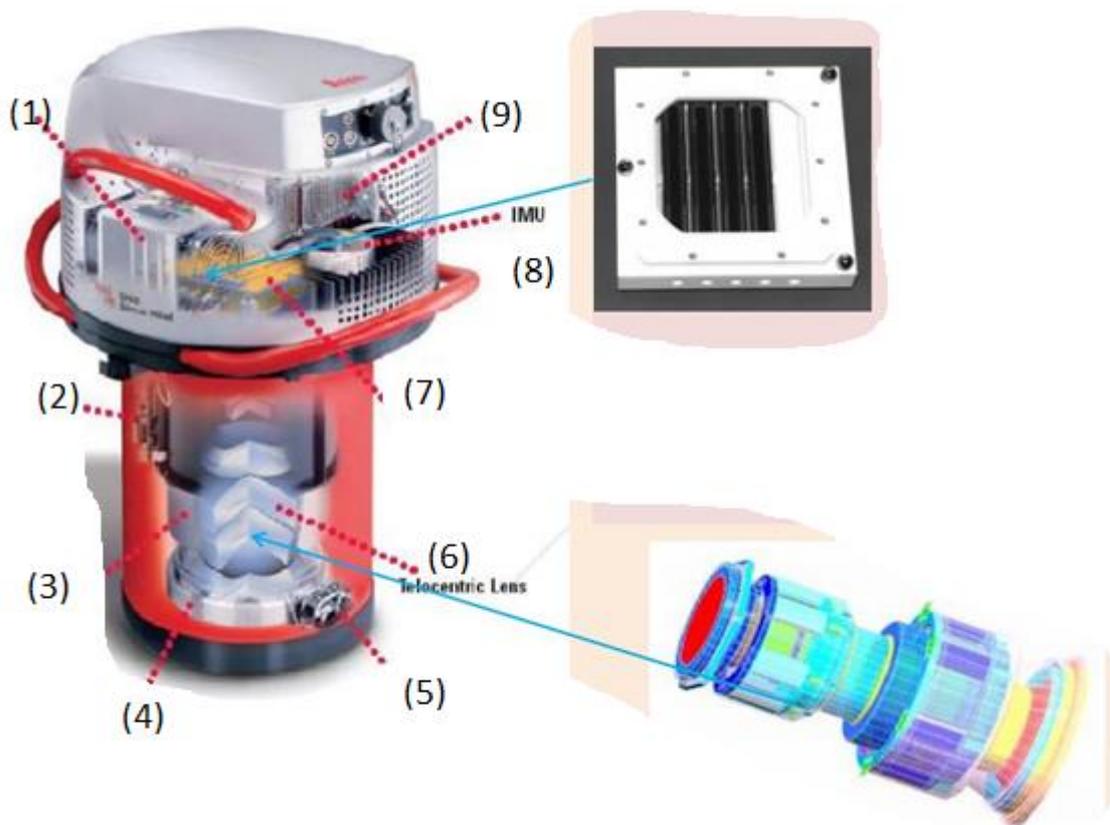


Figura 4 – Vista do corpo da câmara ADS40 detalhada Fonte: adaptado (LEICA, 2013).

Esse sistema permite que durante a aquisição os sensores produzam uma faixa de imagem com perspectiva constante, considerada pelos professores Irineu da Silva e Maurício Gallo, como “quase-ortogonal”, denominada também com “pixel carpet”.

Os autores, acima descrito, enumeram algumas vantagens do uso desta câmara, como os que seguem:

- Menor quantidade de dados para a geração de ortofotos verdadeiras;
- Compensação automática do deslocamento da aeronave sem necessidade do uso de compensadores mecânicos;
- A imagem nadiral é obtida com a parte central do sistema ótico, o que constitui a melhor parte do sistema ótico;
- As imagens feitas com a linha de sensores nadirais constituem-se em uma imagem quasi-ortogonal;
- Facilidade para a criação de mosaicos devido à geração de imagens em faixas.

Pode-se comparar a câmara linear ADS40 com um scanner trilinear, que é um sistema baseado no uso simultâneo de um conjunto de sensores, num total de três, que imageam a superfície em faixas distintas, uma a frente, outra sob a aeronave e por fim uma para a região posterior.



Figura 5 – Vista do corpo da câmara ADS40. Fonte (RIBEIRO, 2000)

Cada um destes sensores registra uma faixa do terreno, conforme já citado. Independente do deslocamento da aeronave a aquisição é contínua, cada porção da superfície é imageada três vezes, o que é importante em termos de reconstituição da posição tridimensional do centro perspectivo.

Desenvolvida pela LEICA Geosystems, especialmente para sistemas aerotransportados. A câmara ADS40 é comumente usada em trabalhos de cobertura aerofotogramétrica, pelas características importantes destacadas a seguir.

A câmara possui um CCD linear, permitindo um pixel na imagem de $6,5 \mu\text{m}$ e uma lente telecêntrica de distancia focal igual a 62,77 mm, produzindo uma faixa de imagem com perspectiva constante.

A ADS40 permite a interface com softwares similares ao FPES (software de planejamento de voo), responsáveis pelo planejamento automático dos elementos de voo.

Possibilita também através do FCMS (software de controle de voo) todo o controle do voo. A figura 6 apresenta a interação da ADS40 com as técnicas GNSS.



Figura 6 – Imagem do controle de navegação da ADS40: (LEICA, 2013).

A câmara ADS40 permite a aquisição de imagens pancromáticas e multiespectrais, RGB e infravermelho, capturadas com a mesma resolução. A ADS40 permite a gravação simultânea de três faixas, sendo uma defasada de 14° do ponto de nardir, posterior em 28° , possibilitando a captura de até 08 imagens espectrais, ilustrada na figura 7.

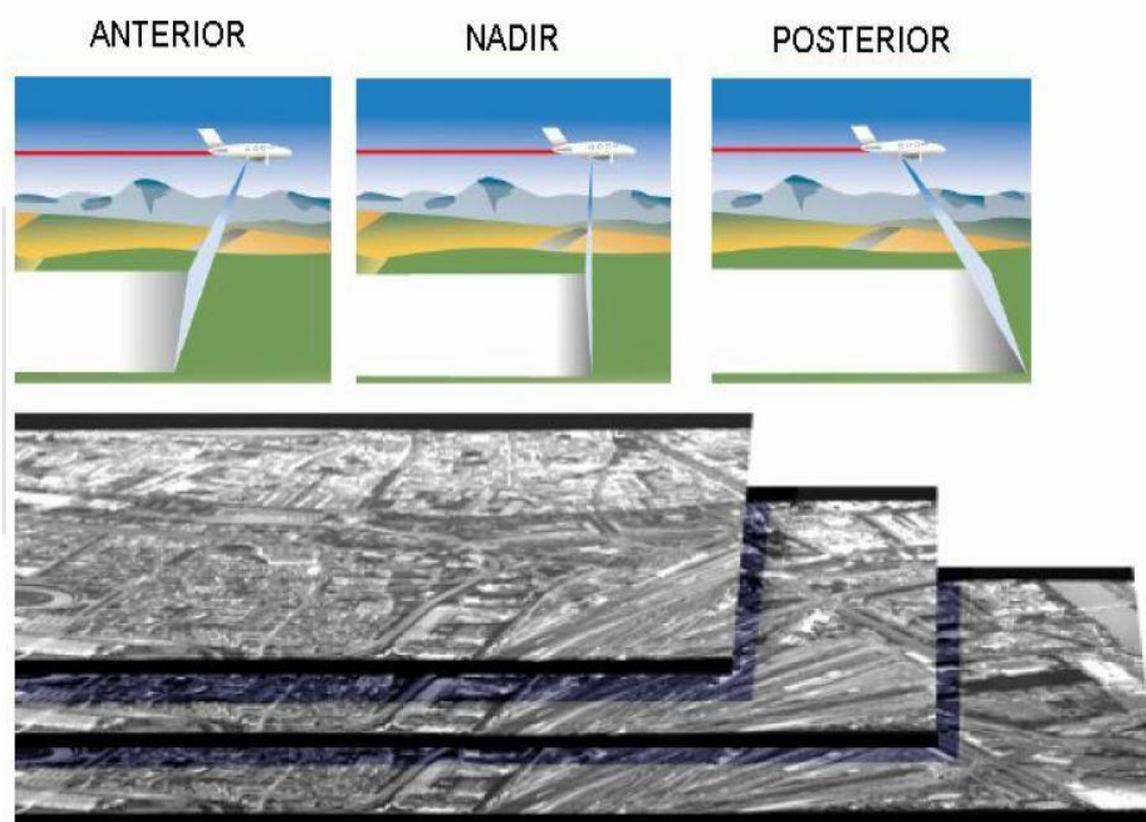


Figura 7 – Visualização do sistema de recobrimento possibilitado pela ADS40. Fonte: (LEICA, 2013).

Outra característica importante da ADS40 é que durante a tomada da imagem ocorrem apenas deformações apenas no eixo ortogonal ao sentido do voo, gerando o efeito, já citado, de quase ortogonalidade, devido ao arranjo linear da câmara.

Em geral as melhores resoluções das câmaras tipo “pushbroom” é da ordem de 5 cm, no pancromático e 15 cm para RGB, e acima de 15 cm não há mais diferença de resolução. Os autores (SILVA e GALLO, 2006), ainda, sugerem uma relação prática que determina a altura do voo para a ADS40 simplesmente multiplicando o tamanho do pixel do terreno (GSD) por 10.000, neste caso obtendo a altura do voo. E devido à alta qualidade do sistema ótico, concomitante a eliminação de várias fontes de erro, pode-se dizer que um GSD de 20 cm, obtido com a ADS40, só pode ser superado em resolução por GSD de 10 cm, no caso de imagens coloridas obtidas por câmaras convencionais.

O uso das câmaras métricas como a ADS40 exigem uma adaptação da aeronave para possibilitar seu uso, a disposição da câmara e dos equipamentos auxiliares podem ser vistos a seguir na figura 8 e figura 9.



Figura 8 – Visualização do adaptação na aeronave para acomodar a ADS40. Fonte: (LEICA, 2013).

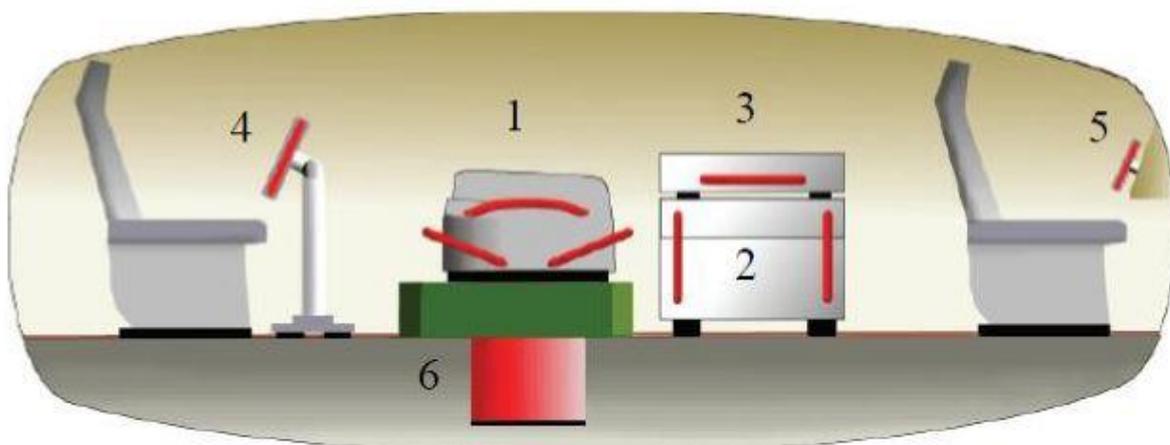


Figura 9 – Disposição dos equipamentos. Fonte: (LEICA, 2013).

Tabela 1 – Comparação Precisão altimétrica de várias câmaras (SILVA e GALLO, 2006).

	Comparação entre Câmaras				Comparação entre a área coberta e a precisão					
Câmara	Parâmetros de cada câmara				Normalizado para um pixel com GSD de 10 cm (escala da foto normalizada 1:10 000)					
					Área coberta			Precisão		
	Linha (Pixels)	Tam do pixel μm	Dist Focal mm	GSD a 1000m cm	n. dist focal mm	Área km^2	Rel h/b	x,y cm	Altitude (pontos) cm	Altitude (terreno) cm
ADS40	15329 x 15333	6.5	62.5	10.4	96	1.44	1.26	20	12.6	24.2
DMC(Pan)	15330 x 15333	12	120	10	100	1.06	3.3	20	33	66
UltraCam (pan)	15331 x 15333	9	100	9	11	0.86	6.7	20	37	74
DIMAC	15332 x 15333	9	120	7.5	134	0.26	4.7	20	47	94
Aerial Photo (UAG)	15333 x 15333	15	153	9.8	103	2.35	1.66	20	16	32

Ainda de acordo com os autores a precisão altimétrica é resultante das características do sensor, pois não possuem as deformações nas dimensões do pixel conforme ocorrem nas câmaras convencionais, onde o pixel tem menor dimensão na direção do eixo do voo. E isso é demonstrado no quadro acima.

Para o caso de modelagens de superfície, a ADS40 é capaz de gerar 10.000 vezes mais pontos, se comparada ao sistema LIDAR, onde ocorrem muitas oclusões devido à obliquidade dos ângulos.

2.4 RESTITUIÇÃO FOTOGRAFÉTRICA

Restituição fotogramétrica é um processo a elaboração de um mapa, ou parte dele, a partir de fotografias aéreas orientadas e de dados de controle geodésico, por meio de instrumentos fotogramétricos.

Com o uso de restituidores (analógicos, analíticos ou digitais) transferem-se as informações de interesse contidas nas imagens para constituir um mapa. O produto gerado na restituição, primeiro esboço do mapa, é determinado de minuta de restituição.

Dentre as várias fases do processo fotogramétrico, a etapa de restituição tem sido uma das mais importantes, pois é nesta fase que se elabora um dos produtos objeto da Fotogrametria, o mapa de traço com informações compreensíveis aos usuários do produto cartográfico.

Dessa forma, as técnicas fotogramétricas de produção de mapas que têm a preocupação de produzir resultados rigorosamente precisos dos pontos no espaço objeto, foram desenvolvidas e popularizadas com o desenvolvimento dos restituidores fotogramétricos.

O restituidor é um instrumento que transforma as imagens fotográficas, geradas por projeção perspectiva, em projeção ortogonal, gerando-se assim um produto cartográfico. Algumas operações devem ser realizadas nos restituidores para a correta produção do mapa, cuja finalidade consiste na formação do modelo estereoscópico que são utilizados para as medidas (observações) dos pontos a serem restituídos. Essas operações são concretizadas pelas orientações interior e exterior.

O processo de restituição analítica consiste, basicamente, em observar em um instrumento capaz de fornecer coordenadas bidimensionais dos pontos na fotografia (com precisão aceitável), e aplicar um modelo matemático de transformação para determinar as coordenadas ajustadas. Assim, nesse procedimento a fase instrumental está restrita as observações das coordenadas x e y dos pontos nas fotos, ficando a determinação das coordenadas (X , Y e Z) para o modelo matemático através das equações de colinearidade ou coplanaridade. Dessa forma, a fase instrumental e conseqüentemente, as observações são reduzidas a um mínimo, proporcionando a mais alta precisão entre os métodos existentes de restituição.

2.4.1 Restituição em Estação Fotogramétrica Digital

A restituição digital pode ser descrita como aquela realizada em ambiente digital. Para tanto, faz-se uso de programas do tipo CAD que tenham suporte a sistemas de referência. Onde dá-se a junção de um modelo da Terra com um sistema de projeção. No Brasil o sistema de referência oficial é o SIRGAS, e um sistema de projeção usualmente adotado é o UTM. Embora os programas tenham diversas opções de Data e projeções.

O operador ao ajustar o par estereoscópico de imagens digitais e marcar um ponto para extração, na verdade está indicando ao sistema, as coordenadas de determinado ponto

gerados pela intersecção dos raios a partir dos pontos homólogos nas duas imagens. Como os parâmetros de orientação já são conhecidos, estas coordenadas são transformadas em coordenadas métricas na imagem, e através das equações de colinearidade, reamostrada para as coordenadas de terreno do ponto, no sistema adotado.

Sendo assim, faz-se manualmente a restituição tridimensional de feições de interesse para toda a área em questão. Muito embora a restituição possa ser feita de forma semi-automática ou automática.



Figura 10 – Restituição de feições.

2.4.2 Equações de Colinearidade

As equações de colinearidade estabelecem uma relação com as coordenadas do ponto no sistema de referência fotogramétrica, com as coordenadas do mesmo ponto num referencial arbitrário, no terreno por exemplo.

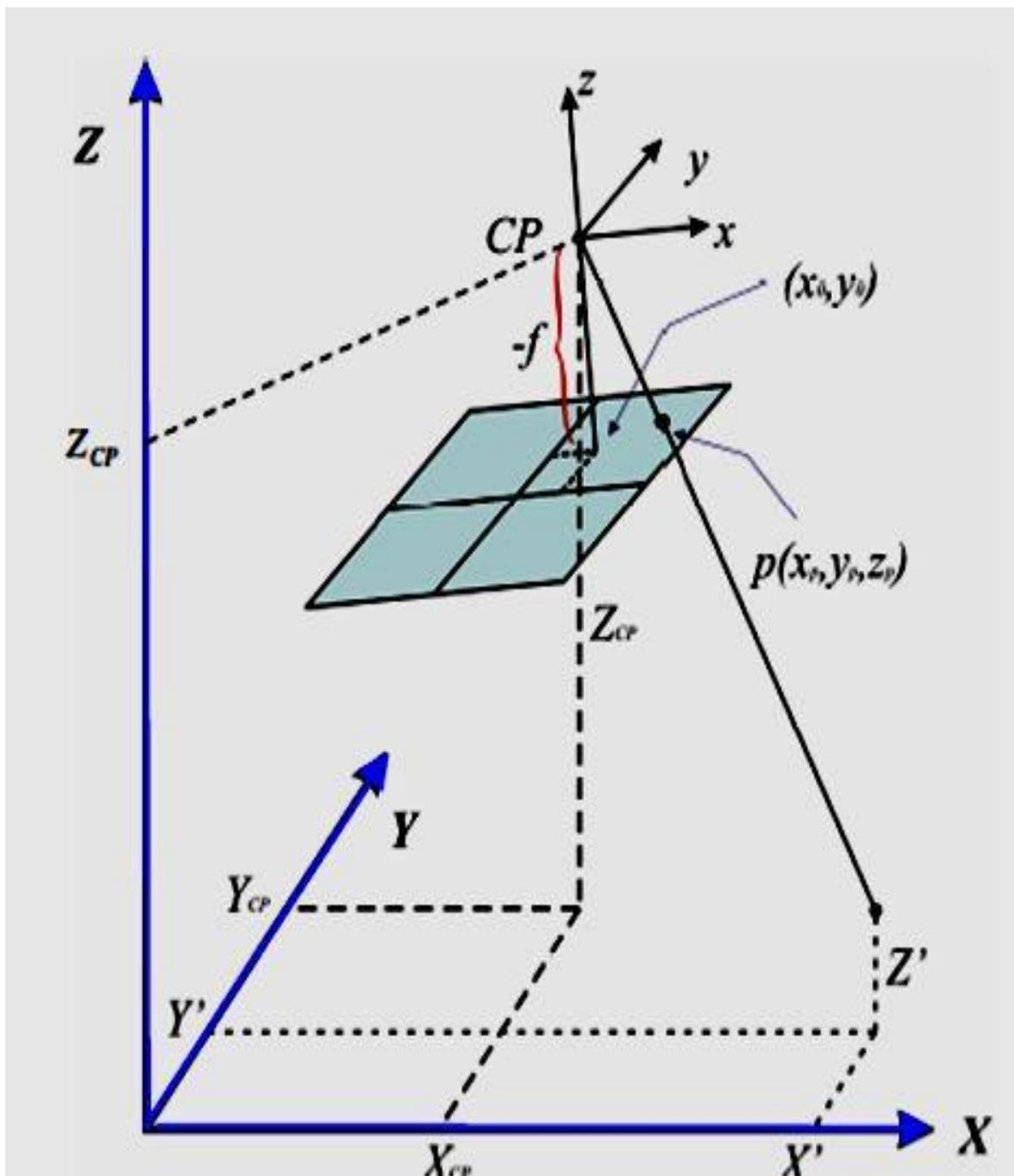


Figura 11 – Condições de colinearidade. Fonte: (REISS, 2007)

Onde:

f : Distância focal da câmara

x_0, y_0 : Coordenadas do Centro Perspectivo (CP) no sistema da foto;

x_p, y_p, z_p : Coordenadas do ponto na foto no sistema da foto;

X_{CP}, Y_{CP}, Z_{CP} : Coordenadas do CP no sistema do terreno;

X' , Y' , Z' : Coordenadas do ponto no sistema do terreno.

E onde R é a matriz de rotações função de ω , ϕ , κ :

Equação 1 – Matriz de rotação, simplificada.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}$$

Equação 2 - Equações de colinearidade para x

$$x = -f \frac{[r_{11}(Xp - Xcp) + r_{12}(Yp - Ycp) + r_{13}(Zp - Zcp)]}{[r_{31}(Xp - Xcp) + r_{32}(Yp - Ycp) + r_{33}(Zp - Zcp)]}$$

Equação 3 - Equações de colinearidade para y

$$y = -f \frac{[r_{21}(Xp - Xcp) + r_{22}(Yp - Ycp) + r_{23}(Zp - Zcp)]}{[r_{31}(Xp - Xcp) + r_{32}(Yp - Ycp) + r_{33}(Zp - Zcp)]}$$

2.5 MODELOS DIGITAIS

2.5.1 MDT, MNT, MDE e MDS.

A superfície terrestre pode ser representada através de modelos matemáticos, capazes de conservar determinadas características e reproduzi-las em escalas que permitam uma análise de seus elementos.

Zanardi (2006) defende em sua pesquisa, que o MDT é utilizado para relacionar e armazenar informações determinadas à superfície. Muitas características podem ser inseridas e representadas em modelos, mais comumente, vemos dados que representam variação de temperatura, comportamentos geofísicos, variações de pressão, a hidrografia e esses dados geralmente são associados com informações do relevo. Outra característica do modelo, é que este pode ter associado a si a informação posicional de cada ponto, em um dado sistema de referencia.

A bibliografia, em geral, usa diferentes termos para designar os modelos, fato que acaba gerando confusão, contudo faz-se necessário a adoção de uma padronização na nomenclatura destes termos.

O termo MDT equivalente ao DTM, usado para designar a superfície física do terreno. É um termo recente, pois é diretamente dependente da era digital, que obteve avanços significativos a partir dos anos 90. A paternidade deste termo é dada aos engenheiros Miller e Laflamme, do instituto de tecnologia de Massachusetts, ainda nos anos 50, conforme afirmado por Andreson Marcolino Santana, em sua apresentação de pós-graduação em ciências geodésicas. (MARCOLINO, 2012). O mesmo autor define MDT da seguinte forma:

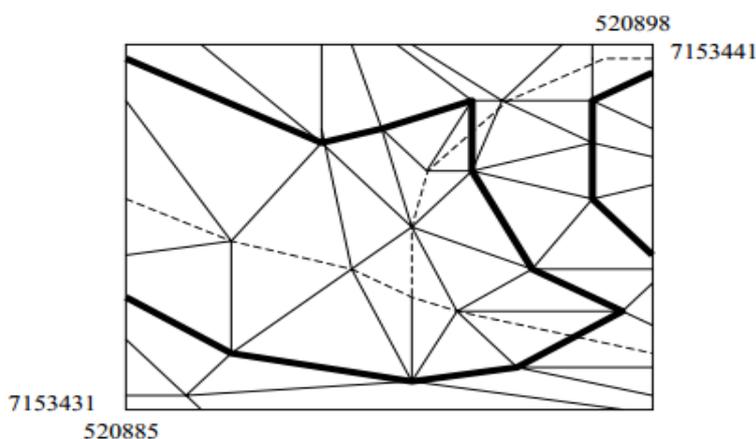


Figura 12 – Tipos de grade TIM, em MDT. Fonte: (GONÇALVES, CARVALHO e VIEIRA, 2003)

“O MDT (em inglês, DTM) é simplesmente uma representação estatística da superfície contínua do terreno por um numero elevado de pontos selecionados com coordenadas (X,Y,Z) conhecidas em um sistema arbitrário”.

Há outras definições, com a apresentada por Giovanni Chagas Egg (2012)Nem sua dissertação, onde este afirma que as expressões MDT e MNT são sinônimas, e ambas são usadas com intuito de distinguir as informações contidas na superfície, sendo essa ultima sigla uma referencia ao caráter analítico da representação.

Diferente do MDT e MNT, onde são apresentadas informações exclusivamente do terreno o MDS (em inglês, DSM) e MDE, não desconsideram árvores, prédios ou outras superfícies físicas sobre o terreno.

O MDE e o MDS, então, podem ser considerados como uma particularização do MDT, caso onde todas as superfícies são representadas na figura 13 mostra a diferença de resultado na representação da superfície através do MDT e MDS.

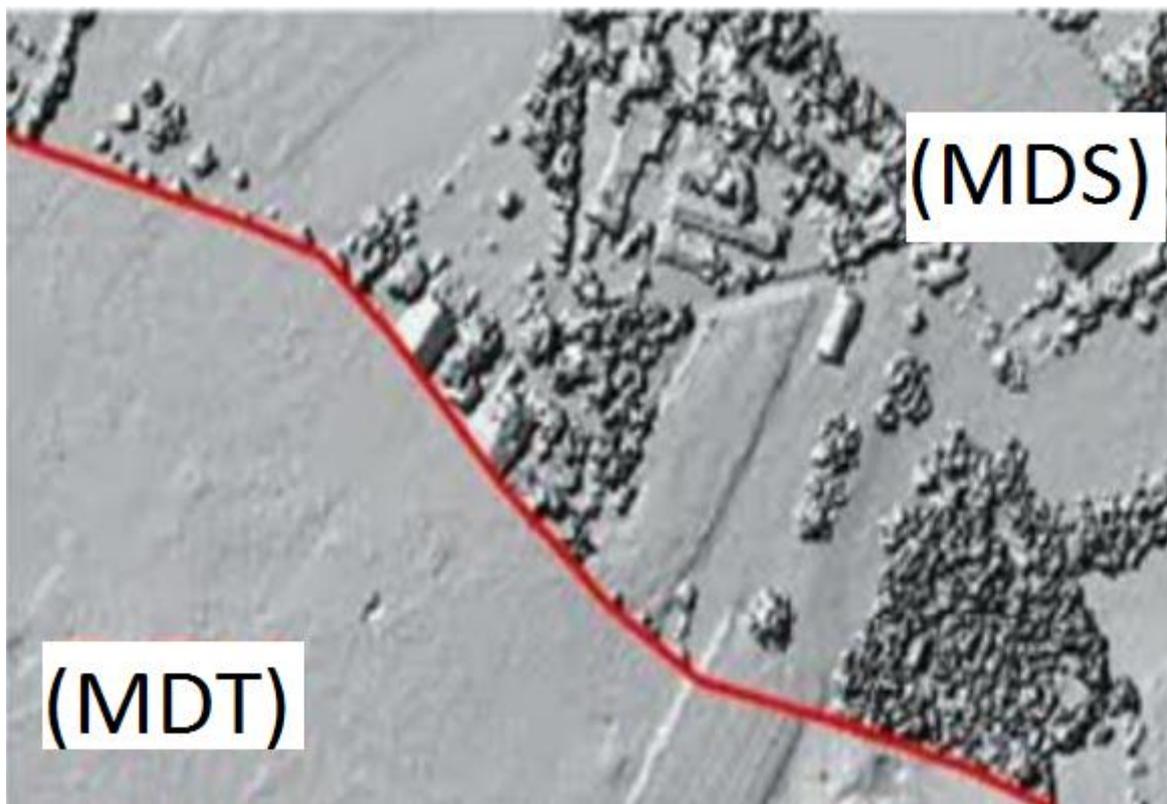


Figura 13 – Visualização das diferenças de representação entre MDT e MDS. Fonte: Adaptada (MARCOLINO, 2012).

2.5.2 Representação e modelagem de superfície

Os métodos de representação de superfície podem ser completos ou incompletos, o primeiro tipo de representação pode ser contínuo representado por modelos matemáticos através de séries de Fourier ou tendência polinomial, ou em casos muito específicos em hologramas digitais.

Conforme já citado anteriormente a representação matemática do terreno, ou de uma superfície, através de coordenadas X, Y e Z, podem traduzir as feições e a posição do ponto no terreno e podem fornecer a representação contínua de outra caracterização da representação de vegetação, temperatura, hidrologia entre várias outras. De posse dos dados, geralmente pontos coletados na área de interesse, principalmente aqueles pontos que podem contribuir na representação da variação do relevo.

A representação das superfícies, em geral é uma simplificação da realidade e podem ser apresentadas por diversos meios, considerando que há o desafio de retratar uma superfície tridimensional em um mapa, que é um elemento bidimensional, nessa condição

são adotados meios para tornar possível esse entendimento. Esses métodos se restringem a representação topográfica do terreno.

Representação por curvas de nível, normalmente a representação mais adotada para representação de altimetria. São curvas em um plano que unem pontos de mesma altura, esse tipo de representação guarda uma distância vertical uniforme, planos S1 a S4, fazendo com que as distancias horizontais consecutivas, denominadas de equidistância numérica. Para facilitar o entendimento e a identificação de cada curva se adota um sistema de intervalo altimétrico, dividido por curvas mestras, espaçadas igualmente, por distancias verticais maiores, como ilustrado na figura 14.

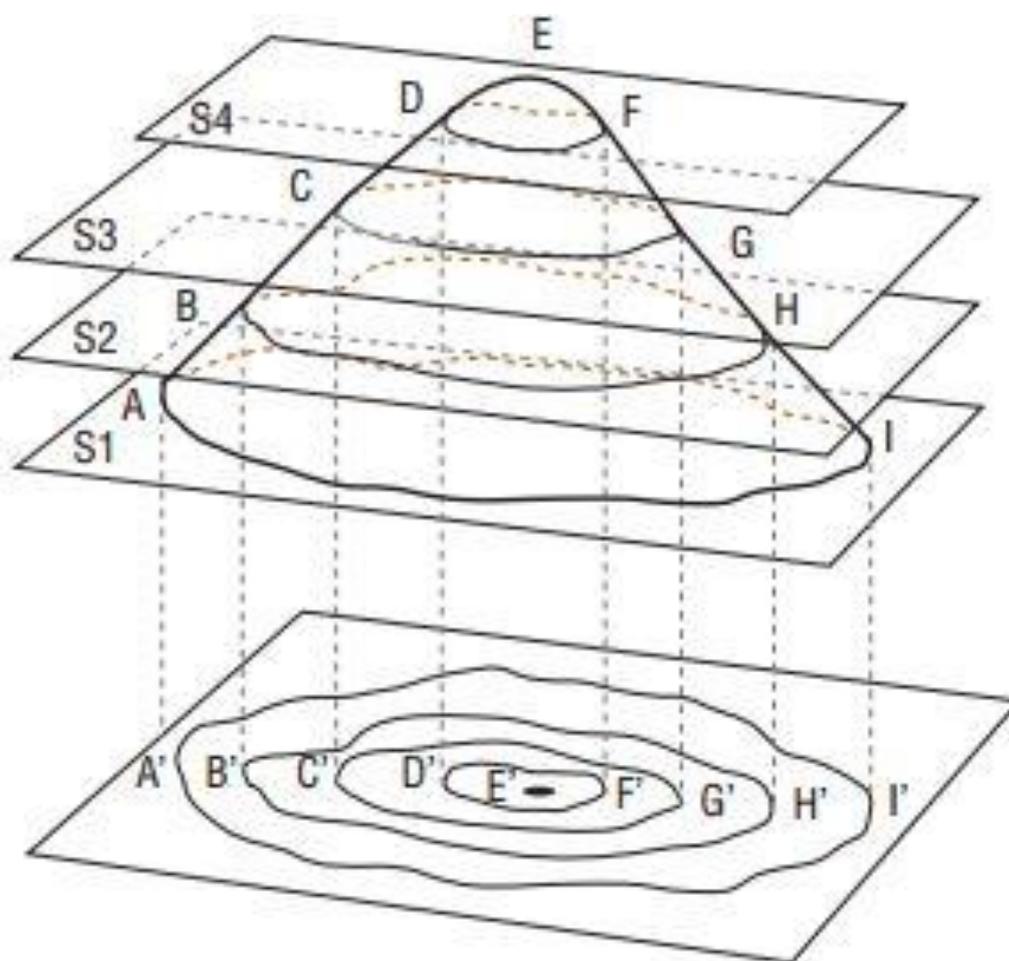


Figura 14 – Visualização do conceito de curva de nível (CARVALHO e ARAUJO, 2008)

As curvas de nível ainda possuem linhas intermediárias, denominadas auxiliares, e seguem algumas regras, citadas a seguir:

- Toda curva fecha-se sobre si, dentro ou fora dos limites da área representada;
- Duas curvas nunca se cruzam;
- Várias curvas podem tangenciar uma a outra;
- Nunca se bifurcam;
- Em terrenos planos são mais espaçadas, em regiões de aclive ou declive se aproximam.

Há também os métodos de representação por grade, método de rede triangular irregular – TIN ou regular. No caso a representação irregular, proposta por Peucker em 1972, a representação TIN - figura 12, para contornar a amostragem excessiva ou deficiente da amostragem regular. O método consiste em representar a superfície por uma subsecção de triângulos, conforme pode ser visto na figura 15, obedecendo ao critério de Delaunay, que determina um círculo imaginário no qual apenas três vértices de um triângulo podem estar inscritos.

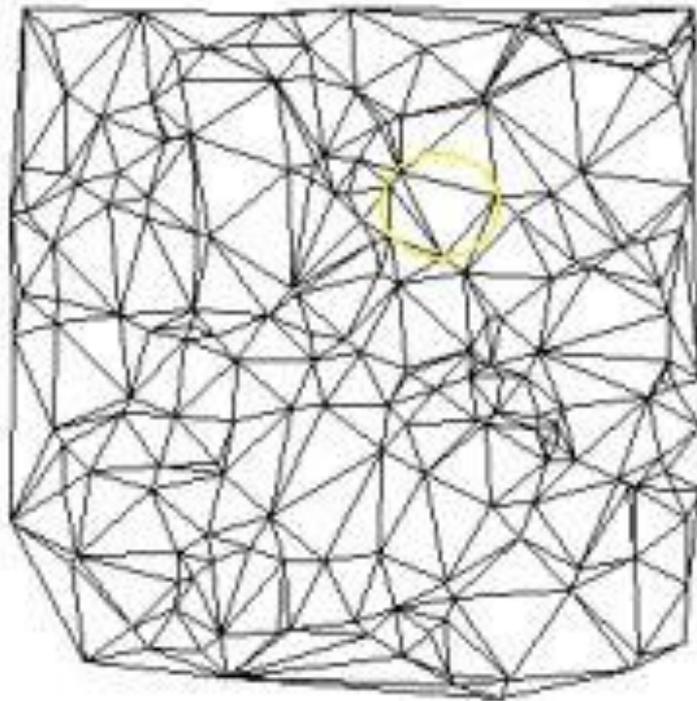


Figura 15 – Critério de Delaunay na representação TIN: fonte: (CEFETES, 2000)

Esse tipo de representação permite visualizar zonas mais acidentadas do terreno, logo quanto mais acidentado o terreno, são necessários mais triângulos para possibilitar a fiel modelagem, em terrenos menos acidentados são necessários menos triângulos para permitir a visualização.

No método de representação regular há uma organização da forma linhas e colunas, neste caso todos os pontos sobre uma mesma linha tem a mesma coordenada x, assim como possuem a mesma coordenada y quando na mesma coluna. A direção entre as linhas e colunas é perpendicular entre si. Em geral as resoluções X e Y são diferentes e a figura 16 apresenta essa relação.

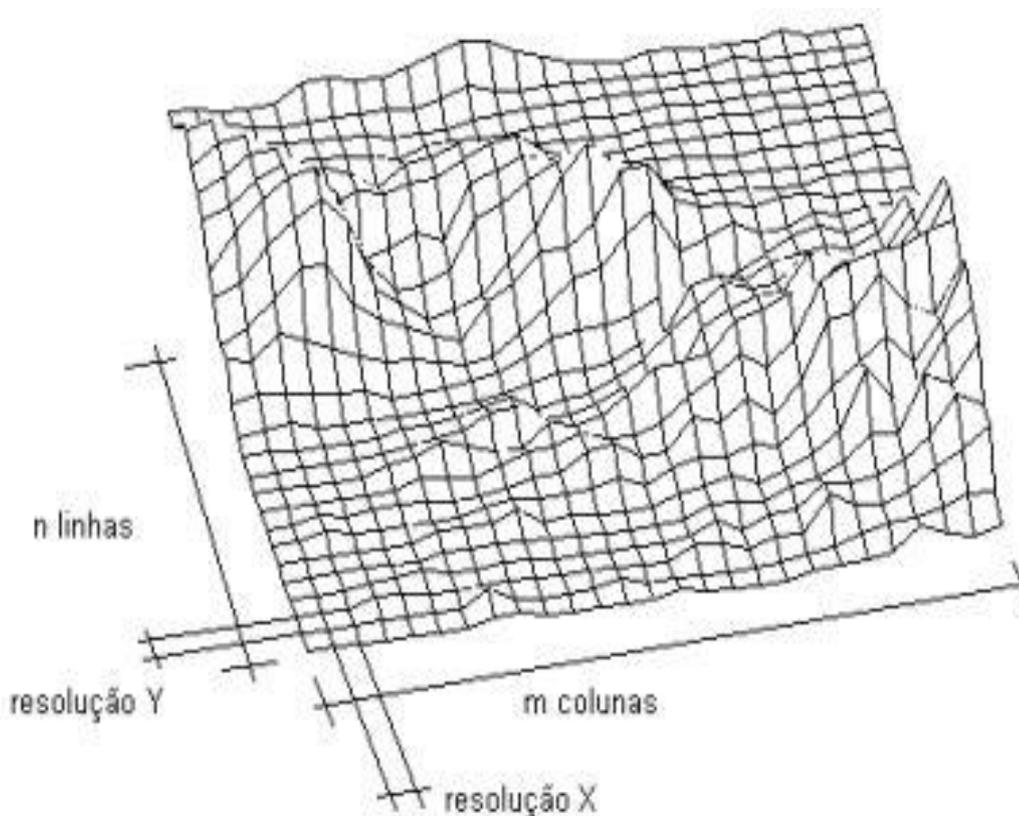


Figura 16 – Visualização da representação regular. Fonte: (CEFETES, 2000)

2.5.3 Geração de MDT por intersecção fotogramétrica

Primeiramente, as imagens devem ser convertidas para o meio digital, a fim de realizar uma conversão do sistema digital para o sistema de câmara. A tarefa seguinte deve ser a orientação interior da imagem, quando os parâmetros de sensor são determinados durante a calibração da câmara ou do sensor. Estes parâmetros são geralmente

determinados em condições ideais de laboratório, mas eles podem ser estimados durante um ajustamento por feixes de raios.

Uma vez concluída a orientação interior, faz-se a orientação exterior. O importante, ao fim dessa etapa, é obter os parâmetros da orientação das imagens.

A tarefa seguinte não é obrigatória porém, para o caso de extração automática, é desejável: trata-se da normalização do par estereoscópico. Essa operação otimiza o algoritmo de localização automática de pontos homólogos, os quais devem situar-se sobre uma mesma linha epipolar. Assim, a janela de procura pode ser bastante reduzida.

Depois disso, dá-se a extração dos pontos tridimensionais propriamente ditos. Nas formas dispersa e semirregular, o usuário – caso disponha de um sistema de visão estereoscópica – localiza os pontos homólogos e, a partir daí, faz-se a extração manual.

No caso da extração semiautomática, os pontos homólogos são localizados por correlação. A partir de um ponto no terreno, sabendo-se a sobreposição entre as imagens, define-se uma janela de procura na imagem conjugada. Essa janela será bastante reduzida, pois as imagens foram normalizadas. Encontrando-se o homólogo, segue-se com o processo repetindo-se a localização dos pontos, dado um espaçamento predefinido pelo operador.

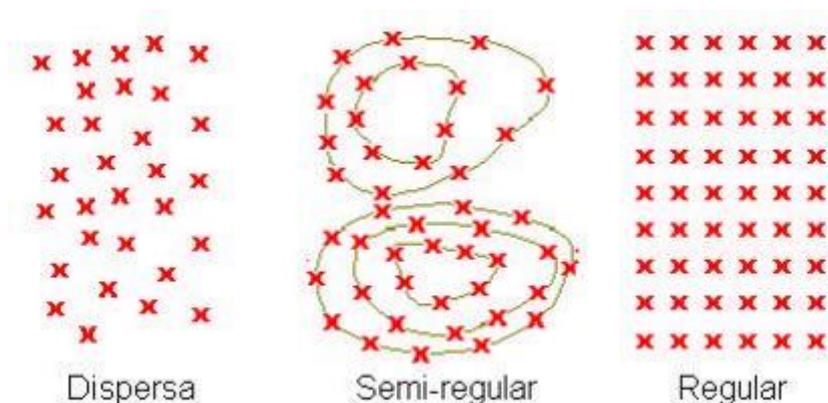


Figura 17 – Visualização das diferenças de formas de aquisição de pontos. Fonte: (CEFETES, 2000)

Findas as correções, realiza-se a interseção espacial em cada um deles, chegando-se, ao final, às coordenadas tridimensionais para um conjunto de pontos, arranjados em grade (regularmente).

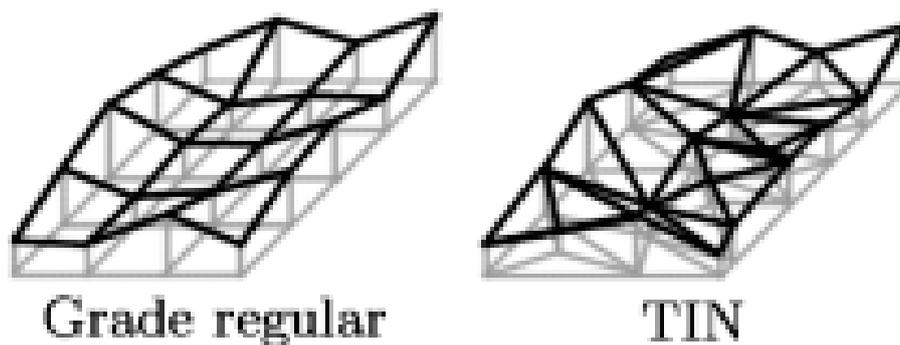


Figura 18 – Visualização da diferença entre as representações regular e TIN: (CEFETES, 2000)

2.6 ORTOFOTO E ORTOFOTOCARTA

Com os conceitos até aqui apresentados, o nome ortofoto traz à tona uma definição para o tema: é uma fotografia ou imagem, representando as feições de forma ortogonal, sempre na mesma escala, onde são corrigidos o deslocamento devido ao relevo, e possíveis rotações da câmara, gerando um produto equivalente a um mapa, resultando em “fotos em perspectiva ortogonal”. As imagens adquiridas por câmaras convencionais encontram-se em perspectiva central, com os inúmeros raios de luz advindos de diferentes pontos imageados, passando por um só ponto (centro perspectivo), localizado no sistema óptico da câmara. O conjunto desses raios é chamado feixe perspectivo.

Obviamente, uma imagem em perspectiva central não pode ser tomada como fonte de informação métrica segura, uma vez que possuem erros devido à rotação do sensor e deslocamentos devido ao relevo, inerentes à perspectiva cônica. Em uma projeção ortogonal, raios ortogonais são projetados a partir da região imageada. Os raios nunca se encontram, e a imagem final em um sistema como esse não possui desvios nem distorções relativos ao relevo.

A imagem em projeção ortogonal, ao contrário da projeção central, pode ser tomada como um documento cartográfico e empregada em qualquer atividade que demande um mapa, carta ou fonte de dados similar. Há de se desfazer a impressão de que é um obstáculo, em virtude da impossibilidade de se usar imagens isoladas como fontes de dados espaciais.

Por fim, após esta breve introdução sobre a ortorretificação, podem surgir dúvidas quanto à diferença entre ortorretificação e retificação. A primeira é “um passo a mais”; além de retirar as distorções relativas à rotação da câmara (como já é feito pela retificação),

elimina a distorção relativa ao relevo (através da transformação da perspectiva cônica em ortogonal).

Ortofocarta é um produto cartográfico gerado a partir do conjunto de ortofotos e uma base cartográfica da mesma região. Posteriormente obtendo-se o produto final.

Para a geração da ortofoto é necessário uma imagem orientada, e o modelo digital de terreno que abranja a área dessa imagem. Assim gera-se a ortofoto, pelo método direto, da imagem pra ortofoto, ou pelo método inverso, da ortoimagem "buscando" o valor na foto. Como na figura a baixo:

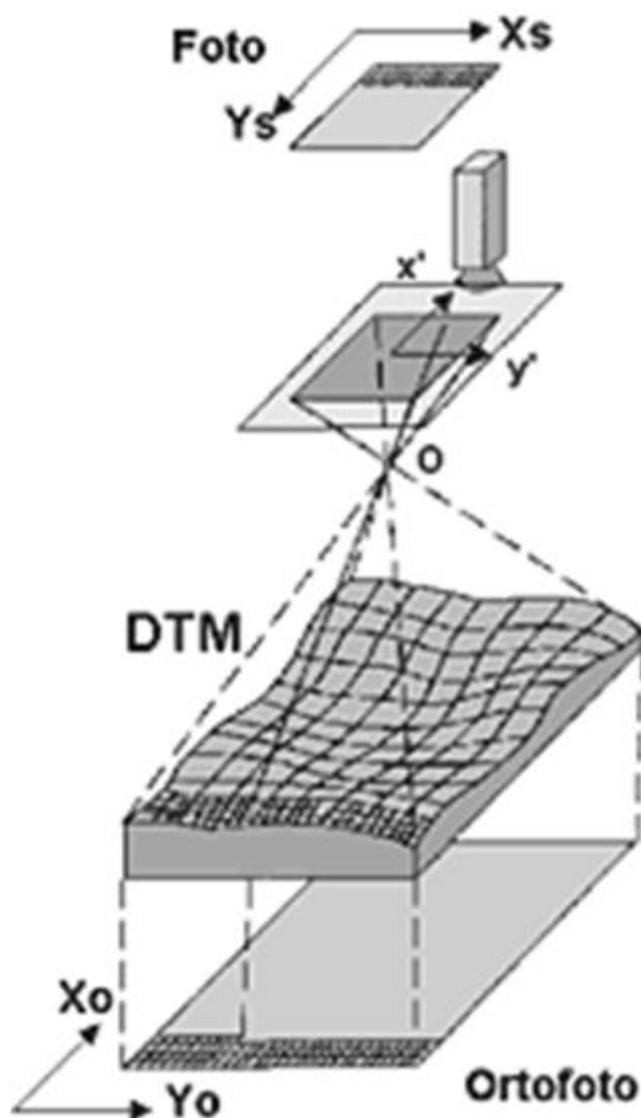


Figura 19 – Processo de elaboração de ortofoto. Fonte: (Esteio, 2012)

2.7 Controle de qualidade por posicionamento geodésico

A Geodésia é a ciência que estuda a forma e o comportamento da Terra, bem como seu campo gravítico e suas variações temporais. Dado a complexidade de representar a real forma da Terra, recorre-se a simplificações usando dois modelos: elipsoidal e geoidal. Sendo assim as coordenadas dos pontos envolvem 3 superfícies de referência, a superfície terrestre, a do elipsóide de revolução e do geóide. (MONICO, 2008).

O *Committee on Geodesy* (1978) tem funcionalizado a Geodésia com os seguintes objetivos:

- a) estabelecimento e manutenção de redes globais tridimensionais de controle geodésico no terreno, reconhecendo os aspectos da variante tempo destas redes;
- b) medida e representação do fenômeno geodinâmico (movimento polar, marés terrestres e movimento da crosta);
- c) e determinação do campo da gravidade da Terra, incluindo variações temporais.

2.7.1 Sistemas de Posicionamento por GNSS

Para aumentar a abrangência e a confiabilidade de um sistema de referência e melhorar a qualidade posicional ao navegar pelo globo utiliza-se uma constelação de satélites artificiais. A estruturação do GNSS é baseada em uma forma matemática simplificada da terra, com um sistema de referência, geocêntrico, tridimensional e estacionário.

Utilizando-se de um receptor GNSS e uma antena, pode-se obter sua posição no instante, de acordo com a disponibilidade de quantidade de satélites e de sua geometria no céu. Basicamente fazem-se necessários no mínimo quatro satélites, visíveis e bem distribuídos, para obtenção de coordenadas posicionais confiáveis, bem como sua precisão.

Diversos sistemas de posicionamento por satélite, ou ainda, diversos satélites estão disponíveis. O modelo do receptor determinará a capacidade interpretar os sinais advindos dos satélites. dentre as diferentes constelações GNSS disponíveis para usuários de todo o mundo é importante frisar o NAVSTAR – GPS, GLONAS, Galileo e Compass. Respectivamente sistemas de posicionamento de Estados Unidos, Rússia, Europa (Agência Espacial Européia) e China.

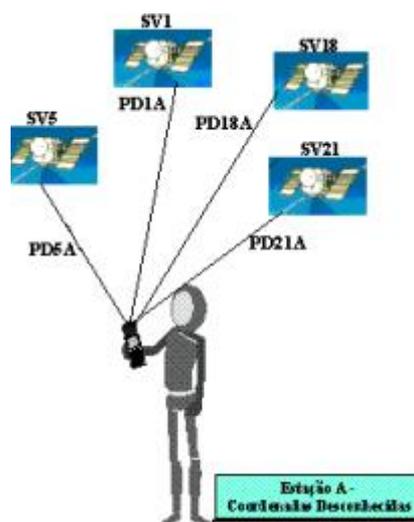


Figura 20 – Princípio de posicionamento absoluto. Fonte: (KRUEGER, 2006)

2.7.2 Métodos de Posicionamento

Posicionar um objeto, isto é, determinar a sua posição com relação a um dado referencial, pode ser dado por diversos métodos, que dizem respeito, a qualidade necessária, ao tempo disponível e ao equipamento disponível, para a obtenção das observáveis. Pode ser classificado em posicionamento absoluto, quando as coordenadas são associadas diretamente com relação ao geocentro, e relativo, uma vez que as coordenadas tenham sido determinadas com correlação a um referencial materializado por um ou mais vértices de coordenadas conhecidas. O objeto de interesse pode ainda estar em repouso ou em movimento, sendo assim no caso do primeiro diz respeito a posicionamento estático, enquanto que o segundo trata-se de posicionamento cinemático.

2.7.3 Posicionamento Relativo Estático

A observável comumente adotada nesse método é a dupla diferença (DD) da fase da onda portadora, embora possa também ser usada a DD das pseudodistâncias, ou ambas. Sendo esse último caso o que trás melhores resultados em termos de acurácia. Nesta metodologia posicional, dois, ou mais, receptores rastreiam ao mesmo tempo todos os satélites visíveis por um período que varia de 20 minutos a algumas horas. (Monico, 2008)

Como o período de coleta de observações é relativamente longo, apenas as DDs da fase da onda portadora são geralmente incluídas como observáveis. Mas mesmo assim,

as pseudodistâncias são empregadas no pré-processamento para estimar o erro do relógio do receptor, ou calcular o instante aproximado de transmissão do sinal pelo satélite. Método comum em softwares comerciais.

O posicionamento relativo estático permite obter precisão da ordem de 1,0 a 0,1 ppm ou até melhor. Entretanto, em redes geodésicas em que as linhas-base envolvidas forem maiores que 15 km, e a precisão requerida for melhor que 1 ppm, faz-se necessário a utilização de receptores GNSS de dupla frequência. Sendo o tratamento adequado dos erros envolvidos de fundamental importância para o sucesso na aplicação desse método.

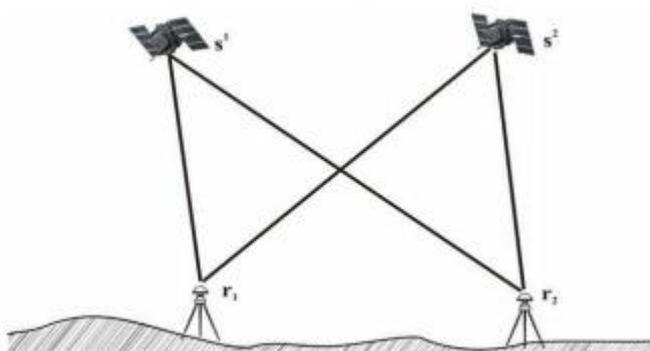


Figura 21 – Princípio de dupla diferença DD. Fonte: (KRUEGER, 2006)

2.7.4 Ajustamento de observações

O ajustamento é um ramo da matemática aplicada. Tem por objetivo a solução única para problemas onde o número de observações (ou medidas) é redundante e o sistema de equações inconsistente, bem como a estimativa da precisão da solução adotada. A inconsistência do sistema de equações é devido às flutuações probabilísticas das observações, e faz com que um determinado subconjunto de dados proporcione valores diferentes de outro subconjunto.

Não faz sentido falar em ajustamento para problemas onde os dados (observações ou medidas) não excedam o mínimo requerido para a solução do problema. Além disso, o ajustamento não melhora os resultados das medições.

Ao final do ajustamento o que se obtém são valores para as incógnitas e uma estimativa de sua precisão, pois qualquer parâmetro estimado, além de apresentar solução única, deve ser acompanhado da estimativa de sua qualidade, que representa a dispersão do resultado.

Pode-se também, com base nas técnicas do ajustamento, detectar a presença de erros grosseiros em conjunto de observações, efetuar o planejamento da coleta de dados e saber a priori se atenderão as prescrições estabelecidas.

O ajustamento beneficiou-se, nas últimas décadas, da evolução da linguagem matricial e do desenvolvimento ocorrido na computação eletrônica que tornou exequível a manipulação de matrizes de elevadas dimensões, bem como das técnicas estatísticas, empregada na análise do ajustamento, que pode dizer a respeito da confiabilidade e qualidade dos resultados.

2.7.5 Modelo Matemático

Para descrever matematicamente uma realidade física, recorre-se as fórmulas, expressões ou equações, que a representam com suficiente aproximação. O modelo matemático é definido como sendo um sistema teórico ou um conceito abstrato, que descreve uma situação física ou uma série de eventos.

Desta forma, tal descrição não necessita explicar totalmente a situação física, mas relacionar somente os aspectos ou propriedades de interesse. Tendo em vista que o modelo serve para um propósito particular, ele pode apresentar-se de formas diferentes para uma mesma situação física, dependendo, portanto, do propósito em questão.

O modelo matemático é frequentemente composto de duas partes, dividido em modelo funcional e estocástico. O modelo funcional constitui a parte determinística da realidade física ou evento em consideração. O modelo estocástico descreve as propriedades não determinísticas (estocásticas) das variáveis envolvidas, particularmente aquelas representando as observações.

Os modelos funcionais e os estocásticos devem ser tratados juntos, podendo-se ter várias combinações. Sendo definido como:

- Modelo Funcional

Quando as medidas são planejadas, um modelo funcional é usualmente escolhido para representar o sistema físico com o qual as medidas estão associadas. As medidas são feitas usualmente com a finalidade de avaliar valores para alguns ou todos os parâmetros do modelo funcional. Em Topografia, Geodésia e Fotogrametria, geralmente trabalha-se com

modelos geométricos que independem do tempo e, ocasionalmente, com modelos dinâmicos.

- Modelo Estocástico

Modelo estocástico descreve as propriedades estatísticas das observações, que sempre estão sujeitas as incontáveis influências. Elas podem estar sujeitas as influências físicas que não podem ser completamente controladas, resultando em certa variabilidade do resultado quando as observações são repetidas. A variabilidade do resultado das medidas não pode ser atribuída a algumas causas específicas. Tem-se ainda, como causas, além das físicas, a falibilidade humana e as imperfeições instrumentais.

3 MATERIAIS, MÉTODOS E CARACTERIZAÇÃO.

3.1 Fluxograma do processo

O fluxo do processo é apresentado abaixo:

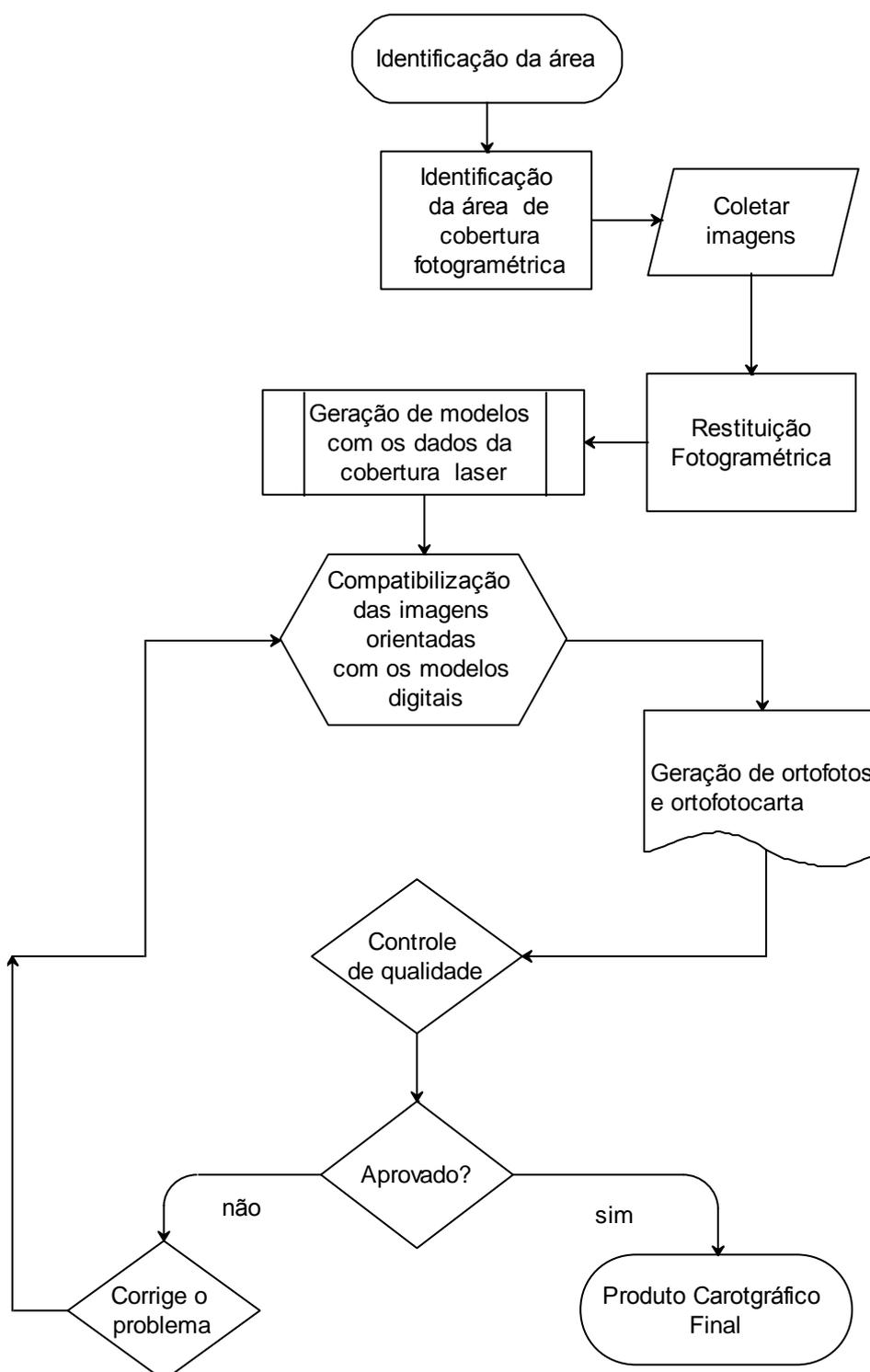


Figura 22 – Fluxograma do Trabalho.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área, objeto deste trabalho, localiza-se na macro região 08 de Porto Alegre em Belém Novo que é um bairro grande comparado aos demais bairros do município, possuindo 27,5 quilômetros quadrados e está localizada a 16 quilômetros da área central da capital do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, como visto na figura 23. (área de estudo - Cartografia de 20/3/2012 - Mapa de planejamento, centro em UTM (MC-51°): 483628.85 m E; 6658414.85 m S e (área de estudo - Cartografia de 20/3/2012 - Mapa de planejamento, centro em UTM (MC-51°): 485899.17 m E; 6658992.24 m S)

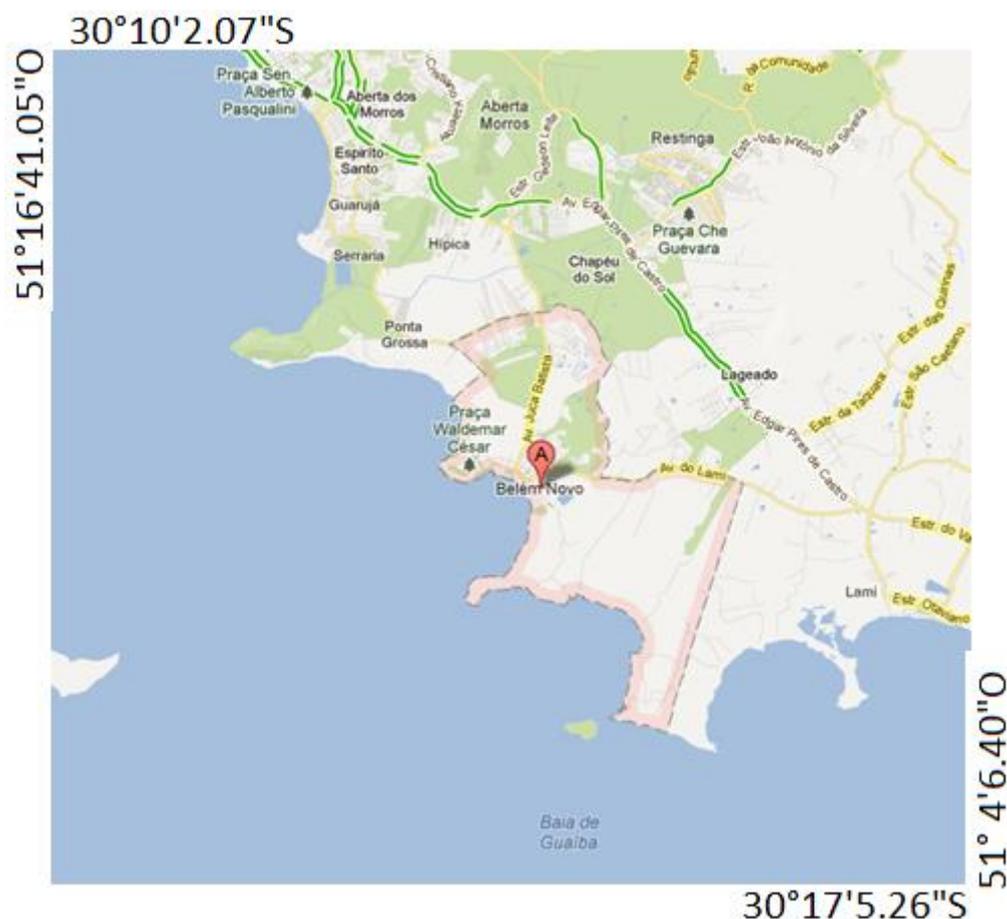


Figura 23 – Destaque em vermelho na área de Belém Novo. Fonte: (Google, 2013).

A dificuldade de acesso ao bairro Belém Novo contribuiu para que áreas como o Residencial Boa Vista e o residencial Lajeado ainda permaneçam inabitadas durante muito tempo, fato que resultou na falta de abastecimento regular por água encanada nestas regiões. Os detalhes das áreas de abrangência, cujas coordenadas geográficas centrais são

φ : 30°12'20.32"S e λ : 51°10'12.33"O, para o Residencial Boa Vista pode ser visto na figura 24 e φ : 30°12'11.88"S e λ : 51° 8'43.51"O figura 25, correspondente ao Residencial Lajeado.



Figura 24 – Detalhe da área residencial Boa Vista. Fonte: (DMAE, 2013)

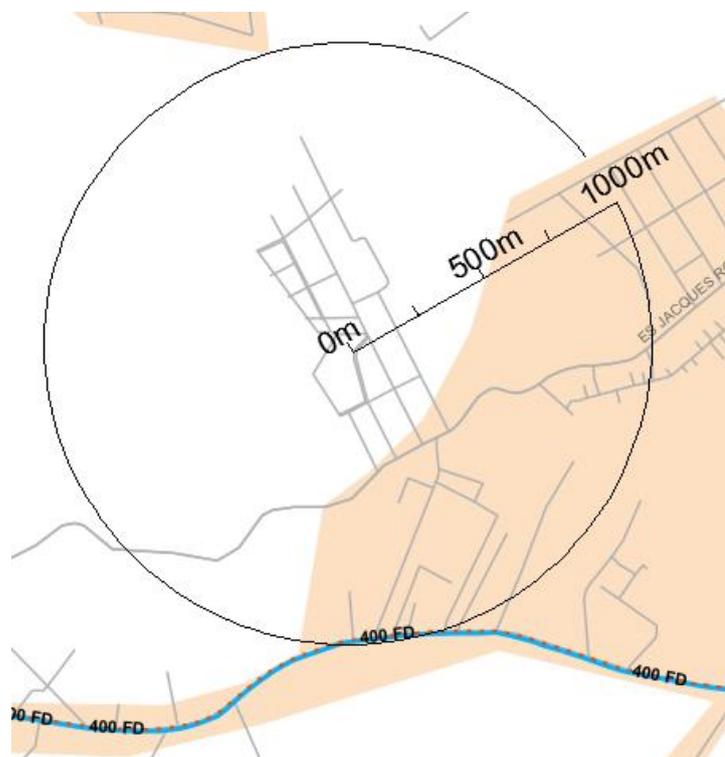


Figura 25 – Detalhe da área residencial Lajeado. Fonte: (DMAE, 2013)

3.2.1 História

Belém Novo é uma variação do nome do arraial, cuja primeira sede foi o bairro Belém Velho. Em 1867, um grupo de moradores solicitou a mudança da freguesia, que passou para uma área às margens do Guaíba. Desta maneira, em 1873, a presidência da província, a partir de um trabalho de cunho urbanístico realizado por engenheiros, autorizou a mudança da freguesia. Em 1876 tem início à construção da igreja local, finalizada 8 anos depois e denominando-se Nossa Senhora do Belém Novo. No decorrer da construção, em 1880, o presidente da província efetiva a transferência da freguesia, denominando-a de “Arado Velho”. Porém, enquanto o entorno do centro de Porto Alegre passava por processo de modernização e urbanização, Belém Novo, em consequência de seu difícil acesso, manteve uma caracterização agrária, principalmente pelo grande número de chácaras mantidas por pequenos agricultores e famílias abonadas, que possuíam casas de veraneio junto à tranquilidade bucólica que o local apresentava.

Somente em 1933, Belém Novo, passou a ser uma local de fácil acesso, em função da conclusão de uma rodovia que o ligava ao centro da capital. Apesar de seu histórico, Belém Novo somente veio a integrar-se oficialmente enquanto bairro no ano de 1991, mediante lei.

No entanto, cabe ser destacada a importante função desempenhada pela localização de Belém Novo às margens do Rio Guaíba, garantindo para região o desenvolvimento da pecuária e agricultura, bem como abriga sede campestre para inúmeras instituições. Atualmente, a toda a orla do Guaíba, inclusive em Belém Novo está passando por um trabalho urbanístico e paisagístico, através do programa Guaíba Vive, o qual prevê ajardinamento de praças, colocação de parque infantil, instalação de vestiários, ciclovias, espaços de contemplação da paisagem, construção de uma passarela de 700 metros de extensão, rampa para saída e chegada de embarcações e um calçadão para feiras e eventos neste bairro.

Além das sedes campestres de algumas instituições, como a AJURIS, Grêmio Náutico Gaúcho e da Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul, estão situados no bairro o Clube Náutico Belém Novo e da Confederação Brasileira de Golfe, bem como o Aeroclube do Rio Grande do Sul, que abriga a Escola de Aviação Civil. (FRANCO, 1995)

3.2.2 Identificação da área

De posse do conhecimento da necessidade do cliente, foi necessário o reconhecimento da área de interesse. Onde foram obtidas informações de problemas pontuais para determinar suas possíveis soluções. Para tanto, foram realizadas visitas ao local, juntamente com a engenheira Lizete Röhnelt Ramires, responsável pelo área de planejamento do DMAE. Nesta ocasião, foram observados aspectos da geografia, as edificações e as possíveis áreas para implantação dos pontos de reservação.

As duas áreas apresentam relativa proximidade, contudo a área mais consolidada, e mais antiga fica próxima ao ponto onde já existe um reservatório denominado Boa Vista, apresentado na figura 26 A outra tem seu principal núcleo habitacional cerca de 2,5 km de distância do ponto de reservação Boa Vista, o posicionamento das regiões podem ser vistos na figura 27.

Na ocasião da inspeção de campo foi possível identificar o relevo com vários níveis de aclave e declive, como pode ser visto na imagem abaixo.



Figura 26 – Vista de região próxima ao reservatório Boa Vista, evidenciando os acidentes naturais.

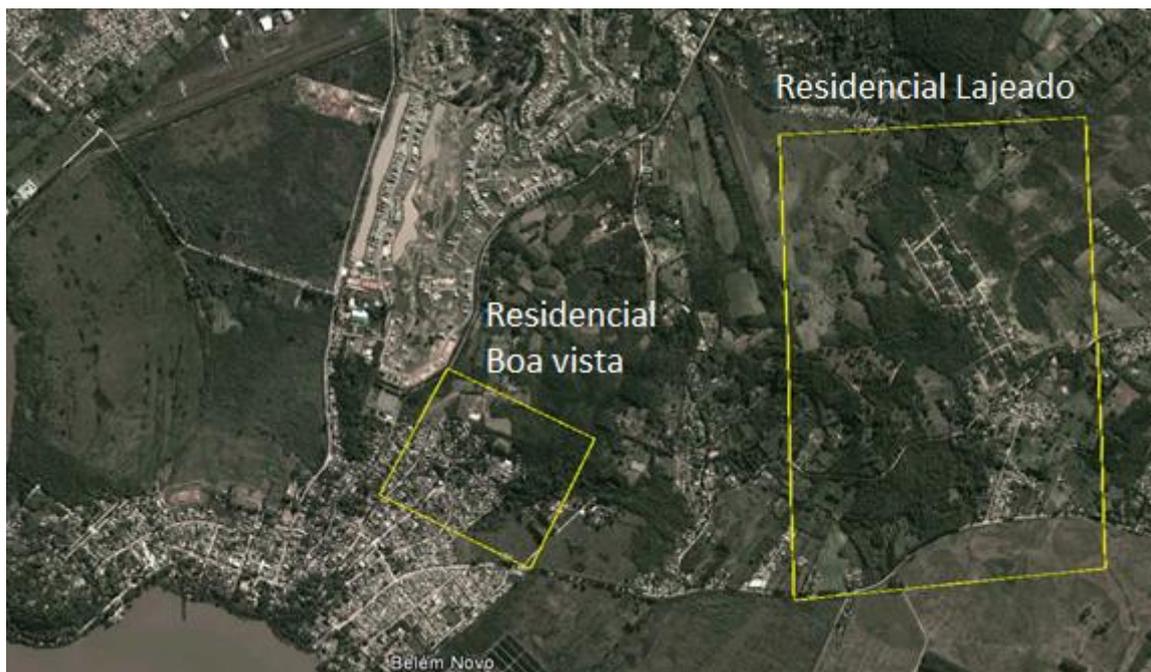


Figura 27 – Vista das duas regiões de interesse.

3.2.3 O abastecimento de água da região

Atualmente, na zona sul da cidade, o abastecimento de água inicia-se nas estações de captação da água bruta, localizadas nas margens no Rio Guaíba. Neste ponto a água bruta é captada por meio de tubulações assentadas no leito do rio, a figura 29 mostra a instalação citada, estação de bombeamento Belém Novo.

O DMAE pretende ampliar sua rede de abastecimento. Inicialmente instalando dois reservatórios de 5.000 m³ em um local que ainda será definido, dentro da área de interesse.

Posteriormente e fará a distribuição por encanamento à população residente no local, logo as etapas para atingir este objetivo envolvem as seguintes atividades:

- A determinação do melhor local para instalar novos pontos de reservação;
- O mapeamento geral da área para planejamento das redes distribuição;



Figura 28 – Abastecimento por caminhão pipa.



Figura 29 – Vista externa da estação de captação do sistema Belém Novo.

Em seguida ao o processo de adução onde a água captada nos Rio Guaíba, dá-se é bombeamento até as ETA's (Estações de Tratamento de Água) onde é feito o tratamento adequado para torná-la potável, nesse caso o tratamento é feito na estação Belém Novo, apresentada na figura 30.



Figura 30 – Vista interna ETA do sistema Belém Novo.

Por meio das – EBATs (Estações de Bombeamento de Água Tratada), a água já tratada, e destinada a reservação, em Belém Novo e feito no Reservatório Boa Vista, apresentado na figura 31, e por último, há a distribuição até os consumidores, em quantidade suficiente para suprir suas necessidades de consumo.



Figura 31 – Vista da reservação Boa Vista, 5.000 m³.

3.3 Materiais necessários à execução do Trabalho

Para a realização do Trabalho foram necessários os seguintes recursos materiais:

- Computadores para as etapas de processamento (estações fotogramétricas);
- Fotografias aéreas da região de interesse;
- Software para geração dos modelos tridimensionais da região, no caso o LPS 2011, versão 11.0.5;
- Software para geração das restituições das feições. Foi usado o ArcGIS, versão 10.1 com o módulo Stereo Analyst;
- Para geração dos modelos e ortofotos da região foi utilizado o módulo LPS Projetc Mananger;
- Automóvel para reconhecimento terrestre da região;
- Periféricos para edição dos modelos (topomouse e óculos 3D);
- Receptores GNSS de dupla frequência, para controle de qualidade, unidades coletoras, bí-pés para apoio de receptores, rádios de comunicação, máquinas fotográficas e GNSS de navegação;
- Para a realização do controle de qualidade o software de processamento de dados GPS Topcon Tools;
- Foi necessário, também, matérias de baixo impacto financeiro no trabalho, tais como consumíveis, máquinas fotográficas não métricas e outros descritos na tabela de demonstrativo financeiro.

3.3.1 Computadores para as etapas de processamento

Foram usados simultaneamente dois computadores equipados com processadores CORE TM i7 de 2,67 e 3,33, GHz, com sistema operacional de 64 bit, pacote Office 2010 e equipados com softwares de aplicação fotogramétrica, demonstrado na figura 32.

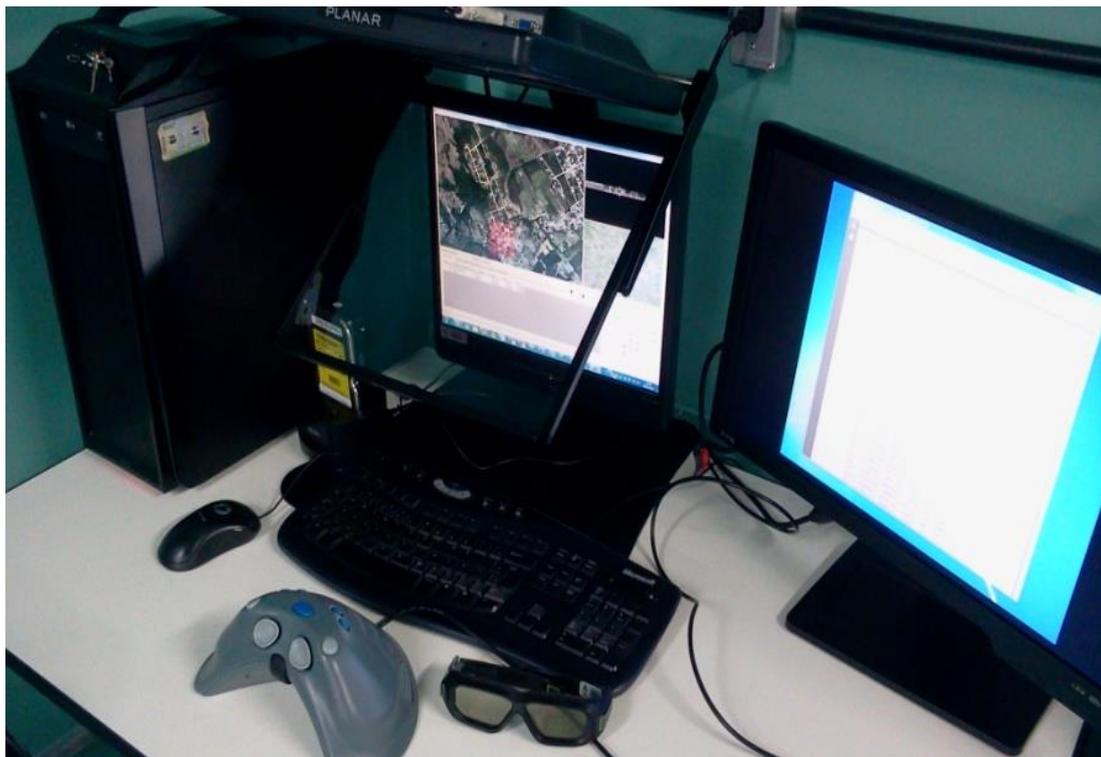


Figura 32 – Estação fotogramétrica

Foram usados simultaneamente computadores equipados dois monitores de alta resolução, propiciando uma grande área de visualização.

As instalações físicas foram disponibilizadas pela UFRGS, através do Laboratório de Fotogrametria.

3.3.2 Fotografias aéreas da região de interesse

Em 2010, durante a cobertura aerofotogramétrica de Porto Alegre foram obtidas as imagens usadas Neste trabalho com o uso da câmara ADS40. De acordo com a organização de arquivamento, foram aplicas imagens referentes ao bloco 06.

Sendo as imagens TTC-L1-FX034-16-00-RGBB16A e TTC-L1-FX034-16-00RGBN00A, na faixa 34. As imagens TTC-L1-FX035-15-31-RGBB16A, TTC-L1-FX035-15-31-RGBN00A, correspondente a faixa 35 e as imagens TTC-L1-FX036-15-13-RGBB16A e TTC-L1-FX036-15-13-RGBN00A da Faixa 36.

A figura 33 abaixo apresenta uma imagem linear gerada na região de interesse.



Figura 33 – Vista de uma Faixa gerada a partir da ADS40.

3.3.3 Modelos tridimensionais da região

Para elaboração dos modelos tridimensionais da área de interesse foi adotado a Plataforma ERDAS LPS 2011, com os módulos LPS Stereo, para visualizar os pares estereoscópicos em ambiente tridimensional. Foi usado também o módulo LPS Terrain Editor, que possibilitou a visualização 3D. A edição de pontos nos modelos foi possível alternando a visualização das superfícies em formatos TIN e de grid's.

O Leica Photogrammetry Suite (LPS) é um software dedicado à estações fotogramétricas digitais. Sendo composto por um conjunto de ferramentas que permitem processar imagens brutas e obter dados confiáveis, exigidos para todo o processo de mapeamento digital.

O LPS permite gerenciar grande volume de imagens simultaneamente, permite medição automática de pontos, extração automática de modelo de terreno e posicionamento de pontos ao nível subpixel. Temos, ainda, o acesso ao ERDAS IMAGINE para analisar e extrair informações das imagens ortorretificadas.

O LPS Stereo permite a visualização de pares estereoscópicos em ambiente 3D. Combinada com outros módulos como o LPS Core, LPS Terrain Editor, ORIMA ou PRO600, o LPS Stereo auxilia aos profissionais a aumentarem sua produtividade enquanto geram ou atualizam dados geoespaciais.

LPS Terrain Editor (TE). Permite a visualização, verificação e edição de MDT. O LPS TE inclui ferramentas de edição de pontos, áreas e terreno para MDT, suportando imagem estéreo para medição precisa. TE suporta uma variedade de formatos de MDT incluindo TIN's e malha regular de pontos. Requer como pré-requisito os módulos LPS Core e LPS Stereo. Requer o LPS ATE para editar. (SANTIAGO&CINTRA, 2012).

3.3.4 Software para geração das restituições e ortofotos da região

Para elaboração da realização foi utilizado o software ArcGis, versão 10.1, desenvolvido pela ESRI, ferramenta de edição de desenhos e mapas bastante difundidos no mercado. O software permite um grande número de funcionalidades.

O ArcGIS é um pacote de softwares da ESRI de elaboração e manipulação de informações vetoriais e matriciais para o uso e gerenciamento de bases temáticas. O ArcGIS disponibiliza em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) uma gama de ferramentas de forma integrada utilização. É um software de interface gráfica, que permite a sobreposição de planos de informação vetoriais e matriciais, além de objetos gráficos, fontes (letras) e figuras, com a finalidade de mapeamento temático. Também permite pesquisas e análises espaciais, criação e edição de dados, elaboração e impressão de mapas.

O ArcCatalog, que disponibiliza ferramentas para a exploração, mapas e temas diverso armazenamento, pesquisa e gerenciamento de dados, criação e preenchimento de metadados e por fim, o ArcToolBox, que faz a busca das ferramentas de geoprocessamento e rotinas, fornecendo num único ambiente a busca e a execução de comandos. As ferramentas de geoprocessamento estão organizadas em toolboxes (caixas de ferramentas) e toolsets (série de ferramentas) dentro de ArcToolbox e podem ser usadas individualmente.

3.3.5 Periféricos para edição dos modelos

A etapa de edição dos modelos foi possível com o uso da placa de vídeo NVIDIA 3D, juntamente óculos polarizado que estabelece comunicação sem fio com fonte emissora. Foram usados também topomouses da marca Leica, para edição dos modelos. Estes equipamentos exigem uma familiarização de uso, pois seus comandos diferem de acordo com o software usado, abaixo é apresentado um esquema de funcionamento do mesmo: Funções de comando do topomouse para edição do terreno apresentadas a seguir.



Figura 34 – Vista de Topomouse, usado no desenvolvimento do trabalho.

Com base na Figura 34, apresentamos os comandos de uso do teclado do periférico para a plataforma ERDAS LPS 2011.

Com uso de teclas simples, como operadora da segunda função:

- a) Tecla 01 - tecla vazia, sem configuração direta atribuída;
- b) Tecla 02 - "Toggle Last Zoom Level", alterna ao nível de zoom anterior;
- c) Tecla 03 - "Recenter Image", tem a função de recentralizar à imagem a partir da posição do cursor;
- d) Tecla 04 - ;"chutch", tecla de apoio funciona como um "embreagem"
- e) Tecla 05 - "Snap To Ground", movimenta o cursor para a posição aparente do solo;
- f) Tecla 07 - "Create/Edit Feature" habilita a função de edição dos objetos selecionados
- g) Tecla 08 - "Complete Feature" completa a função de edição, selecionada anteriormente pela tecla 07;
- h) Tecla 09 - "Area Select Tool", ferramentas de seleção de área;
- i) Tecla 10 – Sem função específica.
- j) Tecla 11 - "Zoom In 2X", amplia a imagem duas vezes, centrada na posição do cursor;
- k) Tecla 12 - "Zoom Out 2X", reduz a imagem duas vezes, centrada na posição do cursor;
- l) Tecla 13 - "Point Tool", são as ferramentas de edição do ponto;

- m) Tecla 14 - "Breakline Tool" ativa a opção que permite editar a linha ou breakline
- n) Tecla 15 - "Delete Breakline Verte" , delta a linha de breakline.

Comando com uso simultâneo de teclas, usando a tecla 04, como operadora da segunda função:

- a) Teclas 04 e 02 - "Reset Zoom";
- b) Teclas 04 e 05 - "Undo", desfaz a função anterior apenas, pode se usar CTRL+Z, do teclado alfanumérico
- c) Teclas 04 e 06 - "Redo", refaz a opção anteriormente apagada;
- d) Teclas 04 e 09 - "Select Tool", seleciona a ultima ferramenta utilizada;
- e) Teclas 04 e 11 -"Zoom In Continuous", faz o zoom continuo da maior aproximação;
- f) Teclas 04 e 12 -"Zoom out Continuous", faz o zoom continuo ao maior afastamento;
- g) Teclas 04 e 14 - "Delete Tool", ativa a função para operador apagar pontos;
- h) Teclas 04 e 15 - "Delete Selected Points";
- i) Teclas 04 e 16 - "Insert Breakline Vertex".

O funcionamento do teclado no software Arcgis apresenta outra configuração de teclado, conforme apresentado abaixo:

- a) Tecla 01 - "chutch", tecla de apoio funciona como um "embreagem";
- b) Tecla 02 - Zoom in;
- c) Tecla 03 - Zoom out;
- d) Tecla 04 - tecla vazia, sem configuração direta atribuída;
- e) Tecla 05 - Snap 3d;
- f) Tecla 07 - Active data colletion;
- g) Tecla 08 - Complete editing feature;
- h) Tecla 09 - Recenter Stereo view to 3D;
- i) Tecla 10 - Toggle system mouse emulation;
- j) Tecla 11 - Toggle monotonic mode;
- k) Tecla 13 - synchronize geographic displays;
- l) Tecla 14 - Delete vetex;
- a) Tecla 15 – Undo;
- b) Tecla 16 – Redo.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Obtenção dos elementos da cobertura fotogramétrica

Para utilização das imagens digitais obtidas na cobertura fotogramétrica de 2010, foi necessário conhecer e levantar os métodos de obtenção das imagens aéreas e das formas de determinação dos elementos envolvidos na realização do voo, tais como as informações da câmara, os elementos do planejamento, da seleção das imagens necessárias e da necessidade de correção dos efeitos sistemáticos.

Devido ao fato do emprego de uma câmara digital linear, conforme apresentado na fundamentação teórica, os processos de correção dos efeitos sistemáticos foram feitos automaticamente, bem como a aerotriangulação foi determinada de modo automatizado pelo software. A câmara ADS40 usada no processo de obtenção das fotografias permite um resultado com imagens já corrigidas dos efeitos sistemáticos, o que simplificou as operações para elaboração dos produtos finais.

A densificação de pontos de pontos de controle para correlacionar as imagens ao sistema de coordenada do mapa, com o objetivo de orientar as imagens, processo denominado de aerotriangulação, passou recentemente por grandes avanços tecnológicos. Com a ADS40, por se tratar de um sensor linear, esses avanços trouxeram várias vantagens desde a eliminação de processamentos de laboratório.

Para a aerotriangulação das imagens geradas por câmaras lineares, são necessárias três imagens diferentes, obtidas pelo mesmo plano focal. Para o caso de câmaras como a ADS40, o número de pontos de controle é bastante reduzido, em relação com câmaras convencionais. Limitado ao mínimo de pontos para determinar o DATUM, posicionadas nos cantos dos blocos e esse fato se deve a estabilização da geometria das faixas devido ao sistema IMU e GNSS.

4.2 Restituição das feições

Em paralelo com a elaboração dos modelos digitais de terreno, realizou-se a restituição das feições, ou seja, a extração de feições tridimensionais fotoidentificáveis na escala selecionada. Para tanto, utilizou-se o programa ArcGis 10.1 com o plugin de compatibilidade do ERDAS para ArcGis, com o periférico topomouse.

De posse das imagens devidamente orientadas, criou-se um projeto no ArcGis com sistema de referência usando o Datum WGS 84, e projeção UTM, zona 22, hemisfério sul, então as imagens adicionadas no projeto. Visualizando as áreas e imagens foram escolhidas as seguintes feições a serem restituídas: Edificações, Eixo de Logradouro, Áreas de Vegetação, Lotes, Descampado.

A camada de Edificações foi escolhida, devido a importância de conhecer todas as benfeitorias na região de interesse, para possível desapropriação da área na implantação do reservatório.

Eixo de logradouro para que todas as edificações tenham conexão e não fiquem "soltas", sem uma maneira clara de acesso.

Áreas de vegetação, para destacar áreas de ocupação vegetal e de possível desmatamento, sendo necessário e desenvolvimento de estudo de viabilidade de remoção ou não das árvores.

Os Lotes dentro da área do residencial Lajeado para identificação onde existem benfeitores, e onde foi fotoidentificável.

O Layer Descampado foi criado como um layer de fechamento, sendo utilizado para que não fiquem áreas "em branco" onde ele representa áreas que não sejam de ocupação vegetal.

Escolhidas as feições a serem extraídas, no projeto do ArcGis, utilizando o modo de Stereo Window, modo em que o par estereoscópico de imagens é visualizável ao mesmo tempo. A opção de mostrar as imagens em 3 sub-janelas foi utilizada, como na figura 11.

A Sub-janela superior é a representação das duas imagens simultaneamente. A sub-janela esquerda inferior representa uma imagem, enquanto que a outra imagem fica representada da outra sub-janela inferior.

Para a extração de feições tridimensionais de maneira monoscópica (sem visão estereoscópica) cada ponto era ajustado para que estivesse representando exatamente o mesmo ponto nas duas sub-janelas inferiores, garantindo assim que, na interseção de raios de pontos homólogos, os pontos estivessem com as mesmas coordenadas tridimensionais.

O método monoscópico de levantamento foi adotado devido a deficiência visual do restituidor, que não possui visão estereoscópica, tendo ao termino da etapa de restituição de feições dois controles, conferência da solidez das informações por uma pessoa com visão

normal, e em adição, utilizou-se o programa ArcScene, um modulo do ArcGis que é possível carregar e visualizar tridimensionalmente arquivos do tipo shp (layer de informação elaborado ArcGis). Nesse programa a visualização dos layers é equiparável a de a visualização e manipulação de uma maquete digital.

4.3 Construção do MDT

A construção dos modelos digitais do terreno foi feita a partir do uso do software LPS. Primeiramente a partir da seleção das imagens de composição das Faixas correspondentes ao local de interesse.

Com as etapas Piramidais definidas, os parâmetros de orientação interior e exterior corrigidos foi possível aplicar o recurso de DTM extration do LPS.

Para obtenção dos modelos com as características requeridas, foram necessárias a atribuição de valores para a construção dos modelos, no caso do trabalho para determinar os seguintes valores, ou dados, de entrada:

- Os limites da região de interesse, a fim de definir as imagens digitais;
- Determinação de pontos de controle e pontos de verificação, no âmbito deste trabalho, forma determinados apenas pontos de verificação – para o controle de qualidade, que serão apresentados nos capítulos seguintes;

A sequência de execução do trabalho com o uso do software LPS, obedeceu a seguinte sequencia:

- Criação de um projeto no LPS, que originou um arquivo com a extensão. BKL, neste caso criamos um bloco, composto das faixas 34, 35 e 36;
- Para casos gerais é necessário especificar os parâmetros da câmara utilizada, neste caso o reconhecimento foi automático, devido a parâmetros de configuração determinados pela ADS40. Nestes parâmetros incluímos os sistemas de referência, rotações, direção do eixo Z, altura e velocidade do voo;
- Não houve necessidade das correções de orientação interior, medição dos pontos de passagem e/ou pontos de apoio ou mesmo de realizar a aerotriangulação;

- Foi realizada a criação do MDT, onde previamente foram definidas as estratégias de criação.

Na definição das estratégias de criação a etapa de definição do tamanho da célula "Cell Size", é importante, pois essa definirá a densidade, ou o espaçamento, de pontos que formarão o modelo.

As imagens usadas neste Trabalho tem poder de resolução capaz de representar elementos de 0,125 m no terreno, os modelos criados a partir dos blocos 34, 35 e 36.

Inicialmente foi estabelecido um afastamento máximo de cem vezes o tamanho do pixel no terreno, então foi inferido um valor de 12,5 para as distâncias nos eixos "x" e "y" do Cell Size em relação a cada ponto criado automaticamente pelo LPS.

A partir da definição do cenário de onde se pretende extrair o modelo (área urbana, florestas, montanhas. etc.), tendo definido o tamanho de célula, o método de estruturação dos dados para a criação da superfície, o qual pode ser:

- DEM - é um arquivo raster que representa elevação de pixels claros e escuros; pixels escuros denotando áreas de elevação baixas e pixels de claros, denotando áreas de altas elevações;
- Terramodel TIN é um conjunto de faces triangulares sobrepostos contíguos de tamanhos e formas irregulares;
- Forma 3D corresponde a um MDT em um arquivo ASCII de 3D, com coordenadas (X, Y e Z) por ponto;
- Um código ASCII ASCII, Padrão americano para o intercâmbio de informação, o arquivo é simplesmente detalha o ID Point, X, Y, Z e coordenadas de postagens em um MDT. Também fornece uma coluna especificando a qualidade de cada ponto (variando entre 1 - 5).

No caso no trabalho em causa, foi arbitrada a solução Terramodel TIN, para realização dos testes de saídas do MDT.

Tendo os sistemas de referencia e de projeção definidos, no caso, WGS84 e UTM fuso 22 , meridiano central -51º, respectivamente, com os pares de imagens definidos, e os limites da área de interesse para não sobrecarregar o software durante o processamento,

tomamos o cuidado de excluir as áreas onde não é necessária a formação do modelo. Com todo os parâmetros definidos são gerados os modelos para cada faixa.

Verificou-se que durante a criação do modelo, conforme citado anteriormente, um dos fatores mais importante é a percepção da característica da área, o software atribui um padrão de seleção de pontos homólogos para realizar a interseção fotogramétrica. O LPS oferece uma gama de composições para a extração do modelo. Funções que relacionamos abaixo:

- Modo "Default" é a função de fábrica, que pode ser configurada para o tipo de busca do aplicativo;
- Exclusão de área "Exclude Area" define áreas que não serão usadas na composição do modelo;
- Modo de altas montanhas "High Mountains", define uma configuração de busca (27x3)UM, associada a filtragem moderada, moderada no modelo a fim de minimizar as distorções devido ao relevo;
- Modo de região menos acidentada "Middle Mountains" similar a busca anterior, porem em (21x3)UM com filtragem moderada;
- Modo de regiões de colina "Rolling Hills", a busca é realizada em áreas de (15x3)UM, também com filtragem moderada;
- Modo de áreas planas "Flat Areas" nesta opção as pesquisas (15x3)UM, com filtragem baixa são realizadas em pequenas áreas, pois a possibilidade de distorção devido à variação do relevo é baixa;
- Modo para áreas densamente povoadas "High Urban", neste caso a pesquisa (19x3)UM e filtragem baixa, recomenda-se que em áreas com edifícios altos, se use a opção "High Mountains";
- Modo para regiões com baixa densidade urbana, a pesquisa é realizada em áreas com dimensão de (11x3)UM, e um filtro moderado;
- Modo para áreas densamente vegetadas "Forest", nestes casos a busca torna-se especialmente difícil para o aplicativo, pois a características de semelhança das folhas dificultam a busca dos pontos homólogos;

- Por fim a opção customizada "Custom" onde o usuário pode definir as possibilidades de busca e correlação.

Uma alternativa consistente de geração do modelo resume-se em zonear a área de interesse e classificar de acordo com o tipo de ocupação, ou seja, a grade de busca corresponderia ao melhor opção para a geração do modelo e após a criação do modelo de acordo com a área de busca. Após a construção dos vários modelos da área de interesse, respeitando as características da região, estes devem ser concatenados em um modelo único. Este procedimento reduziria a possibilidade de edição no MDT final, contudo não foi obtido o resultado esperado.

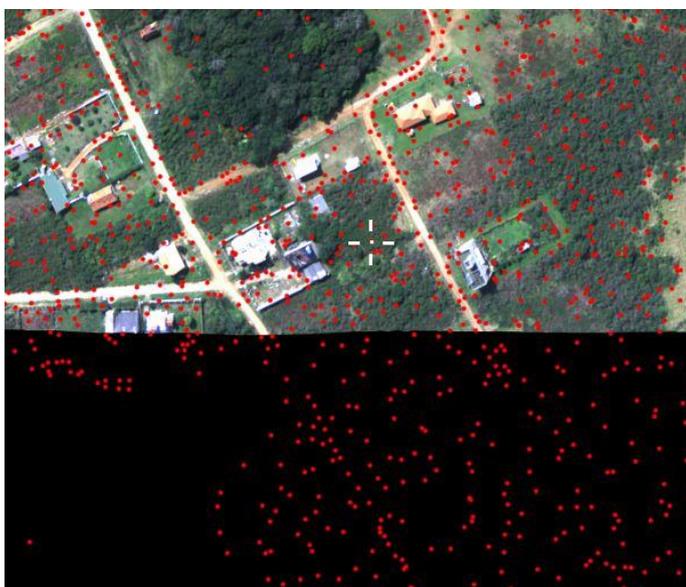


Figura 35 – Vista da distribuição de pontos, para geração do MDT da região.

Alternativa para minimizar as etapas posteriores de edição foi aumentar significativamente o espaçamento entre os pontos "cell size", e complementar as lacunas com pontos adicionais. A partir do módulo "terrain editor".

4.4 Concatenação dos MDT

Esta etapa consistiu em usar o aplicativo para juntar as partes do MDT, que foram criados foram concatenados com o uso do software Erdas, na função Terrain Prep Tool, foram realizadas as adições, obtendo como resultado o modelo concatenado.

Para a realização desta etapa basta ter os modelos criados na extensão. PRO, a concatenação criará sempre um novo arquivo que é função do resultado dos modelos criados.

Nesta etapa o software usa um processo de busca automatizada de pontos de ligação em os diferentes modelos, que permite a fusão das áreas de sobreposição.

4.5 Verificação da consistência dos MDT

Está etapa de verificação consistiu em realizar uma varredura visual no modelo e certificando-se da estrutura de pontos gerados. O procedimento exigiu uma comparação da visão tridimensional da região de interesse, criada pela esteroscopia das imagens e a nuvem de pontos criadas anteriormente. Verificamos, então, possíveis discrepâncias, ou deformações não toleradas.

O software LPS, ao gerar o modelo seleciona os pontos homólogos, conforme a razão de busca, ou filtragem, apresentada anteriormente. Como o modelo criado inicialmente adotou o critério de busca "default" o aplicativo não faz distinção adequada entre os elementos selecionados.

Considerando que a região de interesse apresenta características distintas, alternando regiões de coxilhas alterando com grande densidade de vegetação, áreas de média de baixíssima e ocupação urbana.

A busca e a filtragem realizada foi a "default" o software adota uma busca de elementos facilmente destacados na área. Neste caso, foi levada em consideração a correlação entre vértices de construções, postes, marcações na superfície, alguma vegetação cuja cor se destacou das outras.

O trabalho foi focado na obtenção do MDT, logo era importante que todos os pontos usados para a criação do modelo terrestre representem feições com contato apenas com a superfície que representa o terreno e seus acidentes naturais ou antrópicos, pois essa escolha minimiza o efeito de correção no trabalho.

Elementos como construções, copas de árvore, postes e qualquer outra elevação que não correspondam à superfície natural do terreno, contribuem negativamente na construção do modelo, pois a interpolação destes conjuntos de pontos gera uma superfície destoante da situação real. Por vezes tem-se a impressão que a malha da superfície está

planando sobre o terreno, e esse distanciamento é resultado de um valor médio de interpolação onde há a contribuição dos elementos acima do nível do solo.

Verificamos que o modelo criado pelo LPS, correspondeu a uma superfície que “sobrevoa” a superfície do terreno, pois a contribuição de elementos acima do nível do solo foi muito grande na escolha de modelagem default. Inicialmente acreditamos que esta condição foi função da não observância dos critérios de seleção dos parâmetros de busca e filtragem.

Devido à formação de um MDT, que não representou corretamente a superfície, o mesmo necessitou de edição para correção das deformações.

O LPS fornece um módulo, "Terrain Editor" que permite a edição dos modelos criados sobre as faixas formadas a partir dos pares de imagens.

A partir da visualização tridimensional, da experiência do profissional que fará a verificação, facilmente se identificam as áreas destoantes.

A superfície do modelo pode ser representada no display da estação fotogramétrica por uma combinação de nuvem de pontos, através de representação TIN da superfície, com curvas de nível ou com as imagens das regiões homologas. Essa representação pode ser exibida em combinações, como apresentado na figura 36 ou visualização individual. No entanto a visualização individual não parece adequada para usuários menos experientes, a combinação de representação de superfícies parece ser a mais adequada, como podemos ver na imagem abaixo.



Figura 36 – Vista da área de interesse com diferentes combinações de visualização.

4.6 Correção dos MDT

Tendo realizado a verificação visual do modelo gerado, a correta construção do mesmo exige uma intervenção humana bastante cuidadosa. O primeiro passo para este processo é a adição do modelo, que se resume em adicionar o arquivo de extensão PRO, à execução do Trabalho.

O LPS fornece uma interface gráfica intuitiva, com opções de seleção e edição apenas do modelo, as imagens, geralmente não necessitam de tratamento visual, embora seja possível realizar pequenos ajustes com a opção "Image Adjustments", no caso deste Trabalho não foi aplicada e opção.

Caso o usuário possua previamente a restituição das feições existentes, principalmente construções e vegetação, estas serão de grande valia, pois reduzirá muito a necessidade de selecionar estes objetos individualmente.

As atividades de restituição e de correção do modelo foram realizadas simultaneamente, devido as circunstâncias do Trabalho, porém recomenda-se que a restituição anteceda a correção do modelo. Toda atividade de correção pode ser realizada apenas com o uso do periférico topo-mouse, fazendo uso dos comandos apresentados anteriormente para edição dos modelos, porém verificamos que o uso conjunto do mouse convencional pode ser útil, principalmente para usuários com o pouca prática.

Outro elemento importante é o óculos 3d, que deve ter sua bateria sempre bem carregado e o ambiente do trabalho não pode ter frequentes alterações das condições de iluminação, pois o funcionamento do periférico é bastante prejudicado.

Antes de iniciar o processo de correção, deve-se verificar se a geometria está correta, se não há inversão de estereocópia, este procedimento pode ser verificado na aba de ajuste de imagens.

Durante a edição é importante conhecer as possibilidades de funcionamento do topomouse, pois existem recursos que não são apresentados na caixa de configuração dos periféricos, por exemplo, manter a tecla sete pressionada permite uma seleção retangular da região, em alguns casos esse recurso confere maior agilidade que a busca por seleção irregular, outro recurso interessante consiste em pressionar a tecla sete sobre um dos pontos, em seguida pode-se arrastá-lo para a posição desejada, desde que a opção terrain editing, ícone point, esteja ativa.

Verificamos que a edição simultânea de grandes quantidades de pontos torna o programa lento, acreditamos ser preferível a edição de pequenas áreas, pois neste caso, o operador, de edição, aplicado pode modelar melhor a superfície, o que para regiões de grandes acidentes naturais não é possível modelar com poucos comandos .

A ferramenta de edição do terreno tem nos operadores de área, os principais recursos de edição do modelo devido aplicadas neste trabalho. Contatou-se que a ferramenta de seleção, embora responsável apenas por agregar os pontos a se editar é de fundamental importância, pois uma operação aplicada a todos os pontos selecionados simultaneamente podem não representar corretamente a realidade do terreno a ser representado. Tomando os cuidados acima descrito, basta selecionar os pontos e executar a edição.

4.7 Construção das Ortofotos

No ambiente LPS após a construção do modelo utilizando a ferramenta “start ortho resampling process” que é uma ferramenta de gerenciamento de imagem para reamostragem como ortofoto, onde foram adicionadas as imagens referentes as áreas de interesse. Nesta janela também foram informados diversos parâmetros para posterior elaboração das ortofotos, parâmetros esses comuns às seis imagens anteriormente citadas. Foram informados os seguintes parâmetros:

- Nome de reamostragem de cada imagem;
- Tipo de MDT utilizado, no caso, terramodel TIN, criado anteriormente;
- A célula de saída da ortofoto como mesmo tamanho de pixel das imagens;
- Determinação da área na imagem em que os modelos tem sobreposição;
- Definição do método de amostragem, no caso o bilinear, resultando em menor custo computacional, pois o mesmo usa o método do vizinho mais próximo;
- A projeção e sistema de referencia para a reamostragem.

Como resultados desta etapa foram gerados seis ortofotos, uma para cada imagem utilizada.

4.8 Construção das Ortofotomosaico

Uma vez que ortofotomosaico, como apresentado na figura 37, é o produto advindo da junção de duas ou mais ortofotos. Com as ortofotos geradas no passo anterior, utilizando o módulo do LPS “MosaicPro” foi feita a construção do mosaico. Para tanto, neste módulo, as ortofotos foram adicionadas. Posteriormente os passos adotados para elaboração do produto foram:

- Seleção do método de reamostragem interpolação bilinear;
- Na ferramenta de correção de cor, compatibilizou-se o histograma das ortofotos, ou seja, homogeneizar as imagens – eliminação do efeito colcha de retalhos;
- Elaboração do mosaico, figura 37.



Figura 37 – Visualização ortofotomosaico de umas das regiões.

4.9 Construção das Ortofotocarta

De posse da ortofotomosaico e da restituição das feições, no programa ArcGIS fez-se a concatenação das informações. Elaborando-se assim mapa planialtimétrico e ortofotocartas das regiões de interesse.

Fazendo-se assim necessário a supervisão de um profissional habilitado para um mapeamento fidedigno da área.

Abaixo, na figura 38 e figura 39, o ortofotomosaico, com as curvas de nível geradas a partir do MDT da respectiva área, Residencial Lajeado. Tendo em destaque (branco entre vermelho) as curvas de atitude 50,00m e 60,00.



Figura 38 – Ortofotocarta da região do Loteamento Lajeado.

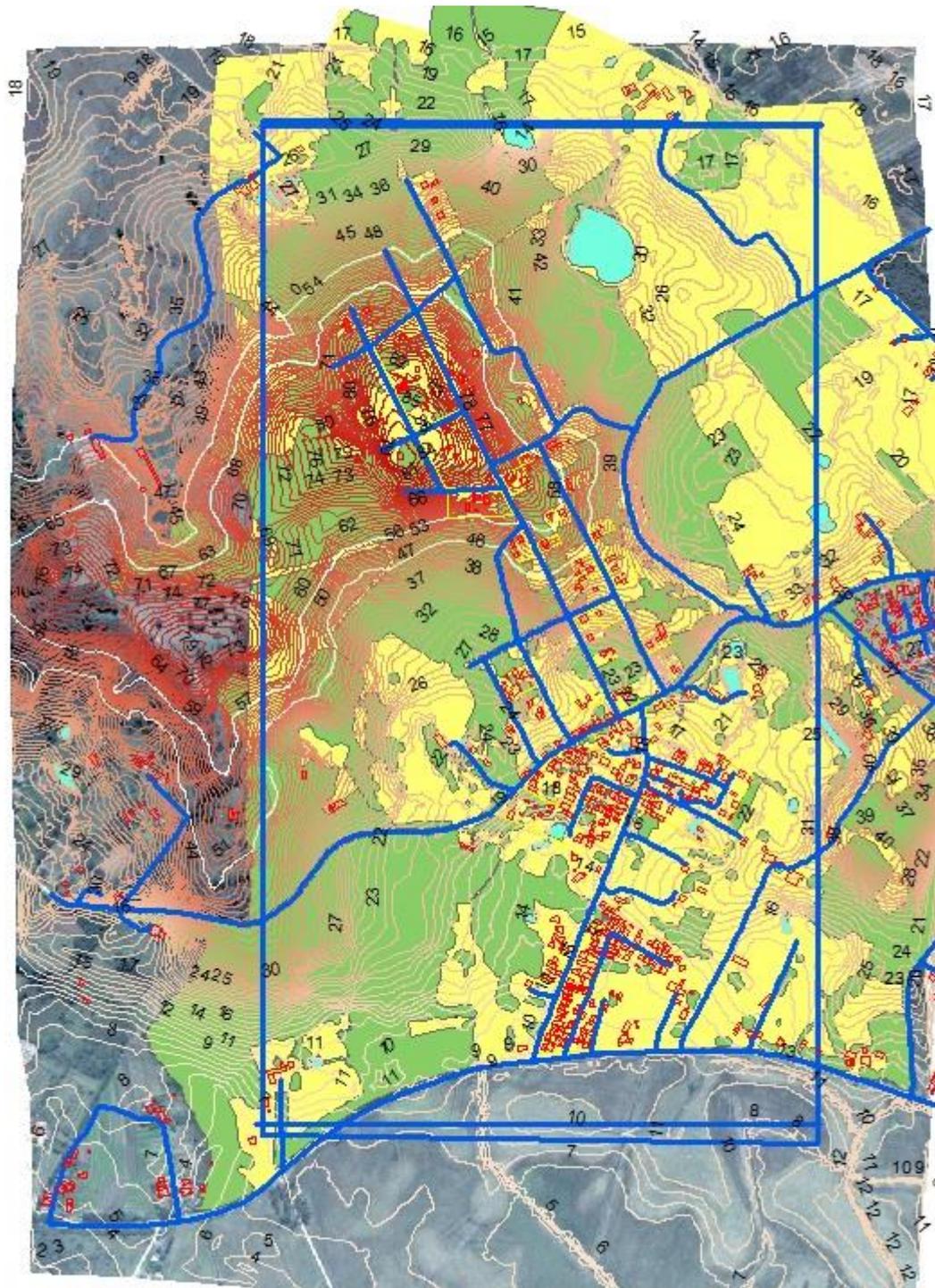


Figura 39 – Visualização ortofotocarta, com as feições restituídas na região do Lajeado.

4.10 Estimativa financeira

A tabela abaixo, Tabela 2 – Estimativa financeira realizada., apresenta os custos do projeto, para o caso de uma eventual contratação deste trabalho junto a iniciativa privada, onde foram inseridos os custos diretos, os insumos e os encargos financeiros da atividade.

Tabela 2 – Estimativa financeira realizada.

1. CUSTOS DIRETOS			
1.1 - MÃO-DE-OBRA			
1.1.1 - MÃO-DE-OBRA DIRETA			
CARGO/FUNÇÃO	Quant.	SALÁRIO HORA	TOTAL
Engenheiro	60%	12,90	8.173,44
Técnico de Processamento	100%	8,46	8.933,76
Técnico de Campo	40%	6,45	2.724,48
Ajudante	35%	5,00	1.848,00
Motorista	40%	4,86	2.052,86
SUBTOTAL A			23.732,54
SUBTOTAL B			23.732,54
Encargos sociais: 123 % sobre o subtotal B			29.191,03
TOTAL DE MÃO-DE-OBRA DIRETA			R\$ 52.923,57
1.1.2 - MÃO-DE-OBRA INDIRETA			
CARGO/FUNÇÃO	Quant.	SALÁRIO HORA	TOTAL
Restituído	1	11,82	3.120,00
SUBTOTAL A			3.120,00
SUBTOTAL B			3.120,00
Encargos sociais: 123 % sobre o subtotal B			3.837,60
TOTAL DE MÃO-DE-OBRA INDIRETA			6.957,60
TOTAL DA MÃO-DE-OBRA (1.1.1 + 1.1.2)			R\$ 59.881,17
1.2 - VEÍCULOS DE CARGA / TRANSPORTE DE PESSOAL			
TIPO	Quant.	CUSTO UNIT.	TOTAL
Veículo popular (dias)	75	60,00	4185,00
TOTAL DE VEÍCULOS			4.185,00
1.3 - ALIMENTAÇÃO			
TIPO	Quant.	CUSTO UNIT.	TOTAL

Refeição	2.904	12,00	21.780,00
TOTAL DE ALIMENTAÇÃO			R\$ 21.780,00
1.4 - EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS			
TIPO		CUSTO UNIT.	TOTAL
Equipamentos de escritório		300,00	189,00
Computador		4.000,00	3000,00
Par de receptores GNSS L1/L2		20.000,00	5800,00
Estação fotogramétrica		20.000,00	6000,00
Softwares		150.000,00	22500,00
Consumíveis		3.000,00	3000,00
Impressora		4,07	3,05
TOTAL DE EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS			R\$ 40.492,05
1.5 - UNIFORMES E EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL			
TIPO		CUSTO UNIT.	TOTAL
Óculos		18,00	108,00
Uniforme		60,00	360,00
TOTAL DE UNIFORMES E EPI's			468,00
1.6 - MATERIAIS DE FORNECIMENTO PELA CONTRATADA			
TIPO		CUSTO UNIT.	TOTAL
IMAGENS BRUTAS DA REGIÃO		60.000,00	7500,00
VARREDURA A LASER		500.000,00	62500,00
TOTAL DE MATERIAIS			70.000,00
1.7 - SERVIÇOS ESPECIALIZADOS DE TERCEIROS			
TIPO		CUSTO UNIT.	TOTAL
Hospedagem		0,00	0,00
TOTAL DE SERVIÇOS ESPECIALIZADOS DE TERCEIROS			0,00
1.8 - OUTROS CUSTOS DIRETOS			
TIPO		CUSTO UNIT.	TOTAL
Plano de Saúde		5,83	3850,00
Exames Médicos (PCMSO, PPRA, ASO)		1920,00	1200,00
Seguro		0,70	364,88
TOTAL DE OUTROS CUSTOS DIRETOS			5.414,88
TOTAL DOS CUSTOS DIRETOS (Somatório dos itens 1.1 a 1.8)			202.221,10

1.9 - CRÉDITO DE IMPOSTOS NÃO CUMULATIVOS			
TIPO	BASE DE CALCULO	ALÍQUOTA %	
COFINS	70.000,00	3,0	0,03
PIS	70.000,00	0,65	0,01
TOTAL DOS CRÉDITOS			-0,04
2. CUSTOS INDIRETOS CALCULADOS SOBRE O TOTAL DE CUSTOS DIRETOS			
TIPO		ALÍQUOTA %	
Administração central ("over-head")		8	0,08
Custo financeiro		1,5	0,02
Outros (especificar)			0,00
TOTAL DOS CUSTOS INDIRETOS CALCULADO SOBRE OS DIRETOS			0,10
3. LUCRO E RESPECTIVA PROVISÃO DE IMPOSTOS			
TIPO	ALÍQUOTA %	BASE DE CÁLCULO (R\$)	TOTAL
Lucro	12,00%	202.222,20	24.266,66
Imposto de renda (federal)	0,00%	24.266,66	0,00
CSLL	0,00%	24.266,66	0,00
TOTAL DE LUCRO E PROVISÃO DE IMPOSTOS			24.266,66
4. TOTAL DOS CUSTOS			
CUSTOS DIRETOS + CUSTOS INDIRETOS + LUCRO E IMPOSTOS			226.487,82
5. IMPOSTOS INCIDENTES SOBRE O FATURAMENTO			
TIPO			ALÍQUOTA %
ISS			5,00%
COFINS			3,00%
PIS			0,65%
TOTAL DE IMPOSTOS SOBRE O FATURAMENTO			8,65%
6. PREÇO TOTAL PARA FATURAMENTO			
TOTAL DE PREÇOS			R\$ 247.934,13

4.11 Recursos efetivamente aplicados execução

Abaixo são apresentados os custos realmente aferidos na execução deste projeto acadêmico. Salienta-se que, a obtenção final do produto foi possível, somente devido a

disponibilidade dos recursos oferecidos pela Universidade Federal, itens que são descritos na tabela abaixo, com o percentual de dedicação ao trabalho

Tabela 3 – Estimativa financeira realizada.

Recurso	Quant.	Unidade	Custo de aquisição	%	Valor final
Camara fotográfica	1	Un.	R\$ 300,00	Unid. 100%	R\$ 300,00
Receptor GNSS Topcon GR3	2	Un.	R\$ 6.000,00	Mês 3%	R\$ 200,00
Estação fotogramétrica	2	Un.	R\$ 15.272,00	Unid. 20%	R\$ 3.054,40
Topomouse	2	Un.	R\$ 8.000,00	Unid. 20%	R\$ 1.600,00
Pacote Erdas	1	Un.	R\$ 96.616,00	Unid. 20%	R\$ 19.323,20
ArcGIS	1	Un.	R\$ 3.500,00	Unid. 10%	R\$ 350,00
Topcon Tools	1	Un.	R\$ 2.000,00	Unid. 8%	R\$ 160,00
Instalações físicas	1	Un.	R\$ 2.500,00	Mês 100%	R\$ 2.500,00
Veiculo	1	Un.	R\$ 8.000,00	Mês 3%	R\$ 240,00
Total					R\$ 27.727,60

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 AVALIAÇÃO DO RESULTADO

Com a ortofotocarta disponível, foi feita uma etapa de verificação de consistência e controle de qualidade, onde se verificou as coordenadas de pontos foto-identificáveis e em campo obteve-se as coordenadas, dos mesmos pontos, com técnica GNSS, com par de receptores de propriedade do departamento de Geociências – UFRGS. Comparando-se as coordenadas oriundas desses dois métodos, esse procedimento possibilitou verificar a consistência das ortofotos antes da composição do mosaico.

De forma geral a etapa de checagem e verificação objetivou determinar a qualidade posicional da ortofoto. Optou-se por realizar a atividade de checagem de qualidade antes da geração dos produtos finais, pois através deste procedimento foi possível inferir se as etapas antecessoras foram bem realizadas. Ou para o caso de resultados inesperados, possibilitar ações de corretivas e evitar a repetição dos mesmos.

Caso as medições pelo método de controle apresentassem resultados discrepantes, em relação ao método adotado para o Trabalho, este resultado determinaria a revisão do processo e a reavaliação das etapas anteriores.

Utilizou-se o como método de controle, o método de posicionamento geodésico estático rápido pela facilidade de execução e rapidez de processamento.

5.1.1 Escolha dos pontos de controle

A escolha dos pontos constituíram uma fase decisiva na etapa de controle de qualidade, a correta correlação dos pontos selecionados com os pontos medidos nas ortofotocartas a indicam que as atividades de elaboração da ortofotocarta tiveram o efeito desejado. Para verificar a consistência do produto gerado, foram determinadas as coordenadas de pontos foto-identificáveis, que posteriormente foram referenciadas, por posicionamento geodésico, ao mesmo sistema de referencia da ortofoto. Possibilitando a comparação das coordenadas das ortofotos como obtidas pelo método GNSS.

A escolha dos pontos, como por exemplo, a figura 40, foi gerada de forma não aleatória, na qual tentando obter uma boa distribuição pela área de interesse, tendo como única condição que o ponto selecionado permitisse sua foto identificação, nas imagens do

trabalho, e que no local, apesar de aproximadamente três anos passados desde a tomada das fotos, os mesmos ainda fossem reconhecíveis.



Figura 40 – Vista de um ponto de controle, em imagem auxiliar para locação no campo.
Fonte: (Google earth, 2013)

5.1.2 Distribuição dos pontos de controle

A distribuição foi planejada de forma que nenhum quadrante tivesse um número menor que 20% do total de números.

A imagem figura 41 ilustra a distribuição na região destinada ao loteamento Lajeado e Boa Vista.

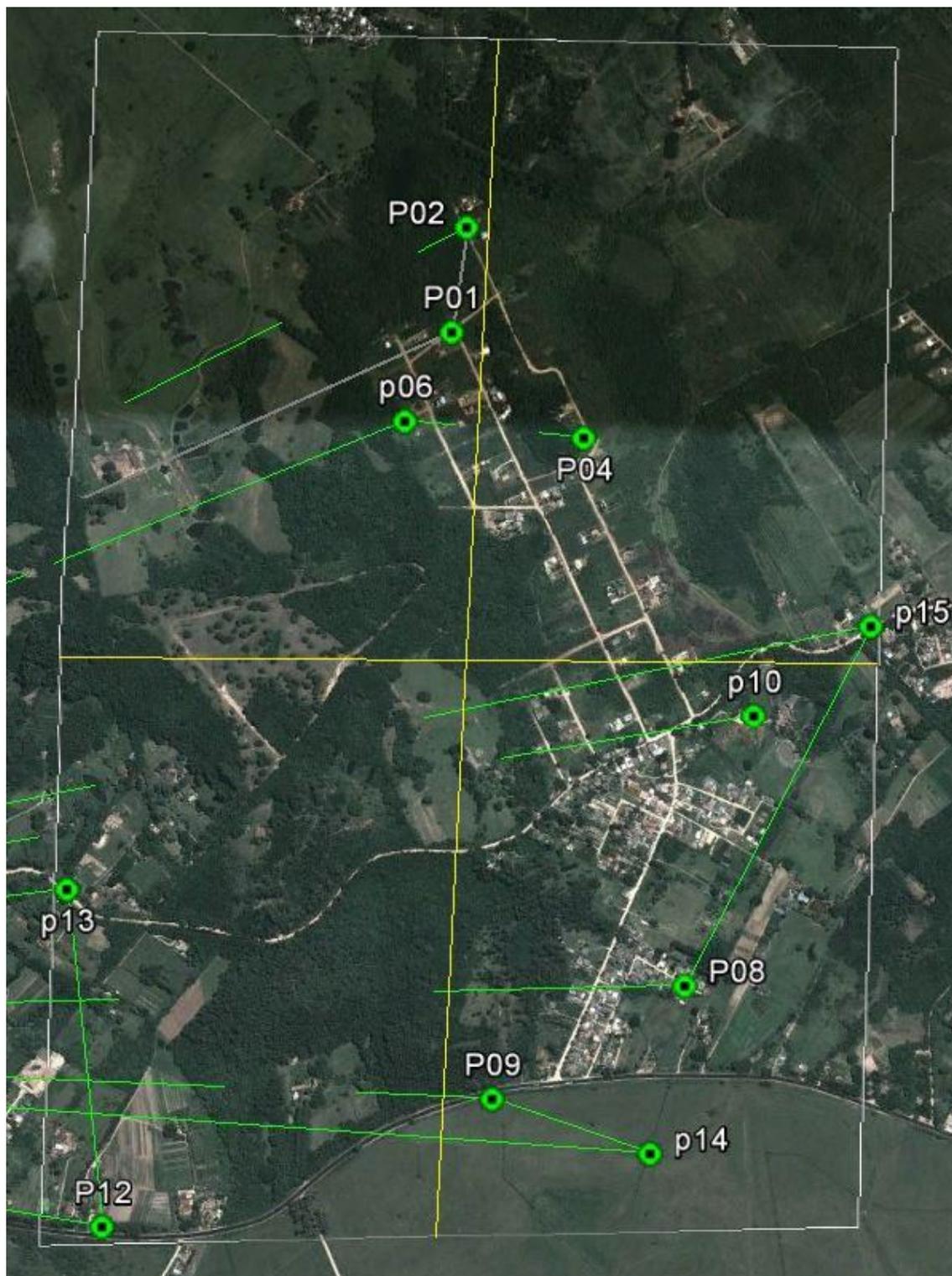


Figura 41 – da distribuição dos pontos na região do novo Loteamento.

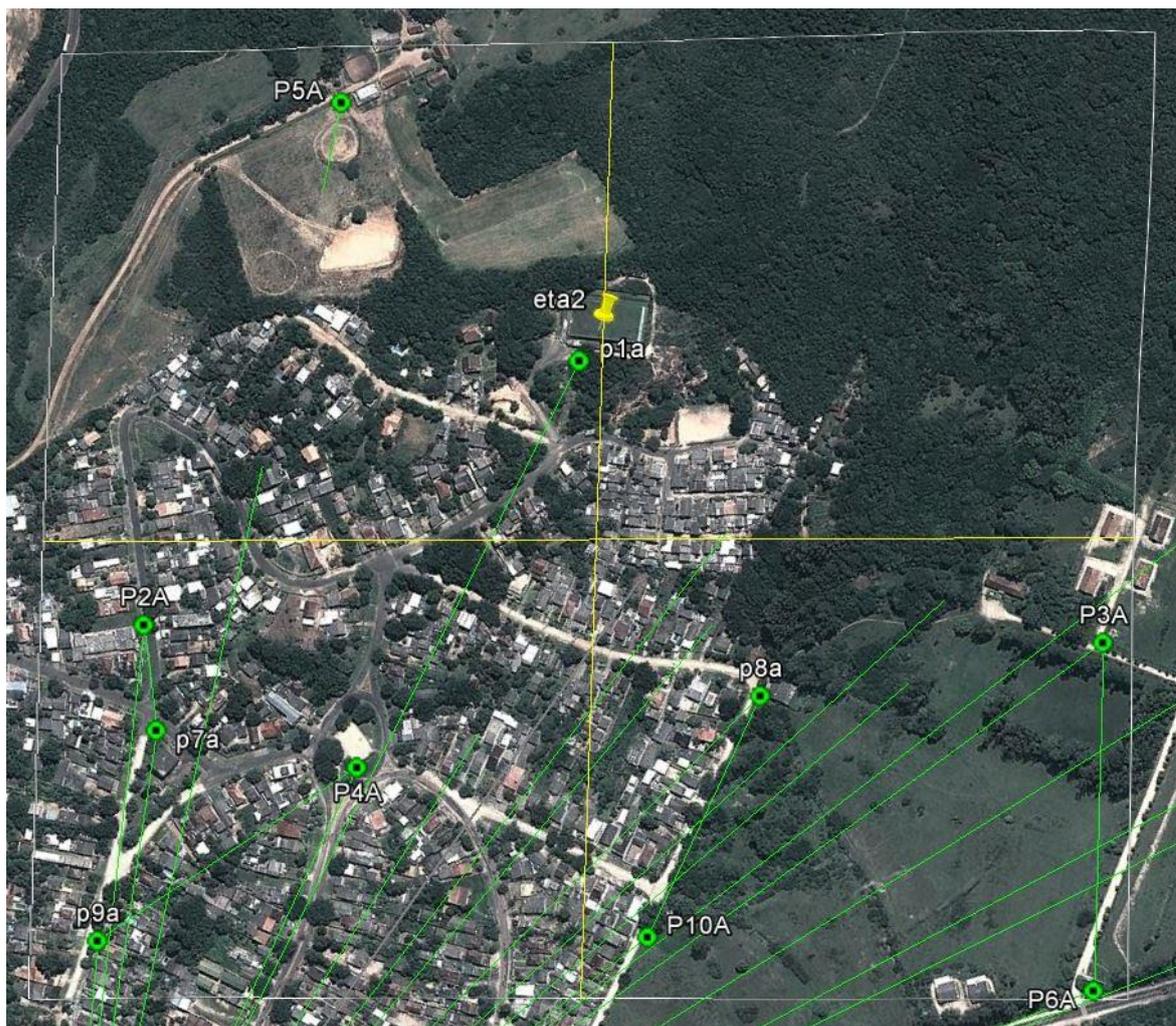


Figura 42 – Vista da distribuição dos pontos na região do reservatório Boa Vista.

5.1.3 Posicionamento geodésico dos pontos de controle

O procedimento consistiu na determinação de um ponto “base” localizado na ETA Belém Novo, conforme pode ser visto na figura 43, onde a ocupação do mesmo ocorreu entre as 08h30min do dia 15/07/2013 até as 17h30min do mesmo dia.



Figura 43 – Vista do ponto “base” na ETA Belém Novo

O equipamento usado foi um Receptor GNSS L1/L2, marca TOPCON, modelo GR3, configurado para aquisição a intervalos de 5s. A escolha do ponto Base foi feita pela possibilidade de permitir a coleta de dados do equipamento de forma segura, em uma área protegida no interior da ETA.

Definida a base, partiu-se para a coleta dos pontos previamente selecionados, neste caso foi realizada uma ocupação ponto a ponto, com tempo mínimo de 15 minutos, chegando a alguns casos ao tempo de 34 minutos por ponto.

Nestes pontos foi usado um receptor L1/L2, “rover”, também da marca TOPCON com capacidade e de gravar os dados em arquivos para posição estática possibilitando posterior processamento e ajustamento das informações. A seguir são apresentadas imagens do período de aquisição em alguns pontos de controle.



Figura 44 – Vista do ponto de controle, junto ao moerão de cercado.



Figura 45 – Vista do ponto de controle, junto a cerca de divisa de propriedade.

O procedimento para determinação das coordenadas dos pontos de controle basicamente seguiram o seguinte procedimento:

- Determinação da coordenada do ponto base visto na Figura 43

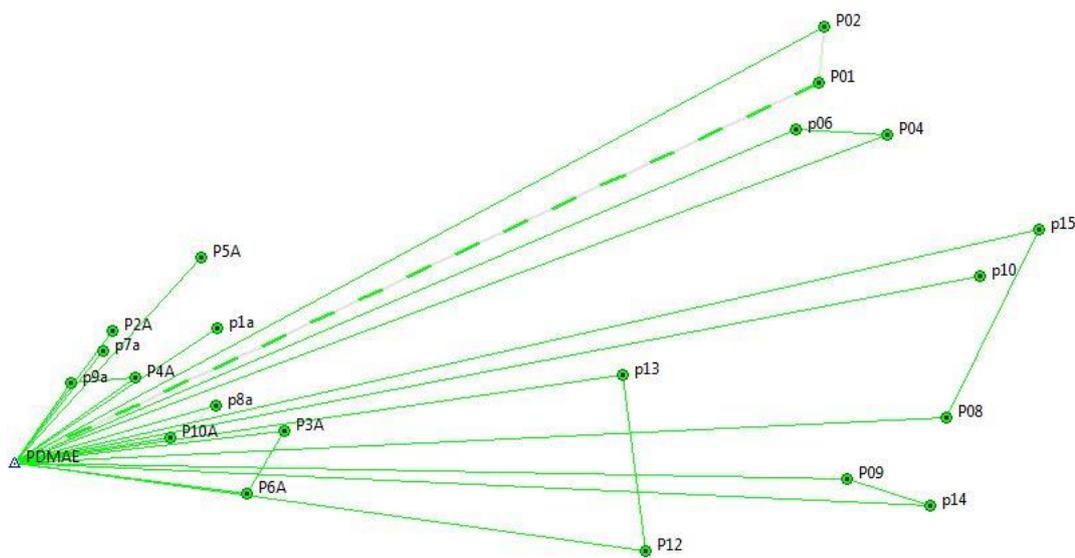


Figura 46 – imagem da rede de pontos para processamento gerada pelo Topcon Tools.

I...	Name	Grid Nort...	Grid East...	Elev...	C	Co...	N	P	L	Source	Std...	Std...	Std...	Std...
△	PDMAE	6657914,668	482880,512	13,753		Both			0	F:\PM_POA\BL...	0,000	0,000	0,000	0,000
⊕	P5A	6658645,306	483538,384	47,517		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,001	0,001	0,004	0,002
⊕	P6A	6657805,750	483700,878	11,642		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,003	0,002	0,007	0,003
⊕	P3A	6658028,597	483834,065	16,100		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,002	0,002	0,006	0,003
⊕	p1a	6658395,760	483594,589	64,115		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,006	0,006	0,024	0,009
⊕	P10A	6658002,789	483432,173	14,791		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,002	0,002	0,006	0,002
⊕	p8a	6658118,428	483593,030	19,092		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,003	0,003	0,008	0,004
⊕	P4A	6658217,791	483307,261	21,492		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,004	0,003	0,017	0,005
⊕	p9a	6658199,434	483078,174	22,959		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,004	0,003	0,013	0,005
⊕	P2A	6658385,412	483223,876	30,910		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,002	0,002	0,008	0,003
⊕	p7a	6658313,520	483193,477	29,236		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,002	0,002	0,007	0,003
⊕	p14	6657761,704	486124,375	14,952		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,003	0,003	0,012	0,004
⊕	P09	6657856,347	485829,318	14,665		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,004	0,004	0,014	0,005
⊕	P12	6657602,514	485111,550	11,423		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,002	0,002	0,007	0,003
⊕	p13	6658228,350	485035,267	28,406		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,002	0,003	0,009	0,004
⊕	p10	6658578,591	486297,207	29,419		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,008	0,011	0,029	0,013
⊕	P08	6658075,046	486181,408	20,101		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,005	0,005	0,014	0,007
⊕	p15	6658748,842	486508,715	41,930		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,005	0,005	0,014	0,007
⊕	P04	6659083,257	485971,444	56,220		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,002	0,002	0,007	0,003
⊕	p06	6659102,087	485645,004	87,525		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,005	0,006	0,014	0,008
⊕	P01	6659269,929	485725,442	72,342		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,002	0,002	0,006	0,003
⊕	P02	6659469,824	485746,334	45,546		None			0	F:\PM_POA\BL...	0,003	0,003	0,008	0,004

Tabela 4 – Resultado da obtenção das coordenadas dos pontos depois do processamento e ajustamento, com o Topcon tools,

Após o processamento e ajustamento, da determinação do ponto PDMAE, usado como base, concomitante a determinação dos outros pontos, com tempo de ocupação geodésica menor, todos distribuídos nas áreas de interesse. Destaca-se que a média da distância dos pontos em relação a base é de 1.567,25 m, a maior distância foi de 2.862,29

O procedimento consistiu utilizar as coordenadas obtidas com o uso do software Topcon Tools, e inseri-las nas ortofotos no ambiente ArcGIS. Esse procedimento permitiu uma comparação direta entre as coordenadas de diferentes fontes, ou seja, comparação entre o método de posicionamento geodésico, comparado às coordenadas obtidas por intersecção fotogramétrica.

Abaixo são apresentadas algumas das correlações visuais entre as coordenadas do produto cartográfico gerado e das obtidas pelo posicionamento geodésico.



Figura 47 – Vista do ponto de controle P2A no ArcGIS.

As imagens abaixo representam a sequência de desenvolvimento das etapas de seleção, identificação no campo, ocupação geodésica e comparação visual das coordenadas. Essa operação foi realizada para todos os pontos levantados neste projeto.



Figura 48 – Vista do ponto de controle P8a, durante a identificação para posicionamento no campo. Fonte: (Google earth, 2013)



Figura 49 – Vista do ponto de controle P8a, durante posicionamento geodésico.



Figura 50 – Vista do ponto de controle P8a, durante a comparação direta das coordenadas.

Devido a vários motivos, como a restrição de acesso ou a inexistência do ponto pré-selecionado, de fato, foram ocupados menos pontos do que o planejado a Figura 51, mostra a posição destes pontos com suas respectivas coordenadas, geodésicas, lançadas no software Arc Gis. Mesmo diante da impossibilidade de realização de todos os pontos de controle, a amostra realizada permitiu inferir a qualidade do produto.



Figura 51 – Vista dos pontos de controle, efetivamente ocupado, na região do residencial Lajeado

5.1.4 Análise dos resultados

A análise dos resultados é apresentada na tabela abaixo.

Tabela 5 – Comparação de comparação entre pontos determinados por posicionamento geodésico, medidos na ortofoto e suas diferenças planimétricas. E diferenças de altitude entre o modelo e o terreno

Colunas1	E	N	E2	N2	ΔE	ΔN	ΔH
----------	---	---	----	----	------------	------------	------------

P1	485725,4	6659270	485725,4	6659270	0,077	-0,183	-0,068
P2	485746,3	6659470	485746,5	6659470	-0,185	-0,159	0,247
P3	485971,4	6659083	485971,4	6659083	0,079	-0,106	0,279
P4	485645	6659102	485645,1	6659102	-0,132	0,053	0,222
P5	486181,4	6658075	486181,3	6658075	0,071	-0,117	0,4043
P6	485829,3	6657856	485829,4	6657857	-0,079	-0,318	-0,0268
P7	486297,2	6658579	486297,4	6658578	-0,185	0,106	0,2825
P8	485111,5	6657603	485111,5	6657602	0,026	0,159	0,009
P9	485035,3	6658228	485035,5	6658228	-0,238	-0,106	-0,0477
P10	486124,4	6657762	486124,7	6657762	-0,291	-0,159	0,3959
P11	486508,7	6658749	486509	6658749	-0,291	-0,106	0,451
P12	483594,6	6658396	483594,5	6658396	0,051	0,055	0,2294
P13	483223,9	6658385	483223,8	6658385	0,049	-0,04	0,5331
P14	483834,1	6658029	483834,1	6658029	-0,003	-0,019	0,513
P15	483307,3	6658218	483307,3	6658218	-0,035	0,144	0,0919
P16	483538,4	6658645	483538,4	6658645	0,029	-0,053	0,3278
P17	483193,5	6658314	483193,7	6658313	-0,213	0,251	0,4212
P18	483593	6658118	483593,2	6658119	-0,132	-0,186	0,3069
P19	483432,2	6658003	483432,5	6658003	-0,283	-0,136	0,6663

Tabela 6 – Soma das discrepâncias

Colunas1	Colunas2	Colunas3
Soma das discrepâncias E	$\Delta M_i = M_i - M_i (r)$	-1,685
Soma das discrepâncias N	$\Delta M_i = M_i - M_i (r)$	-0,920400002
Resultante		1,919989886
Soma das discrepâncias de h		5,2378

Tabela 7 – Soma dos quadrados das discrepâncias

Colunas1	Colunas2	Colunas3
Soma do Quadrado das discrepância E	$(\Delta M_i - \Delta M \text{ médio})^2$	0,336534105
Soma do Quadrado das discrepância N	$(\Delta M_i - \Delta M \text{ médio})^2$	0,372044846
Soma do Quadrado das discrepância de h		0,786751617

Tabela 8 – estatísticas e testes.

Índice	i= 1...n
Colunas1	Colunas2
Estatística das Discrepâncias	
Média das discrepâncias E	-0,089
Média das discrepâncias N	-0,048
Média das discrepâncias de h	0,276
Variância das discrepâncias E	0,019
Variância das discrepâncias N	0,021

Variância das discrepâncias de h	0,044
Desvio-padrão das discrepâncias E	0,137
Desvio-padrão das discrepâncias N	0,144
Desvio-padrão das discrepâncias de h	0,209
TESTE DE TENDÊNCIA (t-Student)	
t-Student amostral E	-2,827
t-Student amostral N	-1,469
t-Student amostral de h	5,748
Significância α	5%
Graus de liberdade (n-1)	18
Probabilidade (1- α)	95%
t-Student tabelado	1,734
$ tm < t\text{-tab E}$	FALSO
$ tm < t\text{-tab N}$	VERDADEIRO
$ tm < t\text{-tab de h}$	FALSO

Tabela 9 – Precisoões resultantes

Colunas1	Colunas2
Variância das discrepâncias E esperada	0,012
Desvio padrão (EP) limite	0,108
Variância das discrepâncias N esperada	0,013
Desvio padrão (EP) limite	0,114
Variância das discrepâncias de h esperado	0,027
Desvio padrão (EP) limite	0,165
TESTE DE PRECISÃO (χ^2) RESULTANTE PLANIMÉTRICA	

6 CONCLUSÕES

6.1 RECOMENDAÇÕES

Ao termino deste trabalho e com a experiência adquirida no desenvolvimento do mesmo, muitas observações sobre o bom desenvolvimento de trabalhos similares podem ser feitos.

Cada etapa no desenvolvimento deste trabalho foi completada com diversas observações sobre as mesmas. Na etapa de geração de modelos as dificuldades pontuais recontratadas e as recomendações de como melhor soluciona-las

Algumas das dificuldades na extração de feições tridimensionais foram: a de encontrar uma metodologia de fazer a restituição monoscopicamente. Para solução dessa dificuldade, adotou-se a metodologia de colocas as imagens em foco (no estéreo par), e de coletar exatamente o mesmo ponto nas duas imagens (esquerda e direita). Garantindo assim, que a feição sendo restituída estava com a altitude correta, necessitando uma conferência de alguém que tenha visão estereoscópica, ou de algum programa que simule a tridimensionalidade das feições. Outra dificuldade que pode ser apontada, sem dizer a respeito do domínio do ArcGis, é a determinação das feições a serem extraídas. Pode ser escolhido pelo cliente que pedisse a elaboração de um trabalho como esse, ou usando feições de representação visual para elabora de um mapa de traço. Ou ainda pelo método de extração de feições automático, não abordado nesse trabalho.

Uma vez elabora as ortofotocartas, com as curvas de nível elaboradas a partir do MDT, e de acordo com a indicação da equipe do DMAE, em que o reservatório seria instalado em uma região de altitude ortométrica aproximadamente 60,00 m, destaca-se na figura a baixo a melhor área para instalação.

Na figura acima estão destacadas duas curvas de nível na cor branca, a de “cota” 50,00m e “cota” 60,00m. Sendo a área entre as duas curvas a melhor área para instalação do reservatório, dentro do residencial Lajeado.

As miniaturas dos produtos finais deste trabalho são apresentadas como imagens destacadas como as orotofotocartas das regiões do residenciais Boa vista e Lajeado

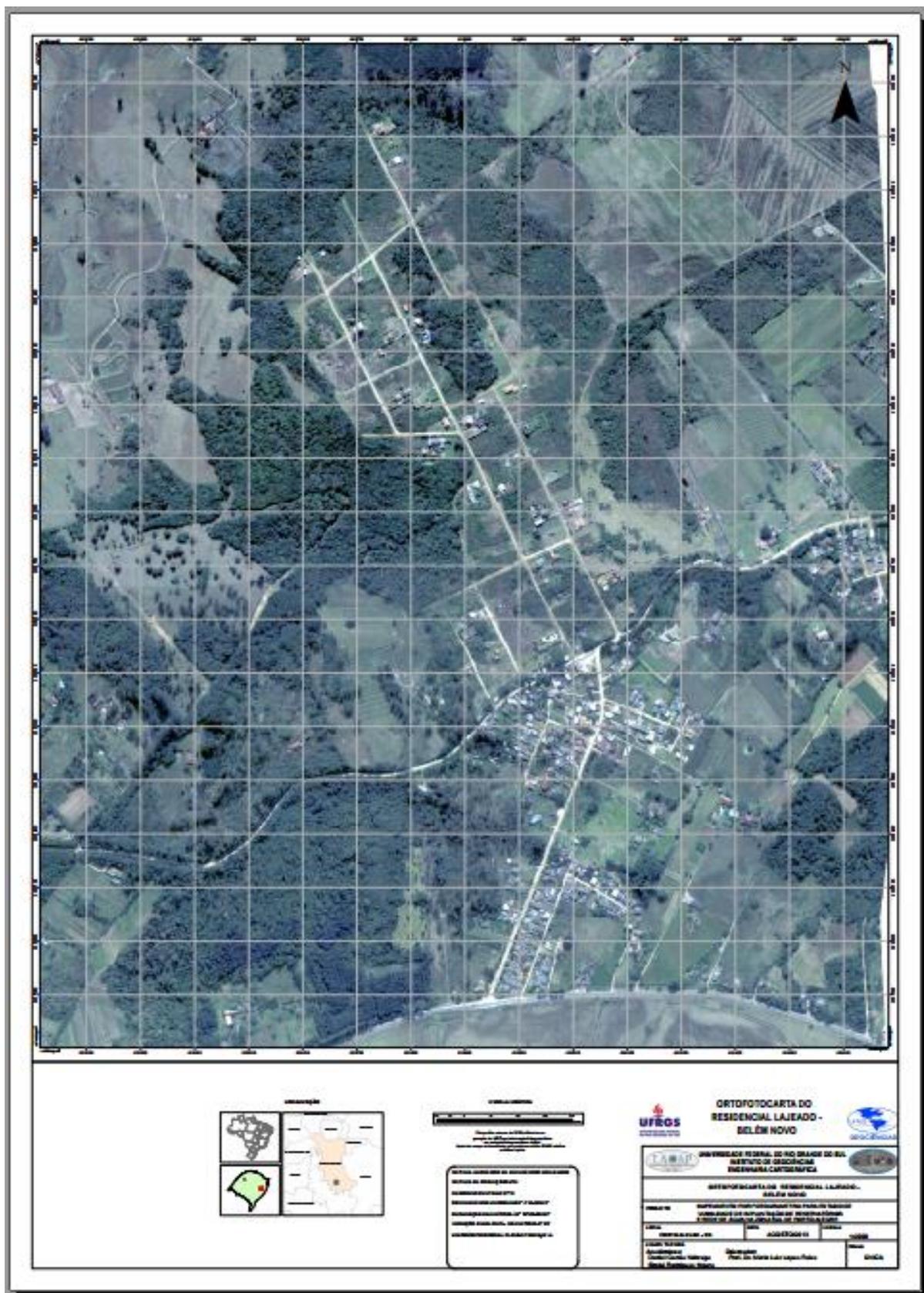


Figura 52 – Vista da miniatura da ortofotocarta, sem curvas de nível, do residencial Lajeado.

6.2 CONCLUSÃO

Os produtos inicialmente propostos foram, obtidos, com qualidade satisfatória, com uma equipe muito reduzida, porém como tempo um pouco maior que o previsto. Esse trabalho proporcionou a aplicação da teoria, e aquisição de prática em vários campos de conhecimento da Engenharia Cartográfica. Serviu como reforço e consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, e também como apontamento de que qualidade de produtos gerados por discentes do curso é equiparável a de grandes empresas do ramo, porém como custo compatível a um trabalho acadêmico. De onde se conclui que cada vez mais, é interessante tanto para órgãos públicos (ou empresas privadas), como pra UFRGS, a parceria em execução de trabalhos, e pesquisas.

Nesse trabalho muitos foram os conhecimentos adquiridos e reafirmados, mas destacasse a oportunidade de trabalhar com equipamentos de altíssima tecnologia, com programas que o mercado de cartografia usa (ou equivalentes), como os diversos programas citados nesse trabalho.

Todos os dados criados na elaboração desse trabalho estarão disponíveis, para quem interessar possa no banco de trabalhos de dissertações da UFRGS.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, P. D. D. B. M. REFERENCIAIS TERRESTRES E CELESTES, CURITIBA, - - 2010. Disponível em: <<http://www2.fct.unesp.br/docentes/carto/danibarroca/GeodesiaII/Mat%E9ria%20das%20aulas/1-%20Referencial%20Terrestre%20e%20Celeste.pdf>>. Acesso em: 13 Janeiro 2013.
- ASPRS. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. **American Society for Photogrammetry and Remote Sensing**, p. -, 1980.
- BLACHUT, T. **Cadastre**: Various funcion characteristics, techniques and the planning of land records systems. coucil, CANADA: National, 1974.
- BUFFARA, A. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA, 17 Dezembro 2012. Disponível em: <http://www.ufpe.br/agencia/index.php?option=com_content&view=article&id=45348:professor-alzir-buffara-da-ufpr-participara-de-palestra-e-defesa-de-dissertacao-no-ctg&catid=40&Itemid=72>. Acesso em: Domingo, 13 de Janeiro jan. 2013.
- CARVALHO, E. A. D.; ARAUJO, P. C. **As formas de representação do terreno**. 1ª. ed. Natal/RN: UFRN, v. 15, 2008.
- CEFETES. Cursos geomática, 2000. Disponível em: <<ftp://ftp.cefetes.br/cursos/Geomatica/Pilon/Fotogrametria/cap8.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2013.
- COSTA, E. R. **GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE MODELOS DIGITAIS GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE MODELOS DIGITAIS CÂMARAS DIGITAIS**. Presidente Prudente: UNESP, 2006.
- DMAE. Prefeitura de Porto Alegre. **DMAE>ÁGUA>DADOS**, 2013. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=175>. Acesso em: 220 junho 2013.
- FRANCO, S. D. C. **Porto Alegre**: guia histórico. Porto Alegre: UFRGS, 1995.
- GEMAEL, C. **Introdução a Geodésia Geométrica - Partes I e II**. Curitiba, PR: UFPR, 1987.
- GERAÇÃO de modelo digital de superfície compostas usando imagens do sensor prism/alos. Viçosa: UFV, 2012.
- GONÇALVES, M. D. L. D. A. M.; CARVALHO, C. A. P.; VIEIRA, A. J. B. **GERAÇÃO DE MODELO DIGITAL DE TERRENO A PARTIR DE MAPAS DIGITAIS 3D: ESTUDO DE CASO VISANDO GARANTIR O CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO COM REDUÇÃO DOS DADOS AMOSTRAIS**. Curitiba: UFPR, 2003.
- GONZALES, R. C.; WOODS, R. E. **Digital Image Processing**. NY: MA, 2000.
- KRUEGER, C. P. **Apostila de especialização em geotecnologias - Posicionamento por satélite**. Paraná: UFPR, 2006.
- LANGLEY, R. B. **Geodesy and Geomatics Engineering**. Frederiction: UNB, 1997.
- LEÃO, N. S. **CUSTOS E ORÇAMENTOS**. São Paulo: Nobel, 2005.

- LEICA. Lecture 7, 2013. Disponível em: <flash.lakeheadu.ca/~forspatial/2270/lecture7/lecture7.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2013.
- LUGNANI, J. B. **Introdução a Fototriangulação**. Curitiba: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 1987.
- MARCOLINO, S. A. **Fotogrametria básica MDT, MNE, MDS e relações com ortofotos e ortofotocartas**. Recife: Decart, 2012. Disponível em: <<http://prezi.com/user/hftimoowdkpi/>>. Acesso em: 20 junho 2013.
- MATSUOKA, M. T. **Notas de aula de Geodésia III**. Porto Alegre: UFRGS, 2012.
- MEDEIROS, N. D. G. **Orientação exterior de imagens orbitais usando modelos rigorosos com feições retas**. Presidente Prudente: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2007.
- MIKHAIL, D. M.; BETHE, J. S.; MCGLONE, J. C. **Introduction to Modern Photogrammetry**. NY: JOHN WILEY & SONS, 2001.
- MIKHAIL, E. M. **Introduction to Modern Photogrammetry**. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- MITSHITA, M. A. R. M. E. A. OBTENÇÃO DE ORTOFOTOS COM FOTOGRAFIAS DE PEQUENO. **Simpósio Brasileiro de Geomática**, 24-27 julho 2007. 957-964.
- MONICO, J. F. G. **POSICIONAMENTO POR GPS - 2ª EDIÇÃO**. São Paulo: UNESP, 2008.
- NUNES, J. M. D. B.; FILHO, E. C. M.; SILVA, G. G. D. **MANUAL DE ORIENTAÇÕES PARA OBRAS**. PIAUI. 2011.
- REDWEIK, P. Fotogrametria Analítica, 2000. Disponível em: <https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/u/0/?ui=2&ik=ecaad27936&view=att&th=14026f4250f4027e&attid=0.1&disp=inline&realattid=f_hjop4zce0&safe=1&zw&saduie=AG9B_P81NHNLoQEnD156T0t9U2zd&sadet=1375145858692&sads=0qU_dLcIHL3Dte86aDaDMcAAf_M>. Acesso em: 20 jun. 2013.
- REISS, M. L. L. **RECONSTRUÇÃO TRIDIMENSIONAL DIGITAL DE OBJETOS À CURTA DISTÂNCIA POR MEIO DE LUZ ESTRUTURADA**. 1. ed. Presidente Prudente: UNESP, v. Único, 2007.
- REISS, M. L. L. **Notas de aula de Fotogrametria (Professor, Dr.)**. Porto Alegre: UFRGS, 2013.
- RIBEIRO, J. C. **FOTOGRAMETRIA DIGITAL**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- ROCHA, R. S. D. **Notas de aula de Cadastro técnico**. Porto Alegre: UFRGS, 2003 - 2012.
- SANTIAGO&CINTRA. **Proposta comercial**. Santiago&Cintra. Porto Alegre. 2012.
- SEEBER, G. **Satellite Geodesy: Foundations, Methods & Applications**, 531pp. New York, : Walter de Gruyter, 1993.
- SILVA, I. D. **CURSO DE FOTOGRAMETRIA DIGITAL**. São Paulo: USP, 1999.
- SILVA, I. D.; GALLO, G. **Qualidade das Imagens de Alta Resolução Geradas por Sensores Aéreos Digitais**. Guarapuava: Ambiência, 2006.
- SOUZA, E. M. **Efeito do multicaminhamento de alta frequência no GPS**. Presidente Prudente: Universidade estadual de São paulo, 2004.
- SOUZA, S. F. D. **Notas de aula de Geodésia II**. Porto Alegre: UFRGS, 2012.

SPOHRT, R. B. **Fotogrametria e Fotointerpretação**. Frerico Wesrphalen: UFSM, 2009.

TOMMASELLI, A. M. G. MODERNAS TECNOLOGIAS DE AQUISIÇÃO DE IMAGENS EM FOTOGRAMETRIA. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 49-64, 2000.

ZANARDI, R. P. **Geração de Modelo Digital de Terreno a partir de Par estereoscópico do sensor CCD do Satélite CBERS-2 e Controle de qualidade das informações Altimétricas**. Porto Alegre: UFRGS, 2006.